# LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA (VAM). CONCEPTO, EVALUACIÓN Y ENTRENAMIENTO

José L. Tulmil<sup>1</sup> y Ferrán A. Rodríguez<sup>2</sup>
<sup>1</sup>Instituto Nacional de Educación Física de Galicia, Universidade da Coruña
<sup>2</sup>Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona

Desde hace décadas se viene describiendo la relación entre el consumo de oxígeno (VO2) y la velocidad de carrera como un incremento lineal hasta el punto en que el VO₂ alcanza una meseta (Hill y Lupton 1923). Posteriormente, Astrand y Rodahl (1986) se encargaron de estudiar a fondo las relaciones existentes entre el máximo consumo de oxígeno y la capacidad para el trabajo físico. Sin embargo, el concepto de velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM), como la velocidad de carrera en la que se obtiene el consumo máximo de O2 (VO2max), fue planteado en primer lugar por Di Prampero et al. (1986). Más tarde, los estudios de Léger y Boucher (1980); Cazorla (1987); Lacour et al. (1989 y 1991); Morgan et al. (1989); Noakes et al. (1990); Gacon (1991); Billat et al. (1994a, 1994b, 1994c y 1994d); Hill v Rowell (1996); Tuimil y Rodríguez (2000) y Rodríguez et al. (2002) van a aportarnos mayor información sobre este parámetro cuya validez como pronosticador del rendimiento en la carrera de resistencia ha sido suficientemente constatada, a pesar de originar todavía ciertas controversias conceptuales.

# LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA (VAM). CONCEPTO, EVALUACIÓN Y ENTRENAMIENTO

José L. Tulmil<sup>1</sup> y Ferrán A. Rodríguez<sup>2</sup>
<sup>1</sup>Instituto Nacional de Educación Física de Galicia, Universidade da Coruña
<sup>2</sup>Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona

Desde hace décadas se viene describiendo la relación entre el consumo de oxígeno (VO2) y la velocidad de carrera como un incremento lineal hasta el punto en que el VO₂ alcanza una meseta (Hill y Lupton 1923). Posteriormente, Astrand y Rodahl (1986) se encargaron de estudiar a fondo las relaciones existentes entre el máximo consumo de oxígeno y la capacidad para el trabajo físico. Sin embargo, el concepto de velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM), como la velocidad de carrera en la que se obtiene el consumo máximo de O2 (VO2max), fue planteado en primer lugar por Di Prampero et al. (1986). Más tarde, los estudios de Léger y Boucher (1980); Cazorla (1987); Lacour et al. (1989 y 1991); Morgan et al. (1989); Noakes et al. (1990); Gacon (1991); Billat et al. (1994a, 1994b, 1994c y 1994d); Hill y Rowell (1996); Tuimil y Rodríguez (2000) y Rodríguez et al. (2002) van a aportarnos mayor información sobre este parámetro cuya validez como pronosticador del rendimiento en la carrera de resistencia ha sido suficientemente constatada, a pesar de originar todavía ciertas controversias conceptuales.



R∑D

Tuimil, J.L. Rodríguez, F.A. Tomo XVII • Nº 1 LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA (VAM) CONCEPTO, EVALUACIÓN Y ENTRENAMIENTO

### CONCEPTO DE VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA

El concepto de velocidad aeróbica máxima resulta todavía controvertido, puesto que se ha llegado incluso a confundir con la velocidad en el umbral anaeróbico, entendiéndose, en algunos casos, como el límite del trabajo aeróbico. Tampoco existe un criterio unánime en la terminología utilizada, usándose por parte de algunos el término "velocidad aeróbica máxima" (VAM) (Lacour et al. 1989; Billat et al. 1994; Berthoin et al. 1995, 1996a) y por parte de otros el de "velocidad al ( VO<sub>2max</sub>)" (v VO<sub>2max</sub>) (Daniels et al. 1984; Morgan et al. 1989; Hill y Rowel 1996). En cualquier caso, si aceptamos la definición de VAM como "la velocidad mínima necesaria para obtener el VO<sub>2max</sub> en una carrera progresiva en tapiz rodante" (Billat 1994b), se trata de una velocidad superior a la del umbral anaeróbico y, por consiguiente, con una participación importante del metabolismo anaeróbico, como lo constatan las concentraciones de lactato que se obtienen (8-12 mmol·L1). En este sentido, los diversos autores que se han referido a este parámetro coinciden, en términos generales, con la definición anterior. Así, para el entrenador de atletismo francés, Gaçon (1991), la velocidad aeróbica máxima es "la intensidad de trabajo que se desarrolla durante el transcurso de un esfuerzo cuyo dispendio energético corresponde al consumo máximo de O2" o "la velocidad de carrera suficiente para solicitar la potencia aeróbica máxima (VO<sub>2max</sub>)". Lacour et al. (1991) se refieren a ella como "la velocidad correspondiente al VO2max" mientras que Berthoin et al. (1996) coinciden con Billat et al. al definirla como "la mínima velocidad de carrera en la que se da el VO2max".

A pesar de que aparentemente los diferentes autores parecen estar de acuerdo en el término, Hill y Rowell (1996) afirman que cada autor se está refiriendo a un parámetro fisiológico distinto, opinión que no compartimos, puesto que todos los autores la consideran, en líneas generales, como la velocidad necesaria para obtener el VO<sub>2max</sub> en una prueba de carrera progresiva. Sin embargo, la situación origina más controversias cuando se trata de definir el método de determinación, puesto que los investigadores proponen distintos métodos, lo que nos lleva a pensar que estas diferencias pueden deberse, en mayor medida, a los diferentes protocolos de determinación y no a problemas conceptuales.

### **DETERMINACIÓN DE LA VAM**

La velocidad aeróbica máxima puede determinarse de forma directa, en laboratorio (tapiz rodante) (Billat et al. 1994b, 1994c), o en el campo deportivo (K4) (Rodríguez et al. 2002); de forma indirecta, mediante estimación por cálculo matemático (Di Prampero et al. 1986, Lacour et al. 1989), por extrapolación (Morgan et al. 1989) o a través de pruebas de campo (Léger y Boucher 1980; Brue 1985, Lacour et al. 1991).

Como ya hemos comentado, Hill y Rowell (1996), en un intento de aclarar las diferencias observadas en el método de determinación de la VAM, plantearon un estudio comparativo entre las diversas formas propuestas. Su hipótesis era que los diferentes autores no proponían distintas formas de determinación, sino que se referían a parámetros diferentes, hipótesis que terminaron aceptando. Sin embargo, el problema detectado por Hill y Rowell (1996) era que después de aplicar las diferentes metodologías propuestas por cada autor, las velocidades resultantes eran significativamente distintas. En nuestra opinión esta circunstancia puede implicar una dependencia del protocolo de determinación, más que un problema conceptual. En este sentido, Berthon y Fellmann (2002), refiriéndose a la medición en laboratorio, resaltan la necesidad de controlar factores como el calentamiento, el número, duración y velocidad de los incrementos, los descansos, la pendiente de la cinta rodante y la duración total del test, entre otros, como posibles distorsionadores del resultado final.

Para evitar esta disyuntiva, pensamos que cuando se aportan datos acerca de una VAM determinada, bastaría con hacer referencia al método de determinación, a pesar de que en otros estudios (Billat et al. 1996b; Berthoin et al. 1996b) en los que se aplicaron diferentes protocolos de determinación, no se observaron diferencias significativas.

Las metodologías de determinación de la VAM más utilizadas pueden resumirse en las siguientes:

- Billat (1994). La mínima velocidad de trabajo necesaria para alcanzar VO<sub>2max</sub> en una prueba progresiva hasta el agotamiento realizada en laboratorio. La prueba se realiza en el tapiz rodante con una pendiente del 0 %, iniciándose a una velocidad de 12 km·h<sup>-1</sup>, con incrementos de 2 km·h<sup>-1</sup> cada 3 min y de 1 km·h<sup>-1</sup> cada 2 min a partir de una determinada velocidad individual (12-15 km·h<sup>-1</sup>).
- Di Prampero et al. (1986). Calculada a partir de la ecuación: **VO**<sub>2max</sub>/Cr; Cr = economía de carrera.
- Lacour et al. (1989). Calculada a partir de la ecuación:  $\dot{\mathbf{V}}\mathbf{O}_{2\text{max}} \dot{\mathbf{V}}\mathbf{O}_2/\mathbf{Cr}$ ; Cr = economía de carrera,  $\dot{\mathbf{V}}\mathbf{O}_2 = \dot{\mathbf{V}}\mathbf{O}_2$  en reposo.
- Daniels (1985), Cunningham (1990) y Morgan et al. (1989). Cálculo mediante regresión lineal.
- Noakes et al. (1990). La mayor velocidad sobre tapiz rodante que es sostenida durante al menos 1 minuto.
- Léger y Boucher (1980), Brue (1985), Monmayeur y Villaret (1990), Lacour et al. (1991) y Berthoin et al. (1996a). Estimación mediante prueba de campo (carrera progresiva en pista).

Según lo expuesto, es más lógico pensar que los diferentes autores se refieran al mismo parámetro y que las variaciones en el método de determinación utilizado influyan en el resultado. De todos modos, si entendemos la VAM como la velocidad mínima necesaria para alcanzar el VO<sub>2max</sub> en una prueba de carrera progresiva (concepto aceptado por la mayoría), su determinación directa no debería representar ningún problema, siempre y cuando los protocolos tengan la misma o parecida duración total, y los incrementos de velocidad sean similares; lo mismo ocurre con la determinación indirecta, si se elige un método válido y fiable.

Tuimil, J.L. Rodríguez, F.A. Tomo XVII • Nº 1

## LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA (VAM) CONCEPTO, EVALUACIÓN Y ENTRENAMIENTO

Entre los diferentes conceptos de VAM, aceptamos el de Billat et al. "velocidad mínima a la que se obtiene el VO<sub>2max</sub>", como el más preciso porque se refiere a una VAM real determinada de forma directa en el tapiz rodante, aunque también se han descrito pruebas indirectas o de estimación de la VAM que resultan muy fiables y válidas. Existen protocolos para la determinación indirecta de la VAM (Léger y Boucher 1980; Brue 1985; Montmayeur y Villaret 1990; Lacour et al. 1991) desarrollados en el campo deportivo, que han sido validados científicamente. La prueba de carrera progresiva en pista de la Universidad de Montreal (UMTT) (Léger y Boucher 1980) es el ejemplo más claro, presentando un nivel de correlación con los resultados de la VAM obtenidos mediante determinación directa en laboratorio de r >0,90 (Lacour et al. 1989;1991; Berthoin et al. 1996 b). Por lo tanto, la UMTT (Léger y Boucher 1980) se considera como uno de los protocolos más válidos y fiables, con la ventaja de que puede realizarse en el campo deportivo y simultáneamente a varios corredores, lo que la convierte en uno de los sistemas de valoración más fácilmente integrables en un programa de entrenamiento, resultando así más adecuado que las mediciones en la cinta rodante (Lacour et al., 1991), por ser más específico además de accesible. Se trata de una prueba bien conocida y validada. El protocolo consiste en originar incrementos de 1 km·h<sup>-1</sup> cada dos minutos, partiendo a una velocidad de 7 u 8 km·h<sup>-1</sup> y hasta el agotamiento. De dicho protocolo original se han derivado ciertas variantes, la más conocida es la propuesta por Brue (1985), el cual validó un protocolo con incrementos de velocidad (0,25 km·h<sup>-1</sup>) y de duración (30 s) más pequeños. Esto permite básicamente la obtención de una velocidad final más precisa, aunque según los estudios de Lacour et al. (1991) puede sobrestimar la VAM hasta un 10 % ("los sujetos continuaban corriendo después de alcanzar el VO2max"), llegando a la conclusión de que el protocolo original (Léger y Boucher 1980) sería más fiable en la determinación de la VAM.

### LA VAM Y LA PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA CARRERA DE RESISTENCIA

La utilidad práctica del parámetro, sea cual sea su forma de determinación, parece incuestionable. La VAM o vÝO<sub>2max</sub> adquiere una especial relevancia en la predicción de los resultados en las pruebas de medio fondo y fondo, puesto que relaciona, en un solo término, la potencia aeróbica y la economía de carrera (Léger y Boucher 1980; Hill y Rowell 1996). Se comprobó una gran correlación de la VAM con el rendimiento en carreras de maratón y media maratón (di Prampero et al. 1986), de 10.000 m (Morgan et al. 1989) y, finalmente, de 1.500-5.000 m (Lacour et al. 1991; Padilla et al. 1992; Babineau y Léger 1997), considerándose un parámetro tan buen pronosticador del resultado como la velocidad en el umbral de lactato (Noakes et al. 1990), aunque no todos estos autores utilizaron el mismo protocolo de determinación.

Numerosos autores (Lacour et al. 1989; 1991; Cazorla 1988; Montmayeur y Villaret 1990; Berthoin et al. 1995) coin-

ciden en que la VAM obtenida mediante el UMTT o sus variantes, constituye una forma excelente para determinar las posibilidades de un deportista en disciplinas de potencia aeróbica, además de representar una referencia muy útil para la prescripción individual del entrenamiento (Tuimil y Rodríguez 2000).

# LA VAM Y LA PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

La programación del entrenamiento a partir de la VAM representa otra posibilidad muy interesante (Gaçon 1991; Tuimil y Rodríguez 2000; 2001), siendo considerado como un indicador más fiable de la carga de entrenamiento aeróbico que la "frecuencia cardíaca de reserva", sobre todo a intensidades por encima del 85 % del VO<sub>2max</sub> (Léger 1999). Las posibilidades de la VAM como parámetro de referencia en la prescripción del entrenamiento han sido confirmadas en estudios recientes (Billat et al. 1999; Tuimil y Rodríguez 2000; 2001), donde se demostró su validez tanto en la programación del entrenamiento a través de la carrera continua (65-75 % de la VAM) como de la interválica (90-100 % de la VAM).

La VAM puede sumarse a otros parámetros de referencia ya clásicos en la programación del entrenamiento ( VO<sub>2max</sub>, umbral anaeróbico, frecuencia cardíaca de reserva, velocidad de competición, etc. ), ofreciendo nuevas y mejores posibilidades en la prescripción de las cargas, puesto que puede utilizarse como único parámetro de referencia, tanto en la programación del entrenamiento en "zonas" de intensidad por debajo del umbral anaeróbico estimado (eficiencia aeróbica), como en "zonas" entre el umbral anaeróbico y el VO<sub>2max</sub> (capacidad aeróbica) o en el de intensidades de VO<sub>2max</sub> y ligeramente superiores (potencia aeróbica).

A partir de la VAM obtenida en el UMTT, y siguiendo la terminología propuesta por Navarro (1998), puede programarse el entrenamiento de eficiencia aeróbica con intensidades entre el 60 % y el 85 % de la VAM, el entrenamiento de la capacidad aeróbica con intensidades entre el 85 % y el 100 % de la VAM y el entrenamiento de la potencia aeróbica entre el 100 % y el 110 % de la VAM. Partiendo de la experiencia adquirida en la práctica del entrenamiento y de los estudios experimentales efectuados (Tuimil y Rodríguez 2000; 2001), podemos plantear el método de entrenamiento más adecuado en el entrenamiento de las diferentes capacidades (tabla 1). Así, la eficiencia aeróbica puede desarrollarse a través de la carrera continua larga (60-90 min) con intensidades correspondientes al 60-65 % de la VAM, media (45-60 min) con velocidades del 70-75 % y corta (30-45 min) con velocidades del 80-85 %, dependiendo de la especialidad y del nivel de entrenamiento. Para el entrenamiento de la capacidad aeróbica lo más adecuado es utilizar un método interválico extensivo (fraccionado aeróbico largo), aplicando distancias entre los 800 y los 3.000 m, con una relación trabajo/pausa de 1/1 ó 1/0.5. Ejemplo: 5x1.000 m. al 95 % de la VAM, pausa: 3 min al 50% de la VAM ó 3x1.500 al 90 % de la VAM, pausa: 5 min al 50% de la VAM. En el caso

500



Tuimil, J.L. Rodríguez, F.A. Tomo XVII • Nº 1

### LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA (VAM) CONCEPTO, EVALUACIÓN Y ENTRENAMIENTO

% VAM	60-65 %	70-75 %	80-85 %	90-100 %	100-110 %
Método	Continuo Largo	Continuo Medio	Continuo Corto	Fraccionado Largo	Fraccionado Corto
Distancia	15-20 km	10-15 km	5-10 km	1000-3000 m	300-800
Duración	60-120 min	45-90 min	30-45 min	2.30-10 min	40 s.–2 min
Pausa				2-6 min	1-3 min
Repeticiones				2-8 (4-8 km)	3-20(3-6 km)
Zona	Umbral	Zona	Umbral	Aeróbico-	Aeróbica
de intensidad	aeróbico	intermedia: Ua-Uan.	anaeróbico	anaeróbica Uan- VO <sub>2max</sub>	máxima- anaeróbica láctica
Nivel de Lactato	1.5-2 mmol·L <sup>-1</sup>	2-3 mmol·L <sup>-1</sup>	3-4 mmol·L <sup>-1</sup>	4-8 mmol·L <sup>-1</sup>	8-10mmol·L <sup>-1</sup>
Características del entrenamiento	Eficiencia aeróbica I	Eficiencia acróbica II	Eficiencia aeróbica III	Capacidad aeróbica	Potencia aeróbica
Efectos principales	Incremento de la velocidad en el umbral aeróbico	Incremento del VO <sub>2max</sub> (factores periféricos)	Incremento del umbral anaeróbico y VO <sub>2max</sub> (factor central)	Incremento de la VAM y capacidad de mantener un alto porcentaje.	Incremento del tiempo de mantenimiento de la VAM y superiores.

Tabla 1. Entrenamiento de la resistencia aeróbica en función de la velocidad aeróbica máxima de carrera determinada mediante el UMTT.

de la **potencia aeróbica** lo más recomendable podría ser un entrenamiento interválico intensivo (fraccionado aeróbico corto), programando distancias entre los 300 y 600 m con una relación trabajo/pausa de 1/1 ó 1/1.5. Ejemplo: 2x 6x300 al 110 % de la VAM, micropausa: 1 min y macropausa: 3 min, al 40 % de la VAM, ó 6x500 al 105 % de la VAM, pausa: 90 s al 50 % de la VAM.

La programación de intensidades de entrenamiento aeróbico máximo por encima del 100 % de la VAM se justifica a partir de estudios (Billat et al. 1995; Renoux et al. 2000) donde se comprobó el tiempo de mantenimiento (Tim) a velocidades superiores al 100 % de la VAM. En estos estudios el tiempo de mantenimiento al 120 % de la VAM resultó ser de 86 s, duración que podría considerarse como eminentemente anaeróbica, pero no así los tiempos de mantenimiento entre el 100 y el 110 % de la VAM que suelen estar entre los 6 min al 100 % y los 3 min al 110 %, duraciones que implican un predominio del metabolismo aeróbico (ver Tabla 1).

Todavía no se conocen con exactitud los factores de los que depende la VAM. Inicialmente se la ha relacionado con el VO₂max y con la economía de carrera, pero hoy en día se sabe que depende de más factores, no siendo posible precisar el grado de influencia de cada uno. Se conoce la relación de la VAM con el, con el que no se encontró una correlación mayor de r = 0.57 (p< 0.02) (Lacour et al. 1989). Sin embargo, con respecto al umbral anaeróbico, Lacour et al. (1991) hallaron una clara correlación entre la VAM y la velocidad a los 4 mmol·L-1 de lactato (V4) (r = 0,85; p< 0,001), comprobando además que la población investigada (mediofondistas franceses) poseía su V4 en el 86,6 % de la VAM determinada a través del UMTT. Este porcentaje respecto a la VAM podría coincidir con el porcentaje del umbral anaeróbico respecto al VO<sub>2max</sub> para este tipo de sujetos, circunstancia que ofrece la posibilidad de plantear la estimación del umbral anaeróbico mediante el UMTT (Mora Vicente 1992).

Respecto a la relación con la economía de carrera, Noakes et al. (1990) comprobaron que los sujetos con mayor VAM también presentaban mejor economía de carrera, circunstancia que confirma la relación de estos dos parámetros, aunque en este caso también exista gran participación del metabolismo anaeróbico.

Como puede apreciarse, no existe un único factor responsable del incremento de la VAM. El  $\dot{V}O_{2max}$ , la economía de carrera, el umbral anaeróbico, o la capacidad anaeróbica, son factores que parecen tener cierta influencia en un parámetro que todavía ofrece ciertas dudas en algunos aspectos, salvo en su capacidad para predecir el rendimiento y programar el entrenamiento.

### EL TIEMPO LÍMITE A LA VAM (TLIM)

Otra dimensión derivada de la VAM es la capacidad de mantener dicha velocidad en el tiempo. Este concepto se ha denominado "tiempo límite a la velocidad aeróbica máxima" (Tim) (Billat et al. 1994a, 1994b, 1994c, 1994d; Hill y Rowel 1997; Berthoin et al. 1996a). El Tim supone un dato suplementario de valoración de la cualidad aeróbica, útil para estimar la capacidad de trabajo al en el ámbito de un entrenamiento adaptado a las carreras de media y larga distancia (Billat et al. 1994a). La caracterización de este parámetro puede resultar de gran utilidad, puesto que la mayoría de las pruebas atléticas también se realizan, normalmente, con una velocidad sostenida en torno a la VAM y hasta el agotamiento, reproduciendo de forma más fiel que cualquier otra prueba incremental el esfuerzo competitivo.

Dependiendo del tipo de deportista valorado, el Tim puede oscilar entre los 250-500 segundos (4-8 min) (Billat et al. 1994c; Berthoin et al. 1995; Tuimil 1999). Investigaciones acerca de este parámetro, realizadas por Billat et al. (1994b) con una muestra pequeña y homogénea de corredores franceses especialistas en medio fondo y fondo, revelaron que la carrera a intensidad de la VAM mantenida hasta el agotamiento (Tim) no tenía relación ni con el ni con la VAM (r = 0,14 y r = 0,24), existiendo, sin embargo, correlación significativa con el umbral de lactato (r = 0.74). En dicho estudio también se observó una buena correlación del Tim con la marca en distancias de media maratón (r = 0,72), parecida, curiosamente, a la observada en la prueba de 3.000 m (r = 0,67). En dichos estudios se concluyó que este parámetro podría resultar un indicador muy importante de la tolerancia a la acidosis y, por lo tanto, de la capacidad anaeróbica láctica, coincidiendo estas últimas afirmaciones con la de otros estudios realizados a partir de muestras de mujeres fondistas (Hill y Rowel 1996). En estudios más recientes (Tuimil 1999), realizados con sujetos varones estudiantes de educación física, tampoco se observó correlación significativa de la VAM con su tiempo límite.

A partir de las investigaciones realizas por Billat y col. (1994 a, 1994b, 1994c) con corredores de subélite de fondo, se puede afirmar que el tiempo de mantenimiento de la VAM está relacionado con el rendimiento en larga distancia y con el umbral de lactato, pero no con el y la economía de carrera. Obteniéndose en alguno de los últimos estudios (Billat y col. 1995) una correlación de tipo negativo entre el T<sub>lim</sub> y la VAM (r = -0,538; p< 0,05), a pesar de que las características de la población eran parecidas a las anteriores (atletas entrenados, especialistas en medio fondo y fondo). Otros estudios de Billat

#### Tuimil, J.L. Rodríguez, F.A. Tomo XVII • Nº 1

## LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA (VAM) CONCEPTO, EVALUACIÓN Y ENTRENAMIENTO

y col. (1994c) permitieron comprobar, además, que los sujetos con mayor T<sub>lim</sub>, eran aquellos con menor diferencia entre la VAM y la velocidad en el umbral de lactato, o el mayor valor de umbral de lactato expresado como una fracción de la VAM.

El entrenador de alletismo francés Gaçon (1991) considera que la VAM y la capacidad para mantenerla (T<sub>im</sub>), son dos factores trascendentales a la hora de determinar las posibilidades de un sujeto en las carreras de medio fondo y fondo. Para dicho autor, la determinación de la VAM (intensidad) no representa suficientemente el potencial aeróbico de un sujeto, si esta no va acompañada de la determinación del tiempo de mantenimiento de la misma (volumen).

Una de las formas más sencillas de determinar el tiempo límite a la velocidad aeróbica máxima en el campo deportivo, consiste en hacer que el deportista mantenga dicha velocidad el mayor tiempo posible, utilizando para ello el seguimiento de un ciclista que garantiza el mantenimiento de la VAM individual (Gaçon 1991). Esta prueba debe de realizarse en un día distinto al de la determinación de la VAM, para garantizar una adecuada recuperación.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Ástrand, P.O. y Rodahl, K. (1986). Fisiología del trabajo físico: buses fisiológicas del ejercicio (2º ed.). Buenos Aíres: Editorial Médica Panamericana.
- Babineau, C. y Léger L. (1996). Physiological response of 5/1 intermittent acrobic exercise and its relationship to 5 Km endurance performance. *International Journal of Sports Medicine*, 18 (1), 13-19.
- Berthon, P. y Fellmann N. (2002). General review of maximal aerobic velocity measurement at laboratory. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42, 257-266.
- Berthoin, S., Boquet, G. y Mantéca, F. (1996a). Maximal aerobic speed and running time to exhaustion. *Pediatric Exercise Science*, 8, 234-244.
- Berthoin, S., Jacquet, A., Lefranc, J.F., Lapp, M., Baquet, G. y Gerbeaux, M. (1995). Resistencia aeróbica en las escuelas. Stadium, 26, 3-11.
- Berthoin, S., Pelayo, P., Lensel-Corbeil, G., Robin, H. y Gerbeaux, M. (1996b). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Internatinal Journal of Sports Medicine*, 17 (7), 525-527.
- Billat, V., Bernard, O., Pinoteau, J., Petit, B. y Koralsztein, J.P. (1994a). Time to exhaustion at VO<sub>2mw</sub> and lactate steady state velocity in sub-elite long-distance runners. Archives International of Physiology, Biochemistry and Biophysique, 102, (4) 215-219.
- Billat, V., Flechet, B., Petit, B., Muriaux, G. y Koralsztein, J.P. (1999). Interval training at VOscac effects on aerobic performance and overtraining markers. Medicine and Science in Sports and Exercise, 31 (1), 156-163.
- Billat, V. y Koralsztein, J.P. (1996a). Significance of velocity at VO<sub>2mes</sub> and time to exhaustion at this velocity. Sports Medicine, 22 (2), 90-108.
- Billat, V., Hill, D., Pinoteau, J., Petit, B. y Koralsztein, J. (1996b). Effect of protocol on determination of velocity at VO<sub>2ms</sub> and on its time to exhaustion. Archives of Physiology and Biochemistry, 104 (3), 313-321.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B. y Koralsztein, J.P., (1994b). Reproducibility of running time to exhaustion at VO<sub>2max</sub> in sub-elite runners. Medicine and Science in Sports and Exercise, 26, 254-257.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B. y Koralsztein, J. P. (1994c). Times to exhaustion at 100 % of velocity at VO<sub>2ma</sub> and modelling of the time-limit / velocity relationship in elite long-distance runners. European Journal of Applied Physiology, 69, 271-273.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B. y Koralsztein, J.P. (1994d). Validation d'une épreuve maximale de temps limite à VMA (vitesse maximale aérobique) et à VO<sub>2ma</sub> Science et Sports, 9, 135-143.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B. y Koralsztein, J.P. (1995). Times to exhaustion at 90, 100 and 105 % of velocity at VO<sub>ban</sub> (maximal aerobic speed) and critical speed in clite long-distance runners. Archives Physiology and Biochemistry, 103 (2), 129-135.

- Brue, F. (1985). Une Variante du test progressif et maximal de Léger et Boucher: le test vitesse maximale aérobie dérriere cycliste (test VMA). Bulletin Médical de la Federation Française d'Athletisme, 7, 1-18.
- Cazorla, G. (1987). Évaluation de la capacite aérobie: Les tests de terrain. (Actas de congreso), II Congreso Galego da Educación Física e o Deporte (II), A Coruña.
- Daniels, J. (1985). A physiologist's view of running economy. Medicine and Science in Sports and Exercise, 17, 332-338.
- di Prampero, P.E., Atchou, G., Brückner, J.C. y Moia, C. (1986). The energetics of endurance running. European Journal of Applied Physiology, 55, 259-266.
- Gaçon, G. (1991). Un nuevo concepto de entrenamiento: La ponderación (1º parte). Revista de Entrenamiento Deportivo, 5 (1), 31-35.
- Gaçon, G. (1991). Un nuevo concepto de entrenamiento: La ponderación (2º parte). Revista de Entrenamiento Deportiva,5 (2), 2-9.
- García Manso, J.M., Navarro, M. y Ruiz, J.M. (1996). Pruebas para valoración de la capacidad motriz en el deporte. Madrid: Gymnos.
- García-Verdugo, M. y Leibar, X. (1997). Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo. Madrid:Gynmos.
- Hill, A.V. y Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Quarterly Medical Journal*, (16), 135-171.
- Hill, D.W. y Rowell, A. (1996). Running velocity at VO2max. Medicine and Science in Sports and Exercise, 28 (1), 114-119.
- Hill, D.W. y Rowell, A. (1997). Responses to exercise at the velocity associated with Medicine and Science in Sports and Exercise, 29 (1),113-116.
- Lacour, J.R. y Flandrois, R. (1977). Rôle du metabolisme aérobie lors de l'exercice intense et prolongé. *Journal of Physiology*, 73, 89-130.
- Lacour, J., Montmayeur, A., Dormois, D., Gaçon, G., Padilla, S. y Viale, C. (1989).
  Validation de lépreuve de mesure de la vitesse maximale aérobie (VMA) dans un
- groupe de coureurs de haut niveau. Science et Motricité, 7, 3-8.
  Lacour, J.R., Padilla-Magunacelaya, S., Chatard, J.C., Arsac, L. y Barthélémy, J.C. (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. European Journal of Applied Physiology, 62, 77-82.
- Léger, L. (1999). Programación de las cargas de entrenamiento. [Conferencia] Curso de postgrado en preparación física de los deportes individuales. INEF de Galicia, (Mayo 1999).
- Léger, L. y Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test; the Université de Montréal track test. Canadian Journal of Applied Sports and Science, 5 (2), 77-84.
- Montmaycur, A. y Villaret, M. (1990). Étude de la vitesse maximale aérobie derriere cycliste: valeur predictive sur la performance en course a pied. Science et Motricite, 10, 27-31.
- Mora Vicente, J. (1992). Umbral Anacróbico. Determinación de éste utilizando el test en pista de Léger-Boucher. En Estudios Monográficos sobre las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. COPLEF Andalucía, 219-251.
- Morgan, D.W., Baldini, F.D., Martin, P.E. y Kohrt, W.M. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at VO<sub>3000</sub> among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 78-83.
- Noakes, T.D., Myburgh, K.H. y Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the VO<sub>2m</sub> test predicts running performance. *Journal Sports Science*, 8, 35-45.
- Padilla, S., Bourdin, M., Barthélémy, J.C. y Lacour, J.R. (1992). Physiological correlates of middle-distance running performance. A comparative study between men and women. European Journal of Applied Physiology, 65, 561-566.
- Renoux, J.C., Petit, B., Billar, V. y Koralsztein, J. P. (2000). Calculation of times to exhaustion at 100 % and 120 % maximal aerobic speed. *Ergonomics*, 43, (2), 160-166.
- Rodríguez F.A., Iglesias X. y Tuimil J.L. (2002), Gross oxygen cost of graded track running in enduranced-trained runners and non runners. In: Koskolou M., Geladas N., Klissouras V. (eds.), Proceedings of the 7th Annual Congress of the European College of Sport Science, Vol. I, p. 140. Atenas: ECSS, University of Athens.
- Tuimil, J.L. (1999). Efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera. Tesis Doctoral. Universidade da Coruña.
- Tuimil, J.L. y Rodríguez F.A. (2000). Effects of equated continuous and interval training on running velocity at maximal aerobic speed and on its time to exhaustion. In: Avela J., Komi P.V., Komulainen J. (eds.), Proceedings of the 5th Annual Congress of the European College of Sport Science, p. 751. Jyväskylä: ECSS, University of Jyväskylä.
- Tuimil J.L. y Rodríguez F.A. (2001). Effect of two types of interval training on maximal aerobic speed and on time to exhaustion. In: Mester J., King G., Strüder H., Tsolakidis E., Osterburg A. (eds.), Book of Abstracts of the 6th Annual Congress of the European College of Sport Science & 15th Congress of the Gernam Society of Sport Science, p. 660. Cologne: ECSS, Sport und Buch Strauss.