

**BASES CIENTÍFICAS DE LA  
PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO**

**II Jornadas de Actualización  
Centro Olímpico de Estudios Superiores**

**Esteban Gorostiaga Ayestarán  
Centro de Investigación y Medicina del Deporte de Navarra**

**Madrid 8 de Julio de 2000**

"Los hombres más dichosos serán los que se gobiernen según los imperativos de la naturaleza, a menos que se pretenda traspasar los límites de la condición humana"

Erasmus de Rotterdam. El elogio de la locura.

## 1. Introducción.

La marca deportiva depende básicamente de tres factores (39) (figura 1.1): el factor genético, el relacionado con el entrenamiento y el relacionado con los hábitos de vida.

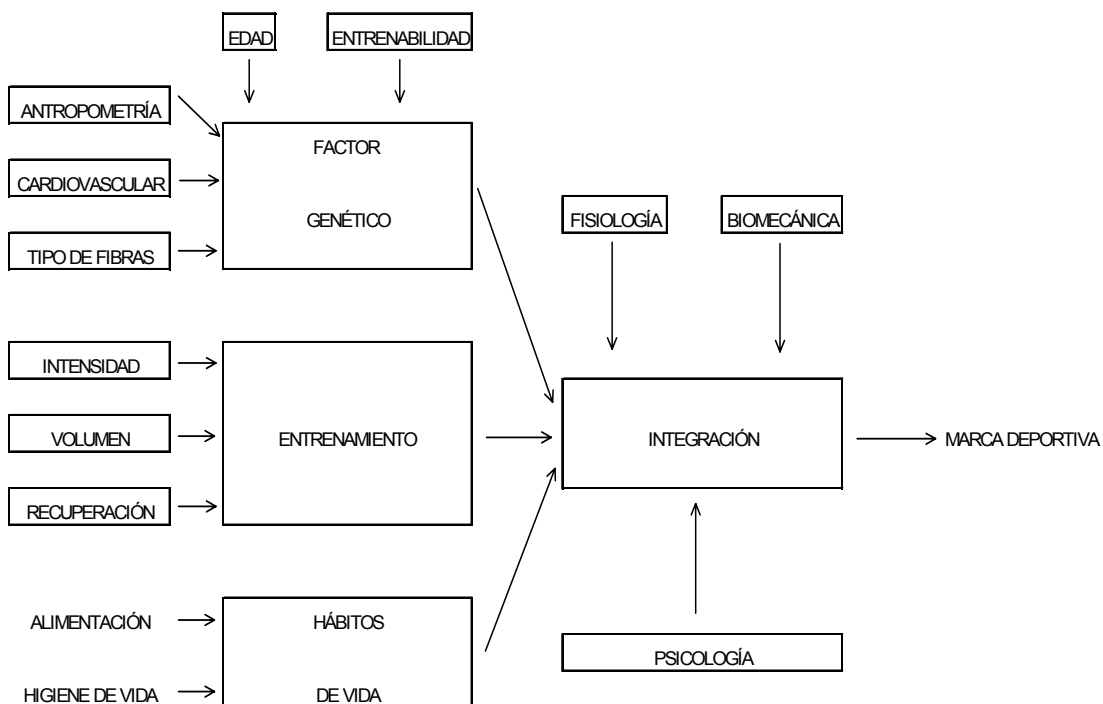


Figura 1.1. Factores relacionados con la marca deportiva (adaptado de (39)).

Parece lógico pensar que si se quiere mejorar la marca deportiva, se deberán mejorar uno o varios de los factores relacionados con dicha marca. Aunque el componente genético juega un papel importante en la marca deportiva, no puede ser modificado por el momento. Por el contrario, los factores relacionados con el entrenamiento y con los hábitos de vida pueden ser sometidos externamente a grandes modificaciones y, por lo tanto, su correcta o incorrecta utilización puede tener una influencia decisiva en la marca deportiva. Estos factores están relacionados con la planificación correcta del entrenamiento, con el cumplimiento de unos hábitos dietéticos adaptados a cada disciplina deportiva y con el estricto cumplimiento de una adecuada higiene de vida.

En este trabajo se analizarán los factores relacionados con las bases científicas de la planificación del entrenamiento. Para ello se abordará en primer lugar un análisis crítico de las bases teóricas de la planificación del

entrenamiento. Posteriormente se señalarán algunas de las bases científicas conocidas de la planificación del entrenamiento.

## **2. Bases teóricas de la planificación del entrenamiento.**

Para conseguir mejorar la capacidad funcional y la marca de un deportista hay que someterle a unos estímulos estresantes de entrenamiento progresivamente crecientes. De acuerdo con el síndrome general de adaptación propuesto inicialmente por Selye (50), toda situación de estrés causa una disminución temporal de la función seguida por un período de adaptación que permite no solamente recuperar la función, sino que se acompaña, si se le deja al organismo el tiempo suficiente para recuperarse, de una mejora de dicha función hasta alcanzar un nivel superior al que presentaba el sujeto antes de haber sido sometido al estímulo estresante. En el caso del entrenamiento deportivo, durante la sesión de entrenamiento se produce una situación de estrés, caracterizada por un disturbio de la homeostasis del organismo que provoca una fatiga transitoria que se acompaña de una disminución temporal de la capacidad funcional (figura 2.1, (15)). Sin embargo, al cabo de un tiempo de recuperación, la capacidad funcional no solamente recupera su valor inicial, sino que se produce una mejora por encima de la que tenía el individuo antes de comenzar la sesión de entrenamiento. El período de tiempo durante la cual el organismo presenta una mejora de la capacidad funcional se denomina fase de sobrecompensación. Se cree que la adaptación óptima al entrenamiento se produce si el siguiente estímulo de entrenamiento tiene lugar en el periodo de tiempo durante el cual el organismo se encuentra en esa situación de sobrecompensación. Si la siguiente sesión de entrenamiento se produce demasiado tarde, cuando ya ha desaparecido la fase de sobrecompensación, no se mejorará la marca deportiva. Si, por el contrario, la sesión de entrenamiento se produce antes de que el organismo haya recuperado su capacidad funcional, el sujeto entrenará en situación de fatiga y su capacidad funcional se deteriorará cada vez más(44).

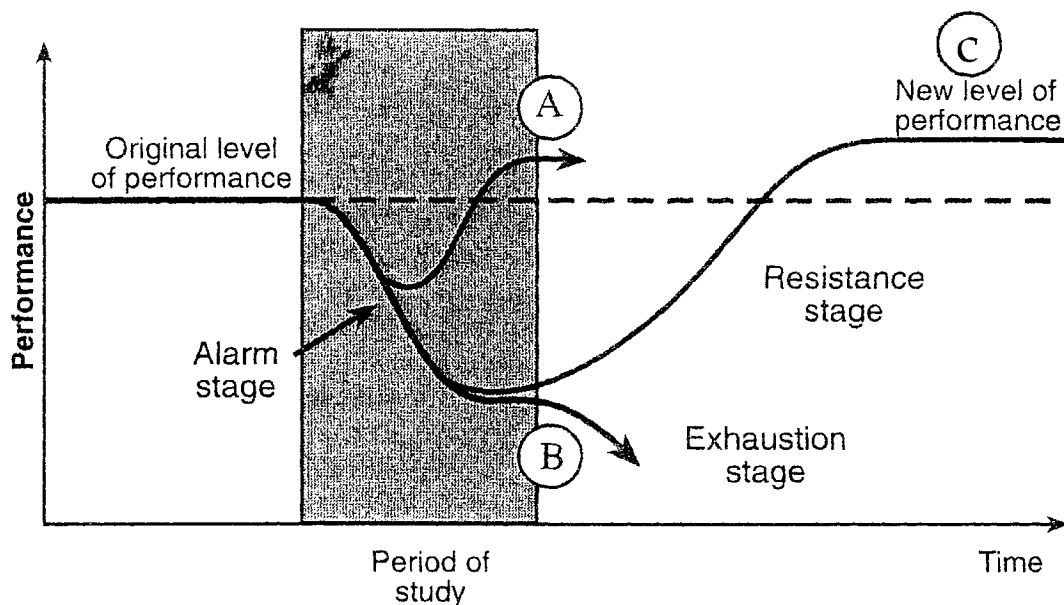


Figura 2.1. La sesión de entrenamiento se acompaña de una situación de pérdida transitoria de capacidad funcional. Si el estrés producido al organismo no es excesivo, la recuperación de la capacidad funcional y la sobrecompensación se producen rápidamente (A). Si el estrés es muy intenso, el tiempo necesario para recuperar es mayor (C). Si el estrés es agotador y se repite periódicamente, el organismo no recupera su nivel inicial y puede sobrevenirle una fase de fatiga crónica (B) (15).

Parece evidente desde un punto de vista teórico que si se utilizan adecuadamente los estímulos de entrenamiento y de recuperación se debería obtener una mejora óptima de la condición física (13). Para ello, las sesiones de entrenamiento deberían ser lo suficientemente intensas y duraderas para provocar una pérdida transitoria de capacidad funcional, pero que dicha pérdida no fuese excesiva y así poder permitir que el organismo alcance la fase de sobrecompensación en un período corto de tiempo. A su vez, la duración y la calidad de la recuperación deberían ser óptimas para que el organismo alcanzase la fase de sobrecompensación lo más rápidamente posible para un estímulo de entrenamiento dado. Los diferentes intentos que se han realizado para obtener mediante diferentes protocolos de estímulos de entrenamiento y de períodos de recuperación la mejora óptima de la marca deportiva, constituyen las denominadas teorías del entrenamiento deportivo o de la planificación del entrenamiento.

Es conocido que la planificación del entrenamiento es un término preconizado por los científicos y técnicos deportivos rusos y consiste en la distribución individualizada en el tiempo de las sesiones de entrenamiento (prescribiendo el tipo de ejercicio, su intensidad y su duración) y de los períodos de recuperación entre dichas sesiones con objeto de obtener una mejora óptima de la marca en un momento determinado del año (41). En la década de los años 30 y 40, técnicos y científicos rusos como Grantin, Ozolin y Letunov fueron los primeros que consideraron que el entrenamiento debía organizarse de modo sistemático a lo largo del año y se debían tener en cuenta

las adaptaciones biológicas del organismo al entrenamiento (58). Posteriormente, la persona que probablemente ha tenido más influencia en las bases teóricas de la planificación del entrenamiento ha sido Matveev (58,66), profesor de Teoría del Entrenamiento en el Instituto de Educación Física de Moscú. Matveev fue el primero en la historia del entrenamiento deportivo que desarrolló una síntesis sobre el modo de organizar las cargas de entrenamiento para alcanzar la forma del deportista. Adaptando las teorías sobre el síndrome de adaptación de Selye, Matveev desarrolló una estructura completa de entrenamiento para un año entero que dividió en tres grandes fases: 1) fase del desarrollo de la forma, 2) fase de mantenimiento y, 3) fase de reducción temporal de la forma (58). El libro escrito por Matveev titulado "Periodización del entrenamiento", publicado en 1965, tuvo un gran impacto entre los técnicos deportivos de todo el mundo porque casi no existían hasta entonces publicaciones sobre el tema y porque los deportistas olímpicos rusos obtenían por aquel entonces grandes éxitos internacionales (66). El éxito y la influencia del libro de Matveev fueron tan extraordinarios que el término "planificación del entrenamiento" fue sustituido por el término empleado por Matveev de "periodización del entrenamiento", (66). Además, se considera que con la publicación del citado libro se produjo el nacimiento del entrenamiento científico moderno (58).

Sin embargo, las teorías desarrolladas por Matveev estaban basadas en su experiencia con algunos pocos atletas rusos (nadadores, atletas de fondo y halterófilos) que se prepararon para competir en los Juegos Olímpicos de Helsinki de 1952 (66). Estos deportistas solamente tenían que competir en óptimas condiciones una vez al año y el deporte olímpico por aquel entonces no permitía remuneración económica alguna al deportista. Por lo tanto, los entrenadores podían permitirse el lujo de realizar una primera fase de entrenamiento (fase del desarrollo de la forma) de acondicionamiento general, de varios meses de duración, sin realizar entrenamiento específico ni competición alguna y soportando períodos largos de fatiga y de cansancio (58). Con la comercialización del deporte olímpico y el desarrollo espectacular del deporte profesional que se produjo a partir de los años 70, las teorías de Matveev tuvieron que ser revisadas y adaptadas porque al producirse un aumento espectacular del número de competiciones anuales realizadas por cada deportista y del grado de exigencia de los mismos, no se podían realizar fases de entrenamiento de varios meses de duración sin competir ni realizar entrenamientos específicos. Otros teóricos de la planificación del entrenamiento, como Arosjev, Worobjev, Verchoshanskij, Tschiene, Boiko y Bondarcuk han desarrollado, modificado y criticado las teorías de Matveev (58). Estas modificaciones han consistido básicamente en disminuir la duración de la fase del desarrollo de la forma o fase de acondicionamiento general, aumentar la importancia del entrenamiento específico, realizar múltiples fases a lo largo del año en vez de las tres fases anuales de Matveev, concentrar entrenamientos muy intensos en fases de pocas semanas de duración y tener en cuenta las características específicas de cada individuo y de cada deporte a la hora de planificar el entrenamiento (27,28,58-60,66).

### **3. Límites de las bases teóricas de la planificación del entrenamiento.**

Hay que reconocer que el estudio y la divulgación de las bases teóricas del entrenamiento deportivo realizado desde hace 60 años por la escuela rusa supusieron un avance muy importante en la comprensión del entrenamiento deportivo y en la progresión de las marcas deportivas porque ayudaron a realizar una síntesis racional del modo de distribución de las cargas de entrenamiento de un deportista para ayudarle a alcanzar su mejor momento de forma en un momento determinado.

Sin embargo, dichas bases teóricas presentan grandes lagunas, inconsistencias y deficiencias. Estos puntos débiles de las bases teóricas de la planificación del entrenamiento, señalados claramente por los propios teóricos de la planificación del entrenamiento cuando critican las teorías de sus compañeros, son los siguientes:

1) Las bases teóricas de la planificación del entrenamiento están basadas en la antropología, la pedagogía y la especulación teórica (60). Esto implica que son meramente especulativas, nada cuantificables y llenas de estereotipos. Horwill (27) señala como ejemplo de poca consistencia que dichos teóricos insisten frecuentemente en sus escritos sobre la importancia de obtener el pico de forma en el momento adecuado, pero nunca señalan el modo práctico de obtenerlo.

2) El lenguaje empleado en la teoría de la planificación del entrenamiento suele ser complicado de entender para los deportistas y los entrenadores porque la nomenclatura es difícil y el lenguaje impreciso. Por ejemplo, Horwill (27) señala que cuando alguien se refiere a un macrociclo, está hablando de un período de tiempo que puede estar comprendido entre 1 año a 4 años, cuando se refiere a un mesociclo puede estar comprendido entre 1 mes a 3 meses y cuando se refiere a un microciclo puede estar comprendido entre 1 a 7 días. ¡Con lo fácil que resultaría hablar en días, semanas o años de entrenamiento!

3) Algunos autores señalan que aquellos grupos de entrenadores de los países occidentales europeos que han intentado aplicar las teorías de la planificación de entrenamiento de los teóricos rusos han fracasado. Por ejemplo, Horwill (27) señala que desde que en 1978 se introdujeron estas teorías en los cursos de formación de entrenadores británicos de medio fondo, las marcas de los atletas británicos de esa modalidad han empeorado. Verchoshanskij (66) señala que la práctica diaria del entrenamiento indica que los principios que realmente sigue el entrenador experimentado son muy distintos a las recomendaciones especulativas realizadas por Mateveev, porque dichas recomendaciones son muy criticables y no han sido demostradas. Lo que no ha terminado de aclarar Verchoshanskij es la razón por la cual sus teorías, tampoco demostradas, no merecen ser tan criticadas como las de Mateveev.

4) La mayoría de los teóricos modernos del entrenamiento han preconizado métodos de entrenamiento que utilizan intensidades y volúmenes de entrenamiento extraordinariamente elevados (59). Según Fry (15), es muy probable que muchos de estos métodos de entrenamiento de muchos deportistas de nivel mundial publicados por los entrenadores rusos pudieron ser tolerados únicamente porque los deportistas utilizaron, ya desde 1950, sustancias dopantes, como los esteroides anabolizantes (69), que les permitían recuperar rápidamente de modo artificial e ilegal de las sesiones de entrenamiento intensas y frecuentes. Esto puede explicar el desconcierto de muchos entrenadores de los países de Europa occidental que, utilizando métodos naturales de entrenamiento de menor intensidad que los publicados en la literatura deportiva internacional rusa, observaban signos precoces de fatiga y estancamiento o empeoramiento de las marcas de sus deportistas. Es muy probable que esta discordancia entre lo dictado por los teóricos rusos y las constataciones observadas en la práctica diaria del entrenamiento hayan provocado un gran freno en el avance del conocimiento de la planificación del entrenamiento.

5) Las exigencias y la dureza de las cargas de entrenamiento a las que se someten los deportistas de alto nivel han ido aumentando espectacularmente en las últimas décadas. Por ejemplo, Tschien (59) indica que los lanzadores olímpicos rusos de peso, jabalina, disco y martillo realizaban en 1973 una media de unos 5.000 lanzamientos anuales. Pues bien, en 1976 realizaron una media de unos 7.500 lanzamientos anuales y en 1979 de unos 13.000 lanzamientos anuales (!). Como señala Verchoshanskij (66), los volúmenes e intensidades de entrenamiento que realizan actualmente los deportistas de elite han alcanzado un límite que no se debiera superar. Hay que tener además en cuenta que muchos de esos volúmenes han sido realizados por deportistas que utilizaron sustancias prohibidas para poder soportar semejantes cargas de trabajo. Por lo tanto, parece que será muy difícil que progresen más las marcas deportivas por aumentar el volumen o la intensidad del entrenamiento. En ese caso, la única manera de hacer progresar las marcas deportivas sería regular más racionalmente las cargas de entrenamiento (66), sin aumentar, o incluso disminuyendo, el volumen y la intensidad de las mismas.

6) Por último, la principal crítica que se puede realizar a las bases teóricas de la planificación del entrenamiento es que dichas teorías no están demostradas científicamente ni tienen base biológica ni científica alguna. Al ignorar los mecanismos biológicos del entrenamiento y de la recuperación, muchos de los conceptos teóricos de la planificación del entrenamiento se convierten en mera conjetura y especulación y, por desgracia, han sido tratados como dogma infalible (66). Dado que no hay bases científicas, la terminología de la planificación del entrenamiento está llena de contradicciones, es pura imaginación (66) y sus posibles resultados son pura casualidad (59). Tschien (59) señala que si, por el contrario, se aplicasen al entrenamiento deportivo los conocimientos actuales existentes sobre las bases

biológicas de las adaptaciones del ser humano al ejercicio, se podrían empezar a sentar las bases para poder realizar un diagnóstico, pronóstico y tratamiento más certeros de la distribución más adecuada en el tiempo de las sesiones de entrenamiento y de los períodos de recuperación. Esto permitiría que un individuo pudiera progresar de modo natural y pudiera alcanzar una mejora óptima de la marca en un momento determinado sin tener que recurrir a la utilización de sustancias dopantes.

En conclusión, las bases teóricas del entrenamiento deportivo preconizadas desde hace 60 años por la escuela rusa supusieron un avance muy importante en la comprensión del entrenamiento deportivo y en la progresión de las marcas deportivas porque ayudaron a realizar una síntesis racional sobre el modo de distribución de las cargas de entrenamiento. Sin embargo, como están basados en la especulación teórica, emplean un lenguaje complicado e impreciso, han nacido en países que utilizaron el dopaje de modo institucional, su aplicación práctica cuando no se utilizan sustancias dopantes ha provocado sonados fracasos y, especialmente, dichas bases teóricas no tienen fundamento biológico alguno, no pueden servir actualmente como instrumento de trabajo para organizar el entrenamiento y obstaculizan el desarrollo de ideas sobre el entrenamiento y sobre la educación de los entrenadores. Según Verchoshanskij (66) la única solución para mejorar la teoría y práctica de la planificación deportiva está en abordarla con una metodología científica que esté fundamentada en las adaptaciones biológicas del deportista al ejercicio y al entrenamiento. Sólo de este modo podrán mejorar los actuales sistemas de entrenamiento para cada deporte (66). En el siguiente apartado se analizarán brevemente algunos aspectos relacionados con algunos de los conocimientos científicos que existen actualmente relacionados con la planificación del entrenamiento.

#### **4. Bases científicas de la planificación del entrenamiento.**

Para intentar establecer con criterios científicos cuál es la distribución más adecuada de las sesiones de entrenamiento y de los períodos de recuperación entre dichas sesiones con objeto de obtener una mejora de la marca deportiva en un deportista determinado, se deberían considerar los siguientes aspectos:

- 1) 1) Prescribir individualmente la sesión de entrenamiento basándose en las respuestas biológicas que se producen en el deportista cuando está realizando diferentes tipos de ejercicio físico. En los últimos 30 años se ha avanzado en el conocimiento del costo energético de diferentes sesiones de entrenamiento de resistencia y de fuerza (6,64). Esto ha permitido que se pueda conocer mejor la participación de los diferentes substratos energéticos en la producción de la energía durante la contracción muscular, la sollicitación de los sistemas cardiorespiratorios y neuroendocrinológicos y el tiempo probable de recuperación necesario para cada tipo de sesión de entrenamiento cuando se ejercita a diferentes intensidades. Es evidente que el conocimiento



preciso e individualizado de los procesos que están ocurriendo en el organismo durante el ejercicio puede permitir controlar con más precisión la intensidad del entrenamiento, distribuir con más criterio las cargas de entrenamiento y prevenir la aparición de la fatiga crónica o del sobreentrenamiento.

2)

2) Conocer de modo objetivo el tiempo necesario para que un deportista se recupere después de realizar diferentes sesiones de entrenamiento. Actualmente, aunque no existe un marcador objetivo biológico concreto que permita identificar el grado de recuperación de un individuo o prevenir la aparición de la fatiga crónica que provoca el estancamiento o el empeoramiento de la marca, las investigaciones realizadas al respecto en los últimos años han estudiado con detalle los diferentes procesos de reconstrucción (restauración de las reservas energéticas utilizadas, reconstrucción de las estructuras musculares dañadas, etc. ) que ocurren durante las primeras horas de recuperación de un ejercicio (68). Los resultados de estos estudios han permitido conocer mejor algunos marcadores biológicos que permiten tener una idea del tiempo de recuperación que se necesita para restaurar esos procesos. Además, han promovido la investigación sobre los efectos que tiene la ingestión de diferentes nutrientes durante las primeras horas de recuperación sobre la velocidad de la restauración de los diferentes substratos musculares utilizados durante el ejercicio (2,6,11,33,53). El mejor conocimiento de los nutrientes naturales necesarios para mejorar la calidad y el tiempo de recuperación después de un esfuerzo permiten que el deportista pueda entrenarse más frecuentemente y con más intensidad sin que se produzcan situaciones de estancamiento de la marca. Esto ha permitido recuperar más rápidamente y aumentar el volumen y la intensidad del entrenamiento sin riesgo de fatiga.

3) Conocer con criterios objetivos los efectos que se producen en las diferentes cualidades físicas tras una fase de varias semanas de entrenamiento. Cada vez es más frecuente que los deportistas de alto nivel se beneficien de un seguimiento científico meticuloso que incluye la realización de tests cada 4 a 8 semanas. El objetivo de estos tests es conocer la evolución de la condición física y, especialmente, evaluar si el programa de entrenamiento prescrito individualmente y basado en los conocimientos derivados de los dos párrafos anteriores ha surtido efecto. Esta evaluación sistemática de los efectos de uno u otro tipo de entrenamiento permiten confirmar, corregir o rechazar los métodos de entrenamiento utilizados e ir construyendo poco a poco una teoría del entrenamiento basada en bases científicas. De este modo se podrán establecer criterios y procedimientos científicos que permitan programar y controlar el régimen de entrenamiento de un deportista y progresar adecuadamente por métodos naturales, evitando la aparición del sobreentrenamiento (45). Aunque todavía existen muy pocos trabajos publicados en la literatura científica, cada vez es mayor el interés de los investigadores en el estudio de los fundamentos científicos de la planificación del entrenamiento (45). Los resultados de dichos trabajos permiten recomendar algunas pautas básicas a seguir si se quiere programar el entrenamiento de un

deportista respetando las bases biológicas del deportista durante el entrenamiento y la recuperación.

En este trabajo se analizarán brevemente algunos aspectos relacionados con los párrafos 1 (prescribir la sesión de entrenamiento basándose en las respuestas biológicas) y 3 (conocer con criterios científicos los efectos que se producen en las diferentes cualidades físicas tras una fase de varias semanas de entrenamiento, como base sobre la que se tiene que fundamentar la planificación del entrenamiento). Por limitaciones de espacio, se señalarán ejemplos relacionados con el entrenamiento de resistencia.

#### **4.1. Prescripción de la sesión de entrenamiento: intensidad y duración.**

El deportista de alto rendimiento tiene un margen de mejora muy limitado de su condición física y realiza entrenamientos cada vez más intensos y frecuentes para mejorar su marca deportiva (13), con lo que el riesgo de que la recuperación sea insuficiente y la marca deportiva se estanque o regrese es muy grande. Por lo tanto, es muy importante que los técnicos deportivos sepan discernir con precisión los rangos de intensidad y de duración del ejercicio que producen una determinada utilización de las diferentes vías metabólicas de producción de energía y una sollicitación determinada del sistema neuroendocrino. El conocimiento preciso de la intensidad y de la duración más adecuadas de un ejercicio que se acompañe de una mejora de la aptitud física con un tiempo mínimo de recuperación constituye la base sobre la que se debe sustentar una teoría de la planificación del entrenamiento con criterios científicos. En los siguientes párrafos se analizarán algunos trabajos publicados en la literatura o personales, relacionados con la intensidad y la duración del ejercicio. Es probable que los resultados de dichos estudios permitan aclarar o corregir algunos conceptos erróneos que interfieren negativamente en el avance del conocimiento de la teoría de la planificación del entrenamiento.

##### **4.1.1. Intensidad.**

Desde un punto de vista esquemático, se suelen considerar dos tipos de ejercicio de resistencia: el ejercicio realizado a intensidad constante (ejercicio continuo) y el realizado intercalando fases de ejercicio de intensidades diferentes (ejercicio intermitente). Definir las diferentes intensidades posibles a las que se puede realizar un ejercicio continuo o intermitente es muy difícil, porque el número de sesiones posibles es infinito. En principio, la mejor manera de definir la intensidad relativa de un ejercicio sería aquella que utilizase como referencia una variable fisiológica tal que, al realizar varios sujetos de diferente condición física un ejercicio a una intensidad relativa dada respecto a esa variable elegida, todos los sujetos respondieran de la misma manera. Existen algunas variables fisiológicas que permiten definir con bastante precisión la intensidad relativa de los ejercicios continuos y fraccionados, basándose en resultados de estudios científicos. Esto permite conocer las respuestas biológicas del organismo durante esos ejercicios,

prever con bastante precisión el tiempo de recuperación y, por lo tanto, prescribir con criterios biológicos la distribución de las cargas de entrenamiento. En los siguientes apartados se mostrarán los resultados de algunos de estos trabajos que permiten prescribir la intensidad de los ejercicios de resistencia de tipo continuo o fraccionado de modo más objetivo.

#### 4.1.1.1. Intensidad del ejercicio continuo: Umbral aeróbico y anaeróbico.

Los ejercicios cuya duración está comprendida entre 45 minutos y 3 horas son, probablemente, los que han sido más estudiados en la literatura científica. Ello se debe a dos motivos: el primero es que existe un gran número de competiciones deportivas cuya duración está comprendida entre 45 minutos y 3 horas. El segundo motivo es que en muchos deportes se emplea este tipo de ejercicio como medio de entrenamiento para mejorar la resistencia aeróbica. En estos tipos de ejercicio se suelen definir dos límites de intensidad de ejercicio: el correspondiente al umbral aeróbico y el del umbral anaeróbico individual. En este texto se definirán dichos umbrales basándose en las definiciones desarrolladas por investigadores alemanes (31,56).

La figura 4.1 muestra la evolución de la concentración sanguínea de lactato en 14 hombres alemanes muy entrenados en resistencia (atletas fondistas y mediofondistas y corredores de triatlón) que corrieron en tapiz rodante durante 45 minutos a intensidades del umbral aeróbico (85% en la figura), del umbral anaeróbico individual (100% en la figura) y a intensidades ligeramente superiores (105%) o inferiores (95%) de la del umbral anaeróbico individual (61). Cada ejercicio de diferente intensidad se realizó en días diferentes.

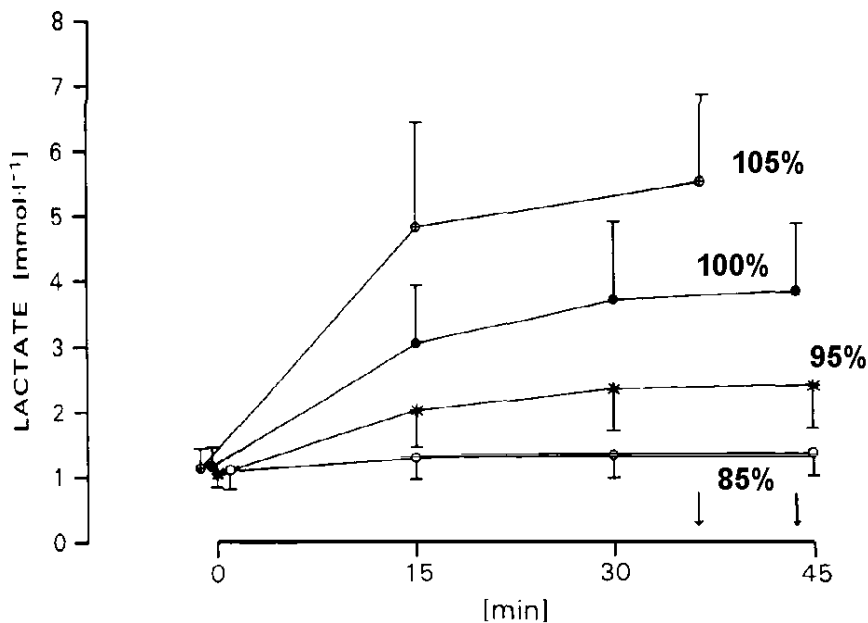


Figura 4.1. Evolución de la concentración sanguínea media de lactato durante ejercicios corriendo en tapiz rodante a intensidades correspondientes al umbral aeróbico (85%), umbral anaeróbico (100%) y a intensidades ligeramente superiores (105%) e inferiores (95%) de la del umbral anaeróbico (61).

Los ejercicios realizados a la intensidad del umbral aeróbico (85% en la figura 4.1) suelen corresponder a una intensidad aproximada del 80-85% de la del umbral anaeróbico individual y los sujetos pueden aguantar a dicha intensidad durante más de tres horas sin agotarse. Las sesiones de entrenamiento realizadas a esta intensidad se suelen denominar en la terminología deportiva como sesiones de entrenamiento aeróbico extensivo (31). Como se observa en la figura 4.1, dichos ejercicios se caracterizan por presentar valores de concentración sanguínea de lactato similares a los valores de reposo (cerca de  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) (31). Se considera que durante este tipo de ejercicio el factor limitante no está relacionado con el agotamiento de las reservas musculares de glucógeno. Sin embargo, si los sujetos no ingieren hidratos de carbono durante el ejercicio, durante este tipo de ejercicio se observa una disminución progresiva de la concentración sanguínea de glucosa que puede provocar una hipoglucemia y el agotamiento (3). La hipoglucemia que ocurre durante este tipo de ejercicio está relacionada con un agotamiento de las reservas de glucógeno del hígado (3). Cuando los sujetos ingieren suficientes cantidades de hidratos de carbono durante este tipo de ejercicio, el agotamiento se produce más tarde que cuando no se ingieren hidratos de carbono, y no se suele observar una hipoglucemia. En este caso se cree que el agotamiento podría tener origen en el sistema nervioso central porque dicho agotamiento suele coincidir con la presencia de concentraciones sanguíneas elevadas de triptófano libre y disminuidas de aminoácidos de cadena ramificada que favorecen el paso de triptófano de la sangre al cerebro y la síntesis de serotonina en el interior del mismo (42). Otros autores señalan que el factor limitante de este tipo de ejercicio podría estar relacionado con la capacidad que tiene el músculo para utilizar una mayor cantidad de lípidos por unidad de tiempo (23). Por último, las sesiones de entrenamiento realizadas a esta intensidad suelen durar entre 30 minutos y 2 horas y se considera que se necesitan menos de 24 horas para recuperarse de estas sesiones.

En los ejercicios realizados a la intensidad del umbral anaeróbico individual (100% en la figura 4.1) los sujetos se suelen agotar al cabo de, aproximadamente, una hora de ejercicio. Las sesiones de entrenamiento realizadas a esta intensidad se suelen denominar en la terminología deportiva como sesiones de entrenamiento aeróbico intensivo (31). Durante los primeros minutos de ejercicio la concentración sanguínea de lactato aumenta hasta alcanzar valores cercanos a  $3-4 \text{ mmol.l}^{-1}$  y dichos valores se mantienen estables en esos niveles a lo largo del ejercicio (31,61). La concentración sanguínea de glucosa suele permanecer bastante constante a lo largo del ejercicio, pero lo que caracteriza al ejercicio es que, al final del mismo, el agotamiento suele coincidir con un agotamiento de las reservas musculares de glucógeno (6). Este tipo de ejercicio es muy interesante en el entrenamiento de resistencia del deportista porque se acompaña de una mejora significativa de la capacidad aeróbica y también de la potencia aeróbica. Sin embargo, si se realiza diariamente sin dejar recuperar las reservas musculares de glucógeno, o se realiza cada sesión hasta el agotamiento, se produce un estrés excesivo para el organismo que puede acompañarse a corto plazo de una recuperación

incompleta y, a largo plazo, de la aparición de un estado de fatiga por sobrecarga o por sobreentrenamiento (9). Por dicho motivo, se suele recomendar dejar como mínimo 48 horas de recuperación entre dos sesiones realizadas a la intensidad del umbral anaeróbico individual. Aunque se sabe que en este tipo de ejercicio el agotamiento o la capacidad para mantener una intensidad de ejercicio dada coincide con el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular, no se conoce el mecanismo por el cual dicha disminución de las reservas de glucógeno provoca el agotamiento. Algunas de las teorías no probadas más conocidas al respecto consideran que el agotamiento podría estar ligado a que se producen menos intermediarios del ciclo del ácido tricarboxílico, un exceso de amonio, un aumento de la concentración muscular de  $Mg^{++}$ , un aumento excesivo de la temperatura corporal (cuando la temperatura ambiente es excesiva), o una capacidad insuficiente de los lípidos para producir energía. Sin embargo, estas diferentes teorías no han sido demostradas.

En la figura 4.2 se observan las evoluciones de las frecuencias cardíacas de los sujetos que participaron en el estudio de la figura 4.1 (61).

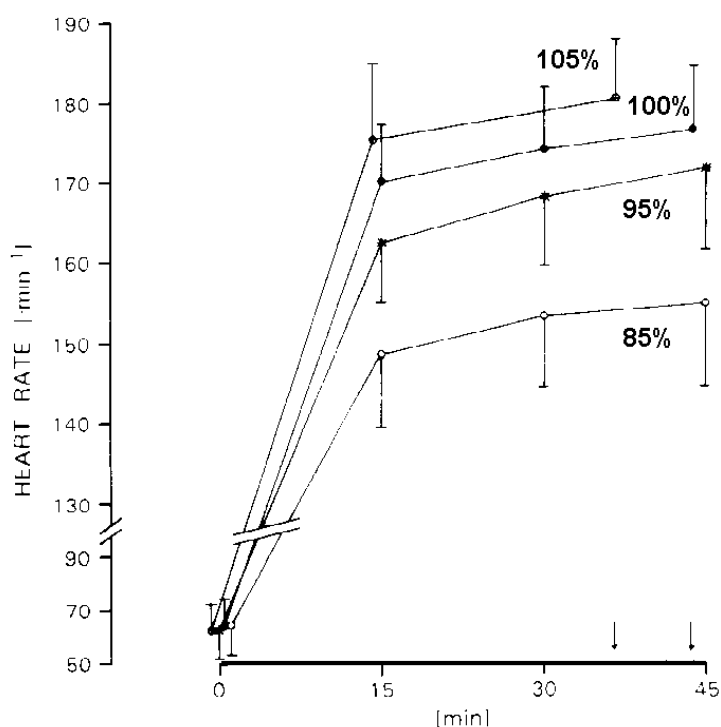


Figura 4.2. Evolución de las frecuencias cardíacas medias durante ejercicios corriendo en tapiz rodante a intensidades correspondientes al umbral aeróbico (85%), umbral anaeróbico (100%) y a intensidades ligeramente superiores (105%) e inferiores (95%) de la del umbral anaeróbico (61).

Se observa que la frecuencia cardíaca media durante la prueba realizada a intensidad del umbral aeróbico (85% en la figura) fue cercana a 150 latidos por minuto, mientras que la observada durante la prueba realizada a la intensidad del umbral anaeróbico individual fue cercana a 175 latidos por

minuto. Estas observaciones sugieren que los ejercicios realizados a intensidades correspondientes al umbral aeróbico y anaeróbico presentan diferente participación de las fuentes de producción de energía, diferente intensidad de activación del aparato cardiovascular y diferentes necesidades de recuperación. Por ello conviene prescribir con minuciosidad la intensidad individual de entrenamiento, para poder prever con más seguridad los tiempos necesarios de recuperación y poder tener una explicación convincente de las razones que han llevado a un deportista al éxito o al fracaso deportivo.

En las figuras 4.1 y 4.2 también se observaba la evolución de la concentración sanguínea y de la frecuencia cardíaca de los sujetos entrenados en resistencia cuando corrían a una intensidad (105%) ligeramente superior a la correspondiente a su umbral anaeróbico (100%). En dichas figuras también se observa (figura 4.1) que al 105% del umbral anaeróbico individual la concentración sanguínea de lactato aumenta progresivamente, sin presentar una fase de estabilización, como se observaba a intensidades correspondientes al 100% del umbral anaeróbico individual, y los sujetos se agotan en menos de 30 minutos (61). En la figura 4.2 se observa que los valores de frecuencia cardíaca encontrados a intensidades del 105% del umbral anaeróbico individual fueron solamente ligeramente superiores (4-5 latidos por minuto) a los observados cuando los sujetos corrieron a una intensidad del 100% del umbral anaeróbico. Sin embargo, esta pequeña diferencia en la frecuencia cardíaca refleja en realidad un verdadero punto fisiológico de ruptura, ya que los mismos autores del trabajo comentado en las figuras 4.1 y 4.2 encontraron que los ejercicios realizados a intensidades ligeramente superiores a las del umbral anaeróbico se acompañan de un gran aumento significativo de la producción de catecolaminas. Este aumento no se producía cuando los sujetos corrían a intensidades del umbral anaeróbico o inferiores (64). Los autores señalaron que si se realizan con mucha frecuencia sesiones de entrenamiento a intensidades superiores a la del umbral anaeróbico individual se producen exigencias metabólicas y psicológicas mucho más elevadas que cuando se entrena a intensidades ligeramente inferiores porque el sistema nervioso simpático es uno de los sistemas fisiológicos más críticos y su sollicitación excesiva puede favorecer la aparición de estados de fatiga o de sobreentrenamiento (15,64). El problema es que, debido a la pequeña diferencia observada en los valores de frecuencia cardíaca, muchos deportistas no son capaces de discernir entre los ejercicios realizados a intensidades ligeramente superiores al umbral anaeróbico individual de los realizados a intensidades inferiores.

La mínima diferencia observada entre la evolución de la frecuencia cardíaca a intensidades del 100% y del 105% del umbral anaeróbico individual comparado con la gran diferencia que existe entre esas dos intensidades en sus exigencias metabólicas y psicológicas permite pensar que si no existe un control minucioso de la evolución de la frecuencia cardíaca durante las sesiones de entrenamiento, será muy difícil conocer cuál es realmente la intensidad relativa del ejercicio. Si no se conoce esto, difícilmente se conocerá cuales han sido realmente los estímulos de entrenamiento que han llevado a

un sujeto al éxito o al fracaso deportivo. Por dicho motivo parece evidente que si el técnico deportivo quiere controlar minuciosamente el programa de entrenamiento y evitar la aparición de la fatiga crónica, deberá ser muy meticoloso en la prescripción de las intensidades del entrenamiento de resistencia comprendidas entre el umbral aeróbico y el umbral anaeróbico porque dichos ejercicios constituyen una parte muy importante del programa de entrenamiento de resistencia de muchos deportes y porque pequeños errores en la prescripción y en el control del entrenamiento pueden tener consecuencias dramáticas sobre la mejora o el estancamiento de la marca en los deportistas de alto nivel que tienen un margen muy estrecho de mejora.

#### **4.1.1.2. Intensidad del ejercicio intermitente.**

Definir la intensidad del ejercicio intermitente es mucho más complejo y difícil que definir la intensidad del ejercicio continuo porque el número de posibilidades de prescripción de una sesión de entrenamiento intermitente es mucho mayor que la del ejercicio continuo. Además, en la literatura científica se ha estudiado mucho más el ejercicio continuo que el intermitente. Por todo ello se conoce mucho menos sobre la prescripción de la intensidad del ejercicio intermitente que la del continuo. En este apartado se mostrarán los resultados de algunos trabajos personales y de la literatura internacional que permiten avanzar en la comprensión de la prescripción de la intensidad del ejercicio intermitente.

Una de los criterios que se utilizan más frecuentemente en la literatura del entrenamiento deportivo para definir la intensidad del ejercicio intermitente cuando un deportista va a realizar un entrenamiento intermitente sobre una distancia determinarla, es definirla como un porcentaje de la velocidad alcanzada por dicho deportista cuando recorre esa distancia a la máxima velocidad posible. Por ejemplo, si un deportista corre 100 metros a la máxima intensidad posible en 10 segundos (velocidad media: 36 Km/hora), si realiza series de entrenamiento de 100 metros en 11 segundos (velocidad media: 32.7 Km/h), estará trabajando a una intensidad relativa del 90.8% ( $32.7 \times 100 / 36$ ) de su velocidad máxima. Del mismo modo, si otro deportista corre a su máxima intensidad posible 100 metros en 12 segundos (velocidad media: 30 Km/h), para realizar series a la misma intensidad relativa que el anterior deportista (al 90.8% de su velocidad máxima en 100 metros), deberá correr a una velocidad de 27.24 Km/h ( $30 \times 90.8 / 100$ ), es decir, en 13.21 segundos. Se suele considerar en el mundo del entrenamiento deportivo que puesto que los dos deportistas están realizando series de entrenamiento de 100 metros a la misma intensidad relativa (90.8%) con respecto a su mejor marca en esa distancia, la respuesta del organismo a dicho entrenamiento así como el tipo y grado de fatiga que producen en dicho organismo deberían ser la mismas.

Para comprobar este punto, en un trabajo personal no publicado hicimos realizar a 2 atletas (A y B) de 400 metros de nivel nacional, cuya mejor marca en 100 metros por aquella época era de 10"7 (33.64 Km/h; atleta A) y

de 11"15 (32.28 Km/h; atleta B), una sesión de entrenamiento que consistió en correr 6 series de 100 metros en 11"7 (30.77 Km/h), con 5 minutos de descanso entre serie y serie. Ambos atletas hicieron las series corriendo a la vez y a la misma velocidad. Además, al terminar cada serie ambos atletas realizaban dos saltos verticales con contramovimiento previo sobre una plataforma de saltos medidora de tiempos de vuelo y, posteriormente, se les extraía sangre del lóbulo de la oreja hiperemizado para analizar la concentración sanguínea de lactato y de amonio. Si definimos la intensidad de cada serie en porcentaje de la velocidad alcanzada por cada deportista cuando recorría 100 metros a la máxima velocidad posible, se obtiene que el atleta A corrió sus series de 100 metros a una intensidad relativa del 91.5 % ( $30.77 \times 100/33.64$ ), mientras que el atleta B corrió sus series de 100 metros a una intensidad relativa del 95.3 % ( $30.77 \times 100/32.28$ ). Por lo tanto, la sesión de entrenamiento realizada por el atleta A (series de 100 metros al 91.5% de su velocidad máxima) fue menos intensa que la realizada por el atleta B (series de 100 metros al 95.3% de su velocidad máxima). Si se considera que dos atletas que realizan un ejercicio a la misma intensidad relativa deberían tener la misma respuesta fisiológica en su organismo, como el atleta A realizó las series a menor intensidad relativa que el atleta B, la sesión de entrenamiento realizada por el atleta A debería suponerle una menor exigencia para su organismo. Esto debería reflejarse en el organismo por la presencia en el atleta A de menores niveles de lactato y de amonio en sangre y por un menor descenso de los valores de salto vertical.

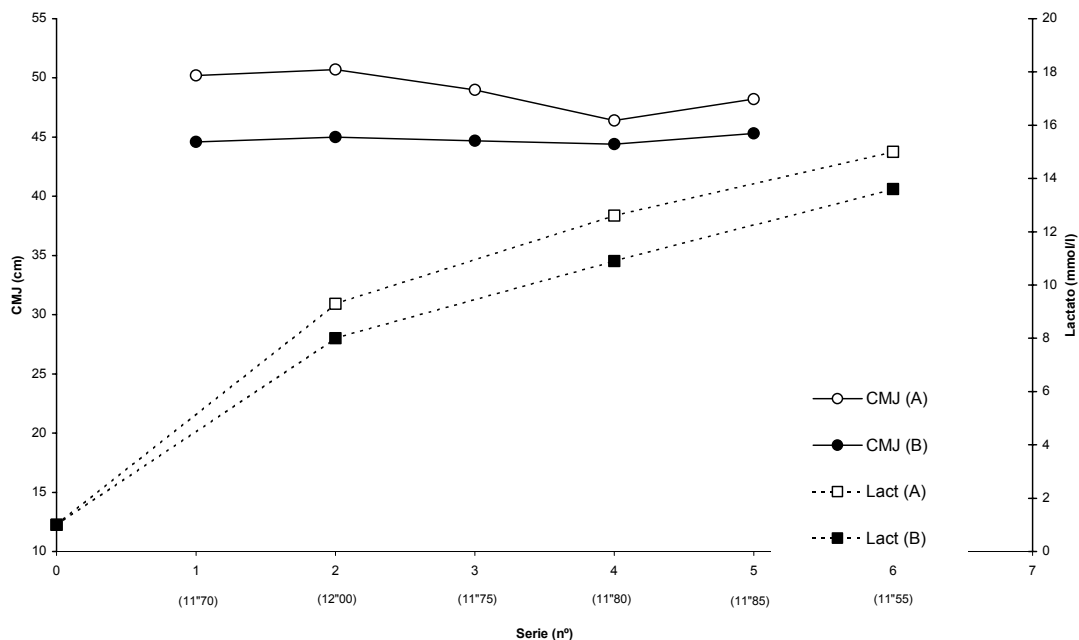




Figura 4.3. Evolución de los valores de altura de salto vertical con contramovimiento (en cm) y de la concentración sanguínea de lactato, en dos atletas de nivel nacional (A y B), especialistas en 400 metros, al terminar cada serie de un ejercicio que consistió en realizar 6 series de 100 metros en 11.7 segundos. Entre cada serie, el tiempo de recuperación fue de 5 minutos (Trabajo personal no publicado).

La figura 4.3 muestra la evolución de la altura de salto vertical con contramovimiento y de la concentración sanguínea de lactato, nada más terminar cada una de las series en ambos atletas. Se observa que, al contrario de lo esperado, la concentración sanguínea de lactato a lo largo de la sesión de entrenamiento de series fue superior en el atleta A que en el atleta B. Además, a lo largo de la sesión el descenso en la altura del salto vertical fue de mayor magnitud en el atleta A que en el atleta B. Por último, la concentración sanguínea de amonio observada durante la sesión fue mayor en el atleta A que en el atleta B. Estos resultados sugieren que, al contrario de lo esperado, la sesión de entrenamiento de series estudiada tuvo una mayor exigencia sobre el organismo del atleta A, que corrió las series de 100 metros a una intensidad relativa del 91.5% de su velocidad máxima, que sobre el organismo del atleta B, que corrió a una intensidad relativa del 95.3%, porque la participación del metabolismo anaeróbico, la estimulación del ciclo de las purinas y la pérdida de la fuerza explosiva fueron mayores en el atleta A que en el atleta B. La razón más probable por la cual la sesión de entrenamiento supuso un grado de exigencia mayor para el atleta A que para el atleta B es que el atleta A tenía una resistencia aeróbica muy inferior (velocidad correspondiente a una concentración sanguínea de lactato de 4 mmol/l : 13.7 Km/h) a la del atleta B (14.8 Km/h). La velocidad correspondiente a una concentración sanguínea de lactato de 4 mmol/l se determinó haciendo realizar a ambos atletas un test de campo con estadios de velocidad progresivamente creciente, de 4 minutos de duración en cada estadio.

Los resultados de este estudio, aunque deberán ser confirmados en estudios futuros, permiten extraer las aplicaciones prácticas siguientes:

1) Definir la intensidad del ejercicio intermitente tomando como referencia la velocidad máxima de cada deportista en una distancia determinada no parece adecuado desde un punto de vista biológico porque cuando deportistas con distinta velocidad máxima absoluta en una distancia determinada realizan ejercicios intermitentes a intensidades relativas similares (a un mismo porcentaje de su velocidad máxima), la respuesta metabólica y neuromuscular de cada organismo suele ser diferente.

2) Los deportistas que tienen unos valores elevados de resistencia aeróbica presentan un menor grado de exigencia que los deportistas con bajos valores de resistencia aeróbica cuando realizan ejercicios intermitentes intensos a similar intensidad relativa, definida como un porcentaje de la velocidad máxima.

3) Si se confirman las afirmaciones de los dos párrafos precedentes, se puede pensar que en un grupo de velocistas, aquellos deportistas que presenten el mayor porcentaje de fibras rápidas, sean los más veloces y tengan los valores más bajos de resistencia aeróbica, estarán sometidos probablemente a entrenamientos más exigentes y por lo tanto recuperarán peor que los deportistas del mismo grupo que presenten el menor porcentaje de fibras rápidas, sean los más lentos y tengan los valores más elevados de resistencia aeróbica. Por lo tanto, cuando se defina la intensidad del ejercicio como porcentaje de la velocidad máxima, los mejores velocistas de un grupo deberían realizar un entrenamiento menos intenso que los peores velocistas porque es muy probable que los mejores velocistas presenten valores muy bajos de resistencia aeróbica. Si, a pesar de todo, el entrenador de ese grupo de velocistas quiere que todos los sujetos de su grupo realicen series de ejercicio intermitente a la misma velocidad relativa, en porcentaje de la velocidad máxima, los mejores velocistas deberían realizar un número menor de series que los peores velocistas, para intentar que el grado de exigencia que tenga la sesión de entrenamiento sobre los organismos del grupo de deportistas sea similar.

Estos resultados han sido confirmados recientemente en una experiencia realizada con adolescentes jugadores de baloncesto (1). Los autores hicieron realizar a 13 jugadores adolescentes pertenecientes a la selección navarra de baloncesto, 5 bloques de series de ataque-contrataque a la máxima velocidad posible conduciendo el balón, que concluían con una entrada a canasta. Cada bloque estaba compuesto por dos series de ataque-contrataque. La velocidad a la que realizaban cada serie se midió con células fotoeléctricas y el tiempo de recuperación entre cada bloque fue de 2 minutos. El día anterior, todos los sujetos realizaron un test de campo de intensidad progresivamente creciente hasta el agotamiento para estimar los valores de resistencia aeróbica (consumo máximo de oxígeno) (37).

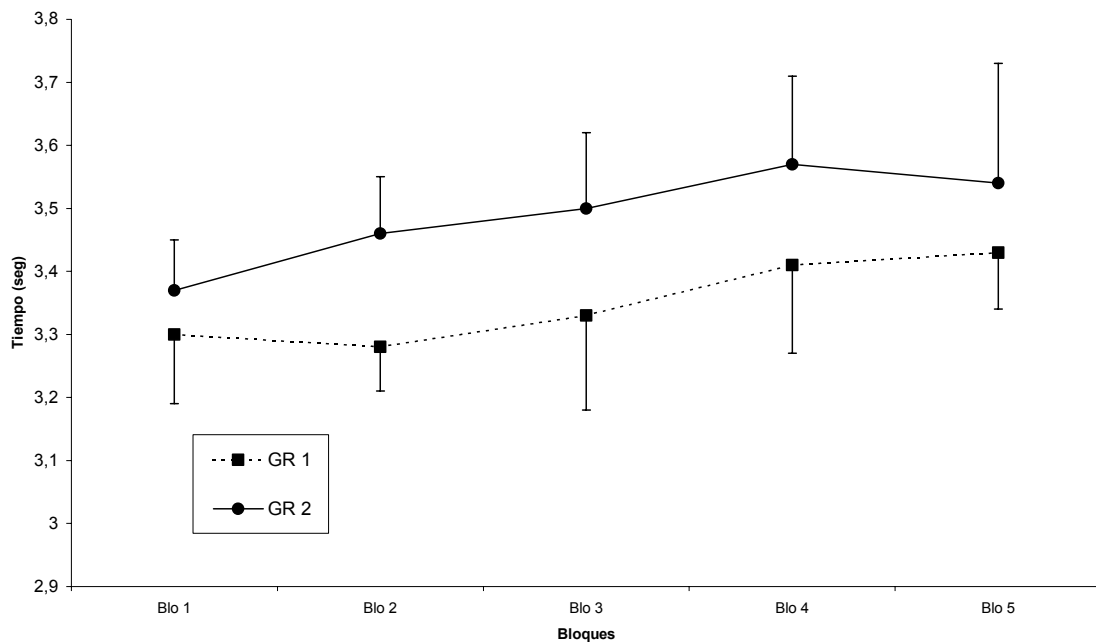


Figura 4.4. Evolución del tiempo medio empleado en recorrer cada uno de los 5 bloques de ataque-contraataque, conduciendo el balón, a la máxima velocidad posible, en dos grupos de jugadores adolescentes de baloncesto: un grupo de 6 jugadores que presentaban los valores más elevados de resistencia aeróbica (grupo A) y un grupo de 7 jugadores que presentaban los valores más bajos de resistencia aeróbica (grupo B) (1).

La figura 4.4. muestra la evolución del tiempo medio que los jugadores de baloncesto emplearon en recorrer las series de ataque-contraataque de cada uno de los 5 bloques a la máxima velocidad posible, conduciendo el balón. Los 13 jugadores fueron divididos en dos grupos: el grupo A, que comprendía a los 6 jugadores que presentaban los valores más elevados de resistencia aeróbica y el grupo B, formado por los 7 jugadores restantes que presentaban los valores más bajos de resistencia aeróbica. No existían diferencias significativas entre los dos grupos ni en la fuerza explosiva de los músculos extensores de las rodillas (salto vertical), ni en la velocidad máxima de desplazamiento sin balón en 20 metros. Se observa que en ambos grupos no existió diferencia significativa en el tiempo medio empleado en realizar las series del primer bloque. Sin embargo, a partir del segundo bloque, el grupo que presentaba los valores más bajos de resistencia aeróbica (grupo B) empleó significativamente más tiempo en realizar las series de ataque-contraataque que el grupo que presentaba los valores más altos de resistencia aeróbica (grupo A). Estos resultados confirman los obtenidos anteriormente con los atletas en las series de 100 metros y sugieren que los sujetos que presentan valores más bajos de resistencia aeróbica están sometidos a mayor grado de exigencia que los que presentan altos valores de resistencia aeróbica cuando realizan ejercicios intermitentes de misma intensidad relativa respecto a la velocidad máxima de cada deportista (en el caso del estudio con jugadores de baloncesto la

intensidad exigida fue la máxima: 100%). Esta diferencia se observa incluso cuando la duración de los esfuerzos es muy pequeña (unos pocos segundos).

En los párrafos anteriores se ha sugerido que no es conveniente definir la intensidad relativa de un ejercicio intermitente como porcentaje de la velocidad máxima. También se ha señalado que los deportistas que tienen valores elevados de resistencia aeróbica parecen tolerar mejor y presentan menor grado de estrés cuando realizan ejercicios intermitentes de alta intensidad que los deportistas con bajos valores de resistencia aeróbica. ¿Quiero esto decir que la mejor manera de definir la intensidad de un ejercicio intermitente es referirlo, por ejemplo, a un porcentaje de una variable que defina la resistencia aeróbica (ej.: umbral anaeróbico)? En lo que conocemos, no existe actualmente respuesta a esta pregunta. Es posible pensar que cuando se realicen ejercicios intermitentes a velocidades ligeramente superiores a las velocidades del umbral anaeróbico (5-20% superiores) sea bastante adecuado, desde el punto de vista biológico, definir la intensidad del ejercicio como porcentaje de la velocidad a la que se alcanza el umbral anaeróbico y se acompañe de respuestas similares en deportistas que presenten diferentes características. Sin embargo, cuando los ejercicios intermitentes se realicen a velocidades muy superiores a las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico (ej.: 150-250% de VO<sub>2</sub>max), es más probable que las respuestas de deportistas que presenten diferentes características no sean tan homogéneas. Por ejemplo, en el trabajo realizado con los dos atletas (A y B) de 400 metros que corrieron 6 series de 100 metros en 11.7 segundos (30.77 Km/h) (figura 4.3), que presentaban velocidades del umbral anaeróbico de 13.7 Km/h (atleta A) y de 14.8 Km/h (atleta B), la intensidad relativa de cada serie, en porcentaje de la velocidad del umbral anaeróbico, fue del 225% ( $30.77 \times 100/13.7$ ) en el atleta A y del 208% en el atleta B. La mayor intensidad relativa, con respecto a su umbral anaeróbico, realizada por el atleta A, podría explicar la razón por la cual dicho atleta tuvo un mayor grado de exigencia que el atleta B. Sin embargo, la velocidad a la que se corrieron esas series está tan alejada de las velocidades del umbral anaeróbico que es muy probable que existan otras variables fisiológicas más relacionadas con el ejercicio intermitente que puedan definir mejor la intensidad relativa del ejercicio que la variable umbral anaeróbico. Parece lógico pensar que esas hipotéticas variables que estuviesen más relacionadas con el ejercicio intermitente deberían buscarse diseñando tests más específicos (intermitentes) y buscando variables próximas a los valores elevados de velocidad que se emplean durante los ejercicios intermitentes muy intensos. En los siguientes párrafos se analizarán algunos trabajos que han intentado abordar este tema.

El test de MART ("Maximal Anaerobic Running Rest") es un test intermitente que fue concebido en 1987 por el profesor finlandés H.K. Rusko, de la Universidad de Jyväskylä, para intentar analizar las respuestas del deportista al ejercicio intermitente y permitir definir variables para prescribir el ejercicio intermitente (46). El protocolo original del MART (48) consiste en realizar series de 20 segundos de carrera en tapiz rodante, intercaladas con pausas de recuperación de 100 segundos entre cada serie. En deportistas, la

primera serie de 20 segundos, precedida de 5-10 segundos de aceleración inicial, se realiza a 3.97 m/s (14.3 Km/h), con una pendiente del tapiz de 5° (8.75%). En las siguientes series la velocidad del tapiz se va aumentando 0.35 m/s (1.26 Km/h), en cada serie, hasta que el sujeto se agota. Antes de comenzar el test, a los 15", 25" y 35" de haber finalizado cada serie, y a los 2.5, 5.0 y 15.0 minutos de haberse agotado, los sujetos realizan un test de salto vertical precedido de contramovimiento (CMJ). Además, para analizar la concentración sanguínea de lactato, se extraen muestras de sangre arteriolizada de la pulpa del dedo, antes de comenzar el test, a los 40" de haber finalizado cada serie, y a los 2.5, 5.0 y 15.0 minutos de haberse agotado el sujeto. El objetivo del test MART es medir en un solo test los factores metabólicos y neuromusculares de las sollicitaciones anaeróbicas máximas de los deportistas. Diferentes estudios han encontrado que el test MART es un test válido porque está relacionado con la marca deportiva en pruebas de menos de 4 minutos de duración, es específico y sus resultados son repetibles (43,48).

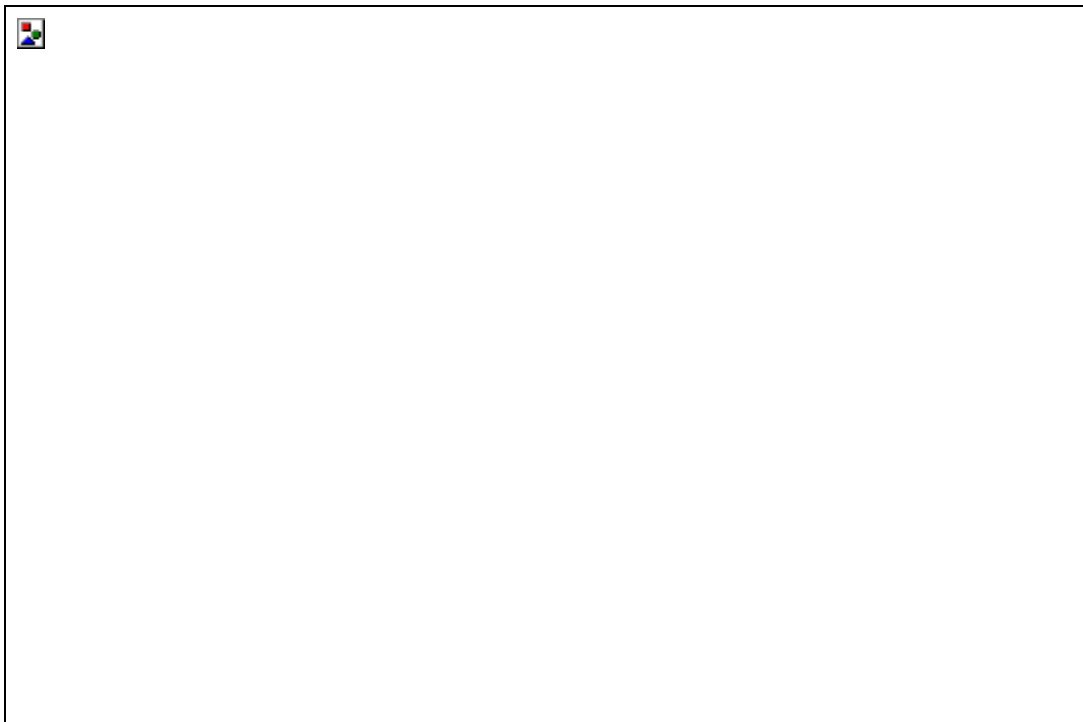


Figura 4.5. Concentración sanguínea de lactato ( $la^-$ ) y altura de salto vertical (CMJ), en dos atletas finlandeses de 400 metros (S1 y S2), durante el test de MART y durante 15 minutos de recuperación. La velocidad correspondiente a una concentración sanguínea de lactato de 3 mmol/l y de 10 mmol/l está señalada en líneas intermitentes.

La figura 4.5 muestra los resultados gráficos del test de MART realizado por dos atletas finlandeses (S1 y S2), especialistas en 400 metros y, concretamente, la evolución de la curva lactato-velocidad y del salto vertical. Se observa que el sujeto S1 salta más que el sujeto S2 y que la velocidad correspondiente a una concentración sanguínea de 3 mmol/l y de 10 mmol/l es también superior en el sujeto S1. El pico de lactato sanguíneo de recuperación es similar en ambos sujetos (cercano a 18 mmol/l). Por último, la evolución del

salto vertical a lo largo de la prueba muestra que, en ambos sujetos, los valores permanecen constantes y similares a los de reposo durante la mayor parte de la prueba, pero que a partir de una velocidad de 6.5 m/s, coincidiendo con una concentración sanguínea de lactato cercana a 10 mmol/l, se observa una disminución marcada de los valores de salto vertical.

Las variables medidas en el test MART y su significación, son las siguientes:

- La potencia máxima de carrera o la velocidad máxima de carrera alcanzada durante el test. Estos valores son muy importantes porque están relacionados con la marca deportiva en ejercicios que provocan el agotamiento en menos de 4 minutos (47).

- El pico de lactato sanguíneo de recuperación, que suministra información indirecta sobre la capacidad anaeróbica láctica (19).

- La fuerza explosiva de los músculos de las piernas (CMJ), que permite conocer los valores de fuerza explosiva de los músculos extensores de las rodillas en reposo y a lo largo del test.

- Por último, la velocidad de carrera correspondiente a una concentración submáxima de lactato de 10 mmol/l ( $P_{10\text{mmol}}$ ). Según Rusko y col. (48) la variable  $P_{10\text{mmol}}$  debería ser considerada como el reflejo de la "economía de sprint". Este término se basa en la idea de que cuanto menos concentración de lactato sanguíneo se tenga a una concentración supramáxima de ejercicio, mejor será la economía y la técnica de carrera de un velocista.

Desde un punto de vista teórico, es posible pensar que la variable  $P_{10\text{mmol}}$  podría ser una buena variable de referencia para prescribir la intensidad relativa del ejercicio intermitente, porque  $P_{10\text{mmol}}$  se calcula a partir de un test intermitente y porque suele corresponder en atletas velocistas a velocidades próximas a las que utilizan durante sus entrenamientos de series (ej.: en la figura 4.6 el valor de  $P_{10\text{mmol}}$  sería próximo a 25 Km/h, es decir, equivalente a recorrer 400 metros en 57"-58") Estas velocidades son muy superiores a las velocidades de umbral anaeróbico.

En un trabajo realizado en nuestro laboratorio (21) se estudió si la variable  $P_{10\text{mmol}}$  puede ser tomada como referencia para definir la intensidad relativa del ejercicio intermitente. Para ello, se hizo realizar el test MART a dos atletas masculinos de 800 metros: el atleta A, con una marca de 1'51"56 (25.82 Km/h) en 800 metros, y el atleta B, que tenía una marca de 1'55"89 (24.85 Km/h). En el test MART, el atleta A alcanzó una velocidad máxima de carrera de 27.5 Km/h y una velocidad de  $P_{10\text{mmol}}$  de 24.9 Km/h, mientras que los valores del atleta B fueron de 26.58 Km/h y de 24.42 Km/h, respectivamente. Por lo tanto, tanto las marcas conseguidas en 800 metros como los resultados alcanzados en el test MART fueron superiores en el atleta A que en el atleta B. En días posteriores los dos atletas realizaron simultáneamente dos sesiones

diferentes de entrenamiento. En la primera sesión, los sujetos corrieron 3 series de 3 repeticiones de 150 metros a una velocidad aproximada del 100% de la velocidad alcanzada en  $P_{10\text{mmol}}$  por cada atleta (el atleta A corrió los 150 metros de cada serie en 21"2 mientras que el atleta B lo hizo en 22"5). El descanso entre repeticiones fue de 3 minutos y el descanso entre series fue de 5 minutos. En la segunda sesión de entrenamiento el atleta A corrió 2 series de 3 repeticiones de 350 metros a una velocidad aproximada del 100% de su velocidad alcanzada en  $P_{10\text{mmol}}$ , mientras que el atleta B corrió 2 series de 3 repeticiones de 325 metros a una velocidad aproximada del 100% de su velocidad alcanzada en  $P_{10\text{mmol}}$ . El atleta A corrió los 350 metros de cada serie en 48"8 mientras que el atleta B corrió los 325 metros en 50"7. El descanso entre repeticiones fue de 3 minutos y el descanso entre series fue de 5 minutos. En esta segunda sesión de entrenamiento los dos atletas corrieron distancias diferentes (series de 350 metros el atleta A y de 325 metros el atleta B) porque se trataba de que hiciesen series similares en intensidad relativa (100% de  $P_{10\text{mmol}}$ ) y en duración (49"-51"). En ambas sesiones de entrenamiento, antes de empezar la sesión, después del calentamiento e inmediatamente después de finalizar cada repetición, los sujetos realizaron dos saltos verticales con contramovimiento y se les extrajo sangre del lóbulo de la oreja hiperemizado para analizar su concentración sanguínea de lactato.

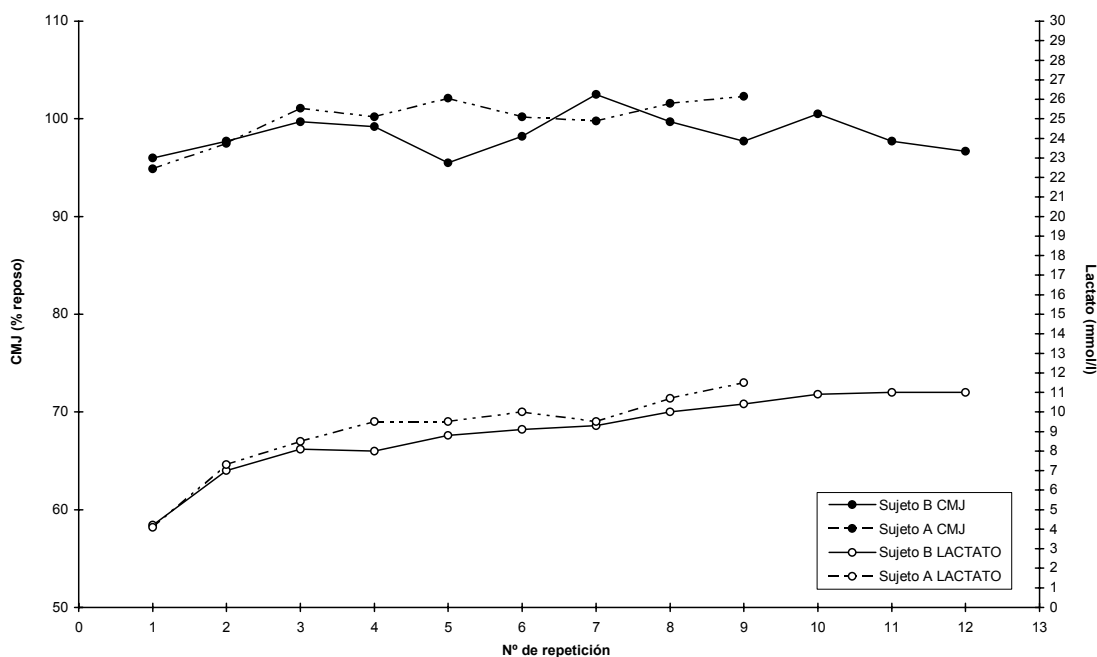


Figura 4.6. Evolución de la concentración sanguínea de lactato (en mmol/l) y de la altura de salto vertical (en porcentaje de los valores obtenidos en reposo) en dos atletas (A y B) que corrieron 3 series de 3 repeticiones a una intensidad relativa del 100% de  $P_{10\text{mmol}}$ , de una duración de 21"-22" (21).

Las figuras 4.6 y 4.7 muestran la evolución de la concentración sanguínea de lactato y de salto vertical (en porcentaje de los valores de

reposo) de ambos atletas, en las dos sesiones de entrenamiento. Se observa (figura 4.6) que en la primera sesión de entrenamiento de series de 21"-22" realizadas a una misma intensidad relativa del 100% de  $P_{10\text{mmol}}$ , la evolución de la concentración sanguínea de lactato y del salto vertical es muy similar en ambos atletas, a pesar de que las marcas en 800 metros y los valores del test MART eran muy diferentes en ambos sujetos. También se observa que la concentración sanguínea de lactato se mantuvo bastante constante a partir de la tercera serie (valores cercanos a 10 mmol/l) y que la altura de salto vertical permaneció muy cercana a los valores de reposo durante toda la sesión de entrenamiento.

En la segunda sesión de entrenamiento (figura 4.7), consistente en realizar series de 49"-51" a una misma intensidad relativa de  $P_{10\text{mmol}}$ , se observa que la concentración sanguínea de lactato no permanece estable a partir de la tercera serie, como ocurría en la primera sesión de entrenamiento, sino que aumenta progresivamente a lo largo de la sesión, hasta alcanzar valores medios cercanos a los 18 mmol/l. Este aumento progresivo de la concentración sanguínea de lactato se acompaña de una disminución progresiva de la altura de salto vertical. A pesar de que esta sesión de entrenamiento es muy diferente de la anterior, lo que tienen en común ambas sesiones es que la evolución de la concentración sanguínea de lactato y del salto vertical son similares en el atleta A y en el atleta B en ambas sesiones cuando la intensidad del ejercicio se define como un mismo porcentaje de la velocidad de  $P_{10\text{mmol}}$  obtenida en el test MART.

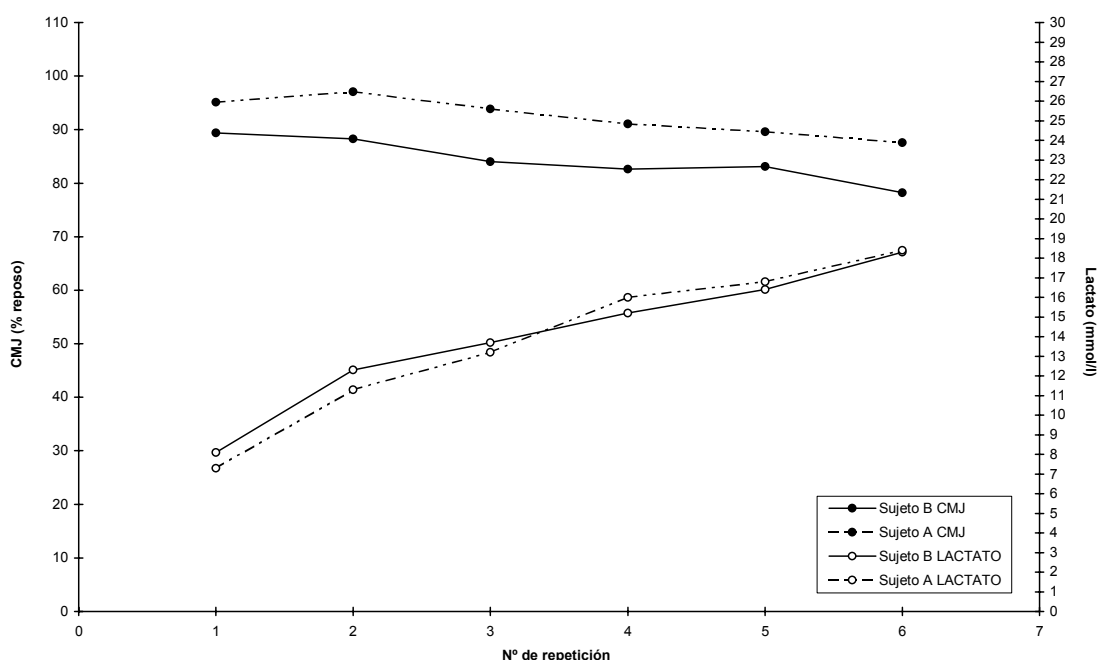


Figura 4.7. Evolución de la concentración sanguínea de lactato (en mmol/l) y de la altura de salto vertical (en porcentaje de los valores obtenidos en reposo) en dos



atletas (A y B) que corrieron 3 series de 2 repeticiones a una intensidad relativa del 100% de  $P_{10\text{mmol}}$  y de una duración de 49"-51" (21).

Estos resultados sugieren que el test MART y, especialmente, el valor ( $P_{10\text{mmol}}$ ), pueden ser una buena variable de referencia para definir la intensidad relativa del ejercicio intermitente de elevada intensidad. Sin embargo, deberán realizarse otros estudios en el futuro para confirmar si la elección de esta variable es adecuada o si existen otras variables fisiológicas que definen mejor la intensidad del ejercicio intermitente.

#### **4.1.2. Duración.**

Una de las cuestiones que no se conocen sobre el entrenamiento de un deportista es saber cuál es la duración óptima que debe tener una sesión de entrenamiento realizada a una intensidad determinada. En otras palabras, se trataría de saber si es conveniente que la sesión de entrenamiento se continúe hasta que el sujeto se agote o, en el caso de que no fuese conveniente alcanzar el agotamiento, conocer en qué momento del entrenamiento el sujeto debe pararse para que el entrenamiento tenga un efecto positivo en el deportista y para que la recuperación de ese esfuerzo sea razonablemente rápida. Desgraciadamente, esto no se conoce. Sin embargo, existen algunos pocos trabajos que han estudiado este aspecto en ejercicios continuos e intermitentes cuyos resultados permiten conocer mejor este aspecto, .

##### **4.1.2.1. Duración del ejercicio continuo.**

La figura 4.8 muestra la evolución de las concentraciones séricas de cortisol y de  $\beta$ -endorfinas de 10 hombres que realizaron un ejercicio de bicicleta ergométrica a una intensidad continua, ligeramente inferior a la del umbral anaeróbico individual, hasta el agotamiento (tiempo medio de agotamiento cercano a 90 minutos) (49).

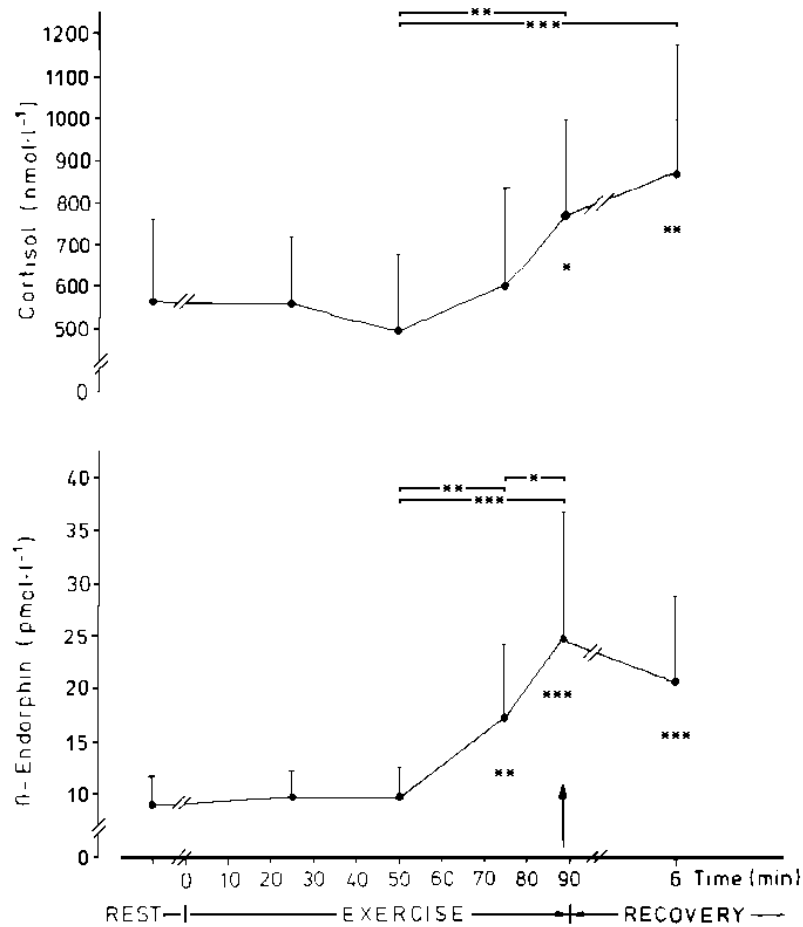


Figura 4.8. Concentraciones séricas de cortisol (arriba) y de β-Endorfinas (abajo), antes, durante y después de realizar un ejercicio hasta el agotamiento durante cerca de 90 minutos (49).

Se observa que durante la mayor parte del ejercicio (primeros 50 a 70 minutos), las concentraciones séricas de cortisol y de β-endorfinas de los sujetos fueron muy similares a sus valores respectivos de reposo. Sin embargo, durante los últimos minutos de ejercicio previos al agotamiento, se observó un aumento significativo importante de ambas variables que, en el caso del cortisol, todavía fue mayor durante los primeros minutos de recuperación. Otros autores han encontrado que cuando se realiza este tipo de ejercicio hasta el agotamiento, las concentraciones sanguíneas basales de testosterona pueden permanecer disminuidas de 2 a 4 días después de haber finalizado el ejercicio (22,63). Estos resultados sugieren que durante este tipo de ejercicio llevado hasta el agotamiento hay dos partes muy diferenciadas: 1) los primeros dos tercios del ejercicio, caracterizados porque no aumentan de modo importante las hormonas ligadas al estrés, y 2) el último tercio del ejercicio que se caracteriza por la presencia de un aumento brusco de las concentraciones sanguíneas de hormonas ligadas al estrés, que es un reflejo probable del aumento de la producción de dichas hormonas y que exige probablemente un tiempo elevado de recuperación. No se sabe qué consecuencias puede tener

esta sobreproducción de dichas hormonas en el último tercio del ejercicio, aunque es muy probable que pueda tener una influencia negativa sobre la calidad y rapidez de la recuperación.

Los resultados de este estudio sugieren que no es conveniente realizar sesiones de entrenamiento hasta el agotamiento. Otros autores han estudiado los efectos de sesiones de entrenamiento realizadas a intensidades más bajas que provocaban el agotamiento en más de 3 horas. La mayoría de dichos estudios han encontrado que en el momento de producirse el agotamiento la concentración sanguínea de testosterona disminuyó entre un 20% y un 40%, mientras que la concentración de cortisol aumentó más del 50% con respecto a los valores encontrados en reposo (14,65). Se considera que el aumento de la concentración sanguínea de cortisol y la disminución de la concentración sanguínea de testosterona que se observa durante los ejercicios que provocan el agotamiento en más de 3 horas puede tener un efecto negativo sobre la capacidad de recuperación (38).

Los resultados de estos estudios sugieren que el control de la duración de las sesiones de entrenamiento de intensidad constante (ejercicio continuo) es tan importante como la regulación minuciosa de la intensidad de cada esfuerzo. Sin embargo, no existen, en lo que nosotros conocemos, variables incruentas que permitan detectar y prevenir el momento cercano al agotamiento a partir del cual aumenta de modo significativo la producción de las hormonas del estrés. Además, tampoco se conoce en que momento del ejercicio es más eficaz finalizarlo, aunque es probable que esté muy próximo al momento en el que se observa un aumento de la concentración sanguínea de las hormonas del estrés.

#### **4.1.2.2. Duración del ejercicio intermitente. ¿Existen zonas de ruptura fisiológica?**

Hemos visto que las sesiones de entrenamiento compuestas por ejercicios intermitentes (series de ejercicio a intensidades superiores a las que pueden ser suministradas enteramente por los procesos aeróbicos, intercaladas por períodos de recuperación incompleta) se utilizan con mucha frecuencia en el entrenamiento deportivo porque se considera que permiten que el organismo se entrene bastante tiempo a ritmos próximos a los de competición y porque permite estimular otras fuentes de aprovisionamiento de energía (metabolismo anaeróbico láctico y aláctico) sin que se produzca una fatiga excesiva (8,30). Sin embargo, se conoce muy poco si los efectos de estos tipos de entrenamiento son superiores a los observados con sesiones de entrenamiento de más baja intensidad y mayor duración (8). Además, veíamos que no se conocen actualmente con certeza marcadores fisiológicos precisos e incruentos que permitan cuantificar y prescribir sesiones de ejercicios intermitentes con la misma precisión que los ejercicios de menor intensidad realizados a ritmo constante y sin interrupciones. Por ello, es mucho más difícil: 1) controlar de modo meticuloso el entrenamiento cuando se realizan ejercicios intermitentes, 2) conocer el grado de sollicitación requerida al organismo y, 3)

prever el tiempo de recuperación más conveniente que debe dejarse entre dos sesiones de entrenamiento de este tipo.

La figura 4.9 muestra la evolución de la altura de salto vertical con contramovimiento (CMJ) y de la concentración sanguínea de amonio (NH<sub>4</sub>) en un atleta de 400 metros de nivel internacional (marca cercana a 45"-46"), antes y durante la realización de un entrenamiento fraccionado consistente en correr 12 series de 300 metros en un tiempo previsto de 43", con un tiempo de recuperación entre series de 3 minutos (trabajo personal no publicado). La mejor marca en 300 metros en aquella época del citado atleta era próxima a 32"5, con lo que la intensidad relativa de las series fue cercana al 76% de la velocidad máxima en la distancia. A los 15 segundos de haber finalizado cada serie, el atleta realizaba un test de salto vertical con contramovimiento previo y a los 30 segundos de haber finalizado las series impares se le extrajo una gota de sangre del lóbulo de la oreja hiperemizado para analizar la concentración sanguínea de amonio. Además, al finalizar la última serie se le extrajo sangre del lóbulo de la oreja para analizar la concentración sanguínea de lactato.

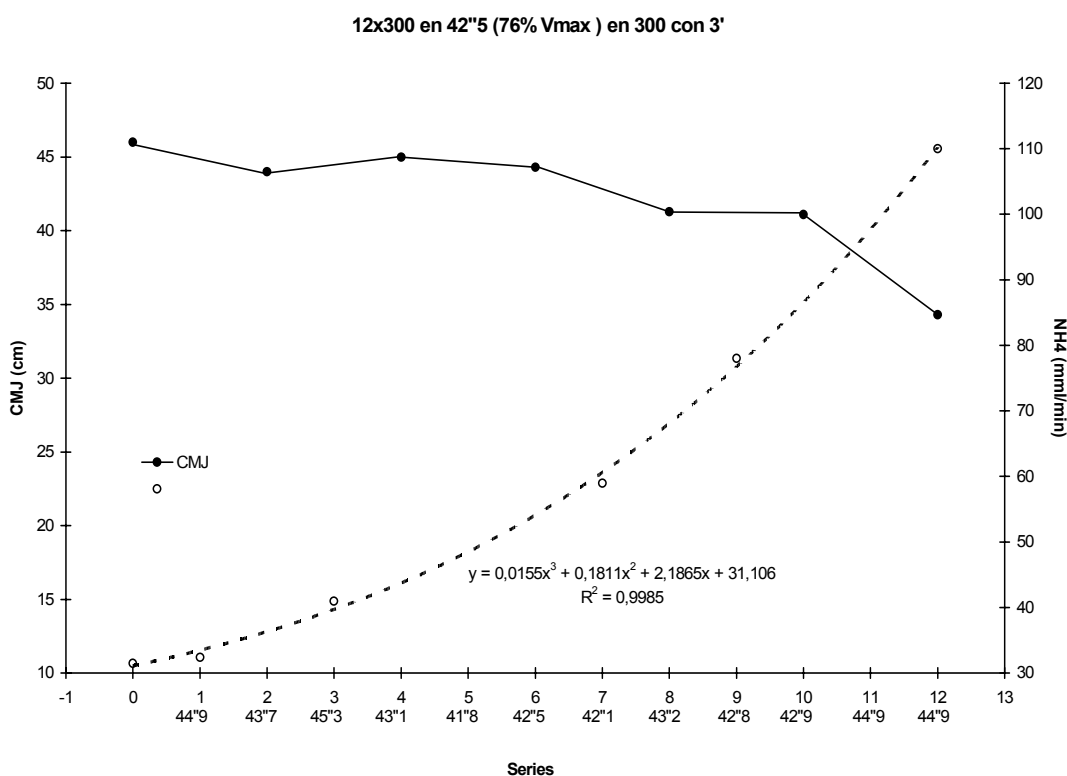


Figura 4.9. Evolución de la altura del salto vertical con contramovimiento (CMJ, en cm) y de la concentración sanguínea de amonio (NH<sub>4</sub>, en  $\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ), en reposo y al finalizar las series de una sesión de entrenamiento consistente en realizar 12 series de 300 metros en un tiempo previsto de 43", con 3 minutos de recuperación entre series. En abscisas se muestra el número de cada serie y, debajo, el tiempo realizado en cada serie (trabajo personal no publicado).

Se observa que durante las 6 primeras series, coincidiendo con concentraciones sanguíneas de amonio que se encontraban en el rango de la normalidad de reposo (no superiores a  $45 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ), la altura de vuelo del salto vertical permaneció muy próxima a los valores de reposo (cerca de 44-46 cm). Sin embargo, a partir de la séptima serie, coincidiendo con un aumento de la concentración sanguínea de amonio por encima de los valores de reposo, se observó una disminución muy pronunciada de la altura del salto vertical, de un 10% a un 23%. Por último, la concentración sanguínea de lactato al finalizar la última serie fue de  $22 \text{ mmol.l}^{-1}$ .

Se considera que durante estos tipos de ejercicios intensos y cortos, el aumento de la concentración sanguínea de amonio por encima de los valores de reposo refleja una elevada intensidad de activación del metabolismo de las purinas (5,55). Esta activación es un mecanismo de urgencia que se produce cuando la concentración muscular de ATP comienza a disminuir en el músculo y la concentración de ADP comienza a aumentar, porque a esas intensidades de ejercicio llega un momento en el cual la necesidad de ATP necesaria para la contracción muscular es superior a la cantidad de ATP que le puede ser suministrado por la hidrólisis de la fosfocreatina o la glucogenólisis anaeróbica. La reacción de urgencia consiste en que, para evitar un agotamiento completo de las reservas de ATP que provocaría la muerte de la célula, se produce ATP y AMP a partir de 2 moléculas de ADP. El ATP formado retrasa el agotamiento de las reservas musculares de ATP, mientras que el AMP formado se convierte rápidamente en IMP, liberando amonio (5).

Por lo tanto, se considera que durante este tipo de ejercicio el aumento de la concentración sanguínea de amonio es el reflejo indirecto de que se ha producido un déficit de aprovisionamiento en ATP muscular y de que se ha activado el metabolismo de las purinas. Es posible pensar que la disminución de la altura de salto vertical que se observó a partir de la séptima serie de la figura 4.9 y que coincidió con el aumento de la concentración sanguínea de amonio, se pueda también considerar como un reflejo indirecto del déficit de aprovisionamiento en ATP muscular, porque la energía necesaria para que se produzca el salto vertical está suministrada fundamentalmente por las reservas musculares de ATP. En la figura 4.10 se muestra la relación observada entre la altura del salto vertical al finalizar cada serie (en porcentaje de los valores obtenidos en reposo) y la concentración sanguínea de amonio, en atletas de alto nivel que realizaron diferentes sesiones de entrenamiento de series (trabajo personal no publicado).

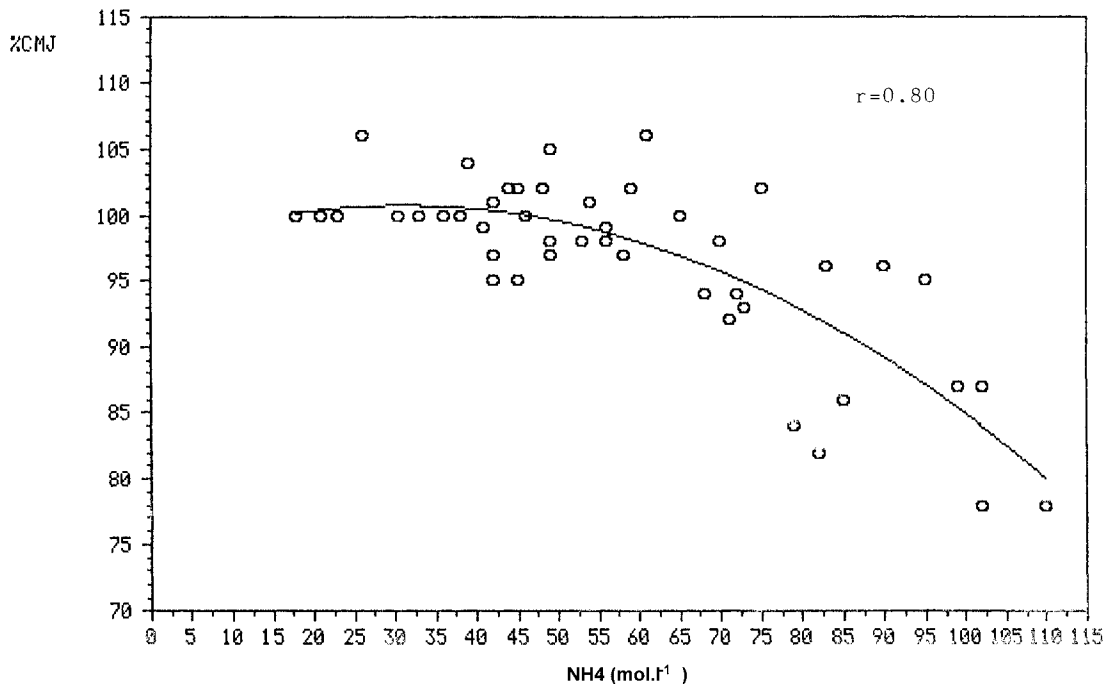


Figura 4.10. Relación entre la altura de salto vertical con contramovimiento previo (en porcentaje de los valores obtenidos en reposo) y la concentración sanguínea de amonio medidos al finalizar diferentes sesiones de entrenamiento de series en 9 atletas españoles de alto nivel, corredores de 400 y 800 metros (trabajo personal no publicado).

Se observa que cuando los valores de amonio sanguíneo aumentan con respecto a los valores de reposo ( $40-50 \mu\text{mol.l}^{-1}$ ), la altura de salto vertical disminuye progresivamente. Estos resultados sugieren que la disminución de la fuerza explosiva de las piernas observada durante la recuperación de las series de ejercicios intermitentes de elevada intensidad podría reflejar la zona fisiológica de ruptura a partir de la cual se produce una situación de déficit de aprovisionamiento en ATP en el músculo. Algunos autores consideran que esta situación de ruptura se produce cuando la concentración de lactato sanguíneo supera los  $8-12 \text{ mmol.l}^{-1}$  (51). Además, se considera que la detección de esta situación de ruptura es importante para planificar el entrenamiento y la recuperación porque la activación del ciclo de las purinas se suele acompañar de una pérdida relativa de purinas que puede llevar a una reducción de las reservas de fosfágenos musculares si estos ejercicios se repiten con frecuencia (55) y a una sobreproducción de radicales libres (54), con el consiguiente empeoramiento de la marca deportiva en las actividades intensas y breves. En este caso, la medida del salto vertical al finalizar las series durante un ejercicio intermitente suministraría una información importante sobre el momento fisiológico a partir del cual se produce una situación de déficit de aprovisionamiento de ATP y una probable pérdida de purinas del músculo.

Este ejemplo muestra que, al igual que ocurre durante el ejercicio de intensidad constante, es probable que existan zonas de ruptura fisiológica durante el ejercicio intermitente que permitan prescribir con más precisión la

duración de las sesiones de entrenamiento. Sin embargo, se necesitarán realizar más estudios sobre este tema para poder aplicarlos correctamente al deportista de alto nivel.

En este capítulo se ha mostrado la importancia y el modo de prescribir de modo preciso y referido a variables biológicas la intensidad y la duración del entrenamiento. Parece evidente que la utilización de estos métodos de prescripción del entrenamiento y de otros que puedan descubrirse en un futuro, permitirán conocer mejor las razones por las que un tipo u otro de entrenamiento produce diferentes efectos y permitirán avanzar en el conocimiento de la planificación del entrenamiento.

## **4.2. Distribución de las sesiones de entrenamiento.**

Desgraciadamente existen muy pocos estudios científicos publicados en la literatura occidental sobre la distribución en el tiempo de las sesiones de entrenamiento porque la mayor parte de las traducciones que se han realizado de los libros publicados por los científicos rusos son meras conjeturas (45). Por ello, en lo que nosotros conocemos, existen insuficientes bases científicas para afirmar que uno u otro tipo de planificación del entrenamiento es más adecuado para un deportista determinado. En los siguientes apartados se mostrarán algunos pocos ejemplos que permiten diseñar planificaciones del entrenamiento con más bases científicas aunque, por el momento y debido a lo poco que se conoce, la planificación del entrenamiento sigue siendo un arte más que una ciencia. Estos ejemplos se refieren a estudios relacionados con la alternancia de semanas y días de entrenamiento, la reducción del volumen y la intensidad del entrenamiento y con otros aspectos.

### **4.2.1. Alternancia de semanas de entrenamiento.**

Rowbottom y col. (45) señalan que hasta el momento los trabajos de los científicos deportivos rusos han proporcionado los fundamentos del concepto de planificación del entrenamiento y han sugerido que un año de entrenamiento debería ser dividido en 4 grandes períodos a los que denomina macrociclos que suelen tener una duración aproximada de 12 semanas (Figura 4.11) (41). Para prevenir la aparición del sobreentrenamiento, cada macrociclo se suele dividir en ciclos de unas 4 semanas de duración, llamados mesociclos y, a su vez, cada mesociclo se divide en ciclos de 1 semana, llamados microciclos.

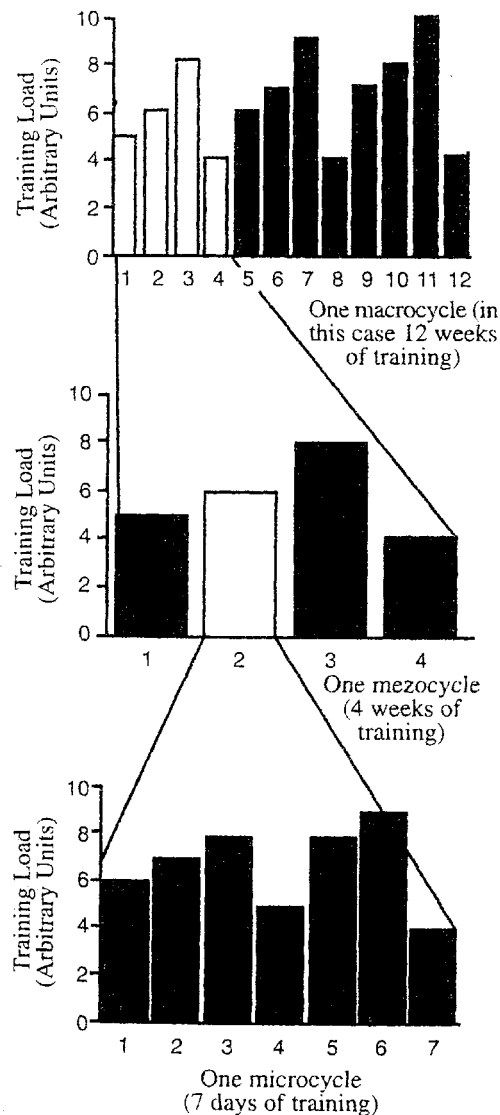


Figura 4.11. Estructura de una periodización de un macrociclo de 12 semanas de entrenamiento (45) (arriba), dividido en mesociclos de 4 semanas (medio) y en microciclos de 1 semana (abajo).

En general, en cada mesociclo de 4 semanas de duración se suele recomendar alternar semanas de entrenamiento intenso con semanas de entrenamiento de baja intensidad si se quiere obtener un buen beneficio en la marca deportiva. Algunos autores sugieren intercalar semanas de entrenamiento ligero en volumen o intensidad después de realizar de 1 a 3 semanas de entrenamiento intenso. Ello se debe a que diferentes estudios parecen indicar que cuando se intensifica la intensidad o el volumen de entrenamiento durante más de 3 semanas, el riesgo de sobreentrenamiento es mucho más elevado (34,36). Estas semanas de baja intensidad permiten que el organismo recupere y pueda afrontar otros períodos de entrenamiento intenso (18). Se considera que el mejor momento para realizar los tests de seguimiento médico y científico de un deportista es al final del período de recuperación (45). Dichos tests pueden consistir en medir diferentes cualidades físicas



relacionadas con la disciplina practicada por el deportista y en medir la evolución de las concentraciones sanguíneas de testosterona y de cortisol para tener una orientación de los procesos globales de adaptación del organismo al entrenamiento (4,67). Existen algunas evidencias que sugieren que un entrenamiento excesivo puede acompañarse de una disminución de las concentraciones sanguíneas de testosterona de reposo, de un aumento de la concentración sanguínea de cortisol y de una disminución del índice sanguíneo testosterona/cortisol (15). La figura 4.12 muestra la evolución media de las concentraciones séricas de testosterona total, testosterona libre y del índice testosterona/cortisol durante semanas de entrenamiento intenso intercaladas por semanas de entrenamiento suave en 7 atletas de fondo (62).

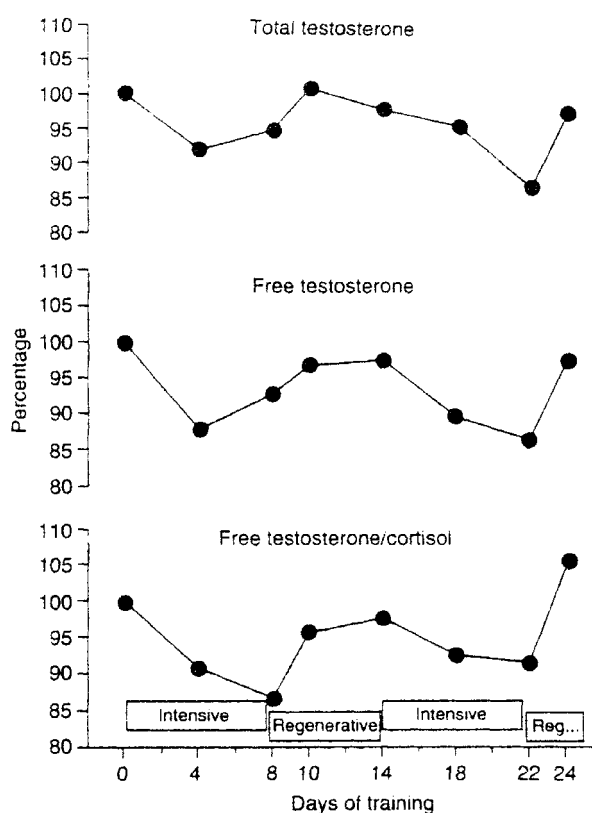


Figura 4.12. Cambios medios de las concentraciones séricas de testosterona total, testosterona libre y del índice testosterona/cortisol, durante semanas de entrenamiento intenso (intensive) intercaladas por semanas de entrenamiento ligero (regenerative), en 7 atletas fondistas (62).

Se observa que durante las semanas de entrenamiento intenso la concentración de las hormonas con propiedades anabolizantes (testosterona), y la proporción entre las concentraciones séricas de hormonas anabolizantes (testosterona) y catabolizantes (cortisol) disminuían. Sin embargo, bastaba intercalar semanas de entrenamiento muy ligero en volumen e intensidad para que se restaurara el índice de la concentración de hormonas anabólicas y catabólicas.

Estos resultados constituyen la razón por la cual se recomienda alternar semanas de entrenamiento intenso con semanas de entrenamiento muy ligero. Sin embargo, no siempre se observa una recuperación de la condición física y del balance sanguíneo hormonal anabólico-catabólico después de una semana de regeneración, porque a veces se pueden necesitar de 2 a 5 semanas de entrenamiento más ligero para que se alcance la fase de sobrecompensación (24,57). Para evitar esta situación, la única alternativa posible es realizar un seguimiento médico y científico meticuloso que incluya la realización de tests físicos y médicos cada 4 a 8 semanas, coincidiendo con las semanas de entrenamiento más ligero. El objetivo de este seguimiento es evaluar si el organismo ha mejorado o no la condición física en esa fase del entrenamiento. En el caso de que se observe un estancamiento o un empeoramiento de la condición física o del índice sanguíneo anabólico/catabólico, lo más aconsejable será que el deportista permanezca varios días más realizando un entrenamiento ligero.

#### **4.2.2. Alternancia de días de entrenamiento.**

En la parte de abajo de la figura 4.11 se observa la carga de entrenamiento recomendada durante cada día de la semana de un microciclo. Se observa que, generalmente, a lo largo de la semana se intercalan por lo menos 2 a 3 días de entrenamiento muy suave entre días de entrenamiento intenso. Probablemente, el trabajo científico más importante que conocemos por el que se recomienda intercalar días de entrenamiento ligero entre dos días de entrenamiento intenso es el trabajo realizado por Bruin y col. (7) con caballos de carreras. Los autores hicieron realizar entrenamientos diarios a los caballos durante dos meses, alternando días de entrenamiento intenso con días de entrenamiento muy ligero, sin que se manifestasen signos de fatiga o de sobreentrenamiento. Posteriormente, intentaron provocar el sobreentrenamiento a dichos animales aumentando todavía más la intensidad del entrenamiento de los días de entrenamiento intenso, pero manteniendo el entrenamiento suave en días alternos. Sin embargo, a pesar del aumento de la intensidad del entrenamiento, los caballos no dieron muestras de estar cansados. El sobreentrenamiento solamente se manifestó cuando se aumentó ligeramente la intensidad del día de entrenamiento suave que se intercalaba entre dos días de entrenamiento intenso. Este estudio parece indicar que cuando se intercalan días de entrenamiento muy suave entre dos días de entrenamiento intenso, las posibilidades de que se produzca el sobreentrenamiento son mucho menores. Parecidos resultados se han encontrado en atletas de buen nivel en los que no se observaron signos de sobreentrenamiento cuando se aumentó la intensidad del entrenamiento pero se siguieron intercalando sesiones de entrenamiento de baja intensidad en días alternos (34,36). Por último, parece que es muy recomendable que el deportista descanse un día por semana. Fry y col. (16,17) mostraron en sujetos que entrenaron sesiones de pesas de modo muy intenso y diariamente durante varias semanas que si se descansaba un día a la semana tras 6 días de entrenamiento no se observaba una disminución de la fuerza, mientras que si

no se dejaba de entrenar se observaba una disminución de dicha cualidad física. Estos resultados sugieren la importancia de intercalar días de entrenamientos ligeros entre dos días de entrenamiento intenso y de descansar un día a la semana.

#### **4.2.3. Reducción del volumen y de la intensidad del entrenamiento.**

Como se señalaba en el capítulo 3, en las últimas décadas los volúmenes e intensidades de entrenamiento y el número de competiciones han aumentado espectacularmente en el deporte de alto rendimiento. Ello se ha debido, en gran parte, a que los entrenadores de muchos deportistas que tenían éxitos internacionales preconizaban estos tipos de planificación del entrenamiento (59). Sin embargo, también se señalaba que muchos de los deportistas que eran sometidos a esas cargas de entrenamiento utilizaban sustancias prohibidas que les permitían recuperar más rápidamente de sesiones de entrenamiento agotadoras. Esto ha provocado un gran desconcierto entre los técnicos deportivos que no utilizan sustancias dopantes porque creen que la única manera de conseguir éxitos deportivos a nivel internacional es someter a sus deportistas a elevadas cargas de entrenamiento pero, al mismo tiempo, constatan signos de fatiga, lesiones, estancamientos o empeoramientos de la marca deportiva en los deportistas que intentan someterse a dichas cargas elevadas de entrenamiento.

Una cuestión que se plantean los técnicos deportivos que rechazan la utilización de sustancias prohibidas por motivos éticos y legales es saber si se pueden obtener iguales o mejores marcas deportivas en deportistas que no utilizan sustancias dopantes cuando se reduce el volumen o la intensidad habitual de su entrenamiento. En caso afirmativo, el deportista mejoraría su marca con menor riesgo de lesión o de fatiga, podría entrenarse con más asiduidad a lo largo de los años y, tal vez, alcanzar marcas deportivas similares o incluso mejores que las obtenidas por los deportistas que realizaron entrenamientos extraordinariamente intensos, duraderos y frecuentes utilizando sustancias dopantes.

En los últimos años, algunos investigadores se han interesado en estudiar los efectos de la disminución del volumen o de la intensidad del entrenamiento sobre la marca deportiva. En los siguientes apartados se analizará alguno de estos estudios y se comentarán algunas experiencias personales derivadas del seguimiento del entrenamiento de algunos deportistas.

##### **4.2.3.1. Reducción del volumen del entrenamiento.**

Existen algunas evidencias científicas que permiten pensar que el volumen del entrenamiento es excesivo en muchos deportes y que puede reducirse sin que afecte negativamente a la marca deportiva. Por ejemplo, en natación, Costill y col. (10) compararon 2 grupos de nadadores universitarios americanos durante un período de 4 años; un grupo entrenó una media diaria

de 5 Km y el otro de 10Km. Al cabo de los 4 años los 2 grupos mejoraron un 0.8% de media en su marca nadando 100 yardas, pero no hubo diferencias significativas en la mejora entre los dos grupos. Estos resultados indican que no por entrenar más se consiguen mejores marcas. Uno de los objetivos del estudio científico del entrenamiento deportivo es buscar cuál es el volumen mínimo de entrenamiento que obtiene el máximo beneficio en un deportista que practica una disciplina determinada. El estudio anteriormente citado sugiere que el volumen de entrenamiento es excesivo en muchos deportes debido a la creencia de que entrenar cada vez más es mejor, y debido a que muchos modelos de entrenamiento de los deportistas de elite publicados en la literatura deportiva se soportaron solamente porque dichos deportistas ingirieron sustancias prohibidas.

#### **4.2.3.2. Reducción de la intensidad del entrenamiento.**

Heck y col. (25) estudiaron a 3 atletas femeninas de media distancia de la selección nacional alemana durante una temporada, haciéndoles realizar varios tests cada 2-10 semanas para determinar su umbral anaeróbico y utilizando variables fisiológicas para prescribir las intensidades de su entrenamiento (en % de la velocidad del umbral anaeróbico). Durante las primeras 20-30 semanas, un porcentaje considerable del entrenamiento de resistencia aeróbica se realizó a una intensidad equivalente a una concentración sanguínea de lactato de 4.5 mmol/l. Sin embargo, en esta fase de entrenamiento no se observó ninguna mejora del rendimiento físico. Sólo después de reducir la intensidad del entrenamiento de resistencia aeróbica (entrenando un porcentaje considerable del entrenamiento a una intensidad equivalente a una concentración sanguínea de lactato de 3.5 mmol/l en vez de a 4.5 mmol/l), sin aumentar el volumen de entrenamiento, se consiguió una mejora significativa de la velocidad del umbral anaeróbico y una mejora de la marca deportiva. Estos resultados sugieren que la disminución de la intensidad del entrenamiento intenso puede acompañarse de una mejora de la marca deportiva.

Desde hace unos años existe la posibilidad de controlar la prescripción del entrenamiento con pulsómetros que miden de modo instantáneo la frecuencia cardíaca y que permiten analizarla posteriormente con la ayuda del ordenador. Este tipo de control del entrenamiento va a suponer un gran avance en el conocimiento de la planificación del entrenamiento porque permite cuantificar de modo preciso y referido a variables fisiológicas el entrenamiento llevado a cabo realmente por cada deportista. Esto permitirá hacer un análisis más objetivo del entrenamiento realizado y explicar las razones por las cuales un tipo u otro de entrenamiento se ha acompañado de una mejora o empeoramiento de la marca deportiva. Todo ello se traducirá en un avance en la construcción de una teoría de la planificación del entrenamiento basada en bases racionales y demostradas. En los siguientes párrafos se mostrarán dos ejemplos derivados del análisis del entrenamiento realizado por dos deportistas que suministran información objetiva para mejorar la planificación del entrenamiento.

En el primer ejemplo, un ciclista aficionado que se benefició de un seguimiento médico científico minucioso, intenso y frecuente, participó con notable éxito en 1999 en dos de las pruebas por etapas más importantes del calendario aficionado español (Vuelta a Navarra y Vuelta a Vizcaya), quedando clasificado en tercer lugar en ambas pruebas. Como el citado ciclista había realizado periódicamente tests de esfuerzo en laboratorio para determinar su aptitud física y prescribir las intensidades relativas de entrenamiento y, además, todo su entrenamiento se había registrado en el pulsómetro y almacenado en el ordenador, se pudo hacer un análisis objetivo del entrenamiento realizado por dicho ciclista en 1999 y compararlo con el que realizó el mismo ciclista en 1998, año en el que los resultados deportivos fueron muy inferiores, al igual que los de sus valores de umbral anaeróbico individual (4.8 vatios/Kg de peso corporal en 1998 y 5.1 vatios/Kg en 1999). El análisis del entrenamiento realizado en las doce semanas que precedieron el comienzo de la Vuelta a Vizcaya muestra que el tiempo total de entrenamiento fue bastante parecido en 1999 (12643 min) y en 1998 (12685 min). Sin embargo la distribución de las intensidades relativas del entrenamiento fueron diferentes, porque el tiempo de entrenamiento realizado, en porcentaje del tiempo total de entrenamiento, a una intensidad inferior al 85% del umbral anaeróbico individual fue significativamente superior en 1999 (70% del tiempo total) que en 1998 (60% del tiempo total). Por el contrario, el tiempo de entrenamiento realizado, en porcentaje del tiempo total de entrenamiento, a una intensidad superior al 85% del umbral anaeróbico individual fue inferior en 1999 (30% del tiempo total) que en 1998 (40% del tiempo total). Estos resultados indican que los mejores resultados del ciclista, obtenidos en 1999, fueron precedidos de un entrenamiento de igual volumen pero de intensidad relativa inferior al entrenamiento realizado por dicho ciclista en 1998, que se acompañó de peores resultados en competición. Conviene señalar que el entrenamiento realizado realmente por el ciclista en 1999 no fue el que había sido previsto anteriormente porque 11 semanas antes de comenzar a correr la Vuelta a Vizcaya, el citado ciclista sufrió una fractura de clavícula que le obligó a reducir el volumen, la intensidad del entrenamiento y el número de competiciones. Por lo tanto, el citado percance y el análisis objetivo del entrenamiento permiten sugerir que, en este caso, la reducción de la intensidad relativa del entrenamiento se puede acompañar de una mejora de la marca deportiva. Esto explicaría la razón por la cual en demasiadas ocasiones se observa en deportistas de alto nivel una mejora de sus marcas unas semanas después de haber tenido que interrumpir su entrenamiento debido a un accidente o lesión.

En el segundo ejemplo, una atleta femenina de maratón de nivel regional que se benefició de un seguimiento médico científico minucioso, intenso y frecuente, participó en 1998 en una maratón realizando un tiempo de 2h53min y en otra maratón en 1999, realizando un tiempo de 2h 46 min. Como la citada atleta también había realizado periódicamente tests de esfuerzo en laboratorio para determinar su aptitud física y prescribir las intensidades relativas de entrenamiento y, además, todo su entrenamiento se había

registrado en el pulsómetro y almacenado en el ordenador, se pudo hacer un análisis objetivo del entrenamiento realizado por dicha atleta en 1999 y compararlo con el que realizó la misma atleta en 1998, año en el que la marca deportiva fue muy inferior. El análisis del entrenamiento realizado en las veinte semanas que precedieron el comienzo de la maratón muestra que el tiempo total de entrenamiento fue superior en 1999 (8460 min) que en 1998 (7473 min). Sin embargo, el tiempo total de entrenamiento realizado a una intensidad superior al 85% del umbral anaeróbico individual fue muy inferior en valor absoluto y relativo en el año 1999 (2804 min; 33% del tiempo total) que en 1998 (3470 minutos; 46% del tiempo total). Estos resultados sugieren que la disminución de la intensidad del entrenamiento, en valores absolutos (minutos totales de entrenamiento) y en valores relativos (porcentaje del tiempo total por encima del 85% del umbral anaeróbico individual), se acompañaron de una mejora significativa de la marca.

#### **4.2.3.3. Tapering.**

La técnica del tapering se comienza a utilizar de 7 a 14 días antes de que comience la competición más importante y consiste en reducir drásticamente el volumen del entrenamiento (hasta un 85-90% del volumen habitual) manteniendo sesiones intensas pero muy cortas de entrenamiento (29,52). Este tipo de entrenamiento realizado en los días previos a la competición más importante se suele acompañar de una mejora de la marca deportiva (35). Otros investigadores consideran que durante el tapering es más interesante reducir el tiempo de entrenamiento intenso y mantener el volumen de entrenamiento de baja intensidad (35). En lo que existe bastante acuerdo es que de una a dos semanas antes de que comience la competición más importante del año es conveniente reducir el volumen y la intensidad del entrenamiento. Desgraciadamente, esto se suele olvidar a menudo.

#### **4.3. Otros aspectos.**

Por último, existen otros aspectos que hay que tener en cuenta en la planificación metódica e individualizada del entrenamiento natural. Estos aspectos, que a menudo no se tienen en cuenta, son los siguientes:

- El estrés psicológico puede aumentar el, ya de por sí, elevado estrés al que se somete el deportista durante la realización de entrenamientos intensos y de competiciones. Algunos autores sugieren que el aumento de la producción de cortisol debido al estrés psicológico se añade al producido durante la competición y los entrenamientos intensos. Este aumento añadido en la producción de cortisol debido al estrés psicológico puede aumentar el catabolismo protéico, empeorar la velocidad y calidad de los procesos de recuperación y favorecer la aparición del sobreentrenamiento (32). Por lo tanto, al programar el entrenamiento de un deportista que sufre de excesiva ansiedad durante la competición, habrá que tener en cuenta que probablemente necesitará mayor tiempo de recuperación y menor volumen e intensidad de entrenamiento que el deportista que aborda la competición y la vida de un

modo menos estresante. La experiencia indica que este factor, tan importante, suele ser muy poco tenido en cuenta al planificar el entrenamiento.

- La velocidad y la calidad de la recuperación empeora con la edad (32). La misma planificación del entrenamiento puede provocar la aparición de un estado de sobreentrenamiento que no se produjo unos años antes en un mismo atleta. Esto puede ser debido en parte a que con la edad disminuye la producción de las hormonas anabolizantes que favorecen los procesos de recuperación, como la testosterona. Este descenso de la producción de hormonas anabolizantes comienza a manifestarse a partir de los 30 años de edad (12). Por lo tanto, cuando se entrene y trate a los deportistas mayores de 30 años habrá que tener en cuenta que necesitan más tiempo de recuperación para un mismo estímulo que los jóvenes o que, para un mismo tiempo de recuperación, deben entrenar menos tiempo y a menor intensidad relativa para poder mantener sus marcas deportivas.

- Los entrenamientos denominados "de tolerancia al ácido láctico", que se acompañan de concentraciones sanguíneas de lactato superiores a  $12-15 \text{ mmol.l}^{-1}$ , provocan un tremendo estrés al organismo. Además, en las figuras 4.9 y 4.10 se observaba que cuando las concentraciones sanguíneas de lactato son tan elevadas se produce una pérdida de purinas que, si se repiten esos entrenamientos con frecuencia, pueden acompañarse de un déficit de reservas musculares de fosfato y de una pérdida de la capacidad para producir un flujo de energía elevada por unidad de tiempo (26). Se considera que tan sólo son necesarias de 1 a 2 sesiones semanales durante 4 a 8 semanas de este tipo de entrenamiento para que el organismo desarrolle los sistemas tampón ácido-base (bicarbonato sódico, fosfato, etc.) que le permitan tolerar mejor situaciones de elevada acidez en el músculo y en la sangre (20). Algunos autores consideran que este tipo de sesiones de entrenamiento deberían practicarse muy pocas veces cada año y solamente en los períodos competitivos (40).

- En los deportes de contacto como el fútbol, balonmano o los deportes de lucha, se producen contusiones y microlesiones musculares debidas a los contactos, traumatismos y golpes. Por ello, los deportistas que practican estos deportes necesitan más tiempo de recuperación que en los deportes que no son de contacto (32). De igual modo, tras la carrera a pié se necesita más tiempo de recuperación que tras una sesión de igual intensidad relativa y duración realizada nadando o en bicicleta. Ello se debe a que durante la carrera a pié los golpes repetidos de los pies contra el suelo provocan microlesiones musculares e inflamaciones que requieren más tiempo de recuperación que cuando no hay golpes.

El análisis efectuado en este capítulo sugiere que un seguimiento médico y científico serio y frecuente del deportista basado en una correcta evaluación, una prescripción individualizada de las intensidades y duraciones del ejercicio, y un respeto básico de los resultados de algunos estudios sobre

planificación del entrenamiento pueden constituir el comienzo del establecimiento de unas bases científicas de la planificación del entrenamiento.

## 5. Conclusión.

4

En este trabajo se ha señalado que las bases teóricas del entrenamiento deportivo preconizadas desde hace 60 años por la escuela rusa supusieron un avance muy importante en la comprensión del entrenamiento deportivo pero no pueden servir actualmente como instrumento de trabajo para organizar el entrenamiento y obstaculizan el desarrollo de ideas sobre el entrenamiento y sobre la educación de los entrenadores. La única solución para mejorar la teoría y práctica de la planificación deportiva está en abordarla con una metodología científica que esté fundamentada en las adaptaciones biológicas del deportista al ejercicio y al entrenamiento.

Para intentar establecer con criterios científicos cuál es la distribución más adecuada de las sesiones de entrenamiento y de los periodos de recuperación entre dichas sesiones con objeto de obtener una mejora de la marca deportiva en un deportista determinado, se debe: 1) intentar prescribir individualmente la sesión de entrenamiento basándose en las respuestas biológicas que se producen en el deportista cuando está realizando diferentes tipos de ejercicio físico, 2) conocer de modo objetivo el tiempo necesario para que un deportista se recupere después de realizar diferentes sesiones de entrenamiento y, 3) realizar un seguimiento científico frecuente al deportista para conocer con criterios objetivos los efectos que se producen en las diferentes cualidades físicas tras una fase de varias semanas de entrenamiento.

5

"Lo más difícil del correr es saber detenerse a tiempo", afirmó Baltasar Gracián. El análisis realizado en este trabajo sobre la prescripción científica de las sesiones de entrenamiento y sobre la distribución de dichas sesiones a lo largo del tiempo permite confirmar lo dicho por Gracián. Es importante saber detenerse para pensar en utilizar con criterios racionales intensidades relativas y duraciones de ejercicio que son demasiado costosas para el beneficio que producen. Y es importante saber detenerse para evitar un aumento desenfrenado de la intensidad, duración y frecuencia del entrenamiento, que suele llevar a la lesión y al fracaso deportivo o servir de antesala para la utilización de productos dopantes.

6

Con un seguimiento científico más continuado y meticuloso del deportista, con una prescripción adecuada de la intensidad relativa del ejercicio y con un mayor desarrollo de la investigación, es posible y deseable que se produzca en un futuro próximo un gran avance en los conocimientos sobre la planificación del entrenamiento deportivo. Se podría, incluso, esperar que en un futuro próximo se puedan lograr con estos métodos unos resultados equiparables o incluso mejores que los obtenidos por los deportistas que realizan entrenamientos exhaustivos utilizando productos dopantes. En dicho



caso, es probable que la utilización de hormonas exógenas, como los esteroides anabolizantes, la hormona del crecimiento o la eritropoyetina resultarían superfluas o, incluso, contraproducentes porque alterarían el nivel de producción endógena hormonal del sujeto (13). Es evidente que de confirmarse estas hipótesis se habrá conseguido un gran avance en el conocimiento de la adaptación del hombre al entrenamiento y en el modo más eficaz de luchar contra el dopaje. Y tal vez se podrá volver a afirmar sin rubor, como Ortega y Gasset, que el deporte sigue siendo una de las formas superiores de la existencia humana. Incluso, el deporte de alto rendimiento.

#### Reference List

1. Abaurrea, J.L. and A. Monreal. Efectos de un entrenamiento intenso de series repetidas de ataque-contraataque sobre variables cardiocirculatorias, metabólicas, neuromusculares y técnicas en adolescentes jugadores de baloncesto. Trabajo de fin de curso del Master de Alto Rendimiento Deportivo. Centro Olímpico de Estudios Superiores. Madrid. *En preparación*. 2000.
2. Ahlborg, B., J. Bergstrom, J. Brohult, L.G. Ekelund, E. Hultman, and G. Maschio. Human muscle glycogen content and capacity for prolonged exercise after different diets. *Foersvarsmedicin* 3: 85-99, 1967.
3. Ahlborg, G., P. Felig, L. Hagenfeldt, R. Hendler, and J. Wahren. Substrate metabolism during prolonged exercise in man. Splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids, and amino acids. *J. Clin. Invest.* 53: 1080-1090, 1974.
4. Banfi, G., M. Marinelli, G.S. Roi, and V. Agape. Usefulness of free testosterone/cortisol ratio during a season of elite speed skating athletes. *Int. J. Sports Med.* 14: 373-379, 1993.
5. Banister, E.W., W. Rajendra, and B.J.C. Mutch. Ammonia as an indicator of exercise stress. Implications of recent findings to sport medicine. *Sports Medicine* 2: 34-46, 1985.
6. Bergstrom, J., L. Hermansen, E. Hultman, and B. Saltin. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol. Scand.* 71: 140-150, 1967.
7. Bruin, G., H. Kuipers, H.A. Keizer, and G.J. Vander Vusse. Adaptation and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *J. Appl. Physiol.* 76: 1908-1913, 1994.

8. Costill,D.L. *La course de fond. Approche scientifique.* 1987,
9. Costill,D.L., R.Bowers, G.Branan, and K.Sparks. Muscle glycogen utilisation during prolonged exercise on successive days. *J.Appl.Physiol.* 31: 834-838, 1971.
10. Costill,D.L., R.Thomas, R.A.Robergs, D.Pascoe, C.Lambert, S.Barr, and W.J.Fink. Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med.Sci.Sports Exerc.* 23: 371-377, 1991.
11. Coyle,E.F., A.R.Coggan, M.K.Hemmert, and J.L.Ivy. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J.Appl.Physiol.* 61: 165-172, 1986.
12. Dabbs,J.M.Jr. Age and seasonal variation in serum testosterone concentration among men. *Chronobiology International* 7: 245-249, 1990.
13. Di Pasquale,M.G. Naturally anabolic. In: *Aminoacids and proteins for the athletes*, edited by CRC Press. London: 1997, p. 155-184.
14. Fournier,P.E., J.Stalder, B.Mermillod, and A.Chantraine. Effects of a 110 kilometers ultra-marathon race on plasma hormone levels. *Int.J.Sports Med.* 18: 252-256, 1997.
15. Fry,A.C. The role of training intensity in resistance exercise overtraining and. *Refs:75* 1998.
16. Fry,A.C., W.J.Kraemer, J.M.Lynch, N.T.Tripplett, and L.P.Koziris. Does short-term near-maximal intensity machine resistance training induce overtraining? *J.Strength and Cond.Res.* 8: 188-191, 1994.
17. Fry,A.C., W.J.Kraemer, F.Van Borselen, J.M.Lynch, J.L.Marsit, E.Pierre Roy, N.T.Tripplett, and H.G.Knuttgen. Performance decrements with high-intensity resistance exercise overtraining. *Med.Sci.Sports Exerc.* 26: 1165-1173, 1994.
18. Fry,R.W., A.R.Morton, and D.Keast. Overtraining in athletes: an update. *Sports-medicine-(Auckland,-New-Zealand)*; 12: 32-65, 1991.
19. Gatin,P.B. and D.L.Lawson. Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out cycle exercise. *Eur.J.Appl.Physiol.* 69: 321-330, 1994.
20. Gordon,S.E., W.J.Kraemer, N.H.Vos, J.M.Lynch, and H.G.Knuttger. Effect of acid-base balance on the growth hormone response to acute high-intensity cycle exercise. *J.Appl.Physiol.* 76: 821-829, 1994.
21. Goya,A. Análisis del entrenamiento del corredor de 800 metros: estudio del test MARP como indicador fisiológico válido para la programa-

ción del entrenamiento. *Trabajo final del Master de Alto Rendimiento Deportivo.Madrid* 1-58, 1997.

22. Hackney,A.C. The male reproductive system and endurance exercise. *Med.Sci.Sports Exerc.* 28: 180-189, 1996.
23. Hawley,J.A. and W.G.Hopkins. Aerobic glycolitic and aerobic lipolytic power systems. A new paradigm with implications for endurance and ultraendurance events. *Sports Medicine* 19: 240-250, 1995.
24. Häkkinen,K., A.Pakarinen, M.Alen, H.Kauhanen, and P.V.Komi. Relationships between training volume, Physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *Int.J.Sports Med.* 8: 61-65, 1987.
25. Heck,H., A.Mader, G.Hess, S.Mücke, R.Muller, and W.Hollmann. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int.J.Sports Med.* 6: 117-130, 1985.
26. Hellsten-Westing,Y., B.Norman, P.D.Balsom, and B.Sjodin. Decreased resting levels of adenine nucleotides in human skeletal muscle after high-intensity training. *J.Appl.Physiol.* 74: 2523-2528, 1993.
27. Horwill,F. Periodisation-Plausible or Piffle? *Modern Athletic Coach* 30: 11-13, 1992.
28. Horwill,F. Periodization: Pertinent points to consider. *Track & Field Quart.Review* 92: 281992.
29. Houmard,J.A. and R.A.Johns. Effects of taper on swim performance: practical implications. *Sports Medicine* 17: 224-232, 1994.
30. Karlsson,J., L.Hermansen, G.Agnevik, and B.Saltin. Etude physiologique de la course a pied; suite. *Amicale des entraineurs francais d'athletisme* 60: 23-27, 1978.
31. Kindermann,W., Simon, G., and J.Keul. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur.J.Appl.Physiol.* 42: 25-34, 1979.
32. Kraemer,W.J. and B.C.Nindl. Factors involved with overtraining for strength and power. In: *Overtraining in sport*, edited by R.B.Kreider, A.C.Fry, and M.L.O'Toole. Champaign: Human Kinetics, 1998, p. 69-86.
33. Kreider,R.B. Central fatigue hypothesis and overtraining. In: *Overtraining in sport*, edited by R.B.Kreider, A.C.Fry, and M.O'Toole. Champaign: Human Kinetics, 1998, p. 309-331.

34. Lehmann,M., P.Baumgartl, C.Wiesenack, A.Seidel, H.Baumann, S.Fischer, U.Spoeri, G.Gendrisch, R.Kaminski, and J.Keul. Training-overtraining: influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamines and some metabolic parameters in experienced middle- and long-distance runners. *Eur.J.Appl.Physiol.* 64: 169-177, 1992.
35. Lehmann,M., C.Foster, N.Netzer, W.Lormes, J.M.Steinacker, Y.Liu, A.Opitz-Gress, and U.Gastmann. *Physiological responses to short- and long-term overtraining in endurance athletes*. Kreider: In, 1998,
36. Lehmann,M., U.Gastmann, G.Petersen, N.Bachl, A.Seidel, A.N.Khalaf, S.Fischer, and J.Keul. Training-overtraining: performance, and hormone levels, after a defined increase in training volume versus intensity in experienced middle- and long-distance runners. *British* 26: 233-242, 1992.
37. Léger,L. and R.Boucher. An indirect continuous running multistage field test: The Université de Montréal Track Test. *Can.J* 5: 77-84, 1980.
38. Lutoslawska,G., Z.Obminski, A.Krogulski, and W.Sendecki. Plasma cortisol and testosterone following 19-km and 42-km kayak races. *J.Sports Med.Phys.Fitness* 31: 538-542, 1991.
39. Mac Dougall,J.D., H.A.Wenger, and H.J.Green. *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign. Illinois: Human Kinetics, 1991,
40. Mader,A. Valoración fisiológica del umbral. In: *Seminario Internacional de Planificación del Entrenamiento Deportivo*, edited by Comité Olímpico Español. Madrid: 1998, p. 1-24.
41. Matveyev,L. and A.P.Zdornykh. *Fundamentals of sports training*. Moscow: Progress Publishers, 1981, p. 310 pages
42. Newsholme,E.A. Aminoacids, brain neurotransmitters and a functional link between muscle and brain that is important in sustained exercise. In: *Advances in Biochemistry*, edited by John libby Eurotext. London: 1987, p. 127-138.
43. Nummela,A., M.Alberts, R.P.Rijntjes, P.Luhtanen, and H.K.Rusko. Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *Int.J.Sports Med.* 17: S97-S1021996.
44. O'Toole,M.L. *Overreaching and overtraining in endurance athletes*. Kreider: In, 1998,
45. Rowbottom,D.G., D.Keast, and A.R.Morton. Monitoring and preventing of overreaching and overtraining in endurance athletes. In: *Overtrain-*

*ing in sport*, edited by R.B.Kreider, A.C.Fry, and M.O'Toole. Champaign: Human Kinetics, 1998, p. 47-66.

46. Rusko,H.K. Measurement of maximal and submaximal anaerobic power: an introduction. *Int.J.Sports Med.* 17(2): S89-S90, 1996: 1996.
47. Rusko,H.K. and A.Nummela. Measurement of maximal and submaximal anaerobic performance capacity: concluding chapter. *Int.J.Sports Med.* 17: S125-S129, 1996.
48. Rusko,H.K., A.Nummela, and A.Mero. A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur.J.Appl.Physiol.* 66: 97-101: 1993.
49. Schwarz,L. and W.Kindermann. Beta-Endorphin, catecholamines, and cortisol during exhaustive endurance exercise. *Int.J.Sports Med.* 10: 324-328, 1989.
50. Selye,H. *The stress of life*. London: Longmans Green, 1957,
51. Sewell,D.A., M.Gleeson, and A.K.Blannin. Hyperammonemia in relation to high-intensity exercise duration in man. *Eur.J.Appl.Physiol.* 69:350-354, 1994: 1998.
52. Shepley,B., J.D.MacDougall, N.Cipriano, J.R.Sutton, M.A.Tarnopolsky, and G.Coates. Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *J.Appl.Physiol.* 72: 706-711, 1992.
53. Sherman,V.M., D.L.Costill, W.J.Fink, and J.M.Miller. Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance. *Int.J.Sports Med.* 2: 114-118, 1981.
54. Sjodin,B., Y.H.Westing, and F.S.Apple. Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise. *Sports Med.* 10: 236-254, 1990.
55. Stathis,G.G., M.A.Febbraio, M.F.Carey, and R.J.Snow. Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. *J.Appl.Physiol.* 76: 1802-1809, 1994.
56. Stegmann,H. and W.Kindermann. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/l. *Int.J.Sports Med.* 3: 105-110, 1982.
57. Stone,M.H. and A.C.Fry. Increased training volume in strength/power athletes. In: *Overtraining in sport*, edited by R.B.Kreider, A.C.Fry, and M.O'Toole. Champaign: Human Kinetics, 1998, p. 87-105.
58. Tschien,P. Changes in the structure of a yearly training cycle. *Leichtathletk* 29: 2-6, 1985.

59. Tschiene,P. Finally a theory of training to overcome doping. In: *World Symposium on Doping in Sport*, AnonymousMontecarlo: 1989, p. 145-153.
60. Tschiene,P. The priority of the biological aspect in the theory of training. *Leistungsport* 21: 1992.
61. Urhausen,A., B.Coen, B.Weiler, and W.Kindermann. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int.J.Sports Med.* 14: 134-139, 1993.
62. Urhausen,A., H.Gabriel, and W.Kindermann. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine* 20: 251-276, 1995.
63. Urhausen,A. and W.Kindermann. Behaviour of testosterone, sex hormone binding globulin (SHBG), and cortisol before and after a triathlon competition. *Int.J.Sports Med.* 8: 305-308, 1987.
64. Urhausen,A., B.Weiler, B.Coen, and W.Kindermann. Plasma catecholamines during endurance exercise of different intensities as related to the individual anaerobic threshold. *Eur.J.Appl.Physiol.* 69: 16-20, 1994.
65. Vasankari,T.J., U.Kujala, S.Taimela, and I.T.Huhtaniemi. Pituitary-gonadal response to gonadotropin-releasing hormone stimulation is enhanced in men after strenuous physical exercise. *ACTA ENDOCRINOL* 129: 9-14, 1993.
66. Verchoshanskij,J.V. The end of "periodisation" of training in top-class sport. *NSA* 14: 47-55, 1999.
67. Vervoorn,C., A.M.Quist, L.J.M.Vermulst, W.B.M.Erich, W.R.De Vries, and J.H.H.Thijssen. The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. *Int.J.Sports Med.* 12: 257-263, 1991.
68. Viru,A. Postexercise recovery period. *Scand.J.Med.Sci.Sports* 6: 2-14, 1996.
69. Yesalis,C.E., S.P.Courson, and J.Wright. History of anabolic steroid use: a discussion of methodological issues. In: *Anabolic steroids in sports and exercise*, edited by C.E.Yesalis. Champaign: Human Kinetics, 1993, p. 35