

- b) Reponer los electrolitos perdidos, fundamentalmente el sodio, si la actividad ha sido muy intensa y prolongada, y el potasio, por ejemplo en forma de glutamato potásico, para mantener una correcta potasemia plasmática que permita la recuperación.
- c) Facilitar la reposición de glucógeno muscular y evitar la hipoglucemia. La hipoglucemia postesfuerzo se regula en 2-3 horas por procesos reguladores de la glucemia sanguínea y por neoglucogénesis. La reposición de glucógeno a partir de las 24 horas de realizado el esfuerzo se hace más efectiva mediante carbohidratos complejos que con azúcares simples. Economos y cols (1993) recomiendan una ingesta superior a los 600 g de carbohidratos en las primeras 24 h.
- d) Aportar poca cantidad de lípidos, pues salvo actividades de muy larga duración se consumen poco. La forma más conveniente es a través de la ingesta de aceites u otros alimentos que contengan grasas insaturadas.
- e) Ayudar a la desintoxicación, evitando la ingesta de una alta cantidad de proteínas, que en su catabolismo producirían nuevos metabolitos ácidos y tóxicos para el organismo como la urea, el ácido úrico, la creatinina, etc.
- f) Aportar suficiente cantidad de vitaminas que permitan la regeneración del tejido muscular, en especial las vitaminas de complejo B.

Después de las competiciones se suele repetir continuamente una práctica dietética no del todo recomendable bajo el punto de vista de ayuda a la recuperación "física" del organismo: los *festejos* (Delgado y cols, 1997). Idealmente, éstos deberían ser relegados para dos días después como mínimo, cuando el organismo ya ha realizado su desintoxicación y regeneración. En estas celebraciones se atenta verdaderamente contra casi todos los principios de una buena restitución orgánica. La hidratación suele ser correcta aunque a expensas de bebidas con alto contenido en alcohol, el cual jamás debería sobrepasar el 10% de las calorías totales ingeridas. Recordar que el alcohol tiene un importante efecto diurético, y si lo que se desea es recuperar el líquido perdido, se está realizando una práctica contraproducente. En otro sentido, el alcohol inhibe los procesos de regeneración del glucógeno muscular. El aporte de calorías es excesivo y generalmente debido a un alto contenido de alimentos ricos en proteínas y grasas, lo que además de dificultar la digestión, aumenta la generación de productos metabólicos inadecuados para la fase de recuperación. Generalmente se suelen tomar carbohidratos, pero en cantidad insuficiente para las necesidades de regeneración. Por su parte, el aporte de vitaminas y minerales suele estar asegurado, aunque la ausencia de alimentos crudos podría llevar a insuficiencia de alguno de ellos.

prarrenal, lo que resulta coherente con una mayor eficiencia en la obtención de energía propia de los sujetos de este nivel y especialidad (Viru, 1992). Sin embargo, el entrenamiento duro puede a la larga llegar a reducir la respuesta del C al ejercicio, incluso ante el estímulo de la ACTH (Tharp y Buuck, 1974). Cuando se instaura el sobreentrenamiento los niveles de cortisol están por debajo de los registrados en individuos sanos, a pesar de que los niveles de adrenocorticotropina o ACTH (encargada de la liberación de hormonas suprarrenales como el cortisol) se incrementen notablemente, poniendo de manifiesto la existencia de una insuficiencia de la función suprarrenal.

Teniendo en consideración la función metabólica de la T y del C podemos comprender mejor el porqué su cociente es indicador del grado de equilibrio entre los procesos anabólicos y catabólicos del organismo. La reducción del valor del cociente T/C indica un predominio de los procesos catabólicos que podría explicar la merma del rendimiento, pérdida de masa magra, aumento de la urea plasmática... Por el contrario, durante los períodos de regeneración su valor tiende a incrementarse, por lo que podría ser considerado como un marcador de la adaptación. Al valorar el resultado de este índice, es conveniente considerar algunos factores, como:

- tipo de medida: en saliva, suero u orina.
- valor de T registrado: pudiendo tomar T total, la no unida a la SHBG, calculada a partir de la T total y cuyo valor equivale a la T libre más la unida a la albúmina, o la T libre calculada indirectamente a partir de la T total.
- población empleada: deportistas o sedentarios.
- sexo de la población.

En su relación con el síndrome de sobreentrenamiento, se viene considerando a un deportista sobreentrenado cuando el valor del cociente T/C desciende más de un 30% (18% cuando se usa T libre) o cuando se alcanza una cifra inferior a  $0,35 \times 10^{-3}$  (T en nmol/l y C en mmol/l) (este último valor es demasiado bajo y difícil de observar en un atleta, por lo que sería necesario revalidarlo e incluso adaptarlo a las diferentes modalidades deportivas). Normalmente, el descenso de este cociente se atribuye a un incremento en el C (Passelergue y cols, 1995; Roberts y cols, 1995), aunque en ocasiones se han observado descensos medios de la T (>35%) junto a incrementos del 30% en el C en corredores de fondo sobreentrenados (Roberts y cols, 1993). Otros estudios, por el contrario, describen un descenso del cociente superior al 30% en deportistas que no mostraban síntomas de sobreentrenamiento (Banfi y cols, 1993), indicando únicamente un estado de recuperación insuficiente de la última carga de entrenamiento.

En el caso de trabajar con poblaciones femeninas, este cociente debe ser interpretado con cautela, pues, a pesar de que el efecto del entrenamiento de

Clement, 1988). Esta última se produce por un aumento transitorio de volumen plasmático ligado a la propia actividad física, principalmente en deportistas de endurance y mujeres. El deportista, al aumentar la cantidad de sangre circulante, origina una hemodilución de los componentes plasmáticos, entre los que se encuentran los glóbulos rojos y la hemoglobina. Estos valores pueden ser bajos en un deportista y no tienen por qué significar anemia. En estos casos es necesario realizar análisis de otros compuestos del metabolismo del hierro, como son la transferrina y la ferritina séricas. Si estas sustancias también dieran valores bajos sí que nos encontraríamos ante un verdadero cuadro de anemia. Entre los factores que contribuyen a la aparición de esta anemia, en la persona físicamente activa, están una alimentación insuficiente en Fe, el aumento de la destrucción de glóbulos rojos (ligado a la gran cantidad de microtraumatismos que ocasiona el ejercicio físico), el aumento de las pérdidas de hierro por sudor (0,3 mg), orina y heces (hasta 2 mg), o los mayores requerimientos por parte de diversas proteínas (enzimas, hemoglobina y mioglobina) con gran funcionalidad durante la realización de esfuerzo físico (Delgado y cols, 1997).

El calcio es el segundo mineral más deficitario en la dieta deportiva, siendo más frecuente dicho fenómeno en mujeres que en hombres, hasta tal punto de estar suficientemente descrito las relaciones existentes entre amenorrea, baja densidad mineral ósea e incremento del riesgo por fracturas de estrés en deportistas femeninas (Beshgetoor y cols, 2000; Higher, 1989). Por esta razón, la ingesta para la mujer es superior a la del hombre (1.200 a 1.500 mg frente a 800 mg) a partir de la pubertad, y más aún si la adolescente realiza entrenamiento intenso. Dado que el contenido de mineral óseo en la época prepuberal determina el que se tiene con posterioridad y, por tanto, es indicativo de la resistencia ósea a la desmineralización, es tremendamente importante evitar estos estados deficitarios en dichas etapas, cuidando la ingesta de dicho nutriente y evitando el entrenamiento intensivo. En otro sentido, las pérdidas fisiológicas de mineral óseo se producen en la mujer durante la gestación, lactancia y en la menopausia. En las dos primeras circunstancias por aumento del gasto, y en la menopausia por la falta de estrógenos. De hecho, los estrógenos disminuyen la pérdida de mineral óseo y ayudan a su reabsorción. En la mujer, el entrenamiento intenso puede producir amenorrea hipoestrogénica, con la consiguiente pérdida de mineral óseo y mayor riesgo de fracturas. En este caso, es necesario garantizar un buen aporte de calcio dietético y, en los casos más graves, proceder a una suplementación de estrógenos, calcitonina y vitamina D. En cualquier caso no se conoce la función de la suplementación de calcio en la prevención y tratamiento de la osteopenia/osteoporosis (Higher, 1990) y, por tanto, no se debe recomendar una suplementación rutinaria del mismo. En otro sentido,

to (ATP) cuando la concentración de este último es desmesado baja. El incremento de la acidosis del medio afecta al equilibrio de la enzima *creatín-cinasa*, favoreciendo la hidrólisis de la PC. La cesión del fosfato desde la PC al ADP aumenta la cantidad de ATP disponible (McCaun y cols, 1995).

Junto a la regulación basada en la relación sustrato-producto, la hormonal (y su vinculación con la actividad enzimática) también se hace necesaria en la completa movilización de las reservas celulares en base a las necesidades del individuo durante el ejercicio. La estimulación hormonal se realiza fundamentalmente a partir de la retroalimentación o feed-back de la propia tasa hormonal circulante. Un nivel alto inhibe y uno bajo estimula. Sin embargo, el ejercicio físico requiere adaptaciones rápidas, por lo que se hace necesaria una regulación nerviosa endocrina como la empleada en la secreción de adrenalina. Otras glándulas endocrinas manifiestan un nivel de excitación más lento, a dos niveles, a través del eje hipotálamo-hipófisis-glándula endocrina.

La estimulación hormonal durante el ejercicio también es fundamental para la consecución de las adaptaciones a largo plazo. Mientras que la intensidad del ejercicio actúa directamente sobre los mecanismos generales de adaptación, el carácter del ejercicio origina su propia acción específica sobre los músculos que trabajan, vísceras, estructuras nerviosas, tejido conectivo y glándulas endocrinas, localizando los estímulos que preparan las adaptaciones a largo plazo. Para estas adaptaciones se necesita que sean sintetizadas proteínas. Se cree que la selección de las proteínas para la síntesis proteica está condicionada por los inductores metabólicos originados por el ejercicio. Probablemente algunas hormonas e incluso el efecto de fragmentos proteicos sobre los genes influyen en la producción de una misma proteína.

---

## **RELACIÓN DE LA PREPARACIÓN BIOLÓGICA CON LAS LEYES DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO**

El *Síndrome General de Adaptación* (GAS), descrito por Seyle en los años 1930, es una respuesta adaptativa, secuencial e inespecífica del organismo ante cualquier estímulo estresante, como la carga de trabajo, que pone en peligro su homeostasis o equilibrio biológico. El mantenimiento, en la proporción adecuada, del factor estresante es lo que permitirá a la larga una mejora del rendimiento, que fisiológicamente estará representado (en función de la orientación de la carga empleada) por un incremento de los sistemas tampón, del volumen sanguíneo, de la calidad y actividad enzimática...

La adecuada relación entre carga y recuperación es decisiva para evitar el sobreentrenamiento y la aparición de la fatiga crónica, de ahí su relación con

Las preguntas deben permitir el uso de las escalas de valoración de esta forma y todas las escalas deben moverse en el mismo sentido (o ascendente o descendente). Es decir, si en una pregunta se le pide al atleta que marque la calidad de su sueño con un valor del 1 al 6 (sabiendo que el 1 es muy malo y el 6 es muy muy bueno), podría prestarle a confusión si la siguiente pregunta le pide que indique las ganas de entrenar en una escala descendente desde el 6 hasta el 1 (donde el 6 es muy muy pocas ganas de entrenar y el 1 es muchas ganas de entrenar). Hay que procurar que las preguntas del diario no sean excesivas y que el deportista nunca consulte los diarios de días anteriores para contestar a los del día correspondiente. Es muy importante que sepa valorar sus propias sensaciones. A ser posible, los diarios deben ser cumplimentados por el atleta nada más finalizar la sesión de entrenamiento. Se debe insistir en que las respuestas deben ser sinceras y no describir entrenamientos incompletos o inacabados.

### **b) los cuestionarios:**

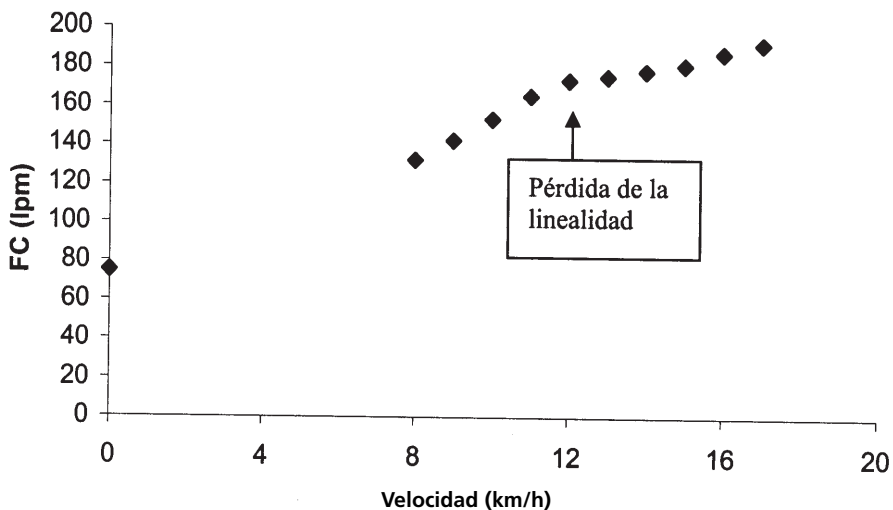
Es un medio más simple y barato que el anterior. Se diferencian de los diarios en que tienen distinta periodicidad. El deportista depende más de su memoria para cuantificar y describir el entrenamiento realizado. Pueden ser cumplimentados por el propio deportista o por un entrevistador. El cuestionario debe estar bien elaborado y estructurado para evitar ambigüedades tanto en la interpretación de las preguntas como en las respuestas. Pueden abarcar días, semanas o incluso meses de entrenamiento. Es de menor utilidad que el diario.

### **c) monitorización fisiológica:**

Los medios de monitorización fisiológica pueden ser de dos tipos: *integrados*, aquellos que realizan una medición media de un período de entrenamiento, o *puntuales*, los referidos a una misma sesión de entrenamiento mientras ésta se está llevando a cabo.

Los medios **integrados** no informan con detalle de un entrenamiento sino de las posibles mejoras integradas a lo largo de un período de tiempo. El procedimiento más empleado suelen ser los tests de valoración funcional. Las variables obtenidas de estos tests darían una valoración integrada del comportamiento de determinados sistemas, reflejos del proceso de adaptación al entrenamiento. Estas variables podrían ser el consumo de oxígeno submáximo o máximo, el umbral anaeróbico, el déficit máximo de oxígeno acumulado (DOMA), la concentración de lactato...

Otras medidas, menos asequibles a las posibilidades de todos los entrenadores y atletas, valorarían los niveles de glucógeno muscular (resonancia



**Fig. 5.5.** Relación frecuencia cardíaca vs carga de trabajo durante un test incremental llevado hasta el agotamiento.

relación debe establecerse en laboratorio mediante la imposición de cargas de trabajo estables de entre 2 y 10 min de duración. Comparando esta relación, calculada en el laboratorio, con la registrada sobre el terreno, la FC podría ser indicador de un  $\dot{V}O_2$  o  $\% \dot{V}O_{2\text{máx}}$  aproximado. Para obtener esta relación, lo normal es extrapolar su valor a partir de la recta de regresión  $\dot{V}O_2$  vs FC.

A continuación, figura la recta de regresión de un jugador de balonmano "División de Honor B", obtenida en laboratorio durante un test incremental en tapiz rodante con incrementos de velocidad de 1 km/h cada 2 minutos y llevado hasta el agotamiento (Fig 5.6). Para indicar una buena correlación entre los datos empleados, el valor de la  $r^2$  debe de ser superior a 0,85 en todos los casos. A partir de ahí y sabiendo que los datos del eje "x" son los de la FC y los del eje "y" los del  $\dot{V}O_2$ , puede estimarse uno de ellos a partir del valor del otro. Por ejemplo, si queremos conocer a qué  $\% \dot{V}O_{2\text{máx}}$  está trabajando el atleta cuando se ejercita a 160 pm (sabiendo que su umbral anaeróbico está por encima de las 167 lpm y que su recta de regresión es  $y = 0,8358x - 60,538$ ) diremos que:

$$y = (0,8358) \times 160 - 60,538; y = 73,19\%$$

mismos, nada más ascender es posible observar estimulada la ventilación (VE) (Ward y Nguyen, 1991) y la frecuencia cardíaca (FC) de reposo (Ward y cols, 1989) y submáxima (Feriche, 1998). A medida que se cronifica la estancia (a partir del 4º día), aumentan los niveles de eritropoyetina (EPO) (Adams y cols, 1975; Schmidt, 1991), de glóbulos rojos (GR), hemoglobina (Hb) y de 2,3, difosfoglicerato (2,3,DPG) (Imai, 1982; Mairbaürl y cols, 1993), en un intento de incrementar la cantidad de oxígeno que llega a los tejidos. En relación con este mismo propósito, también se desencadenan otras adaptaciones locales específicas relacionadas con la capilarización (Saltin, 1996), cantidad y actividad de las mitocondrias (Terrados y cols, 1988; Terrados y cols, 1990), de las enzimas oxidativas (Bigard y cols, 1991; Terrados y cols, 1992 a) y de la mioglobina (Terrados, 1992 a), etc.

Durante el ejercicio en altitud, la hipoxia no afecta de igual forma a los mecanismos aeróbicos y anaeróbicos. Algunos estudios han mostrado cómo el consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) se reduce con la altura (Fig. 12.2) y, aunque normalmente permanece disminuido durante toda la estancia, su valor puede aproximarse al registrado en condiciones de normoxia cuando el tiempo de permanencia es prolongado. Los atletas que ascienden con cierta frecuencia a altitudes que rondan los 2.000 m suelen manifestar una menor pérdida en el valor de este parámetro.

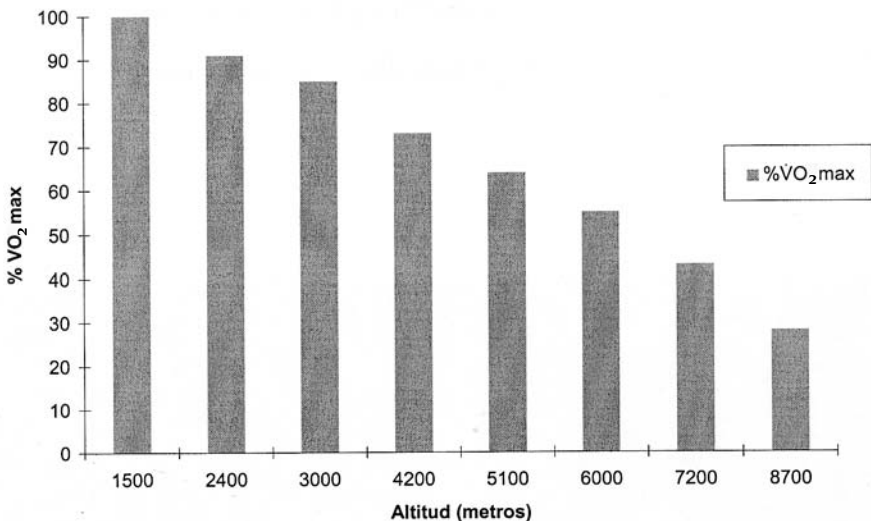
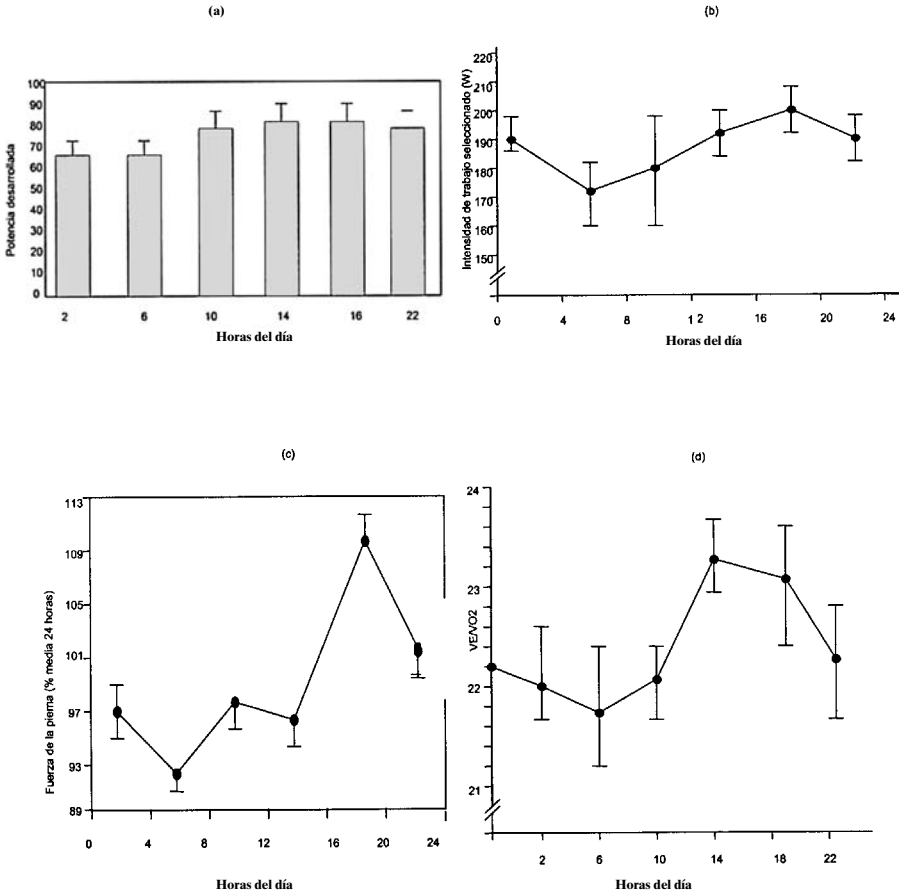


Fig. 12.2. Efecto del ascenso sobre la reducción del  $\dot{V}O_2\text{max}$ . (Feriche y cols, 2000).

desarrollada por los músculos de las piernas, la propia resistencia elegida por el deportista en un cicloergómetro, y la relación (ratio) ventilación/oxígeno consumido.



**Fig.11.2.** Ritmos circadianos, de arriba hacia abajo, potencia máxima desarrollada en natación (a), intervalo de trabajo seleccionado (b), fuerza máxima de las piernas (c), y relación equivalente ventilatorio para el oxígeno con la hora del día (d) (Reilly, Atkinson y cols, 1997).

<b>Capítulo 12: Adaptación al cambio de altitud</b> .....	285
• Efecto del ascenso sobre el rendimiento .....	286
• Recomendaciones para la correcta planificación del entrenamiento deportivo en altitud .....	289
• Tendencias actuales del entrenamiento en altitud .....	295
• Bibliografía .....	296
<b>Capítulo 13: El ejercicio en calor</b> .....	303
• Calor y deshidratación .....	303
• Deshidratación y sistemas fisiológicos .....	305
• Deshidratación y rendimiento deportivo .....	308
• Métodos para disminuir los efectos de la deshidratación .....	311
• Conclusiones .....	321
• Bibliografía .....	322

Sin embargo, este factor podría ser predominante a la edad. Los atletas bien experimentados también se recuperan antes que los más jóvenes, aunque se trate de la misma disciplina deportiva.

- 3- **Disciplina deportiva**, así un corredor de fondo se recupera antes que otros debido a que sus sistemas aeróbicos están muy desarrollados y la recuperación siempre se sustenta por esta vía.
- 4- **El grado de entrenamiento**: El nivel de entrenamiento permite reducir la “dramática” reacción funcional a un estímulo dado, por lo que el tiempo requerido para la recuperación del mismo puede ser menor, aunque la reacción a estímulos extremos sea más pronunciada que antes. El desplazamiento hacia la izquierda de las curvas de recuperación podrá ser considerado como un indicador de adaptación al entrenamiento, de manera que el deportista podrá enfrentarse a otro estímulo de entrenamiento mayor y antes (se acorta el período hasta la supercompensación) de lo que lo hacía en un principio.
- 5- **El sexo** afecta a la capacidad de recuperación. La mujer parece recuperar más lentamente que el hombre sobre todo después de un entrenamiento intenso. Esto es fundamentalmente debido a las diferencias establecidas en el sistema endocrino-vegetativo entre ambos sexos. Sin embargo, normalmente las mujeres implican una menor masa muscular que el hombre durante el entrenamiento. Por esta razón es posible que, en contra de lo planteado, antes necesiten menos tiempo para recuperar que éste. Así, una lanzadora sería un buen ejemplo de lo establecido anteriormente: podría entrenar (desde un punto de vista relativo de la masa muscular implicada) más intensamente que el hombre, pero también perdería fuerza más rápidamente si disminuyera volumen e intensidad.
- 6- **Clima, altitud, diferencias horarias...** afectan a la recuperación del atleta y deben ser valoradas por el entrenador. Para mayor aclaración de este punto remitiremos al lector al capítulo dedicado a los “Ritmos biológicos”.

Hay otros **factores de tipo psicológico** y emocional que podrían afectar a la recuperación: agresividad, indecisión... las cuales podrían estar presentes en una competición y afectar a las siguientes pruebas. La fatiga emocional puede desencadenarse después de entrenamientos muy duros o de una competición. En estos casos se debería tratar de cambiar las condiciones de entrenamiento y complementarlos con métodos de relajación psicológica.

Sin embargo, aún permanecen en el aire algunas cuestiones prácticas relacionadas con la sucesión de estímulos de entrenamiento en el tiempo en función de la restauración de la capacidad de trabajo: ¿Cuándo introducir

bargo, cuando la permanencia en altura es prolongada, la pérdida de volumen plasmático es un hecho consensuado que puede justificar algunos de los cambios de determinados parámetros sanguíneos (Kargotich y cols, 1998). Esta pérdida hídrica podría causar una pérdida de peso de hasta 1 ó 2 kg durante la aclimatación (Covertino y cols, 1983).

Por todo esto, es fundamental resaltar la importancia de favorecer la ingesta de líquidos tanto antes como durante y después de los entrenamientos en altura. Durante el ejercicio, por lo general no existe un procedimiento que nos indique cuándo y cuánto hay que beber cada vez. En la práctica, dependería de diversos factores como: duración e intensidad del ejercicio, condiciones ambientales y características del individuo (Maughan, 1992). Normalmente deben beberse al día de 1 a 2 litros más de lo que se ingiere a nivel del mar (Dick, 1992). Butterfield (1994) recomienda una ingesta hídrica cercana a los 5 litros diarios. En ocasiones este líquido se suplementa con hidratos de carbono (200 ó 300 g de hidrato de carbono) con objeto de reducir los efectos negativos de la aclimatación. Esta combinación, además de prevenir la deshidratación, mejorará el balance energético y la liberación de oxígeno en el sistema circulatorio, incrementará las reservas de glucógeno y conservará los niveles de proteínas corporales.

Junto a la pérdida hídrica, hay otros factores que pueden contribuir a justificar la conocida pérdida de peso durante la aclimatación a la altura (Kaysen, 1992):

- Reducción de la cantidad de comida ingerida a diario (entre el 10 y el 50%). Hay una pérdida de apetito causada directa o indirectamente por la hipoxia, cambios en el menú, pérdida de confort...
- Discrepancia entre el gasto y los requerimientos energéticos debido a un incremento del ritmo metabólico basal y/o el impacto de la actividad física realizada, los cuales no se acompañan de un aumento en el aporte calórico.
- Empeoramiento de la absorción intestinal de los nutrientes, sobre todo por encima de los 5.500 m.
- Pérdida de masa muscular por la reducción de la intensidad de la práctica física y/o directamente por los efectos de la hipoxia sobre la síntesis de proteínas.

Con objeto de minimizar esta pérdida de peso, en la medida de lo posible se recomienda reducir el tiempo de permanencia a grandes alturas (+3.000 m) y disponer de una dieta nutritiva y variada. Es importante que, al menos durante los primeros 3 ó 4 días, la dieta sea rica en hidratos de carbono (60-70% o 400 g) (Askew y cols 1987, Butterfield y cols, 1992). El mecanismo exacto por el que los carbohidratos ejercen un beneficio sobre el bie-

## CAPÍTULO

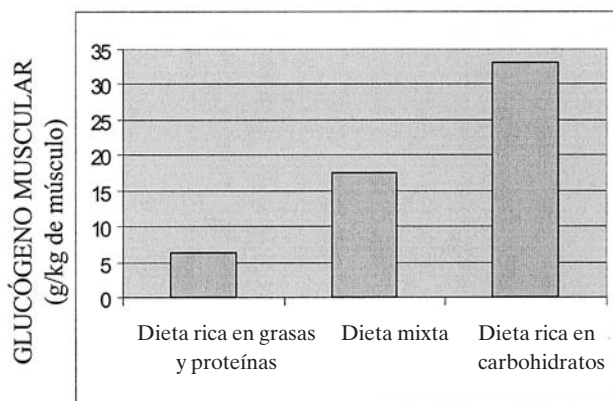
# 8

## **NUTRICIÓN, ALIMENTACIÓN Y MANIPULACIÓN DE LA DIETA DEL DEPORTISTA**

*Manuel Delgado Fernández*

La alimentación como comportamiento humano voluntario que permite al individuo conseguir un estado de nutrición adecuado, fenómeno éste último eminentemente involuntario, debe formar parte del proceso global de entrenamiento deportivo, encuadrándose dentro de la temática final de esta obra, la preparación biológica. En concreto, la optimización y recuperación de las fuentes energéticas, así como la mejora del metabolismo energético, están en estrecha relación con la alimentación realizada, además de que la misma va a permitir al deportista mantener o modificar una composición corporal que le es necesaria, dentro de ciertos límites condicionados por la genética. Así, la alimentación que realiza el deportista, junto con las medidas higiénicas y regenerativas y la farmacología, van a permitir desarrollar las tres grandes funciones que debe cumplir la preparación biológica, ya expuestas en el capítulo primero:

1ª. Como función preventiva, un adecuado aporte de principios inmediatos y micronutrientes va a evitar estados deficitarios de energía, vitaminas o minerales o, si por ejemplo se hablase del aporte adecuado del agua, se impediría trastornos en los procesos de termoregulación y, por tanto, de disminución del rendimiento o de producción de lesión deportiva.



**Fig. 8.1.** Repleción del glucógeno muscular ante diferentes tipos de dietas (realizadas 3 días antes de la competición).

que hacen perder ritmo de carrera (aproximadamente 3 g/kg de músculo). Igualmente, en experiencias realizadas en laboratorio se aprecia que con una concentración de 5,8 g de glucógeno/kg de músculo se soporta 1h 15min en cicloergómetro a una intensidad aproximada del 75 % del  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ , mientras que con unas reservas de 46,8 g/kg de músculo se realizan 4h 45min de ejercicio a la misma intensidad (Åstrand, 1986).

Se han utilizado diferentes métodos para conseguir incrementar las reservas de glucógeno muscular:

- *Régimen hiperglucídico*. Consiste en que 3-4 días antes de la prueba se aumenta la ingesta de carbohidratos hasta aproximadamente el 70% del total de energía, e incluso más. En este período el individuo realiza descanso activo, es decir, que sigue entrenando pero a un nivel muy suave. La reserva de glucógeno aumenta desde valores basales de 15-17 g/kg de músculo a valores de 25 g/kg de músculo.
- *Régimen hiperglucídico con vaciamiento previo*. Del 5º al 3º día previo a la prueba o competición se realiza una dieta mixta, pero se aumenta notablemente la intensidad del entrenamiento (por encima del 80% del nivel máximo del atleta) para de esta forma vaciar las reservas de glucógeno muscular. Este vaciamiento provoca la formación de enzimas intermediarias en la síntesis de glucógeno, como la glucógeno sintetasa. A continuación, y durante los tres últimos días que anteceden a la prueba, se realiza una dieta hiperglucídica y un descanso activo con la finalidad de aumentar las reservas de glu-

13. Platonov, V.N.. El cansancio y la recuperación como reacciones de adaptación a las cargas físicas. En V.N. Platonov (ed). *La adaptación en el deporte*. Ed. Paidotribo, Barcelona, España. Pag:157-209, 1992.
14. Skinner, J.; McLellan, T. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for exercise and Sports*, 51, 234-248, 1980.
15. Yessis, M. La recuperación. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 1: 44-49, 1987.
16. Willis, W.D. Sistema Nervioso. En Berne,R.M. ; Levy,M.N. (ed). *Fisiología*. Ed. Harcourt Brace de España, Madrid, España. Pág: 77-176, 1998.

FC puede verse acortado debido a la influencia del efecto que la relajación psicológica ejerce sobre el comportamiento cardíaco, siendo la experiencia un factor condicionante. El tiempo de recuperación de tipo aleatorio suele preferirse al fijo puesto que, en este caso, la sobrecarga creciente podría afectar al tipo de ejercicio que se realice cada vez y, por tanto, al entrenamiento, obligando a reducir el volumen del mismo. Por otro lado, al finalizar el ejercicio, el comportamiento de la FC durante los primeros minutos de recuperación podría ser estimado como parámetro indicativo del tipo de esfuerzo realizado. Lamiel-Luengo desarrolló en 1988 el índice de recuperación de la FC en el 2º minuto posterior al esfuerzo máximo (IR2) como índice útil en la determinación del grado de entrenamiento aeróbico del sujeto. Se define como el cociente de la caída de la FC en el minuto 2 de recuperación con respecto a la relación entre la FC máxima teórica y la alcanzada durante el ejercicio. El valor del IR2 es mayor en deportes de resistencia.

3- Lactato sanguíneo, de gran importancia dada su mostrada relación con la vía metabólica empleada durante el entrenamiento. Normalmente no se aplica de forma aislada sino en conjunto con otros registros telemétricos. Los avances en la metodología de análisis de la sangre para la determinación de la concentración de lactato (analizadores portátiles, uso de micromuestras de sangre obtenidas del pulpejo del dedo o del lóbulo de la oreja) ha sido determinante en la difusión de su empleo. Sin embargo, la metodología es invasiva y no deja de ser molesta, por lo que se recomienda que no sea utilizado a diario.

El valor de lactato obtenido en sangre tras un ejercicio o sesión es indicador sobre todo del tipo de metabolismo implicado y, por tanto, es orientativo de la intensidad de esfuerzo utilizada tal y como se explicó en el apartado sobre las zonas de intensidad o cargas de entrenamiento. Por ejemplo, si programamos una sesión aeróbica, los niveles de lactato al finalizar la sesión deberían ser bajos (aprox 4-5 mMol/l), indicando en caso contrario un trabajo con una vía anaeróbica. Sin embargo, para analizar la participación de la vía anaeróbica es difícil establecer concentraciones específicas de lactato puesto que éstas varían notablemente de un individuo a otro, pierden la relación lineal con la carga de trabajo por encima del umbral aeróbico (Fig.5.7) y dependen de muchos otros factores además de la capacidad de utilización de una vía energética correspondiente, siendo más difíciles de cuantificar. Por norma general deberán estar por encima de los 8-9 mMol/l. No debemos olvidar que la muestra no debe tomarse inmediatamente después del ejercicio. Generalmente el valor pico de lactato en sangre se alcanza entre el minuto 3 y 5 postesfuerzo (en ocasiones antes y en otras después, pues depende de la capacidad y velocidad de salida del lactato desde el músculo) y su

El uso de deslizantes en el medio deportivo varía mucho en función de las preferencias del masoterapeuta. Cuando se trata del masaje precompetitivo, el terapeuta se suele decantar por aceites mixtos (preferiblemente aceite de oliva o almendras dulces); también se puede utilizar una base de vaselina líquida o similar mezclada con esencias de efectos rubefacientes, antiflogísticos o vasodilatadores.

### Esencias usadas en el masaje de calentamiento

- Eucalipto
- Espliego
- Romero
- Árnica
- Salicilato de metilo
- Alcanfor

**Fig 9.3.** Esencias usadas en masaje de calentamiento.

Se debe evitar el uso del talco o sustancias excesivamente oleosas, ya que suelen obstruir los poros de la piel y, por tanto, dificultan su función termorreguladora. Esto puede provocar pequeñas infecciones en las distintas estructuras glandulares. En la Fig. 9.3. se recogen las esencias de uso más frecuente en el masaje de calentamiento.

## MASAJE A LO LARGO DE LA COMPETICIÓN

Este tipo de masaje deportivo existe más como concepto teórico que como realidad palpable. Tiene escasa efectividad como modalidad terapéutica, suele consistir en fricciones rápidas sobre zonas que han sufrido algún tipo de traumatismo. Estas maniobras se realizan con fines anestésicos y psicológicos, y siempre con la precaución de realizar una exploración previa del deportista que nos permita saber si es capaz de continuar en la competición con un rendimiento óptimo. En ese momento, priman los intereses competitivos en detrimento de los terapéuticos.

Una de las situaciones que se dan a lo largo de una competición, en la que sí está indicado la práctica de maniobras de vaciado o presión deslizan-

<b>Reposición de ATP/PC</b>	Aspartatos de K y Mg ATP y creatina Glicina e inosina Colina
<b>Neutralizar acidosis</b>	Bicarbonato sódico Isocitrato sódico Taurina y ácido málico
<b>Eliminación de metabolitos:</b> • Urea y ácido úrico • Amoníaco • Hepatoprotector	Arginina y taurina Citulina (malato), arginina, ornitina y ácido málico Glucoronamida
<b>Anabolizantes</b>	Arginina y ornitina Creatina Aminoácidos de cadena ramificada Glutamina
<b>Metabolismo aeróbico</b>	Carnitina Coenzima Q10 Aminoácidos de cadena ramificada Tryptófano Cafeína / guaraná Ácidos grasos de cadena media y ácidos grasos poliinsaturados omega 3 Glicerol Fosfato sódico Ácido pangámico (DMG o dimetilglicina) Dihidroxiacetona piruvato (DHAP)
<b>Antioxidantes</b>	Vit E, Vit C y beta-carotenos Selenio Glutati6n reducido Coenzima Q10 Cisteína y taurina (N-acetil-cisteína) Glucosa y ácido úrico CAPS (CoQ10, Vit C, inosina y Vit E) Otros: Propionol-L-carnitina, ferulatos, hidroxitolueno butilato (BHT), polen (polbax).
<b>Recuperaci6n general</b>	Ginseng y eleuterococo Polen y jalea real Levaduras y espirulina Sueroterapia Homeopatía Alcohol y drogas blandas Octacosanol

**Tabla 8.IV.** Ayudas ergogénicas nutricionales según funcionalidad.

jarán con frecuencia, mientras que los fondistas lo harán esporádicamente. Esta fase la constituirán cargas anaeróbico-lácticas o glucolíticas. Cuando la intensidad supere la del  $\dot{V}O_2$ máx serán cargas anaeróbicas alactácidas. Las pulsaciones serán máximas o cercanas a las máximas y la concentración de lactato se disparará sobrepasando los 12 mMol/l.

---

## IMPACTO DE LAS CARGAS DE TRABAJO

En los modelos teóricos propuestos por algunos investigadores (Morton y cols, 1990; Fitz-Clarke y cols, 1991), se parte de la base de que la sesión de entrenamiento manifiesta simultáneamente la aparición de la fatiga, su recuperación y adaptación al estímulo de entrenamiento, siendo el rendimiento el resultado de la relación entre estos factores. Otra estrategia podría ser la de estimar un rendimiento deseado y buscar el modelo de entrenamiento para que éste sea alcanzado. En cualquiera de los casos es necesario valorar el efecto de la carga de entrenamiento mediante indicadores específicos. Estos indicadores, o parámetros que reflejan la respuesta del organismo, podrán ser diferentes en función del deporte. Grosso modo, se podría hablar de parámetros ergométricos o parámetros biológicos, aunque siendo más meticolosos en la clasificación, y basándonos en la establecida por Rodríguez y Aragonés (1992), podríamos establecer las siguientes categorías:

- 1- Parámetros electrocardiográficos. El electrocardiograma (ECG) y la frecuencia cardíaca son los más relevantes. Aparatos de electrocardiografía y pulsómetros permiten tomar estas medidas por telemetría, grabarlas y analizarlas gráficamente.
- 2- Parámetros ergoespirométricos: Procedentes de la ventilación pulmonar y del intercambio de gases durante el esfuerzo. Las técnicas usadas son variadas (neumotacógrafo, turbina, gasómetro...). Su registro es más costoso y prácticamente limitado al laboratorio. Sin embargo, con los avances de la tecnología y la aparición de los analizadores de gases portátiles, permiten que cada vez sea más frecuente su uso sobre el terreno.
- 3- Parámetros ergométricos: velocidad, vatios, potencia, fuerzas aplicadas...
- 4- Parámetros bioquímicos y hematológicos: ácido láctico, glucosa, enzimas, ácidos grasos, hormonas (testosterona, cortisol...), serie blanca, serie roja...
- 5- Parámetros dinamométricos; permiten la valoración de la fuerza y de sus distintos componentes.
- 6- Parámetros cineantropométricos: pueden elaborar modelos de referencia sobre la composición corporal, somatotipo, proporcionalidad...

gado, lo que origina una ligera disminución de la glucosa sanguínea. Esto se aprecia claramente cuando se realiza actividad física moderada tras un ayuno prolongado, como pueda ser el ayuno nocturno. Estas actividades pueden ser mantenidas por períodos de tiempo más o menos largos (entre 3-6 horas), aunque dando recuperaciones de 15 minutos por hora. La ligera disminución de la glucemia que se observa es suficiente para ocasionar una falta de combustible en diferentes tejidos del organismo, lo que dificulta proseguir con la actividad por más tiempo.

Como es sabido, el sistema nervioso utiliza el 60% de la glucosa hepática. Durante la actividad el músculo requiere más glucosa que en situación de reposo, por lo que debe existir una *barrera funcional* que limite, en alguna medida, que la musculatura "se lleve" la glucosa que tan precisa es para las neuronas. Esta barrera funcional puede residir simplemente en la disminución de la insulina circulante (con lo cual disminuye la entrada de glucosa a las células musculares) o en la inhibición de la actividad de las enzimas que fijan la glucosa en el interior de la célula fosforilándola (hexocinasas). Como consecuencia del descenso de insulina y del aumento del glucagón, se activan la glucogenolisis (degradación del glucógeno almacenado en el hígado) y la neoglucogénesis (producción de glucosa a partir de ciertos precursores tales como determinados aminoácidos, lactato y glicerol). La consecuencia de todo ello es el aumento de la producción hepática de glucosa, pero las reservas de glucógeno hepático son limitadas.

Diferentes estudios han mostrado que la ingesta de agua con glucosa al 5%, a razón de 225 ml cada 15 minutos durante una práctica deportiva intensa y prolongada (mayor a 120 min), ayuda a mantener la constancia de los niveles de glucemia y, con ello, se posibilita, junto con otros factores, mantener por más tiempo el nivel de actividad física (Gisolfi y Duchman, 1992), como se ampliará posteriormente.

*b) Actividades de intensidad elevada (>75 % del  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ).* Estas actividades pueden ser mantenidas aproximadamente de 1 a 2 h. Aquí, el factor limitante es el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular y no tanto la glucosa circulante. Se ha comprobado cómo en los momentos finales de pruebas con esta intensidad, el aporte de energía podría venir incluso facilitado por la glucosa sanguínea, como se muestra porque el cociente respiratorio se mantiene elevado, en valores cercanos a uno, indicativo de la utilización de carbohidratos. Cuando el contenido de glucógeno muscular baja desde su concentración normal de 1-2 g/100 g de músculo a valores de 0,1 g/100 g de músculo se llega al agotamiento (Fox, 1980), como posteriormente han contrastado Williams y cols (1992).

era la temperatura óptima para este tipo de intensidad de ejercicio, con peores rendimientos a temperaturas más bajas (4°C) y más altas (31°C). A la misma intensidad de ejercicio Parkin y cols. (1999) han encontrado que la duración del ejercicio era 85 minutos en un ambiente frío de 3°C, 60 minutos a una temperatura neutral de 20°C y solamente 28 minutos cuando la temperatura ambiente era calurosa de 40°C. Este estudio corrobora el efecto beneficioso del frío en el rendimiento muscular en deportes de larga duración. Probablemente, este efecto beneficioso del frío en el rendimiento en el ejercicio prolongado se debe a una descenso del ritmo de utilización del glucógeno muscular relacionado con una menor temperatura interna y menores concentraciones de la hormona adrenalina (Febbraio y cols., 1996b). Los beneficios del preenfriamiento antes del ejercicio solamente han sido demostrados en situaciones de ejercicio prolongado, y es dudoso si también funcionaría para pruebas que duren menos de 20 minutos. En pruebas intensas, comenzar el ejercicio con una temperatura muscular elevada parece ser beneficioso, y este enfriamiento previo estaría desaconsejado.

---

## CONCLUSIONES

- a) El ejercicio en el calor implica sudoración y pérdida de agua corporal, lo que a su vez dificulta la pérdida de calor y produce un incremento en la temperatura interna.
- b) Cuando los deportistas alcanzan temperaturas internas cercanas a los 40°C (rápidamente en un deportista deshidratado), irremediablemente se produce la fatiga.
- c) La deshidratación afecta al rendimiento en los deportes aeróbicos y en los esprints repetidos, pero no afecta al rendimiento en los movimientos explosivos o de fuerza máxima.
- d) La sed no es un buen índice de las necesidades de líquido del deportista, ya que fiándonos de ella solamente se tiende a beber la mitad de lo que se pierde.
- e) Los deportistas deberían medir el ritmo de sudoración durante los entrenamientos para conocer sus necesidades particulares de rehidratación y su grado de aclimatación al calor.
- f) Las bebidas deportivas que contienen agua, sales y glucosa mantienen las ganas de beber, reducen la diuresis (producción de orina) y facilitan la absorción intestinal de líquidos.
- g) El estrés de la deshidratación y el calor incrementan el nivel de adrenalina, lo que aumenta el uso del glucógeno muscular y podría dificultar la disipación de calor.

7. Brooks, C; Taylor, R.D; Hardy, C.A; Lass, T. 2000. Proneness to eating disorders: weightlifters compared to exercisers. *Perceptual Motor Skills*, 90(3 Part I); 906.
8. Brown, R.C; Cox, C.M; Goulding, A. 2000. High-carbohydrate versus high-fat diets: effect on body composition in trained cyclists. *Medicine Science Sports Exercise*, 32(3); 690-694.
9. Bucci, L.R. 1993. *Nutrients as ergogenic aids for sports and exercise*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
10. Bucci, L.R. 1994. Nutritional ergogenic aids. En: I. Wolinsky y J.F. Hickson, *Nutrition in exercise and sport*. 2ª ed. CRC Press. Boca Raton, Florida. Pág. 329.
11. Burke, L.M., Read, R.S.D. 1993. Dietary supplements in sport. *Sports Medicine*, 15-1; 43-65.
12. Delgado, M. 1998. La alimentación en la optimización del rendimiento en gimnasia. En: J. López Bedoya, M. Vernetta, F. Panadero (comps.). *Investigación y Gimnasia. Su aplicación práctica*. Universidad de Granada. 21-28.
13. Delgado, M. 2000. Tareas significativas para el desarrollo de hábitos alimenticios saludables desde el área de educación física. En: F. Salinas (coord.). *La actividad física y su práctica orientada hacia la salud*. Universidad de Granada. 43-49.
14. Delgado, M., Gutiérrez, A., Castillo, M.J. 1997. *Entrenamiento físico deportivo y alimentación. De la infancia a la edad adulta*. Barcelona: Paidotribo.
15. Deutz, R.C; Benardot, D; Martin, D.E; Cody, M.M. 2000. Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. *Medicine Science Sports Exercise*, 32(3); 659-668.
16. Economos, C.D., Bortz, S.S., Nelson, M.E. 1993. Nutritional practices of elite athletes. Practical recommendations. *Sports Medicine*. 16 (6); 381-399.
17. Feriche, B., Álvarez, J., Delgado, M. 2000. Efecto del citrato sódico sobre el tiempo a la fatiga durante un ejercicio de alta intensidad en hipoxia aguda moderada. *Medicina Dello Sport*, 53-2; 179-184. 2000.
18. Feriche, B., Delgado, M., Ocaña, Mª.G., Álvarez, J. 1999. Influencia de la ingestión de un alcalinizante sobre la percepción subjetiva del esfuerzo durante un test incremental. *Archivos de Medicina Deportiva*. XVI-72, 335-342.
19. García-Roves, P.M. Fernández, S. Rodríguez, M. Pérez-Landaluce, J. Patterson, A.M. 2000. Eating pattern and nutritional status of international elite flatwater paddlers. *International Journal Sport Nutrition Exercise Metabolism*, 10(2); 182-198.
20. García-Roves, P.M; Terrados, N; Fernández, S; Patterson, A.M. 2000. Comparison of dietary intake and eating behavior of professional road cyclists during training and competition. *International Journal Sport Nutrition Exercise Metabolism*, 10(1); 82-98.

percusión directa en la depresión de la función normal del sistema inmunitario (Bailey y cols, 1998).

## **f) Control bioquímico y fisiológico**

Con objeto de preservar una óptima evolución del rendimiento y la adecuada adaptación y compensación de las cargas de entrenamiento, es necesario mantener un adecuado control bioquímico y fisiológico antes, durante y después del ascenso. Los test de evaluación empleados dependen de la modalidad deportiva que se practique. Es frecuente realizar un control al llegar a la altura (preferentemente tras la primera semana, y que servirá como referencia de ajuste de las cargas de entrenamiento) y otro al finalizar la estancia.

Por otro lado, antes de iniciar el ascenso, debe realizarse un control sanguíneo completo con la finalidad de comprobar que el atleta no tiene ningún problema de salud o solventar aquellos que se presenten, evitando así su agravamiento en altitud. Esta analítica suele constar de un análisis bioquímico y hematológico completo junto a otros indicadores, como la transferrina o la ferritina. La prevención de estados carenciales de hierro es, más que un hábito, casi una necesidad (sobre todo en la mujer) para poder satisfacer la demanda posterior que acompaña al mecanismo de poliglobulia propio de ambientes hipóxicos (Hannon, 1980).

## **g) Corrección de hábitos higiénicos y alimentarios**

Con frecuencia, durante los primeros días de permanencia a la altura se experimentan molestias digestivas, náuseas, pérdida de apetito, dolores de cabeza, etc. que comienzan a remitir a partir del segundo día (Wilson, 1991). También son frecuentes las alteraciones del sueño (Pigman, 1991), sobre todo cuando el viaje exige cambios horarios que afectan a los ritmos biológicos de los deportistas. Algunos de estos síntomas no se manifiestan o lo hacen de forma más pasajera en aquellos atletas que se han desplazado un mayor número de veces a la altura a lo largo de la temporada (Navarro, 1994).

La correcta hidratación es uno de los aspectos más olvidados. El aumento de la diuresis (Hogan y cols, 1973), el frío y la pérdida de humedad en el ambiente (la humedad ambiental es aproximadamente el 60% en Granada y el 28% en el CAR de Sierra Nevada) hace que se pierda una considerable cantidad de agua corporal con la ventilación por la evapotranspiración de las vías respiratorias altas (Terrados, 1992 b). En condiciones de reposo y de ejercicio, no siempre se ha podido observar en altitud súbita una pérdida hídrica tan importante como para que afectara al volumen plasmático (Grover y cols, 1998; Gunga y cols, 1995; Feriche y cols, 1999; Feriche y cols, 2000). Sin em-

sin olvidar nunca los requerimientos en composición corporal en las diferentes especialidades deportivas, como se refirió al principio del capítulo.

Si se comparan las recomendaciones de ingesta de nutrientes entre la fase de entrenamiento y previa a la competición en las tablas 8.1a y b., considerando la misma desde 7 a 2 días antes del evento, los pocos cambios que se aprecian se resumen en los siguientes:

- Disminución suave en el aporte porcentual de proteínas;
- Incremento en la ingesta de carbohidratos, tanto en valores absolutos como porcentuales, siendo especialmente importante llegar al 70-80% del total de la energía consumida cuando se requiere realizar una repleción del glucógeno muscular;
- Descenso ligero del consumo de lípidos;
- Aporte adecuado de líquidos, atendiendo a las necesidades, pero con disminución o restricción del aporte de alcohol.

A nivel general, para pruebas de endurance se requerirá tener unas reservas de glucógeno elevadas (Girard, 2000b; Jeukendrup y Jentjens, 2000), y para pruebas o entrenamientos de fuerza se requerirá un aporte adicional de proteínas de fácil asimilación en las horas que anteceden a la realización de la actividad física (Roy y cols, 2000).

#### *a.1. Manipulación dietética para aumentar las reservas de glucógeno*

Las reservas de glucógeno muscular condicionan en gran medida el rendimiento físico, sobre todo en las actividades de larga duración y de baja-moderada intensidad. Por ello, una manipulación dietética que origine un aumento de estas reservas puede ser muy favorable (Girard, 2000b; Haff y cols, 2000; Walker y cols, 2000).

Para llevar a cabo esta manipulación se han utilizado dietas ricas en carbohidratos los días previos a la competición. Así, en diferentes experiencias realizadas utilizando diferentes tipos de dietas en los tres días previos a una competición la repleción de glucógeno muscular varía claramente (Fig 8.1.).

Las dietas hiperglucídicas son las que posibilitan un mayor aumento en las reservas de glucógeno, lo que permite obtener a los deportistas un mayor rendimiento físico. Así, en estudios realizados en corredores, a mayor reserva inicial de glucógeno, mayor capacidad de soportar el esfuerzo prolongado, aunque la velocidad inicial no sea superior al comparar corredores con diferente concentración inicial de glucógeno. Por el contrario, la velocidad final es mayor en aquellos que empiezan con mayores reservas, lo que les permitiría mantener la concentración de glucógeno por encima de niveles críticos

mo para evitar problemas de termorregulación; y, para finalizar, el aporte de fibra es imprescindible para un correcto tránsito intestinal de los alimentos por el intestino, permitiendo la adecuada eliminación de los productos de desecho, ayudando a los procesos de desintoxicación orgánica y, por tanto, de recuperación.

## CONSUMOS REALES Y RECOMENDACIONES DE INGESTA DE NUTRIENTES EN DEPORTISTAS DE ELITE

Desde un punto de vista práctico, en una revisión realizada por Economos y cols en 1993 sobre estudios que analizan la ingesta alimenticia de deportistas de elite, de al menos nueve especialidades diferentes, se encontraron de promedio los siguientes resultados de consumo, así como llegan a indicar las siguientes recomendaciones de ingesta, expuestas en la última columna (Tabla 8.I.a para hombres y Tabla 8.I.b. para mujeres.).

**Tabla 8.I a. Ingesta dietética y composición corporal de deportistas de elite masculinos.**

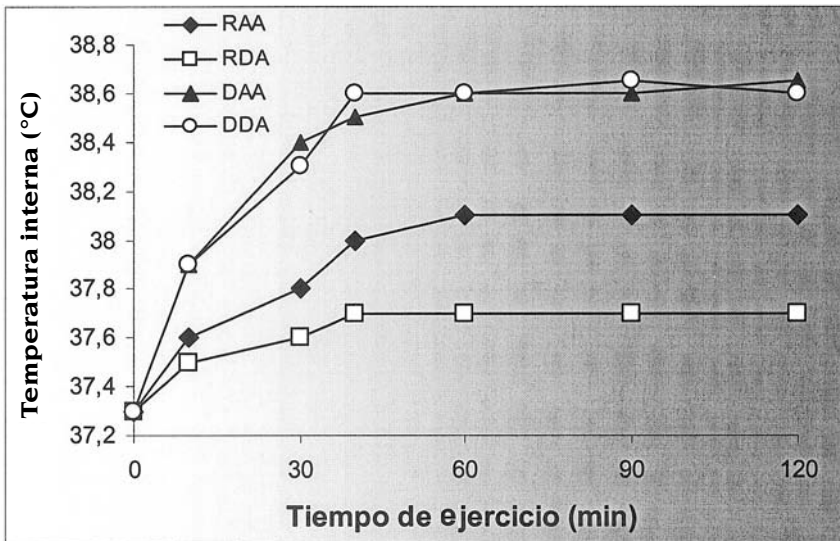
Nutrientes	Descubrimientos observados según tipo de deporte		Recomendaciones <sup>a</sup>
	Aeróbicos	Anaeróbicos	
<b>Energía (kcal/kg/día)</b>			
Entrenamiento <sup>b</sup>	45-87	23-57	> 50 kcal/kg/día o {PLG en lb x 15 + gasto energético de entrenamiento en kcal}
Precompetición <sup>c</sup>	49-60	20-25	> 50 kcal/kg/día o {PLG en lb x 15 + gasto energético de entrenamiento en kcal}
Competición <sup>d</sup>	83-173		100-150 kcal/kg/día (>2 x gasto en entrenamiento)
<b>Proteínas (g/kg/día)</b>			
Entrenamiento	1,4-3,0	1,4-3,2	Endurance: 1,0 g/kg/día Ultraendurance: hasta 2,0 g/kg/día
Precompetición	1,7-2-1	2,1	1,0 g/kg/día
Competición	0,7-3-7		1,5-2,0 g/kg/día
<b>Proteínas (% kcal)</b>			
Entrenamiento	12-17	14-26	12-15 % del total de kcal
Precompetición	13,7-13,9	34	10-12 % del total de kcal
Competición	1,4-15		< 14% del total de kcal



**Tabla 13.VI.** Calendario de adaptaciones a la aclimatación al calor.

TIPO DE ADAPTACIÓN	DÍAS NECESARIOS
Disminución de la frecuencia cardíaca	5
Expansión del volumen sanguíneo	5
Disminución de la temperatura interna	7
Disminución de la percepción del esfuerzo	5
Disminución de la concentración de sodio en sudor	8
Incremento del nivel de sudoración	11
Aumento de la capacidad para realizar ejercicio	7

La aclimatación al calor no significa que el deportista se acostumbre a hacer ejercicio deshidratado. El deportista no se puede habituar a estar deshidratado. La deshidratación siempre tiene consecuencias perjudiciales para el ejercicio y la única solución es beber. La aclimatación hace que el deportista tenga que beber más cantidad de líquido, no menos, y que el umbral para comenzar a sudar comience a una temperatura corporal más baja (38,2° C). En la Fig.13.2 se presenta la respuesta de la temperatura interna a 120 minu-

**Fig.13.2.** Efectos de la aclimatación (Adaptado de Sawka y cols., 1983).

rias y manipulaciones que se realicen sobre el deportista deben ser supervisadas por el personal sanitario adecuado con objeto de evitar efectos e incluso patologías indeseadas.

Dentro de estos medios de recuperación nos encontramos con:

## 1- La dieta

De manera introductoria al capítulo 8, donde la dieta será abordada con mayor detenimiento, se puede decir que la manipulación de la dieta, desde el punto de vista de la recuperación o prevención a la fatiga, está destinada a permitir la completa reposición de los depósitos de nutrientes empleados durante el ejercicio. El protagonista suele ser el glucógeno, puesto que el ATP y la fosfocreatina (PC) lo hacen rápidamente y las grasas nos sobran en cantidad. Esto conlleva que, por ejemplo, tras la realización de una sesión de entrenamiento con predominancia de un metabolismo glucolítico la dieta deba ser rica en hidratos de carbono.

Las manipulaciones de la dieta también se emplean frecuentemente para facilitar la eliminación de las sustancias de desecho acumuladas durante el ejercicio o facilitar su neutralización durante la ejecución del mismo. En este sentido son frecuentes las dietas ricas en alimentos alcalinos (vegetales) y con aportes elevados de vitaminas hidrosolubles y antioxidantes (vitaminas B, C, E y betacarotenos. Los radicales libres pueden ser neutralizados mediante antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos, como los citados con anterioridad, junto al ácido úrico, monosacáridos como la glucosa, aminoácidos como la cisteína y la taurina y minerales como el selenio). La utilización de sustancias antioxidantes previene y disminuye la aparición de inflamaciones musculares características de sesiones intensas de entrenamiento.

De igual forma, la hidratación es de crucial importancia. La hidratación permite una más rápida restitución de la capacidad de trabajo, del aclaramiento del lactato y recuperación de la temperatura normal del cuerpo (Douglas y cols, 2000). La limpieza de lactato en las recuperaciones activas en las que se permite ingestión hídrica es más rápida que en las pasivas o pasivas hidratadas (Aguíñaga y cols, 1995). Este tipo de recuperación mejora también la percepción subjetiva del individuo sobre su estado de fatiga.

Sobre todo cuando la sudoración ha sido excesiva, esta hidratación puede estar acompañada por la administración de electrólitos (aunque siempre la pérdida hídrica habrá sido superior) como sodio o potasio, sin que en ningún caso éstos superen la cantidad diaria recomendada. La suplementación salina debe hacerse a concentraciones hipotónicas con respecto del plasma. Al igual que la dieta, la bebida también podría ser alcalina, siendo útil para el transcurso de la compensación rápida de los estados de acidosis postesfuer-

33. Graham, T.E.; Rush, T.; Van Soeren, M.H. Caffeine and exercise: metabolism and performance. *Can J Appl Physiol*, 19: 111-138, 1994.
34. Greenhaff, P.L.; Casey, A.; Short, A.H.; Harris, R.; Söderlund, K.; Hultman, E. Influence of oral creatine supplementation on muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man, *Clin Sci*, 84:565-571, 1993.
35. Greenhaff, P.L.; Bodin, K.; Soderlund, K; Hultman, E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis, *Am J Physiol* 266:E725-E730, 1994.
36. Hausswirth, C.; Bigard, AX.; Lepers, R.; Berthelot, M.; Guezennec, CY. Sodium Citrate ingestion and muscle performance in acute hypobaric hypoxia. *Eur J Appl Physiol*, 71: 362-368, 1995.
37. Herzt, L. Uptake and metabolism of malate in neurons and astrocytes in primary cultures, *J Neur Research* 33: 289-296, 1992.
38. Hirakoba, K.; Maruyama, A.; Misaka, K.: Effect of acute sodium bicarbonate ingestion on excess CO<sub>2</sub> output during incremental exercise. *Eur J Appl Physiol*, 66 : 6, 536-541, 1993.
39. Hultman, E.; Soderlund, K.; Timmons, J.A.; Cederblag, G.; Greenhaff, P.L. Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol*, 81: 232-237, 1996.
40. Ibañez, J.; Pullinen, T.; Gorostiaga, E.; Postigo, A.; Mero, A. Blood lactate and ammonia in short-term anaerobic work following induced alkalosis. *J Sports Med*, 35: 187-193, 1995.
41. Inbar, O.; Rotsein, A.; Jacobs, I.; Kaiser, P.; Dlin, R.; Dotan, R. The effect of alkaline treatment on short-term maximal exercise. *J Sports Sci*, 1-2 : 95-104, 1983.
42. Kowalchuk, J.M.; Stephen, A.; Yamaji, K.; Hughson, R. The effect of citrate loading on exercise performance, acid-base balance and metabolism. *Eur J Appl Physiol*, 58 : 858-864, 1989.
43. Kozak-Collins, K.; Bruke, E.R.; Schoene, R.B. Sodium bicarbonate ingestion does not improve performance in women cyclist. *Med Sci Sports Exerc*, 26: 1510-1515, 1995.
44. Kreider, R.B. Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sport Med*, 27: 91-110.
45. Lamanca, J.; Haymes, E. Effects of low ferritin concentration on endurance performance. *Int J Sport Nutr*, 2: 376-385, 1992.
46. Latorre, P.A. Sueño y rendimiento Físico deportivo. *Arch Med Dep*, 73: 447-454, 1999.
47. Linossier, M.T.; Dormois, D.; Bréger, P.; Geysant, A.; Denis, C. Effect of sodium citrate on performance and metabolism of human skeletal muscle during supramaximal cycling exercise. *Eur J Appl Physiol*, 76: 48-54, 1997.
48. Liu, C.; Xiao, P. Recent advances on ginseng research in China. *J Ethnopharmacol*, 36: 27-38, 1992.

## CAPÍTULO

# 9

## MASOTERAPIA EN EL DEPORTE

*Manuel Arroyo Morales  
Bernabé Esteban Moreno*

La masoterapia es una de las modalidades terapéuticas más demandadas entre los deportistas y especialistas en entrenamiento para la regeneración después de un período de preparación o competición. El masaje ya se usó con fines terapéuticos en las civilizaciones más antiguas desde Egipto (templo de Isis para los heridos en combate), si bien los antecedentes del masaje deportivo se encuentran en Galeno, que empezó a usar el masaje para *tonificar y relajar* la musculatura de los gladiadores.

En la actualidad, debido a la presencia masiva del deporte en nuestra sociedad, en sus diferentes modalidades (elite, amateur, ejercicio físico reglado para mejorar la salud, etc.), la masoterapia está evolucionando de modo que a esta práctica, ya clásica, se le está dando un soporte científico hasta ahora inexistente. Dentro de la masoterapia deportiva, se distinguen diferentes submodalidades en función del **objetivo que se persigue** y el **estado de la estructura neuromuscular** que recibe el masaje (Martín Urrialde, 1999).

El masaje deportivo se diferencia del resto de modalidades de masoterapia en la **temporalización de las maniobras** que se realizan sobre el deportista. En esencia, las maniobras que utilizamos son las mismas que en un sujeto no deportista. La diferencia debe encontrarse en la **intensidad con que se realizan** y en la **combinación de las mismas** para la consecución de diferentes objetivos:

- Preparar la estructura muscular para un esfuerzo importante.

combinación más revolucionaria es la administración de la creatina en forma de citrato de creatina. El citrato, intermediario del ciclo de Krebs, parece constituir el mejor transportador de la creatina hacia el interior del músculo dada la insaturabilidad del mismo (Hertz y cols, 1992). La ingestión de estos preparados debe acompañarse de ejercicio submáximo para contribuir aún más a la absorción de la creatina (González y Villa, 1998). El principal efecto secundario asociado a la suplementación con creatina es la ganancia de peso por el incremento de masa muscular (Lucía, 1996; Mújica y cols, 2000), lo que parece ser debido a: la capacidad que tiene la creatina de favorecer la entrada de agua en las células musculares y agilizar la síntesis de proteínas, originando hipertrofia (Barbero, 1999). Finalmente, comentar que carecemos de estudios bien contrastados que muestren efectos adversos por la suplementación con creatina, aunque trastornos gastrointestinales y calambres musculares han sido observados ocasionalmente en individuos sanos que consumían creatina, sin que en ningún caso disfunciones hepáticas y renales hayan sido diagnosticadas con consumos de 20 g/día durante 5 días seguidos de <10 g/día (Poortmans y Francaux, 2000). Sin embargo, dada la sobrecarga renal durante el consumo de esta sustancia se recomiendan revisiones periódicas para detectar aquellas disfunciones que podrían aparecer en algunos individuos con menor capacidad para compensar el desbalance de la homeostasis que su consumo conlleva.

- Aspartatos de potasio y de magnesio, cuyo beneficio en este tipo de actividad se basa en la reducción de los niveles de amoníaco y estimulación psicológica (Wesson y cols, 1988). Su administración se ha relacionado con el retraso en el momento de aparición de la fatiga en ejercicios de diferentes duraciones, aunque fundamentalmente en individuos no entrenados. Las dosis recomendadas son de 7 g de sales mixtas de aspartatos de magnesio y potasio, distribuidos en varias tomas a lo largo de las 24 horas previas al ejercicio (Bucci, 1993).
- La inosina. Empleada en los mecanismos de reposición de los nucleótidos que forman el ATP. Su administración en dosis que no pueden ser asimiladas por el individuo puede ser de carácter ergolítico. Normalmente, su administración se asocia a la del coenzima Q-10.
- El cromo: mineral traza relacionado con la tolerancia a la glucosa (estimulador de la secreción de insulina) y la síntesis de proteínas. La administración de 200 mg/día durante 8-12 semanas de entrenamiento de resistencia promueve el incremento de masa muscular y reducción del porcentaje de grasa. Su efecto ergogénico no siempre ha sido demostrado (González y Amigó, 1999).

dad viscoelástica. Son corrientes preparatorias a nivel muscular, y son utilizadas en asociación con maniobras de masoterapia o estiramiento musculoponeurotico.

### **Efectos biofísicos de la alta frecuencia**

Todas las corrientes que se clasifican como corrientes de alta frecuencia tienen un efecto similar en el organismo. Numerosos autores describen sus efectos sin especificar las particularidades de cada una de ellas (Maya, 1998).

Las diferencias entre corrientes son relativas al nivel de penetración, al aparato emisor y las técnicas de aplicación. Una diferencia importante es que la onda corta tiene un nivel de penetración mayor al microondas, el nivel de captación calorífica a nivel muscular es significativamente mayor en la onda corta que en el microondas. Por tanto, la utilización de onda corta es la diatermia más aconsejada en la fatiga muscular.

Los efectos de estas corrientes en el organismo se basan en el aumento de temperatura a nivel muscular, que provoca la constante agitación molecular al absorber estas radiaciones los tejidos. Los efectos son:

- **Relajación muscular:** El calentamiento de los husos neuromusculares tiende a igualar la longitud en las fibras intra y extrafusales, normalizando la hiperactividad gamma y reduciendo el tono muscular patológico. Los estudios de Mesen demuestran que, al subir la temperatura muscular a 42° C, cesan o disminuyen las descargas aferentes del huso neuromuscular. Esto provoca la disminución de la facilitación del sistema alfa, lo que reduce la actividad tónica muscular. Este efecto se complementa con la estimulación de los impulsos inhibitorios de las fibras Ib del órgano de Golgi del tendón, que ayudan también al efecto antiespasmódico de la diatermia.
- **Dilatación de los vasos sanguíneos:** La hiperemia será la expresión final del efecto vasomotor producido por la diatermia. Bier estableció los siguientes efectos en el aumento del flujo sanguíneo sobre el músculo estriado:
  - Mejora la nutrición y oxigenación muscular
  - Como catabólico de la restauración tisular
  - Mejora la reabsorción de productos patológicos musculares
  - Acción analgésica y antiespasmódica.

El flujo sanguíneo en el músculo estriado se ve afectado por la regulación metabólica, durante el ejercicio aumenta o disminuye en función de la contracción muscular. Con la diatermia aumenta el flujo en valores muy simila-

---

## MEDICACIÓN Y JET LAG

**Medicación regular.** Para aquellas personas que deben tomar medicación regularmente, por la mañana o con las comidas, habrá que hacer unas pequeñas modificaciones para que se ajusten a la nueva zona horaria.

Desafortunadamente, no basta con cambiar nuestra rutina, y nuestras costumbres en cuanto a la hora de dormir y de tener las comidas. Nuestro organismo necesita más tiempo para adaptarse. Cuando viajamos hacia el oeste necesitamos incluso más tiempo, lo que puede plantear problemas con personas diabéticas o insulino dependientes. Es muy importante que estos aspectos sean consultados con un médico si existe alguna duda.

### **Medicamentos y otras ayudas para superar los problemas del jet lag.**

Existen varias opciones en este apartado. Vamos a referirnos a: la hipnosis, los medicamentos que ayudan a dormir y los estimulantes. Precaución es el consejo principal ante el uso de estos apoyos, puesto que pueden ir asociados a efectos secundarios desagradables. Cualquier uso innecesario de sedantes o estimulantes está claramente desaconsejado.

Sin embargo, si dormir bien es imprescindible antes de una reunión importante, entonces una hipnotización de corta duración podría ser provechosa. Una alternativa es tomar una siesta corta antes de la reunión, asegurándose de que hay por lo menos 1 hora entre el final de la siesta y aquélla, de modo que no exista ningún signo de cansancio. El alcohol es una mala alternativa para conseguir dormir, pues su efecto diurético le despertará. Los estimulantes en forma de píldoras son innecesarios; el café, el aire fresco y el ejercicio físico a la luz del día son los métodos más eficaces.

La melatonina también se utiliza frecuentemente como sustancia hipnótica. Existen abundantes estudios científicos donde se demuestra esta propiedad. Por tanto, aquellas personas que toman melatonina sufren en menor medida los efectos del jet lag. Normalmente, se ingiere algunas horas antes de la hora de dormir y parece que tiene un efecto muy positivo. Algunas personas la toman para seguir su ritmo diario de vida.

Los efectos de la melatonina para reducir los síntomas del "jet lag" han sido estudiados bastante menos, y no existen resultados concluyentes. En un estudio, realizado sobre personas que no habían realizado ninguna transición horaria, se administró cápsulas de melatonina por la tarde temprano (Atkinson y cols, 2001). Los sujetos no experimentaron ningún efecto secundario como consecuencia de la melatonina a la mañana siguiente, no mostraron ninguna recaída de sueño, ni en su funcionamiento mental ni el físico en ese tiempo.

Nutrientes	Descubrimientos observados según tipo de deporte		Recomendaciones <sup>a</sup>
	Aeróbicos	Anaeróbicos	
<b>Suplementación</b> Entrenamiento	Tendencia a suplementar con Vit del grupo B, 60% de deportistas se suplementan con Vit y minerales	90% de deportistas se suplementan con Vit y minerales	Una suplementación de multivitaminas/minerales que contenga <100% de la RDA
<b>Líquidos (l/día o ml/h)</b> Precompetición Entrenamiento	6,7-19,3 l/d 280-800		300-500 ml, 30 min antes del ejercicio 500-1000 ml/h
Postcompetición	ml/h		Reemplazar cada libra de peso pérdida con 16 onzas de agua
<b>Composición corporal (% grasa)<sup>f</sup></b>	7,6-12,7	9,8-16,7	4-12%. Mantener los valores ideales siempre con cambios dietéticos

- a. Las recomendaciones son las mismas para aeróbicas y anaeróbicas cuando no se indica lo contrario.
- b. Dieta normal durante entrenamiento.
- c. De 2 a 7 días previos al evento.
- d. De 24h hasta 22 días.
- e. 24 h después del evento.
- f. Los valores son para deportistas de menos de 40 años.

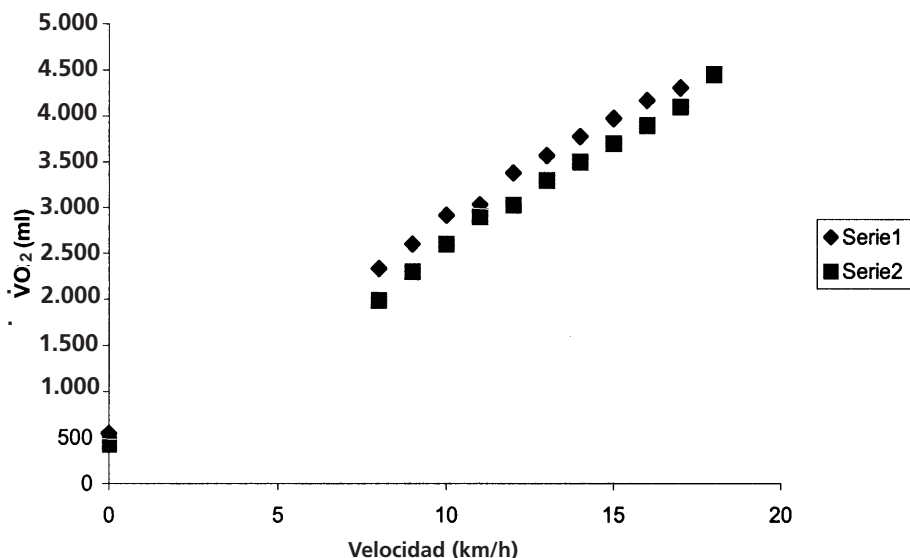
Abreviaturas: Ca = calcio, Cu = cobre, Fe = hierro, lb = libras, Mg = magnesio, oz =onza (23,34 g), RDA = recomendaciones diarias alimenticias, Zn = cinc.

Tomado de Economos, C.D., Bortz, S.S., Nelson, M.E. 1993. Nutritional practices of elite athletes. Practical recomendations. *Sports Medicine*, 16-6; 381-399. Págs. 384-385.

magnética o biopsia muscular, aunque puede ser también estimado indirectamente por los niveles de amonio en sangre) aportando información sobre la intensidad fisiológica del entrenamiento y el nivel de vaciamiento de los almacenes de glucógeno, aspecto muy relacionado con la recuperación. También podría valorarse la energía total consumida, aunque para ello se necesitaría un método, también de difícil acceso, como el del agua doblemente marcada. Otra posibilidad es la de efectuar la conversión indirecta a calorías (1 l de  $O_2$  consume 5 cal), para lo que sería necesario que los entrenamientos fuesen exclusivamente aeróbicos y referidos constantemente a un % del  $\dot{V}O_2$ máx, lo que es bastante difícil.

Los medios **puntuales** sí están mucho más orientados a cuantificar el entrenamiento, conocer el impacto de las cargas de entrenamiento sobre el atleta y así poder orientar la recuperación. Los empleados con mayor frecuencia son:

1- Consumo de oxígeno. El valor máximo y submáximo ligado a determinadas zonas de entrenamiento de este parámetro debe ser calculado de forma directa en el laboratorio para una mayor fiabilidad. Es un buen indicador del estado de forma del deportista. Sin embargo, es de difícil aplicación en el



**Fig. 5.4.** Relación del consumo de oxígeno ( $\dot{V}O_2$ ) vs carga de trabajo durante un test incremental llevado hasta el agotamiento antes (serie 1) y después (serie 2) de un período de entrenamiento.