

Validació d'un test de natació, avaluant la velocitat aeròbica màxima (VAM) per tal de calcular els ritmes d'entrenament per a triatletes i nedadors

CARLOS GONZÁLEZ HARO

Llicenciat en Educació Física. Professor de l'àrea d'entrenament de l'Escola Professional de l'Educació Física i l'Esport (UB)

PEDRO-ALBERTO GALILEA BALLARINI

Metge del Departament de Fisiologia del CAR de Sant Cugat del Vallès

FRANCHEC DROBNIC MARTÍNEZ

Doctor en Medicina. Cap del Departament de Fisiologia del CAR de Sant Cugat del Vallès

JOSEP MARIA PADULLÉS I RIU

Llicenciat en Educació Física. Tècnic superior en Enginyeria Industrial. Professor de l'INEFC de Barcelona

Resum

L'objectiu del present estudi és validar un test de natació avaluant la Velocitat Aeròbica Màxima (VAM) per a prescriure ritmes d'entrenament. Set triatletes i nedadors van nedar 400 m a la màxima intensitat possible, després van realitzar una prova triangular per avaluar la VAM. Una setmana més tard, es va mesurar el temps i la distància límit a VAM, així com el llindar làctic individual mitjançant un test progressiu compost per sis repeticions de 200 m a diferents velocitats. Una setmana després, els dos primers tests van ser repetits (retest). Tenint en compte que la mostra utilitzada per a desenvolupar el present estudi és molt petita i que l'índex de repetibilitat de la prova de VAM s'allunya un 3 % de l'interval de confiança, cal dir que existeixen diferents indicis com ara la duració del temps límit, la menor velocitat i el major VO_{2max} respecte a la prova de 400 m, que ens porten a pensar de que aquesta eina pot arribar a ser vàlida agafant una mostra d'estudi mol més gran.

Paraules clau

Triatló, Natació, Velocitat Aeròbica Màxima, Temps límit, Consum màxim d'oxigen, Prova de camp.

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.

Introducció

En les darreres dècades, han sorgit nous esports i especialitats esportives de recent inclusió als Campionats del Món i als Jocs Olímpics, com ara el triatló i la natació d'ultradistància. Els tècnics d'aquests esports s'han trobat moltes vegades amb greus problemes a l'hora d'utilitzar eines per tal de programar i quantificar les intensitats d'entrenament. Això s'ha donat per la manca de proves específiques que avaluin els factors determinants

del rendiment en aquestes especialitats, que van dels 1.500 m als 25.000 m, també pel fet que les proves existents no són de fàcil accés o són econòmicament cares.

Fins aleshores s'han utilitzat proves provinents del món de la natació i/o adaptades d'altres esports. Un grup de proves són aquelles que avaluen la velocitat màxima de la distància, que fet i fet estan reproduint la competició i tenen l'inconvenient que són molt estressants per als nedadors. Un altre grup de proves són aquelles que ava-

l'energia el metabolisme anaeròbic, mesurant la lactacidèmia màxima amb protocols intervàlics (Pyne i cols., 2001) i la potència mecànica en banc biocinètic (Sharp, 1982; 1986) o dins de l'aigua (Costill i cols., 1985). També hi ha proves per tal d'avaluar el metabolisme aeròbic de forma indirecta, mesurant una intensitat propera al llinzar làctic individual, com ara la prova de 30 minuts o de 3000 m a la màxima intensitat possible (Olbrecht i cols., 1985); o també proves directes per mesurar aquest llinzar, com ara la relació $[La-]/V$ (Pyne i cols., 2001), així com la freqüència cardíaca (FC) (Sharp i cols., 1984), mitjançant protocols intervàlics i progressius. Mitjançant els protocols que avaluen la FC va sorgir el concepte de velocitat crítica (VCr), que és aquella velocitat que teòricament coincideix amb el consum màxim d'oxigen ($VO_{2m\grave{a}x}$) i que pot ser determinada mitjançant l'extrapolació de la FC i la velocitat (Treffene, 1980). Però aquests protocols són fruit de l'experiència, i la velocitat que s'assoleix no se sap ben bé si és aquella que es troba el $VO_{2m\grave{a}x}$ o no. D'altres autors han intentat avaluar la VCr extrapolant la relació consum d'oxigen (VO_2) i velocitat (Lavoie i cols., 1983) mesurant el VO_2 just en finalitzar l'esforç en una prova de 400 m de natació en estil lliure, assumint que el $VO_{2m\grave{a}x}$ es pot assolir en una prova d'aquestes característiques.

És a dir, les proves que s'han utilitzat tradicionalment per avaluar el metabolisme aeròbic i prescriure ritmes d'entrenament són una bona aproximació, però no acaben de tenir en compte els factors determinants del rendiment de les especialitats aquàtiques de resistència de durada mitjana i llarga. En aquest sentit, ja fa temps que es coneix l'existència d'una variable que resulta ser un bon indicador del rendiment en aquesta mena d'especialitats, aquesta és la Velocitat Aeròbica Màxima (VAM) (Scrimgeour i cols., 1986), fins i tot més que no pas el $VO_{2m\grave{a}x}$ (Noakes, 1988).

La VAM està composta per dues variables, que són l'economia de moviment i el $VO_{2m\grave{a}x}$ (Billat i Koralsztein, 1986). Diferents autors han suggerit que la VAM té una major correlació com més s'aproxima la distància de la competició a 1 h; això pot ser com a conseqüència que a distàncies més curtes existeix una major participació del metabolisme anaeròbic i en distàncies més llargues és més determinant l'*endurance* (Roecker i cols., 1998; Mercier i Leger, 1986; Lacour i cols., 1989; 1990). Per tant, la VAM és una variable que podria resultar vàlida per determinar els diferents ritmes d'entrenament per a la natació en proves amb un predomini de la resistència aeròbica. En aquest sentit, existeix un test aplicat per

metges especialistes en medicina de l'esport i tècnics canadencs que pensem que pot assolir aquest propòsit, es tracta del test de Lavoie i Leone (1987), el qual tractarem de validar.

Objectiu

L'objectiu del present estudi va ser validar un test de natació avaluant la VAM com a predictor del rendiment i per tal d'establir diferents ritmes d'entrenament per a una població de triatletes i nedadors.

Material i mètodes

Subjectes

Set triatletes i nedadors (32 ± 7 anys, $1,76 \pm 0,95$ m d'alçada, $73,1 \pm 11,2$ kg de massa corporal) d'ambdós sexes i amb un nivell de rendiment heterogeni van participar de forma voluntària en el present estudi. Amb l'objectiu de caracteritzar la mostra va ser valorat el $VO_{2m\grave{a}x}$ i la freqüència cardíaca màxima mitjançant una prova progressiva fins a l'esgotament en cinta contínua en condicions de laboratori; els seus valors van ser de $59,3 \pm 7,9$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ i 187 ± 11 $p \cdot m^{-1}$, respectivament. Tots els esportistes van ser informats dels diferents procediments i dels possibles inconvenients, a més van donar el consentiment per a participar en aquest estudi, el qual va ser aprovat pel comitè d'ètica del CAR de Sant Cugat del Vallès.

Determinació de la condició física

Les proves per a la determinació de la condició física es van dur a terme al laboratori de fisiologia del CAR de Sant Cugat, i van consistir en un estudi cineantropomètric i en la determinació del consum màxim d'oxigen en cinta contínua, ambdues realitzades en una primera sessió.

Variables Cineantropomètriques

El càlcul del percentatge gras es va realitzar conforme a la tècnica dels quatre compartiments descrita per Drinkwater i Ross (1980). Les variables antropomètriques es van mesurar seguint el protocol posat a punt pel GREC (Grup Espanyol de Cineantropometria) (Esparza i cols., 1993), basant-se en la metodologia de Ross i Marfell-Jones (1991). Es va utilitzar un compàs de plecs (John Bull, Anglaterra) calibrat per a exercir una pressió

constant entre les seves branques de $10 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-2}$, una cinta antropomètrica metàl·lica flexible i no extensible, un antropòmetre (Holtain LTD, Anglaterra) i un paquímetre (Holtain LTD, Anglaterra).

Determinació del consum màxim d'oxigen ($\text{VO}_{2\text{màx}}$) en cinta contínua

Es va mesurar sobre cinta continua (Laufergotest LE/6®, Jaeger, Alemanya), amb un protocol triangular estàndard començant a una velocitat inicial de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ amb un pendent de l'1 %, realitzant graons rectangulars d'1 min de durada, sense pausa entre ells, amb increments d'1 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ fins a l'esgotament.

La freqüència ventilatòria (BF), el volum corrent (VT), la fracció espirada d' O_2 (FEO_2), la fracció espirada de CO_2 (FECO_2), la ventilació (VE), el quocient respiratori (RQ) i el consum d'oxigen (VO_2) es van mesurar en temps real, durant tot el test, gràcies a un sistema d'intercanvi de gasos pulmonar Oxycon Champion® (Jaeger, Alemanya). La determinació del $\text{VO}_{2\text{màx}}$ es va realitzar com el valor mitjà dels darrers 30 s d'esforç excepte quan es va identificar un *plateau* amb l'increment progressiu de la càrrega.

Protocol experimental

Prova màxima de 400 m i prova triangular (test-retest)

Abans del protocol experimental els subjectes es van familiaritzar amb la prova triangular amb la qual es pretén avaluar la VAM. L'objectiu de la prova és reproduir les mateixes condicions que es donarien més tard a l'hora de realitzar-la en el test-retest. La prova triangular es va dur a terme en una piscina a l'aire lliure de 50 m utilitzant un protocol modificat de Lavoie i Leone (1987). Les proves es van realitzar matí i tarda, però el mateix subjecte va realitzar totes les proves a la mateixa franja horària, per tant, totes al matí o a la tarda, per tal que els diferents bioritmes no afectessin el rendiment (Veronique i Arsac, 2004). A més, el dia abans de totes les proves els esportistes van realitzar un entrenament aeròbic per tal d'aconseguir un estat de sobrecompensació, també van fer una dieta de sobrecàrrega d'hidrats de carboni els 3 darrers dies abans de cadascuna de les proves.

Després d'un escalfament de 500 m a un ritme entre el 80 % i el 90 % de la VAM i d'una pausa passiva de 5-10 min s'inicia el protocol realitzant una prova de 400 m al 100 % de la Velocitat Màxima de la Distàn-

cia (VMD). A continuació els esportistes van realitzar una pausa activa de 30 minuts. Un cop descansats, van desenvolupar la prova triangular, la velocitat inicial de la qual va ser la velocitat mitjana de la prova de 400 m al 100 % VMD menys $0,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, d'aquesta manera el protocol va tenir una durada màxima de 20' que és la durada en què es troba el $\text{VO}_{2\text{màx}}$ en protocols triangulars (Billat i Koralsztein, 1996). El protocol va consistir en increments de velocitat de $0,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 2 min fins a l'esgotament. El criteri per parar la prova va ser quan el subjecte s'aturava o quan es retardava 5 m respecte al ritme imposat.

El ritme de la prova triangular es va portar mitjançant un sistema acústic compost per dos altaveus connectats a un PC portàtil que portava un *software* específic (macro d'Excel 95) per produir un so que indicava la velocitat a seguir. L'investigador caminava per la vora de la piscina, marcada per cons cada 5 m, coincidint amb els senyals acústics.

Durant totes les proves es va enregistrar la freqüència cardíaca (XtrainerPlus®, Polar, Finlàndia), la freqüència de cicle ($\text{c}\cdot\text{m}^{-1}$), els temps de pas cada 50 m i la longitud de cicle. També es va mesurar el consum d'oxigen des que l'esportista va acabar de nedar i durant els 2 primers minuts postesforç, per tal d'estimar el consum màxim d'oxigen mitjançant la retroextrapolació del consum d'oxigen respecte al temps (Leger i Seliger, 1980), i la lactacidèmia màxima als 3 min d'haver finalitzat l'esforç (Freund i cols., 1990), mitjançant un sistema amperomètric portàtil (Lactate Pro®, Arkray, Japó) (Pyne i col., 2000) a partir de mostres sanguínies de $5 \mu\text{l}$ obtingudes del lòbul de l'orella.

Una setmana més tard d'haver realitzat la familiarització es va començar a realitzar el protocol experimental, consistent en una prova de 400 m al 100 % de la VMD i la prova triangular; les quals es van repetir al cap de 7 dies per a realitzar el retest.

Prova de temps límit i de llindar làctic individual

Tres dies més tard del retest es va dur a terme una prova de temps límit, la qual va consistir a començar nedant a una intensitat individual del 100 % de la velocitat assolida a la prova triangular fins que el subjectes no van ser capaços de seguir el ritme imposat. En aquesta prova es va avaluar el temps i la distància trigats fins a l'esgotament (temps i distància límit), així com la lactacidèmia màxima tres minuts després d'haver conclòs la prova. Per últim, després d'una pausa passiva de 30 min es va realitzar una prova intervàlica, consistent a realit-

zar 6 esforços progressius de 200 m (86 %, 89 %, 92 %, 95 %, 98 % i 100 % de la VAM) amb un minut de recuperació, en la qual es va prendre una mostra de sang, amb l'objectiu de determinar el llindar làctic individual (Roecker i cols., 1989).

Anàlisi estadística

Els valors es presenten com a mitjana i desviació estàndard ($X \pm DS$). Una prova t de dades aparellades ha permès avaluar si existeixen diferències en les velocitats, lactacidèmies i els $VO_{2\text{màx}}$ estimats de les diferents proves. S'ha utilitzat la tècnica de Bland i Altman (1986) per avaluar la fiabilitat de les mesures test-retest, mitjançant l'índex de repetibilitat. El nivell de significació es va establir en $p < 0,05$ per a totes les proves estadístiques realitzades. L'anàlisi estadística de les dades s'ha portat a terme utilitzant el paquet informàtic SPSS.12 i el full de càlcul Excel.

Resultats

No s'han observat diferències significatives en la velocitat mitjana trobada entre les dues proves de 400 m, ni tampoc entre les velocitats màximes de les proves triangulars. Sí que s'han observat diferències significatives en la velocitat entre la prova de 400 m i la triangular del test d'un 16 % ($4,56 \pm 0,24$ vs. $3,94 \pm 0,21$ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; $p < 0,01$, respectivament), i entre la prova de 400 m i la triangular del retest d'un 14 % ($4,60 \pm 0,13$ vs. $4,05 \pm 0,19$ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; $p < 0,01$, respectivament). S'han trobat diferències significatives entre el $VO_{2\text{màx}}$ de la prova de 400 m i la triangular en el test d'un 26 % ($50,5 \pm 13,6$ vs. $63,8 \pm 10,4$ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; $p < 0,05$), així com en el re-

	[La ⁻] (mM)	VAM (%)	V ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	FC ($\text{p}\cdot\text{m}^{-1}$)
$X \pm DS$	$4,0 \pm 0,3$	95 ± 1	$4,24 \pm 0,21$	147 ± 4

[La⁻]: Lactacidèmia; VAM: Velocitat Aeròbica Màxima; V: Velocitat; FC: Freqüència Cardíaca.

Taula 1

Resultats de la prova per a la determinació del llindar làctic individual.

test d'un 16 % ($53,0 \pm 12,2$ vs. $61,4 \pm 4,0$ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; $p < 0,05$). No s'han observat diferències significatives en la lactacidèmia màxima entre la prova de 400 m i la triangular tant al test com al retest (38 % i 26 %, respectivament).

El llindar làctic individual mitjà es va trobar al 95 ± 1 % VAM coincidint amb una lactacidèmia de $4,0 \pm 0,3$ mM i amb una freqüència cardíaca (FC) de 147 ± 4 $\text{p}\cdot\text{min}^{-1}$ (taula 1). El temps límit mitjà va ser de $7:17 \pm 1:00$ min, i es va trobar una lactacidèmia màxima als 3 min d'haver finalitzat l'esforç de $8,7 \pm 0,5$ mM (taula 2). A més, la lactacidèmia màxima a la prova de temps límit és superior a les proves de 400 m i inferior a les de VAM (taula 3).

Discussió

Les intensitats, tant de les proves de 400 m com les dels protocols triangulars han estat controlades, pel fet que no s'han trobat diferències significatives. On sí que n'hem trobat ha estat entre la prova de 400 m i la triangular tant en al test com al retest, i la velocitat de la prova de 400 m arriba a ser superior un 16 % i un 14 %, respectivament.

	Tº Lim (min:seg)	D Lim (m)	Fb ($\text{b}\cdot\text{min}^{-1}$)	[La ⁻] _{3min} (mM)	VAM $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	V _{real} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	Dif. VAM/V _{real} (%)
$X \pm DS$	$7:17 \pm 1:00$	550 ± 71	33 ± 1	$8,7 \pm 0,5$	$4,55 \pm 0,07$	$4,53 \pm 0,04$	$0,4 \pm 0,6$

Tº Lim: Temps Límit; D Lim: Distància Límit; [La⁻]_{3min}: Lactacidèmia als 3 minuts d'haver finalitzat l'esforç; VAM: Velocitat Aeròbica Màxima; V_{real}: Velocitat real desenvolupada; Dif. VAM/V_{real}: Diferència percentual entre la Velocitat teòrica (VAM) i la velocitat real desenvolupada.

Taula 2

Resultats de la prova per a la determinació del temps límit.

		test 400 m	retest 400 m	test VAM	retest VAM	Tº Lim
[La ⁻]	(mM)	$11,8 \pm 3,1$	$10,2 \pm 1,5$	$7,3 \pm 1,6$	$7,5 \pm 2,1$	$8,7 \pm 0,5$
[La ⁻] vs. [La ⁻] Tº Lim	(%)	+36 %	+18 %	-16 %	-13 %	0 %

Taula 3

Diferència entre la lactacidèmia màxima en les proves de 400 m i VAM respecte al temps límit.

respectivament. Això indica que la prova de 400 m té un component anaeròbic important. Això estaria en desacord amb d'altres autors que pensen que amb una prova de 400 m es pot avaluar el $VO_{2\max}$ (Lavoie i cols., 1983, Rodríguez, 2000) i està d'acord amb Maglischo (1982), en què les especialitats de natació (particularment les de 50 a 400 m: 30 s a 4 min de durada) requereixen una contribució important d'aportació energètica de les fonts aeròbiques i anaeròbiques. Aquesta afirmació també la recolza el fet que el $VO_{2\max}$ trobat a la prova triangular va ser estadísticament superior (26%) al mesurat a la prova de 400 m al test i (16%) al retest.

El fet que les lactacidèmies màximes trobades a les proves de 400 m no mostrin diferències significatives respecte a les trobades als protocols triangulars, podria explicar-se pel fet que la mostra utilitzada per a l'estudi va ser molt petita. Tot i això les lactacidèmies trobades reflecteixen la intervenció del metabolisme anaeròbic de forma molt més important a les proves de 400 m que a les triangulars, i són un 38% i un 26% superior al test i en el retest, respectivament.

El lliandar làctic individual de la mostra del present estudi va ser proper al lliandar làctic individual dels nedadors de bon nivell (Treffene i cols., 1980; Pyne i cols., 2001), encara que s'ha de tenir en compte que els nedadors de bon nivell especialistes en proves anaeròbiques desenvolupen entrenaments per adaptar altres sistemes i no molt específicament el lliandar anaeròbic. En canvi, els subjectes de l'estudi sí que desenvolupen grans càrregues d'entrenament per adaptar el lliandar anaeròbic, pel fet que les seves especialitats són de resistència aeròbica. Per la qual cosa és lògic pensar que el nivell de rendiment de la mostra utilitzada és inferior al dels nedadors dels estudis esmentats anteriorment.

D'altra banda, el temps límit trobat està dintre del marge en què la velocitat en el $VO_{2\max}$ es pot mantenir i que proposen diferents autors (Billat i cols., 1994a; 1994b; Billat i Koralsztein, 1996).

L'índex de repetibilitat que es va trobar (8%) s'allunya de l'interval del 5% que és el límit pel qual l'eina seria vàlida, encara que només s'allunya un 3% i la diferència és molt petita. Tenint en compte que la mostra utilitzada a l'estudi és petita i que la tendència i els indicis de les dades trobades és que l'eina pot arribar a mesurar la VAM, és important continuar treballant en aquesta direcció i agafar una mostra de subjectes molt més gran.

En conclusió, l'índex de repetibilitat de la prova triangular s'allunya un 3% de l'interval de confiança, i per

tant no es pot dir que l'eina sigui fiable. Però existeixen indicis, com ara la durada del temps límit, la menor velocitat i major $VO_{2\max}$ de la prova triangular respecte a la de 400 m que ens porten a pensar que aquesta eina pot arribar a ser vàlida. Això es fonamenta en el fet que s'ha de tenir en compte que la mostra utilitzada per a desenvolupar el present estudi és molt petita. Seria interessant de realitzar en un futur aquest estudi amb una mostra molt més gran.

Agraïments

Departament de Fisiologia, Centre d'Alt Rendiment (CAR) Sant Cugat del Vallès; Departament d'Esports Individuals de l'INEFC de Barcelona; Equip de triatló del C. N. Reus Ploms i del C. N. Prat; equip de natació del C. N. Sant Andreu.

Bibliografia

- Billat, L. V. i Koralsztein, J. P. (1996). Significance of the velocity at $VO_{2\max}$ and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* (2), 90-108.
- Billat, V. Renoux, J. C. Pinoteau, J. Petit, B. i Koralsztein, J. P. (1994). Times to exhaustion at 100% of velocity at $VO_{2\max}$ 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. i Koralsztein, J. P. (1994). Reproducibility of running time to exhaustion at $VO_{2\max}$ in subelite runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* (2), 254-257.
- Bland, M. i 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. i Hargreaves, M. (1985). Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Phys. Sportsmedicine.* (2), 94-101.
- Drinkwater, D. T. i Ross, W. D. *Anthropometric fractionation of body mass.* En: Ostyn, M., Beunen, G. i Simon, S. (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. i Porta, J. (1993). *Manual de Cineantropometría.* Madrid.
- Freund, H. Oyono-Eenguelle, S. Heitz, A. Oott, C. Marbach, J.. Gartner, M. i 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. i 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. i 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. i 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. Montréal.
- Lavoie, J. M. Leger, L. A. Montpetit, R. R. i Chabot, S. *Backward extrapolation of VO₂ from the O₂ recovery curve after a voluntary maximal 400m swim*. En: Hollander, A. P. Huijing, P. A., i De Groot, G. (1983). *Biomechanics and medicine in swimming*. Champaign. ILI.
- Leger, L. A. Seliger, V. i Brassard, L. (1980). Backward extrapolation of VO_{2max} values from the O₂ recovery curve. *Med. Sci. Sports Exerc.* (1), 24-27.
- Maglischo, E. W. (1982). *Swimming Faster*. Palo Alto, CA.
- Mercier, D. i 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. i 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. i 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. i 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. i 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., M. J. Marfell-Jones. *Kinanthropometry*. En: McDougall, J. D., H. A. Wenger, and H. J. Green. (1991). *Physiological testing of high-performance athletes*. Champaign III.
- Scrimgeour A. G. Noakes, T. D. Adams, B. i Myburgh, K. 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, 1986.
- Sharp, R. L. Muscle strength and power as related to competitive swimming. *J. Swim. Res.* (2), 5 – 10, 1986.
- Sharp, R. L., Vitelli, C. A, Costill, D. L. i Thomas, R. Comparison between blood lactate and heart rate profiles during a season of competitive swim training. *J. Swim. Res.* (1), 17-20, 1984.
- Sharp, R. L. Troup, J. P. i 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. i 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. i Arzac, L. M. (2004), Morning vs. Evening maximal cycle power and technical swimming ability. *J. Strength Cond. Res.* (1), 149-154.