

Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición

Dr. D. Iñigo MUJICA
MEDIPLAN SPORT, VITORIA-GASTEIZ

RESUMEN

La cuantificación del entrenamiento es fundamental para evaluar las respuestas del deportista a las cargas de trabajo y determinar la relación entre el entrenamiento y el rendimiento. El entrenamiento se compone de tres variables fundamentales: volumen, intensidad y frecuencia. El volumen y la frecuencia son relativamente fáciles de cuantificar, mientras que la cuantificación de la intensidad resulta más problemática. Entre los métodos de cuantificación utilizados destacan los cuestionarios retrospectivos, los diarios, la observación directa y la monitorización fisiológica, basada generalmente en la determinación del consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato sanguíneo. Otros métodos utilizados son la medición de la velocidad, que requiere de condiciones ambientales estables, y la medición de la potencia, facilitada por recientes avances tecnológicos, como el sistema SRM en ciclismo. Entre los métodos de cuantificación subjetivos destaca por su amplia utilización la escala RPE de Borg. Por último, se vienen utilizando combinaciones de los distintos índices de intensidad para cuantificar las cargas de entrenamiento y competición, tales como las relaciones frecuencia cardíaca – lactato sanguíneo, frecuencia cardíaca – consumo de oxígeno, y frecuencia cardíaca – lactato sanguíneo – potencia.

Palabras clave: Entrenamiento, cuantificación, fisiología, test de laboratorio, rendimiento

INTRODUCCIÓN.

La cuantificación del entrenamiento es una pieza clave de la preparación del deportista para la competición. Si se busca establecer y analizar relaciones de causalidad entre el entrenamiento realizado por el deportista y las adaptaciones fisiológicas y de rendimiento resultantes, es absolutamente indispensable cuantificar de manera precisa y fehaciente la carga de trabajo realizada por éste. En otras palabras, no es posible conocer los efectos del entrenamiento sin una cuantificación exacta del mismo. En este sentido es importante destacar dos consideraciones que deben de tenerse muy presentes a la hora de cuantificar el entrenamiento del deportista:

1. en un plan de entrenamiento existen tres tipos de cargas de entrenamiento que pueden variar entre sí de manera muy considerable y que no deben confundirse: la carga *planificada* a principios de temporada; la carga *prescrita* el día en que debe llevarse a cabo; la carga *realizada* por el ciclista;
2. la carga de entrenamiento que debe ser cuantificada es la que ha sido efectivamente realizada por el deportista, no la carga de entrenamiento planificada a medio plazo ni la carga prescrita a corto plazo por el entrenador o preparador.

1. COMPONENTES DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO

El estímulo o carga de entrenamiento en el deporte de competición se describe habitualmente mediante la combinación de tres variables del entrenamiento, como son el volumen, la intensidad y la frecuencia (Davies y Knibbs, 1971; Wenger y Bell, 1986). En general, se considera que estas tres variables provocan una respuesta adaptativa en el organismo del deportista, la cual debería repercutir de manera directa sobre el rendimiento deportivo. Es por ello que resulta necesario tanto manipular como cuantificar de manera adecuada cada uno de estos tres componentes del entrenamiento a fin de optimizar las adaptaciones del deportista y por consiguiente su rendimiento en competición.

1.1. VOLUMEN

El volumen es un componente fundamental de la carga de entrenamiento, sobre todo en los deportes de larga duración, y constituye la base de la carga de trabajo del deportista de resistencia. La mayoría de deportistas y entre-

nadores asumen que las mejoras de rendimiento están relacionadas directamente con el volumen de entrenamiento, por lo que los volúmenes de entrenamiento que se llevan a cabo son cada día mayores. Esta es una variable del entrenamiento que resulta muy fácil de cuantificar, ya que no es otra cosa que la distancia cubierta o el número de horas de entrenamiento en una fase determinada del plan de entrenamiento, ya sea una sesión, un microciclo, un mesociclo, un macrociclo, o una temporada en su totalidad.

1.2. INTENSIDAD

La intensidad del entrenamiento tiene también gran importancia de cara a la mejora de las prestaciones deportivas, por las respuestas adaptativas que provoca y sus efectos sobre el rendimiento en competición. Sin embargo, a diferencia del volumen resulta mucho más difícil de cuantificar. Hasta la fecha, la intensidad de ejercicio ha sido expresada en términos de velocidad, potencia frecuencia cardiaca (o porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima o de la reserva cardiaca máxima), consumo de oxígeno (o porcentaje del consumo máximo de oxígeno o «umbrales» ventilatorios), concentración de lactato sanguíneo (o porcentaje de diversos «umbrales» relativos al lactato), gasto energético (o múltiplos del gasto metabólico de reposo) o percepción subjetiva del esfuerzo (Jeukendrup y Van Diemen 1998). Según Jeukendrup y Van Diemen (1998), la intensidad de ejercicio debería determinarse como la cantidad de ATP hidrolizado y convertido en energía mecánica cada minuto, por lo que debería definirse como la cantidad de energía gastada por minuto para realizar una tarea determinada (kJ por minuto). Sin embargo, resulta muy difícil medir el gasto energético de forma continua en el laboratorio, y prácticamente imposible en el terreno. Es por ello que la intensidad de ejercicio debería determinarse mediante alguna variable que guarde una estrecha relación con el gasto energético y sea fácil de monitorizar. Como veremos en el siguiente apartado, existen diversos métodos que pueden ser útiles a la hora de cuantificar la intensidad de entrenamiento. Algunos de estos métodos están basados en criterios objetivos, como la velocidad o la potencia; otros en criterios fisiológicos, como la frecuencia

cardiaca, el consumo de oxígeno o la concentración de lactato sanguíneo, y otros en índices subjetivos del esfuerzo, como la escala RPE («rating of perceived exertion» o valoración del esfuerzo percibido). La validez y utilidad de cada uno de estos métodos depende de diversos factores que serán analizados detalladamente más adelante.

1.3. FRECUENCIA

La frecuencia del entrenamiento, al igual que el volumen, resulta fácil de cuantificar, ya que es una variable que hace referencia al número de veces que el deportista se entrena en un periodo de tiempo determinado. La frecuencia y el volumen son variables del entrenamiento que guardan una estrecha relación, ya que el segundo puede aumentarse o disminuirse mediante variaciones de la primera. A pesar de esta evidente relación y de la facilidad con la que ambas variables pueden ser cuantificadas, no existen trabajos de investigación que determinen los efectos de la manipulación de la frecuencia de entrenamiento sobre el rendimiento para un volumen determinado de entrenamiento

2. MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN

En la actualidad se utilizan principalmente cuatro métodos para recopilar datos del entrenamiento: cuestionarios retrospectivos, diarios, monitorización fisiológica y observación directa (Hopkins 1991). Los cuestionarios retrospectivos y los diarios son instrumentos que están estrechamente relacionados, ya que ambos consisten en obtener datos de la memoria del deportista después de que la actividad del entrenamiento haya cesado, y ambos permiten obtener información sobre cualquier aspecto del entrenamiento. Su diferencia principal estriba en la frecuencia de recopilación de datos y el método de administración: los cuestionarios se completan en una ocasión o de manera poco frecuente, y pueden ser administrados por alguien o por el propio deportista; los diarios los administra el deportista a intervalos frecuentes con el objeto de obtener una fuente ininterrumpida de datos de entrenamiento.

La observación directa llevada a cabo por el entrenador o el científico del deporte durante la propia sesión de entrenamiento puede proporcionar datos sobre la mayoría de los aspectos del entrenamiento.

Existen también varios métodos de cuantificación del entrenamiento de uso generalizado basados en la monitorización fisiológica, como son la medición del consumo de oxígeno, la frecuencia cardiaca, y la concentración de lactato sanguíneo (Hopkins 1991). Finalmente, hoy en día hay disponibles nuevos métodos de medición de la velocidad y la potencia en bicicleta, los cuales pueden aportar datos de gran utilidad sobre la intensidad en entrenamiento y en competición ciclista. Tanto los métodos de monitorización fisiológica como los de medición de la velocidad y la potencia proporcionan información sobre la intensidad de la actividad, y serán analizados en detalle más adelante.

2.1. CUESTIONARIOS RETROSPECTIVOS

Los cuestionarios retrospectivos tienen diversas ventajas sobre otros métodos de cuantificación del entrenamiento: resultan muy sencillos de administrar y son muy baratos; pueden diseñarse de manera que proporcionen información sobre cualquier aspecto del entrenamiento en cualquier marco temporal; no crean problemas de cumplimentación por parte de deportistas y entrenadores; y no interfieren con el programa de entrenamiento. Su



principal desventaja reside en la naturaleza subjetiva de los datos que proporcionan, ya que las preguntas pueden ser malinterpretadas, las respuestas distorsionadas de forma voluntaria o involuntaria, y la información requerida puede haberse olvidado.

Es posible mejorar el rendimiento de los cuestionarios retrospectivos si se presta la atención debida a detalles metodológicos como la construcción de las preguntas, el marco temporal, el método de administración, la realización de estudios piloto, la validez y fiabilidad, y la cumplimentación (Hopkins 1991).

2.2. DIARIOS

La principal ventaja de los diarios sobre los cuestionarios retrospectivos consiste en la validez de los datos, ya que éstos se recopilan poco después de la sesión de entrenamiento y en todas y cada una de las sesiones durante un periodo de tiempo prolongado. Por lo demás, los diarios presentan diversas desventajas con respecto a los cuestionarios. La cumplimentación resulta dificultosa a medida que avanza el tiempo, ya que los deportistas pueden perder interés. En este sentido, es importante recopilar los datos regularmente, animar al deportista a seguir cumplimentando el diario, y diseñar diarios cortos y sencillos. Otro de los principales problemas es el enorme volumen de datos que generan, por lo que resulta interesante que su diseño permita transferir los datos directamente al ordenador (Hopkins 1991).

2.3. OBSERVACIÓN DIRECTA

Prácticamente todos los aspectos del entrenamiento son susceptibles de ser cuantificados mediante la observación directa. Los aspectos que se cuantifican son generalmente el tipo, la duración y la intensidad de las sesiones de entrenamiento, pero también permiten evaluar cuestiones más subjetivas, como la impresión global del entrenador con respecto al deportista. La observación directa elimina cualquier error subjetivo inherente al deportista, pero introduce un error subjetivo procedente del observador. Es un método muy válido para la comparación de varios deportistas por parte de un mismo observador, así como para determinar intensidades de entre-

namiento basadas en ritmos y velocidades, siempre que el entorno lo permita. La principal desventaja de este método estriba en la necesidad de la presencia constante de observadores durante cada sesión de entrenamiento, lo cual exige una gran inversión en tiempo y/o dinero y puede resultar estresante para el deportista (Hopkins 1991).

2.4. MONITORIZACIÓN FISIOLÓGICA

Aunque un gran número de variables fisiológicas sufren modificaciones que de algún modo podrían ser indicativas de la carga de entrenamiento, son tres las variables que se utilizan habitualmente, en mayor o menor medida, para la monitorización de las sesiones de entrenamiento: el consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato sanguíneo.

2.4.1. CONSUMO DE OXÍGENO

La mayor parte del entrenamiento del deportista de resistencia se lleva a cabo con una dependencia prácticamente total del metabolismo aeróbico. La relación entre el consumo de oxígeno y la potencia desarrollada por el deportista es prácticamente lineal en un rango de intensidades que va desde el reposo hasta el máximo estado estable. El consumo de oxígeno en estado estable es por lo tanto un gran indicador de la intensidad de entrenamiento en estado estable. Por el contrario, la intensidad de esfuerzos cortos, como los que se llevan a cabo durante las sesiones de entrenamiento interválico, no puede ser estimada a través del consumo máximo de oxígeno, ya que el tiempo de respuesta del sistema aeróbico es demasiado lento y este tipo de trabajo es habitualmente supramáximo (es decir, a potencias superiores a la potencia máxima aeróbica) (Hopkins 1991).

Cuando la intensidad de entrenamiento es tal que puede ser expresada en términos de consumo de oxígeno, se suele hacer en referencia a un porcentaje determinado del consumo máximo, que se determina habitualmente mediante una prueba de esfuerzo progresiva hasta el agotamiento en el laboratorio. El consumo de oxígeno porcentual permite una comparación más significativa de las intensidades de entre-

namiento de deportistas de diferente masa corporal y nivel de rendimiento competitivo.

Otro de los aspectos positivos de la utilización del consumo de oxígeno es que se trata de una medida muy estable de la intensidad de entrenamiento. Sin embargo, puesto que la medición del consumo de oxígeno requiere la utilización de aparatos que permitan recolectar y analizar el gas expirado, este tipo de medición se suele realizar en el laboratorio, utilizando siempre ergómetros lo más adaptados posible a la realidad del deporte en cuestión. En los últimos años, se han comercializado aparatos portátiles que permiten la determinación del consumo de oxígeno del deportista en el terreno, pero su alto costo económico y de mantenimiento hacen que este tipo de monitorización fisiológica resulte poco práctica y poco accesible para la mayoría de los deportistas.

2.4.2. FRECUENCIA CARDIACA

La frecuencia cardiaca muestra una respuesta al ejercicio similar a la del consumo de oxígeno, por lo que puede utilizarse de manera parecida para estimar la intensidad del esfuerzo cuando la carga de trabajo se mantiene relativamente constante durante al menos unos pocos minutos. Este método presenta como ventaja principal sobre el consumo de oxígeno que es mucho más sencillo, práctico y económico (Hopkins 1991). Los monitores de frecuencia cardiaca, o pulsómetros, se han convertido en útiles de entrenamiento de uso generalizado en los últimos años. El pulsómetro consiste en una unidad sensora que se coloca alrededor del pecho con la ayuda de una banda elástica y que transmite una señal derivada de la actividad eléctrica del corazón a una unidad receptora en forma de reloj que se coloca en la muñeca del deportista o en el manillar de la bicicleta en el caso del ciclismo. Esta unidad muestra y registra la frecuencia cardiaca, y este registro puede leerse posteriormente en el propio reloj o descargarlo a un ordenador para analizarlo de manera pormenorizada.

La intensidad de ejercicio puede expresarse de diversas maneras mediante la medición de la frecuencia cardiaca. La frecuencia cardiaca absoluta es útil para que cada deportista mo-

nitore la intensidad del trabajo día a día. La frecuencia cardiaca expresada como porcentaje de la máxima tiene la ventaja de corregir las diferencias en la frecuencia cardiaca máxima que se dan entre individuos. También pueden tenerse en cuenta las diferencias interindividuales en la frecuencia cardiaca de reposo, y expresar la intensidad de esfuerzo como porcentaje de la reserva cardiaca, es decir: $(\text{frecuencia cardiaca de entrenamiento} - \text{frecuencia cardiaca de reposo}) / (\text{frecuencia cardiaca máxima} - \text{frecuencia cardiaca de reposo}) \times 100$ (Karvonen y Vuorimaa 1988).

Otro método de cuantificación de la carga de entrenamiento basado en la frecuencia cardiaca es el «impulso de entrenamiento» («training impulse» o TRIMP) (Banister 1991). El TRIMP es un índice global de la carga de entrenamiento que integra el volumen y la intensidad del mismo. Así, la carga de una sesión puede calcularse multiplicando el volumen de entrenamiento por su intensidad, determinada en función de la frecuencia cardiaca y un factor de ponderación que tiene en cuenta el aumento exponencial de la concentración de lactato en función de la intensidad. En definitiva, el $\text{TRIMP} = A \times B \times C$, donde A es el tiempo de entrenamiento en minutos; B es $(\text{frecuencia cardiaca media de la sesión} / \text{frecuencia cardiaca de reposo}) / (\text{frecuencia cardiaca máxima} - \text{frecuencia cardiaca de reposo})$; y C es $0,64 \times e^{1,92 \times B}$ para los hombres, y $0,86 \times e^{1,67 \times B}$ para las mujeres; e es el logaritmo neperiano con un valor de 2,712 (Banister 1991). Esta unidad ha sido utilizada para describir la carga de ejercicio de las distintas modalidades de etapas contrarreloj y en línea en las grandes vueltas por etapas del ciclismo profesional (Padilla y col. 2000, 2001).

2.4.3. CONCENTRACIÓN DE LACTATO SANGUÍNEO

La intensidad de entrenamiento también puede expresarse en términos de concentración de lactato sanguíneo. En general, la concentración de lactato aumenta por encima de sus valores de reposo de aproximadamente 0,8-2,0 mmol/l cuando la intensidad de ejercicio es superior al 60% de la máxima potencia aeróbica. Cuando el ejercicio no es excesivamente intenso, la concentración de lactato sanguí-

neo suele alcanzar un estado estable a los pocos minutos de iniciar la actividad. Además, la relación entre la concentración de lactato en estado estable y la potencia desarrollada es altamente reproducible. Esto hace que una intensidad determinada de entrenamiento en estado estable y de duración relativamente larga pueda expresarse en términos de concentración de lactato.

La aparición en el mercado de analizadores de lactato sanguíneo pequeños, de utilización sencilla y relativamente asequibles desde el punto de vista económico han hecho de este método de monitorización fisiológica uno de los más utilizados en el mundo del deporte. Sin embargo, cuando la intensidad del esfuerzo es tal que la concentración de lactato aumenta de manera curvilínea y no alcanza un estado estable antes de que el sujeto llegue al agota-

intensidad de entrenamiento determinada puede expresarse en términos de una concentración concreta de lactato sanguíneo, o en relación a las concentraciones de lactato de referencia (Hopkins 1991).

2.5. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD

En deportes cíclicos como la natación o la carrera a pie, se utiliza habitualmente la velocidad como indicador de la intensidad del ejercicio. La velocidad puede ser un índice que refleje fielmente el gasto energético del deportista en condiciones constantes, pero este no suele ser el caso en deportes con condiciones ambientales cambiantes como el ciclismo. Por ejemplo, mejoras en la aerodinámica del ciclista pueden permitirle alcanzar velocidades superiores sin que ello suponga un costo energético adicional. Otro claro ejemplo de la au-



miento, este parámetro deja de ser un indicador válido de la intensidad de ejercicio.

Otro de los inconvenientes de este método es que resulta poco práctico monitorizar la intensidad de cada sesión de entrenamiento mediante la extracción y análisis de muestras de sangre capilar. Es por ello que el método utilizado habitualmente consiste en expresar la intensidad de entrenamiento en referencia a ritmos de trabajo correspondientes a concentraciones de lactato sanguíneo determinadas mediante pruebas de esfuerzo realizadas previamente en el laboratorio. Estas pruebas permiten establecer un perfil de lactato para cada deportista, y establecer concentraciones de lactato de referencia. De esta forma, una

sencia de relación estable entre la velocidad y la intensidad de ejercicio sería el ciclismo en terreno montañoso: mientras el ciclista asciende la velocidad es baja, mientras otros indicadores de la intensidad como la frecuencia cardiaca, el consumo de oxígeno o la potencia son altos; en bajada, sin embargo, la velocidad es alta pero la frecuencia cardiaca y la potencia son bajas (Jeukendrup y Van Diemen 1998).

También cuando un ciclista va a rueda de otro se produce una clara alteración de la relación entre la velocidad y la intensidad de ejercicio. En esta situación, el ciclista que se encuentra detrás se desplaza a la misma velocidad que el ciclista que va delante, pero la

potencia que tiene que desarrollar, y por consiguiente su consumo de oxígeno y su frecuencia cardiaca se ven reducidos a causa de la reducción en la resistencia del aire (McCole y col. 1990).

2.6. MEDICIÓN DE LA POTENCIA

Recientes avances tecnológicos han hecho posible medir la potencia desarrollada sobre la bicicleta, no ya en el laboratorio, sino en el terreno. Estos aparatos de medición de potencia (como el SRM o el Power Tap) se colocan en la bicicleta y permiten medir y registrar tanto la potencia como la cadencia de pedaleo y la velocidad. Así, se puede estimar la intensidad de ejercicio mediante la monitorización del producto del trabajo muscular, es decir la potencia desarrollada (Jeukendrup y Van Diemen 1998). El sistema SRM (Schoberer Rad Mess-

deformación. El fabricante de este aparato afirma que su precisión es de $\pm 2,5\%$.

La potencia podría ser el indicador más directo de la intensidad de ejercicio en entrenamiento y competición, y bien podría ser utilizada para estimar el gasto energético, ya que se considera que la eficiencia mecánica, calculada como el trabajo realizado dividido por la energía consumida, es relativamente constante (Gaesser y Brooks 1975). Sin embargo, la potencia desarrollada no siempre puede utilizarse para mantener una intensidad de entrenamiento determinada, dada su gran variabilidad sobre el terreno (Jeukendrup y Van Diemen 1998).

2.7. ÍNDICES SUBJETIVOS DEL ESFUERZO

La percepción que cada deportista hace del esfuerzo realizado en el entrenamiento puede



technik) consiste en un medidor de potencia SRM (biela instrumentada), un control de potencia SRM (microordenador montado en el manillar que registra y muestra los datos) y un cable sensor que permite transferir los datos al microordenador. Se han desarrollado sistemas SRM específicos para bicicletas de pista, carretera y montaña. Según los informes del fabricante, la precisión del sistema aumenta con el número de galgas de deformación que contenga: dos, $\pm 5\%$; cuatro, $\pm 2\%$; ocho, $\pm 0,5\%$. Otro aparato que ha aparecido más recientemente en el mercado, el Power Tap, también consiste en un microordenador que registra y muestra datos, un cable sensor y un buje para la rueda trasera que cuenta con ocho galgas de

ser otro método válido para cuantificar el mismo. Una de las herramientas más utilizadas desde hace décadas para llevar a cabo esta valoración subjetiva del esfuerzo es la escala RPE («rating of perceived exertion» o valoración del esfuerzo percibido) o escala de Borg. Esta escala responde a factores psicofisiológicos, y se han establecido relaciones entre el valor de RPE a distintas intensidades de ejercicio por una parte, y la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato sanguíneo por otra (Borg y col. 1987). Las dos variaciones de esta escala (tanto la que va de 6 a 20 puntos como la que va de 0 a 10 puntos) han sido y siguen siendo utilizadas para evaluar y cuantificar la intensidad del entrenamiento.



Otra escala más reciente y tanto o más práctica que la escala RPE es la escala propuesta por Hawley y Burke (1998). Al acabar cada sesión de entrenamiento, el deportista debe evaluar la misma de acuerdo a la siguiente escala de cuatro puntos: 1. me he sentido bien durante toda la sesión; he mantenido el ritmo requerido y he completado la sesión; podría haber hecho más; 2. me he sentido bien en algunos momentos de la sesión; he terminado la sesión pero he tenido dificultades para mantener el ritmo requerido, sobre todo al final; 3. me he sentido bastante mal en algunos momentos de la sesión; he tenido dificultades para completar la sesión; 4. me he sentido muy mal durante toda la sesión, muy pesado y cansado; he tenido que bajar el ritmo para completar la sesión; debería haber descansado (Hawley y Burke 1998).

2.8. COMBINACIONES DE LOS DISTINTOS ÍNDICES DE INTENSIDAD

Los índices de intensidad de entrenamiento que se han citado anteriormente han sido relacionados entre ellos para obtener medidas más precisas, útiles y válidas de cara a la cuantificación del entrenamiento. A continuación se citan varias de estas combinaciones y sus posibles aplicaciones.

2.8.1. RELACIÓN FRECUENCIA CARDIACA – LACTATO SANGUÍNEO

La identificación de la frecuencia cardiaca correspondiente a concentraciones de lactato de referencia es un método utilizado habitualmente para determinar intensidades de entrenamiento. Este método se basa en la asunción de que la frecuencia cardiaca a estas concentraciones de lactato de referencia cambia con el estado de forma del deportista, al igual que lo hace la potencia asociada a esas mismas concentraciones de lactato. Foster y col. (1999) diseñaron un estudio con patinadores de velocidad para evaluar la estabilidad de los valores de frecuencia cardiaca correspondientes a indicadores de rendimiento como el umbral aeróbico y el umbral anaeróbico en distintos momentos de la temporada. Este estudio mostró la estabilidad de la relación, por lo que concluyeron que aunque la potencia a los umbrales aeróbico y anaeróbico y el ejercicio máximo cambian significativamente con el entrenamiento, no se da un cambio sistemático en los valores de frecuencia cardiaca asociados a estos índices de intensidad de entrenamiento. Por ello, una única evaluación a principio de temporada podría ser suficiente para determinar índices de entrenamiento adecuados que serían estables en el tiempo (Foster y col. 1999).

2.8.2. RELACIÓN FRECUENCIA CARDIACA – CONSUMO DE OXÍGENO

Esta relación también es utilizada habitualmente para prescribir intensidades de entrenamiento. Existe la consideración generalizada de que un porcentaje dado de la reserva cardiaca es equivalente al mismo porcentaje del consumo máximo de oxígeno de cara a la prescripción de intensidades de entrenamiento. Sin embargo, esta relación no ha sido establecida en estudios científicos. Una investigación publicada por Swain y Leutholtz (1997) estudió la hipótesis de que un porcentaje determinado de la reserva cardiaca es equivalente al mismo porcentaje de la reserva de consumo de oxígeno (es decir, la diferencia entre el consumo de oxígeno de reposo y el máximo). La conclusión de su investigación fue que un porcentaje de la reserva de frecuencia cardiaca no debería considerarse equivalente al mismo porcentaje del consumo máximo de oxígeno, sino al de la reserva de consumo de oxígeno, y que esta es la relación que debería utilizarse a la hora de prescribir intensidades de entrenamiento (Swain y Leutholtz 1997).

2.8.3. RELACIÓN FRECUENCIA CARDIACA – LACTATO SANGUÍNEO – POTENCIA

Padilla y colaboradores, al igual que otros autores, se han servido de la relación entre es-

tos tres índices de intensidad de ejercicio para describir la intensidad y la carga de trabajo durante los distintos tipos de carrera contrarreloj (Padilla y col. 2000) y de etapas en línea (Padilla y col. 2001) en las grandes vueltas ciclistas por etapas (Tour de Francia, Giro de Italia, Vuelta a España). Para ello, estos autores llevaron a cabo pruebas de esfuerzo progresivas en el laboratorio, en las que determinaron la relación entre la frecuencia cardiaca y la potencia desarrollada, así como la frecuencia cardiaca y la potencia correspondiente a valores de concentración de lactato sanguíneo de referencia (el umbral individual de lactato y la concentración de lactato de 4 mmol/l). Una vez establecidas estas variables, registraron la frecuencia cardiaca de los ciclistas profesionales durante la competición, y basándose en los resultados obtenidos en el laboratorio pudieron establecer los valores medios de frecuencia cardiaca a los que se desarrolla cada modalidad de competición, así como estimar las potencias medias desarrolladas por los ciclistas en competición, tanto en términos absolutos como relativos a la potencia aeróbica máxima establecida en el laboratorio. Así mismo, pudieron describir los tiempos de trabajo a las intensidades correspondientes al umbral individual de lactato y a la concentración de lactato de 4 mmol/l (Padilla y col. 2000, 2001).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANISTER, E.W. (1991) Modeling elite athletic performance. In: *Physiological Testing of Elite Athletes*. H.J. Green, J.D. McDougal and H. Wenger (Eds.). Champaign, IL. Human Kinetics, 403-424.

2. BORG, G., P. HASSMEN, M. LAGERSTROM. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65: 679-685.

3. DAVIES, C., A. KNIBBS. (1971) The training stimulus: the effects of intensity, duration and frequency of effort on maximum aerobic power output. *Int. Z. Angew. Physiol.* 29 : 299-305.

4. FOSTER C., D.J., FITZGERALD, P. SPATZ. (1999). Stability of the blood lactate-heart rate relationship in competitive athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31: 578-582.

5. GAESSER, G.A., G.A. BROOKS. (1975) Muscular efficiency during steady-state exercise: effects of speed and work rate. *J. Appl. Physiol.* 38: 1132-1138.

6. HAWLEY, J., L. BURKE. (1998) Peak Performance: Training and Nutritional Strategies for Sport. St Leonards, Allen & Unwin.

7. HOPKINS, W.G. (1991) Quantification of training in competitive sports. *Methods and applications. Sports Med.* 12: 161-183.

8. JEUKENDRUP, A.E., N.P. CRAIG, J.A. HAWLEY. (2000). The bioenergetics of World Class cycling. *J. Sci. Med. Sport* 3: 414-433.

9. JEUKENDRUP, A., A. VAN DIEMEN. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J. Sports Sci.* 16: S91-S99.

10. KARVONEN, J., T. VUORIMAA. (1988) Heart rate and exercise intensity during sports activities: practical application. *Sports Med.* 5: 303-312.

11. McCOLE, S.D., K. CLANEY, C. CONTE, R. ANDERSON, J.M. HEGBERG. (1990) Energy expenditure during bicycling. *J. Appl. Physiol.* 68: 748-753.

12. PADILLA, S., I. MUJIKA, J. ORBAÑANOS, F. ANGULO. (2000) .Exercise intensity during competi-

tion time trials in professional road cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32: 850-856.

13. PADILLA, S., I. MUJIKA, J. ORBAÑANOS, J. SANTISTEBAN, F. ANGULO, J.J. GOIRIENA. (2001). Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:796-802.

14. SWAIN, D.P., LEUTHOLTZ, B.C. (1997). Heart rate reserve is equivalent to %VO₂ reserve, not to %VO₂max. *Med. Sci Sports Exerc.* 29: 410-414.

15. WENGER, H.A., G.J. BELL. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med.* 3: 346-356.



DIRECCIÓN DE CONTACTO.

E-mail: iniho.mujiks@euskalnet.net

