

# Validación de un test de natación, evaluando la velocidad aeróbica máxima (VAM) para calcular los ritmos de entrenamiento para triatletas y nadadores

**CARLOS GONZÁLEZ HARO**

*Licenciado en Educación Física. Profesor del área de Entrenamiento de la Escuela Profesional de la Educación Física y el Deporte (UB)*

**PEDRO-ALBERTO GALILEA BALLARINI**

*Médico del Departamento de Fisiología del CAR de Sant Cugat del Vallès*

**FRANCHEC DROBNIC MARTÍNEZ**

*Doctor en Medicina. Jefe del Departamento de Fisiología del CAR de Sant Cugat del Vallès*

**JOSEP MARIA PADULLÉS I RIU**

*Licenciado en Educación Física. Técnico superior en Ingeniería Industrial. Profesor del INEFC de Barcelona*

## Resumen

El objetivo del presente estudio es validar un test de natación evaluando la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM) para prescribir ritmos de entrenamiento. Siete atletas y nadadores nadaron 400 m a la máxima intensidad posible, después realizaron una prueba triangular para evaluar la VAM. Una semana más tarde se midió el tiempo y la distancia límite de la VAM, así como el umbral láctico individual mediante un test progresivo compuesto por seis repeticiones de 200 m a diferentes velocidades. Una semana después, los dos primeros tests fueron repetidos (retest). Teniendo en cuenta que la muestra utilizada para realizar el presente estudio es mucho más pequeña y que el índice de repetibilidad de la prueba de la VAM se aleja un 3 % del intervalo de confianza, hemos de decir que existen diferentes indicios, como la duración del tiempo límite, la menor velocidad y el mayor  $VO_{2max}$  respecto a la prueba de 400 m, que nos hace pensar que esta herramienta puede ser válida tomando una muestra de estudio mucho más amplia.

## Palabras clave

Triatlón, Natación, Velocidad aeróbica máxima, Tiempo límite, Consumo máximo de oxígeno, Prueba de campo.

## Abstract

*The aim of this study is to validate a swimming test to measure Maximal Aerobic Speed (MAS) as a training rhythm prescription. 7 triathletes and swimmers swam 400 m at maximal speed, then they made a progressive test in order to measure MAS. One week later, maximum time and distance at MAS were measured, and the individual anaerobic threshold (IAT) was determined by a progressive swimming test composed of six repetitions of 200 m at different speeds. One week later, the two first tests were repeated (retest). Taking into consideration that the sample was composed by very few athletes, and that test repeatability was a little higher than expected, the time that swimmers were able to maintain MAS was close to the value that some authors assign to the capacity of maintaining  $VO_{2max}$ . The  $VO_{2max}$  was higher in the MAS test than in the 400m crawl, although at slower speeds. This would mean that swimmers achieve intensities near  $VO_{2max}$  at the MAS test, although not at 400m maximal speed test.*

## Key words

*Triathlon, Swimming, Maximal Aerobic Speed, Limit time, Maximal Power Output, Field test.*

## Introducción

En las últimas décadas han surgido nuevos deportes y especialidades deportivas de reciente inclusión en los Campeonatos del Mundo y en los Juegos Olímpicos, como el triatlón y la natación de larga distancia. Los técnicos de este deporte se han encontrado muchas veces con graves problemas a la hora de utilizar herramientas para programar y cuantificar las intensidades de entrenamiento. Esto es debido a la falta de prue-

bas específicas que evalúen los factores determinantes del rendimiento en estas especialidades que van de los 1.500 m a los 25.000 m, y también al hecho de que las pruebas existentes no son de fácil acceso o económicamente caras.

Hasta ahora se han utilizado pruebas provenientes del mundo de la natación y/o adaptadas de otros deportes. Un grupo de pruebas son aquellas que evalúan la velocidad máxima de la distancia, que en definitiva

están reproduciendo la competición y tienen el inconveniente que son muy estresantes para los nadadores. Otro grupo de pruebas son aquellas que evalúan el metabolismo anaeróbico, midiendo la lactacidemia máxima con protocolos interválicos (Pyne y cols., 2001) y la potencia mecánica en banco bioquímico (Sharp, 1982; 1986) o dentro del agua (Costill y cols., 1985). También hay pruebas para evaluar el metabolismo aeróbico de forma indirecta, midiendo una intensidad cercana al umbral láctico individual, como la prueba de 30 minutos o de 3.000 m a la máxima intensidad posible (Olbrecht y cols., 1985); o también pruebas directas para medir este umbral, como la relación  $[La^-]/V$  (Pyne y cols., 2001), así como la frecuencia cardíaca (FC) (Sharp y cols., 1984), mediante protocolos interválicos y progresivos. Mediante los protocolos que evalúan la FC surgió el concepto de velocidad crítica (VCr), que es la velocidad que teóricamente coincide con el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ) y que puede ser determinada mediante la extrapolación de la FC y la velocidad (Treffene, 1980). Pero estos protocolos son fruto de la experiencia, y la velocidad que se consigue no se sabe muy bien si es la que encuentra el  $V_{O_{2máx}}$  o no. Otros autores han intentado evaluar la VCr extrapolando la relación consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y velocidad (Lavoie y cols., 1983) midiendo el  $VO_2$  al finalizar el esfuerzo en una prueba de 400 m de natación en estilo libre asumiendo que el  $VO_{2máx}$  se puede alcanzar en una prueba de estas características.

En definitiva, las pruebas que se han utilizado tradicionalmente para evaluar el metabolismo aeróbico y prescribir ritmos de entrenamiento son una buena aproximación, pero no acaban de tener en cuenta los factores determinantes del rendimiento de las especialidades acuáticas de resistencia de media y larga duración. En este sentido, hace tiempo que se conoce la existencia de una variable que es un buen indicador del rendimiento en este tipo de especialidades: la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM) (Scrimgeour y cols., 1986), incluso más que el  $VO_{2máx}$  (Noakes, 1988).

La VAM está compuesta por dos variables: la economía de movimiento y el  $VO_{2máx}$  (Billat y Koralsztejn, 1986). Diferentes autores han sugerido que la VAM tiene una mayor correlación cuanto más se aproxima la distancia de la competición a 1 h; esto puede ser debido a que a distancias más cortas existe una mayor participación del metabolismo anaeróbico y en distancias más largas es más determinante la *endurance* (Roecker y cols., 1998; Mercier y Leger, 1986; Lacour y cols., 1989;

1990). Por tanto, la VAM es una variable que podría resultar válida para determinar los diferentes ritmos de entrenamiento para la natación en pruebas con un predominio de la resistencia aeróbica. En este sentido, existe un test aplicado por médicos especialistas en medicina del deporte y técnicos canadienses que creemos puede alcanzar este propósito, se trata del test de Lavoie y Leone (1987), el cual trataremos de validar.

## Objetivo

El objetivo del presente estudio es validar un test de natación evaluando la VAM como predictor del rendimiento y para establecer diferentes ritmos de entrenamiento para una población de triatletas y nadadores.

## Material y métodos

### Sujetos

Siete triatletas y nadadores ( $32 \pm 7$  años,  $1,76 \pm 0,95$  m de altura,  $73,1 \pm 11,2$  kg de masa corporal) de ambos sexos y con un nivel de rendimiento heterogéneo, participaron en el presente estudio de forma voluntaria. Con el objetivo de caracterizar la muestra, se valoró el  $VO_{2máx}$  y la frecuencia cardíaca máxima mediante una prueba progresiva hasta el agotamiento en cinta continua en condiciones de laboratorio, cuyos valores fueron de  $59,3 \pm 7,9$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  y  $187 \pm 11$   $p \cdot m^{-1}$ , respectivamente. Todos los deportistas fueron informados de los diferentes procedimientos y de los posibles inconvenientes, y dieron su consentimiento para participar en el presente estudio, el cual fue aprobado por el comité de ética del CAR de Sant Cugat del Vallès.

### Determinación de la condición física

Las pruebas para la determinación de la condición física se llevaron a cabo en el laboratorio de fisiología del CAR. Éstas consistieron en un estudio cineantropométrico y en la determinación del consumo máximo de oxígeno en cinta continua, ambas realizadas en una primera sesión.

### Variables Cineantropométricas

El cálculo del porcentaje graso se realizó conforme a la técnica de los cuatro compartimentos descrita por

Drinkwater y Ross (1980). Las variables antropométricas se midieron siguiendo el protocolo puesto a punto por el GREC (Grupo Español de Cineantropometría) (Esparza y cols., 1993), basándose en la metodología de Ross y Marfell-Jones (1991). Se utilizó un compás de pliegues (John Bull, Inglaterra) calibrado para ejercer una presión constante entre sus pinzas de  $10 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-2}$ , una cinta antropométrica metálica flexible y no extensible, un antropómetro (Holtain LTD, Inglaterra) y un paquímetro (Holtain LTD, Inglaterra).

### **Determinación del consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) en cinta continua**

Se midió sobre cinta continua (Laufergotest LE/6®, Jaeger, Alemania), con un protocolo triangular estándar, comenzando a una velocidad inicial de  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  con una pendiente del 1%, realizando escalones rectangulares de 1 min de duración, sin pausa entre ellos, con incrementos de  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  hasta el agotamiento.

La frecuencia ventilatoria (BF), el volumen corriente (VT), la fracción espirada de  $\text{O}_2$  ( $\text{FEO}_2$ ), la fracción espirada de  $\text{CO}_2$  ( $\text{FECO}_2$ ), la ventilación (VE), el cociente respiratorio (RQ) y el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) se midieron en tiempo real, durante todo el test, gracias a un sistema de intercambio de gases pulmonar Oxycon Champion® (Jaeger, Alemania). La determinación del  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  se realizó como valor promedio de los últimos 30 s de esfuerzo, excepto cuando se identificó un *plateau* con el incremento progresivo de la carga.

## **Protocolo experimental**

### **Prueba máxima de 400 m y prueba triangular (test-retest)**

Antes del protocolo experimental, los sujetos se familiarizaron con la prueba triangular con la que se pretendía evaluar la VAM. El objetivo de la misma es reproducir las mismas condiciones que se darían más tarde, cuando se realizara la prueba en el test-retest. La prueba triangular se llevó a cabo en una piscina al aire libre de 50 m, utilizando un protocolo modificado de Laoie y Leone (1987). Las pruebas se realizaron por la mañana y por la tarde, pero el mismo sujeto realizó todas las pruebas en la misma franja horaria, por tanto, todas por la mañana o por la tarde, con tal de que los diferentes biorritmos no afectasen su rendimiento (Veronique y Arsac, 2004). Además, el día anterior a todas las pruebas, los deportistas realizaron un entrenamiento aeróbico para conseguir un estado de sobrecompensación, también si-

guieron una dieta de sobrecarga de hidratos de carbono los 3 últimos días antes de cada una de las pruebas.

Después de un calentamiento de 500 m a un ritmo entre el 80 y el 90 % de la VAM y de una pausa pasiva de 5-10 min, se inició el protocolo realizando una prueba de 400 m al 100 % de la Velocidad Máxima de la Distancia (VMD). A continuación, los deportistas realizaron una pausa activa de 30 minutos. Después del descanso realizaron la prueba triangular, cuya velocidad inicial fue la velocidad media de la prueba de 400 m al 100 % VMD menos  $0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; de esta manera, el protocolo tuvo una duración máxima de 20', que es la duración en que se encuentra el  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  en protocolos triangulares (Billat y Koralsztein, 1996). El protocolo consistió en incrementos de velocidad de  $0,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  cada 2 min hasta el agotamiento. El criterio para detener la prueba fue que el sujeto se detuviera o se retrasara 5 m respecto al ritmo impuesto.

El ritmo de la prueba triangular se determinó mediante un sistema acústico compuesto por dos altavoces conectados a un PC portátil que incluía un *software* específico (macro de Excel 95) para producir un sonido que indicaba la velocidad a seguir. El investigador caminaba por el borde de la piscina, marcado por conos cada 5 m, coincidiendo con las señales acústicas.

Durante todas las pruebas se registraron la frecuencia cardíaca (XtrainerPlus®, Polar, Finlandia), la frecuencia de ciclo ( $\text{c}\cdot\text{m}^{-1}$ ), el tiempo de paso cada 50 m y la longitud de ciclo. También se midió el consumo de oxígeno desde que el deportista acababa de nadar y durante los 2 primeros minutos postesfuerzo, para determinar el consumo máximo de oxígeno mediante la retroextrapolación del consumo de oxígeno respecto al tiempo (Leger y Seliger, 1980), y la lactacidemia máxima a los 3 min de haber finalizado el esfuerzo (Freund y cols., 1990), mediante un sistema amperométrico portátil (Lactate Pro®, Arkray, Japón) (Pyne y cols., 2000) a partir de muestras sanguíneas de  $5 \mu\text{l}$  obtenidas del lóbulo de la oreja.

Una semana después de haber realizado la familiarización se comenzó a realizar el protocolo experimental, consistente en una prueba de 400 m al 100 % de la VMD y la prueba triangular, las cuales se repitieron al cabo de 7 días para realizar el retest.

### **Prueba de tiempo límite y de umbral láctico individual**

Tres días después del retest se realizó una prueba de tiempo límite, la cual consistió en comenzar nadando a una intensidad individual del 100 % de la velocidad

conseguida en la prueba triangular hasta que los sujetos no fueron capaces de seguir el ritmo impuesto. En esta prueba se evaluó el tiempo empleado y la distancia recorrida hasta el agotamiento (tiempo y distancia límites), así como la lactacidemia máxima tres minutos después de haber concluido la prueba. Por último, después de una pausa pasiva de 30 min, se realizó una prueba interválica, consistente en realizar 6 esfuerzos progresivos de 200 m (86, 89, 92, 95, 98 y 100 % de la VAM) con un minuto de recuperación. Tras la prueba, a cada sujeto se le extrajo una muestra de sangre, con el objetivo de determinar el umbral láctico individual (Roecker y cols., 1989).

## Análisis estadístico

Los valores se presentan como media y desviación estándar ( $X \pm DS$ ). Una prueba *t* de datos emparejados ha permitido evaluar si existen diferencias en las velocidades, lactacidemias y los  $VO_{2\text{máx}}$  estimados de las diferentes pruebas. Se ha utilizado la técnica de Bland y Altman (1986) para evaluar la fiabilidad de las medidas test-retest, mediante el índice de repetibilidad. El nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$  para todas las pruebas estadísticas realizadas. El análisis estadístico de los datos se ha llevado a cabo mediante el paquete informático SPSS.12 y la hoja de cálculo Excel.

## Resultados

No se han observado diferencias significativas en la velocidad media entre las dos pruebas de 400 m, ni tampoco entre las velocidades medias de las pruebas triangulares. Sí se han encontrado diferencias sig-

	[La <sup>-</sup> ] (mM)	VAM (%)	V (km·h <sup>-1</sup> )	FC (p·m <sup>-1</sup> )
X±DS	4,0±0,3	95±1	4,24±0,21	147±4

[La<sup>-</sup>]: Lactacidemia; VAM: Velocidad Aeróbica Máxima; V: Velocidad; FC: Frecuencia Cardíaca.

**Tabla 1**

Resultados de la prueba para la determinación del umbral láctico individual.

nificativas en la velocidad entre la prueba de 400 m y la triangular del test: un 16 % ( $4,56 \pm 0,24$  vs.  $3,94 \pm 0,21$  km·h<sup>-1</sup>;  $p < 0,01$ , respectivamente), y entre la prueba de 400 m y la triangular del retest: un 14 % ( $4,60 \pm 0,13$  vs.  $4,05 \pm 0,19$  km·h<sup>-1</sup>;  $p < 0,01$ , respectivamente). Se han observado diferencias significativas entre el  $VO_{2\text{máx}}$  de la prueba de 400 m y la triangular en el test: un 26 % ( $50,5 \pm 13,6$  vs.  $63,8 \pm 10,4$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>;  $p < 0,05$ ), así como en el retest: un 16 % ( $53,0 \pm 12,2$  vs.  $61,4 \pm 4,0$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>;  $p < 0,05$ ). No se han observado diferencias significativas en la lactacidemia máxima entre la prueba de 400 m y la triangular, tanto en el test como en el retest (38 % y 26 %, respectivamente).

El umbral láctico individual medio era del  $95 \pm 1$  % VAM, coincidiendo con una lactacidemia de  $4,0 \pm 0,3$  mM y con una frecuencia cardíaca (FC) de  $147 \pm 4$  p·min<sup>-1</sup> (tabla 1). El tiempo límite medio fue de  $7:17 \pm 1:00$  min, con una lactacidemia máxima a los 3 min de haber finalizado el esfuerzo de  $8,7 \pm 0,5$  mM (tabla 2). Además, la lactacidemia máxima en la prueba de tiempo límite es superior a las pruebas de 400 m e inferior a las de VAM (tabla 3).

	T° Lim (min:seg)	D Lim (m)	Fb (b·min <sup>-1</sup> )	[La <sup>-</sup> ] <sub>3min</sub> (mM)	VAM (km·h <sup>-1</sup> )	V <sub>real</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	Dif. VAM/V <sub>real</sub> (%)
X±DS	7:17±1:00	550±71	33±1	8,7±0,5	4,55±0,07	4,53±0,04	0,4±0,6

T° Lim: Tiempo Límite; D Lim: Distancia Límite; [La<sup>-</sup>]<sub>3min</sub>: Lactacidemia a los 3 minutos de finalizar el esfuerzo; VAM: Velocidad Aeróbica Máxima; V<sub>real</sub>: Velocidad real desarrollada; Dif. VAM/V<sub>real</sub>: Diferencia porcentual entre la Velocidad teórica (VAM) y la velocidad real desarrollada.

**Tabla 2**

Resultados de la prueba para la determinación del tiempo límite.

		test 400 m	retest 400 m	test VAM	retest VAM	T° Lim
[La <sup>-</sup> ]	(mM)	11,8±3,1	10,2±1,5	7,3±1,6	7,5±2,1	8,7±0,5
[La <sup>-</sup> ] vs. [La <sup>-</sup> ] T° Lim	(%)	+36%	+18%	-16%	-13%	0%

**Tabla 3**

Diferencia entre la lactacidemia máxima en las pruebas de 400 m y VAM respecto al tiempo límite.

## Discusión

Las intensidades, tanto de las pruebas de 400 m como las de los protocolos triangulares, han sido semejantes, ya que no se han dado diferencias significativas. Donde sí se han encontrado diferencias significativas ha sido entre la prueba de 400 m y la triangular, tanto en el test como en el retest, llegando a ser la velocidad de la prueba de 400 m superior en un 16 y un 14 %, respectivamente. Ello indica que la prueba de 400 m tiene un componente anaeróbico importante, lo cual estaría en desacuerdo con otros autores que piensan que con una prueba de 400 m no se puede evaluar el  $VO_{2máx}$  (Lavoie y cols., 1983, Rodríguez, 2000), y está de acuerdo con Maglischo (1982), que opina que los especialistas de natación (particularmente los de 50 a 400 m: 30 s a 4 min de duración) requieren una contribución importante de aporte energético de las fuentes aeróbicas y anaeróbicas. Esta afirmación también la refuerza el hecho de que el  $VO_{2máx}$  detectado en la prueba triangular fue estadísticamente superior (26 %) al medido en la prueba de 400 m en el test y (16 %) en el retest.

El hecho de que las lactacidemias máximas detectadas en las pruebas de 400 m no muestran diferencias significativas respecto a las de los protocolos triangulares, podría explicarse por el hecho de que la muestra utilizada para el estudio fue muy pequeña. A pesar de todo, las lactacidemias encontradas reflejan la intervención del metabolismo anaeróbico de forma mucho más importante en las pruebas de 400 m que en las triangulares, siendo un 38 y un 26 % superior en el test y en el retest, respectivamente.

El umbral láctico individual de la muestra del presente estudio fue próximo al umbral láctico individual de los nadadores de buen nivel (Treffene y cols., 1980; Pyne y cols., 2001), aunque se ha de tener en cuenta que los nadadores de buen nivel especialistas en pruebas anaeróbicas desarrollan entrenamientos para adaptar otros sistemas y no muy específicamente el umbral anaeróbico. En cambio, los sujetos del estudio que desarrollan grandes cargas de entrenamiento para adaptar el umbral anaeróbico, ya que sus especialidades son de resistencia aeróbica, por lo que es lógico pensar que el nivel de rendimiento en la muestra utilizada es inferior al de los nadadores de los estudios anteriormente citados.

Por otra parte, el tiempo límite está dentro del margen en el que la velocidad en el  $VO_{2máx}$  se puede mantener y que proponen diferentes autores (Billat y cols., 1994a; 1994b; Billat y Koralsztein, 1996).

El índice de repetitibilidad que se dió (8 %) se aleja del intervalo del 5 %, que es el límite por el cual la herramienta fue válida, aunque sólo se aleja un 3 % y la diferencia es muy pequeña. Teniendo en cuenta que la muestra utilizada en el estudio es pequeña y que la tendencia y los indicios de los datos encontrados es que la herramienta puede llegar a medir la VAM, es importante seguir trabajando en esta dirección y tomar una muestra de sujetos mucho más grande.

En conclusión, el índice de repetitibilidad de la prueba triangular se aleja un 3 % del intervalo de confianza, y por tanto no se puede decir que la herramienta sea fiable. Pero existen indicios, como la duración del tiempo límite, la menor velocidad y mayor  $VO_{2máx}$  de la prueba triangular respecto a la de 400 m, lo cual nos hace pensar que esta herramienta puede ser válida. Esto se fundamenta en el hecho de que se ha de tener en cuenta que la muestra utilizada para desarrollar el presente estudio es muy pequeña. Sería interesante realizar este estudio con una muestra mucho más grande.

## Agradecimientos

Departamento de Fisiología, Centro de Alto Rendimiento (CAR) Sant Cugat del Vallès; Departamento de Deportes Individuales del INEFC de Barcelona; Equipo de triatlón del C. N. Reus Ploms y del C. N. Prat; equipo de natación del C. N. Sant Andreu.

## Bibliografía

- Billat, L. V. y Koralsztein, J. P. (1996). Significance of the velocity at  $VO_{2máx}$  and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* (2), 90-108.
- Billat, V. Renoux, J. C. Pinoteau, J. Petit, B. y Koralsztein, J. P. (1994). Times to exhaustion at 100% of velocity at  $VO_{2máx}$  and modelling of the time-limit / velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur. J. appl. Physiol.* (3), 271-273.
- Billat, V. Renoux J. C.; Pinoteau, J.; Petit, B. y Koralsztein, J. P. (1994). Reproducibility of running time to exhaustion at  $VO_{2máx}$  in subelite runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* (2), 254-257.
- Bland, M. y Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing measurement between two methods of clinical measurement. *The Lancet.* (8476), 307-310.
- Costill, D. L.; King, D. S.; Thomas, R. y Hargreaves, M. (1985). Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Phys. Sportsmedicine.* (2), 94-101.
- Drinkwater, D. T. y Ross, W. D. *Anthropometric fractionation of body mass.* En M. Ostyn, G. Beunen y S. Simon (1980), *Kinanthropometry II.* Baltimore.

- Esparza, F.; Alvero, J. R.; Aragonés, M. T.; Cabañas, M. D.; Canda, A.; Casajús, J. A.; Chamorro, M.; Galiano, D.; Pacheco, J. L. y Porta, J. (1993). *Manual de Cineantropometría*. Madrid.
- Freund, H.; Oyono-Eenguelle, S.; Heitz, A.; Oott, C.; Marbach, J.; Gartner, M. y Pape, A. (1990). Comparative lactate kinetics after short and prolonged submaximal exercise. *Int. J. Sports Med.* (4), 284-288.
- Lacour, J. R.; Padilla, S.; Barthelemy, J. C. y Dormois, D. (1990). The energetics of middle distance running. *Eur. J. Appl. Physiol.* (1), 38-43.
- Lacour, J. R.; Montmayeur, A.; Dormois, D.; Gacon, G. Padilla, S. y Viale, C. (1989). Validation de l'épreuve de mesure de la vitesse maximale aérobie (VMA) dans un groupe de coureurs de haut niveau. *Sci. Motricité.* (7), 3-8.
- Lavoie, J. M. y Leone, M. (1987). *La puissance maximale fonctionnelle (PAMF) et l'indice de mouvements de bras (IMB) en natation: Normes et prediction de la performance au crawl*. Montréal.
- Lavoie, J. M.; Leger, L. A.; Montpetit, R. R. y Chabot, S. *Backward extrapolation of VO<sub>2</sub> from the O<sub>2</sub> recovery curve after a voluntary maximal 400m swim*. En Hollander, A. P. Huijing, P. A., y De Groot, G. (1983). *Biomechanics and medicine in swimming*. Champaign, Illi.
- Leger, L. A.; Seliger, V. y Brassard, L. (1980). Backward extrapolation of VO<sub>2max</sub> values from the O<sub>2</sub> recovery curve. *Med. Sci. Sports Exerc.* (1), 24-27.
- Maglischo, E. W. (1982). *Swimming Faster*. Palo Alto, CA.
- Mercier, D. y Leger, L. (1986). Prédiction de la performance en course à pied à partir de la puissance aérobie maximale. Effet de la distance, du sexe et de la spécialité. *Rev. Sci. Tech. Act. Phys. Sport.* (14), 15-28.
- Noakes T. D. (1988). Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med. Sci. Sports Exerc.* (4), 319-330.
- Olbrecht, J.; Madsen, O.; Mader, A.; Liesen, H. y Hollmann, W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactic acid concentration during continuous and intermittent training exercise. *Int. J. Sports Med.* (2), 74-77.
- Pyne, D. B.; Lee, H. y Swanwick, K. M. (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.* (2), 291-297.
- Pyne, D. B.; Boston, T.; Martin, D. T. y Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *Eur. J. Appl. Physiol.* (1-2), 112-116.
- Rodríguez, F. A. (2000). Maximal oxygen uptake and cardio-respiratory response to maximal 400-m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* (2), 87-95.
- Roecker, K.; Schotte, O.; Niess, A. M. Horstman, T. y Dickhuth, H. H. (1998). Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. *Med. Sci. Sports Exerc.* (10), 1552-1557.
- Ross, W. D. y Marfell-Jones M. J. (1991). *Kinanthropometry*. En J. D. McDougall, H. A. Wenger y H. J. Green. *Physiological testing of high-performance athletes*. Champaign Ill.
- Scrimgeour A. G.; Noakes, T. D.; Adams, B. y Myburgh, K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* (2), 202-209.
- Sharp, R. L. (1986). Muscle strength and power as related to competitive swimming. *J. Swim. Res.* (2), 5-10.
- Sharp, R. L.; Vitelli, C. A.; Costill, D. L. y Thomas, R. (1984). Comparison between blood lactate and heart rate profiles during a season of competitive swim training. *J. Swim. Res.* (1), 17-20, .
- Sharp, R. L.; Troup, J. P. y Costill, D. L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med. Sci. Sports Exerc.* (14), 53-56.
- Treffene, R. J.; Dickson, R.; Craven, C.; Osborne, C.; Woodhead, K. y Hobbs, K. (1980). Lactic acid accumulation during constant speed swimming at controlled relative intensities. *J. Sports Med. Phys. Fit.* (3), 244-254.
- Veronique, J. D. y Arzac, L. M. (2004). Morning vs. Evening maximal cycle power and technical swimming ability. *J. Strength Cond. Res.* (1), 149-154.