PubliCE, (PubliCE) 1993

Research

Determinación y Validez de la Velocidad Crítica, como un Índice de Performance de Natación, en Nadadores Competitivos

Kohji Wa Ka Yoshi[1], Komei Ikuta[1], Takayoshi Yoshida[2], Masao Udo[2], Toshio Moritani[3], Yoshiteru Mutoh[4] y Mitsumasa Miyashita[4]

[1]*Laboratory of Motor Behavioral Education, Faculty of Health and Sport Sciences, Osaka University, Toyonaka, Osaka 560, Japan.*
[2]*Laboratory of Exercise Physiology, Faculty of Health and Sport Sciences, Osaka University, Toyonaka, Osaka 560, Japan.*
[3]*Laboratory of Applied Physiology, College of Liberal Arts and Sciences, Kyoto University, Kyoto 606, Japan.*
[4]*Laboratory for Exercise Physiology, Biomechanics and Sport Sciences, University of Tokyo, Tokyo 113, Japan.*

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue comprobar si el concepto de potencia critica usado en estudios previos, podría ser aplicado en el campo de la natación competitiva como velocidad critica de natación (Vcrit). La Vcrit, definida como la velocidad de nado, sostenida por un largo período de tiempo sin producir extenuación, fue expresada como la pendiente de una línea recta entre la distancia de nado (d lim) a cada velocidad (con 6 velocidades predeterminadas) y la duración (t lim). Nueve nadadores universitarios entrenados fueron sometidos a tests en un hidrocanal para medir la Vcrit a aquellas velocidades, hasta alcanzar la fatiga. Un análisis de regresión de la d lim sobre la t lim, calculada para cada nadador, mostró una relación lineal ($r^2 > 0.998$, $p < 0,01$), y el coeficiente de la pendiente indico una variación de la Vcrit de 1062 a 1262 m/s con una media de 1.166 (SD 0.052) m/s. El consumo máximo de oxígeno (VO_2 max), el VO_2 a nivel del umbral anaeróbico (VO_2 AT), así como la velocidad de nado, asociada al momento de comienzo de la concentración de lactato en sangre (V OBLA) también fueron determinados durante tests de nado a velocidad progresiva. La Vcrit mostró correlaciones positivas significativas con VO_2 AT ($r = 0.818$, $p < 0.01$), V OBLA ($r = 0.949$, $p < 0.01$) y con la velocidad media en 400 m estilo libre ($r = 0.864$, $p < 0.01$). Estos datos sugieren que la Vcrit podría ser adoptada como un índice de performance de resistencia en nadadores competitivos.

Palabras Clave: velocidad crítica de natación, comienzo de la acumulación de lactato en la sangre, consumo máximo de

INTRODUCCION

La capacidad de desempeño discrimina los componentes aeróbicos y anaeróbicos, los cuales pueden ser evaluados midiendo el consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) y la máxima deuda de oxígeno, respectivamente. En natación competitiva, las distancias de las carreras varían de 50 m hasta 1.500 m; las primeras con predominio, fundamentalmente, de la capacidad anaeróbica y las ultimas de la capacidad aeróbica. Por ello, cada nadador debe desarrollar su performance

a través de un programa que optimice la combinación de entrenamiento aeróbico y anaeróbico, en correlato a las distancias y al tiempo de sus carreras.

Recientemente, numerosos estudios han revelado una alta correlación entre velocidad de natación o carrera en el umbral anaeróbico (AT) y la performance en eventos de endurance (Allen et al., 1985; Arabas et al., 1987; Farrel et al., 1979; Kumagai et al., 1983; Olbrecht et al., 1985; Sawka et al., 1979; Tanaka et al., 1984, 1985; Yoshida et al., 1987). Además, la velocidad de natación a una concentración de lactato en la sangre de 4 mmol/1 ha sido usada como un importante criterio de intensidad de entrenamiento para la natación competitiva (Madsen y Lohberg, 1987; Maglischo et al., 1982; Skinner, 1987).

Monod y Scherrer (1965), encontraron una relación lineal entre el total del trabajo hecho en cada nivel fisiológico y su duración, durante el ejercicio muscular local. Ellos definieron la potencia crítica (Wcrit) como la intensidad de ejercicio, la cual podría ser mantenida por un muy largo tiempo sin extenuación. La Wcrit fue equivalente a la pendiente de la línea de regresión del trabajo total y del tiempo hasta la extenuación. Moritani et al. (1981), asoció el concepto de Wcrit al trabajo total del sujeto, realizado el bicicloergómetro, encontrando una elevada correlación entre Wcrit y AT, este último determinado por el método de intercambio gaseoso o umbral ventilatorio ($r = 0.928$, $P < 0.01$).

Mas aun, la Wcrit calculada con el mismo método utilizado por Moritani et al. (1981), estaba altamente correlacionada con el umbral de fatiga, de acuerdo a las estimaciones de datos con electromiógrafo y AT, respectivamente (de Vries et al., 1982; Nagata et al., 1983). Recientemente, Jenkins y Quigley (1990), han mostrado que la Wcrit calculada, usando el bicicloergómetro, proveen un simple y económico modo para la evaluación de la intensidad del ejercicio, la cual puede ser mantenida en forma continua y prolongada, al mismo tiempo que se evitan las dificultades metodológicas asociadas con los umbrales ventilatorios y del lactato. De esto se podría deducir, que el concepto de Wcrit puede ser usado para valorar la capacidad aeróbica en nadadores competitivos. De todas formas, hasta el momento ningún estudio ha demostrado la validez de la Wcrit en la natación competitiva.

En el presente estudio, la velocidad crítica (Vcrit) ha sido definida (basada en la Wcrit), como la velocidad que teóricamente podría ser mantenida sin extenuación, durante la natación o las carreras pedestres. El propósito de esta investigación fue el de evaluar si la Vcrit podría proveer un método no invasivo para la estimación de las performances de natación en nadadores competitivos.

METODOS

SUJETOS. Nueve nadadores universitarios entrenados (18-21 anos) fueron voluntarios para este estudio. Siete de ellos especializados en estilo libre (corta y media distancia: n= 6, y larga distancia: n= 1) y los otros dos especializados en estilo Individual Medley. Cada sujeto dio su consentimiento por escrito.

HIDROCANAL Y PROTOCOLO. Todas las pruebas de natación fueron realizadas en un hidrocanal especialmente diseñado, similar a los de Astrand y Engleson (1972) y Nomura (1982), en el cual el agua podía circular, en una corredera profunda, gracias a una hélice propulsada a motor, la cual provee una velocidad de 0 a 3.0 m/s con incrementos de 0.01 m/s (Igarashi Co., Ltd, Tokyo).

Las dimensiones del área de natación fueron: 6.0 m de largo, 2,5 m de ancho y 1,5 m de profundidad. El agua y la temperatura ambiente interior fueron: 25-26° C y 24-25° C, respectivamente.

Las velocidades de natación durante las pruebas de ejercicio, comenzaron a 0.75 m/s, con incrementos de 0.05 m/s cada minuto, hasta que cada sujeto llegaba a su límite de fatiga.

AT y VO_2 MAX. Durante el test a velocidades progresivas, los sujetos ventilaron a través del montaje de una válvula de baja resistencia. El gas espirado fue analizado cada 30 s con un Sistema Mijnhardt Oxycon (tipo OX-4), para la medición del consumo de oxígeno (VO_2); la producción de dióxido de carbono (VCO_2) y la ventilación por minuto (VE).

La determinación del AT fue hecha durante la prueba de ejercicio progresivo, usando parámetros de modificaciones gaseosas (Davis et al. 1976; Wasserman et al. 1973), teniendo en consideración los siguientes aspectos:

1. El punto de inflexión en la linearidad de la relación entre VE y VCO_2.
2. Incremento abrupto de la concentración fraccional del O_2 espirado (FE O_2).
3. Incremento abrupto del cociente respiratorio (R).

4. Aumento sistemático del coeficiente de eficiencia ventilatoria para el O_2 (VE/VO_2), sin incremento equivalente del coeficiente de eficiencia ventilatoria para el CO_2 (VE/VCO_2).

El valor más alto de VO_2 obtenido durante el ejercicio progresivo, fue registrado como VO_2 max.

PROTOCOLO PARA LA DETERMINACION DE Vcrit. La Figura 1 ilustra la determinación (sujeto 6) de la Vcrit basada en el concepto de Wcrit (Monod y Scherrer 1965; Moritani et al. 1981). En el presente artículo, Vcrit ha sido definida como la velocidad de natación, que podría ser mantenida, teóricamente, sin fatiga. Cuando un sujeto nada a una velocidad constante en el canal de natación, el ejercicio cesa usualmente en un punto bien definido y razonable; por ejemplo, cuando el sujeto no puede mantener por más tiempo la velocidad de nado predeterminada. Se emplearon 6 escalas de velocidad constante (habituales) para este estudio: 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 y 1.7 m/s (solo un sujeto uso de 1.1 a 1.6 m/ s). Se estableció la velocidad de natación más lenta, como la intensidad de ejercicio con la cual cada sujeto podía mantener el nado superando los 5 min. El punto final se marcó con una línea ubicada a 90 grados del flujo de agua, 3 m detrás de la posición de la cabeza, desde la cual el sujeto comenzaba a nadar. Se instrumentaron pausas de al menos 30' entre los esfuerzos a diferentes velocidades.

Para cada test, la velocidad de natación (V) del hidrocanal fue multiplicada por el tiempo de natación (Tlim) hasta que el sujeto no podía mantener su velocidad, con lo cual se obtuvo la distancia de natación (Dlim):

$$Dlim = V \times Tlim \quad (1)$$

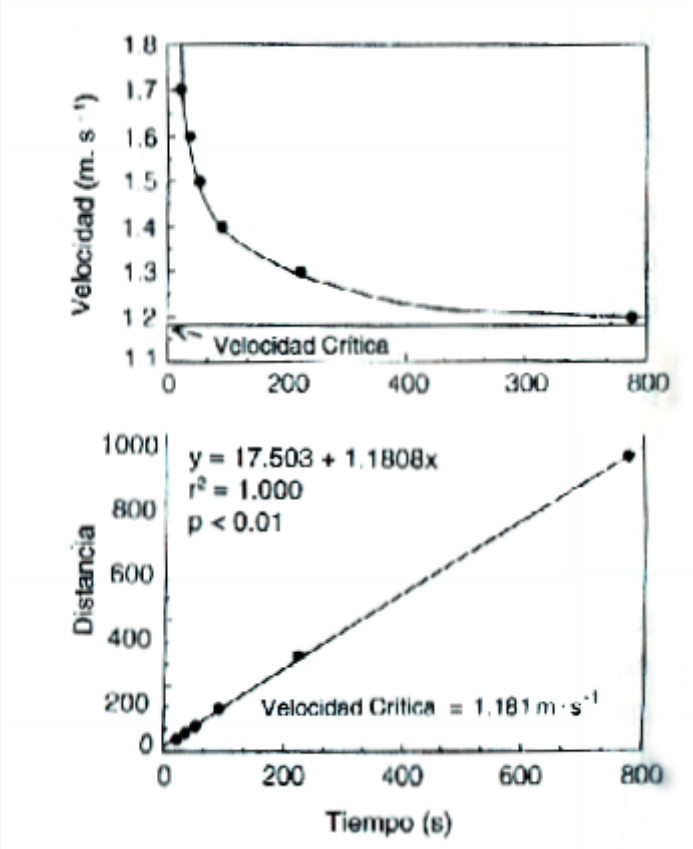

Figura 1. *Relación entre la velocidad de natación predeterminada y e/ tiempo por el cual esa velocidad podría ser mantenida (Tlim); y entre la distancia de natación (D) y el Tlim, con los datos obtenidos del sujeto numero 6.*

En la parte más baja de la Fig. 1, Dlim obtenida de 5 velocidades de natación diferentes, fue graficada como una función de Tlim. Aquellos puntos fueron exactamente situados en una línea definiendo la relación entre la Dlim y el Tlim. La ecuación de la línea regresiva podría ser expresada de la siguiente forma:

$$Dlim = a + b \times Tlim \quad (2)$$

Dlim puede ser sustituido por V x Tlim de 1 a Ecuación (1), obteniéndose:

$$V \times Tlim = a + b \times Tlim \quad (3)$$

por lo tanto,

$$V = a/Tlim + b \quad (4)$$

Teóricamente, si nosotros fuésemos a poner V a un nivel que podría ser realizado indefinidamente (Tlim ∞), a/Tlim podría acercarse a cero y V podría acercarse a b.

En consecuencia, Vcrit podría ser expresada como la pendiente de la línea de regresión:

$$Vcrit = b \quad (5)$$

TESTS DE LACTATO DE LA SANGRE Y LA DETERMINACION DEL COMIENZO DE ACUMULACION DE LACTATO SANGUINEO

El comienzo de la acumulación de lactato en la sangre (OBLA) ha sido seleccionado como un índice para la acumulación del lactato, y usado para la evaluación de la resistencia (Heck et al., 1985). En el presente estudio, OBLA fue calculado como la velocidad de natación a la cual la concentración de lactato en la sangre alcanzó un valor de 4 mmol/1(V OBLA, Karlsson et al., 1984, Olbrecht et al., 1985, Yoshida et al., 1987, 1989, 1990).

Para este propósito, fueron tomadas muestras de sangre, al final de cada uno de los 5 estadíos de las pruebas de natación progresiva para determinar el OBLA de cada individuo y la velocidad de natación correspondiente (VOBLA). Los sujetos nadaron por cuatro minutos a velocidades de 95%, 97,5%, 100%, 102,5% y 105% de Vcrit. Los períodos entre tests alcanzaron pausas de 20 min. Fue obtenida sangre arterializada de la yema de los dedos, antes, inmediatamente después, y a los 3 y 5 minutos después de cada test.

Se determinaron concentraciones de lactato en la sangre por un método de membrana enzimática (HER-100, Toyobo Co., Ltd., Tokyo, Japón), el cual fue calibrado con una concentración standard conocida de solución de lactato.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las características físicas, especialidad por estilo, performance y datos obtenidos en los tests en el presente estudio. Como se verá, los sujetos estuvieron relativamente parejos con respecto a sus performances de natación, presentando 3,8% de coeficiente de variación, para la velocidad media de 400 m (V400), no obstante la velocidad del sujeto 1 (1.368 m/s), fue más baja que la de los sujetos restantes.

El VO_2 max para estos 9 sujetos tuvo un rango de 49.4 a 68.4 ml/ki/min con una media de 57.8 (SD 6.6) ml/kg/min. El VO_2 AT alcanzado por estos sujetos, presentó valores de 33.3 a 44.7 m1/kg/min, con una media de 38.5 (SD 3.6) ml/kg/min.

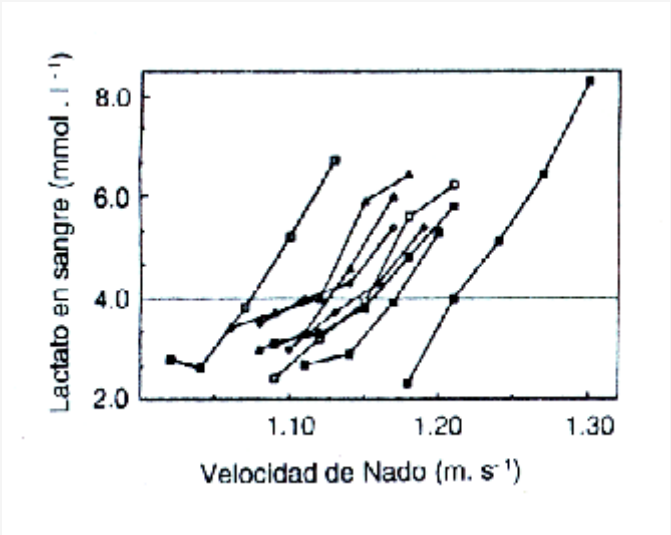

Figura 2. *Relación entre la concentración de lactato en la sangre y la velocidad de natación al 95%, 97,5%, 100% y 105 % de la velocidad crítica de natación de cada nadador expresado con un símbolo diferente.*

No.	Sujeto	Edad	Altura (cm.)	Peso (Kg.)	Espec.	400 m (m/s)	VO_2max (ml/kg/min)	VO_2 AT (ml/kg/min)	VOBLA (m/s)	Vcrit (m/s)	r^2 (Dlim vs Tlim)
1	MU	20	173.5	74.3	FR-S	1.368	53.5	33.3	1.092	1.062	0.999
2	TT	20	173.5	66.4	FR-S	1.533	52.5	38.0	1.140	1.140	0.999
3	YF	21	180.6	73.2	FR-S	1.556	55.3	37.5	1.144	1.156	1.000
4	SH	19	174.5	71.9	FR-M	1.615	68.1	40.9	1.158	1.174	0.999
5	TS	21	175.1	77.2	FR-M	1.547	49.4	36.3	1.175	1.170	1.000
6	ET	20	171.0	58.5	FR-M	1.554	68.4	41.9	1.160	1.181	1.000
7	TS	19	175.0	63.3	FR-L	1.609	58.3	44.7	1.227	1.262	0.999
8	YT	20	174.0	67.9	IM	1.543	48.2	39.3	1.174	1.176	0.999
9	sy	21	173.1	71.1	IM	1,540	56.2	35.0	1.191	1.173	1.000
Mean		20.1	174.5	69.3		1.541	57.8	38.5	1.162	1.166	0.999
SD		0.8	2.6	5.9		0.071	6.6	3.6	0.037	0.052	0.001

Tabla 1. *Características físicas, performance y resultados de tests, por sujeto.*
FR: estilo libre (S, 50 m y 100 m; M, 200 m y 400 m; L, 400 m y 1.500 m); IM: Individual Medley; 400 m: velocidad en 400 m estilo libre; VO_2max: consumo máximo de oxígeno, VO_2AT: consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; VOBLA: velocidad de nado a 4 mmol/l de acumulación de lactato en la sangre; Vcrit: velocidad crítica.

La figura 2 nos ilustra la relación entre la concentración de lactato en la sangre y la VOBLA. Cuatro de los nueve sujetos no pudieron continuar nadando, ante la velocidad de mayor intensidad sobre 4 min. Esto tal vez, fue lo que llevó a una subestimación de las concentraciones de lactato en los niveles más altos de intensidad del ejercicio. La VOBLA mostró valores de 1.092 a 1.227 m/s, con una media de 1.162 (SD 0.037) m/s.

Los gráficos experimentales, usados para determinar la Vcrit del sujeto 6 se muestran en la figura 1 como un ejemplo. Las ecuaciones de regresión, relacionando Dlim con Tlim, fueron expresadas en la forma general: Dlim = a + b x Tlim, con valores de r^2 de 0.999 ($p < 0.01$). Los resultados indicaron una 1inearidad extremadamente elevada, sin considerar el tiempo empleado hasta la extenuación.

La pendiente del coeficiente (b), que según anteriores ecuaciones se asimila a la Vcrit (ver Fig. 1), tuvo rangos de 1.062 a

1.262 m/s, con una media de 1.166 (SD 0.052) m/s. El promedio de Tlim rankeó de 26.0 (SD 4.0) seg. para la más alta velocidad, a 497.2 (SD 141.9) seg. para la más baja. Este rango de Tlim fue similar a los datos de Wcrit medidos por Moritani et al. (1981). El sujeto 7, que era especialista en 1.500 m de estilo libre, fue capaz de seguir nadando a una velocidad de 1.2 m/s por mas de 30 min. sin extenuarse y se le solicitó detenerse. Por ello, su Vcrit fue calculada a partir de Tlim, con 5 velocidades más altas que 1.2 m/s.

Los resultados presentados en la Figura 3 muestran la relación entre Vcrit y el VO_2 max, VO_2 AT, VOBLA y V 400. Correlaciones positivas significativas fueron encontradas entre VO_2 AT y Vcrit ($r = 0.818$, $p < 0.01$); VOBLA y Vcrit ($r = 0.949$, $p < 0.01$); y V 400 y Vcrit ($r = 0.865$, $p < 0.01$). Sin embargo, no hubo correlaciones significativas entre VO_2 max y V 400 ($r = 0.437$, $p > 0.05$), y VO_2 max y Vcrit ($r = 0.318$, $p > 0.05$). Por otro lado, la correlación entre V 400 y VO_2 AT, y aquella entre V 400 y VOBLA (que no se muestran en la figura y en la tabla de este artículo), fueron significativas: V 400 vs VO_2 AT, $r = 0.750$, $p < 0.05$; V 400 vs VOBLA, $r = 0.763$, $p < 0.05$.

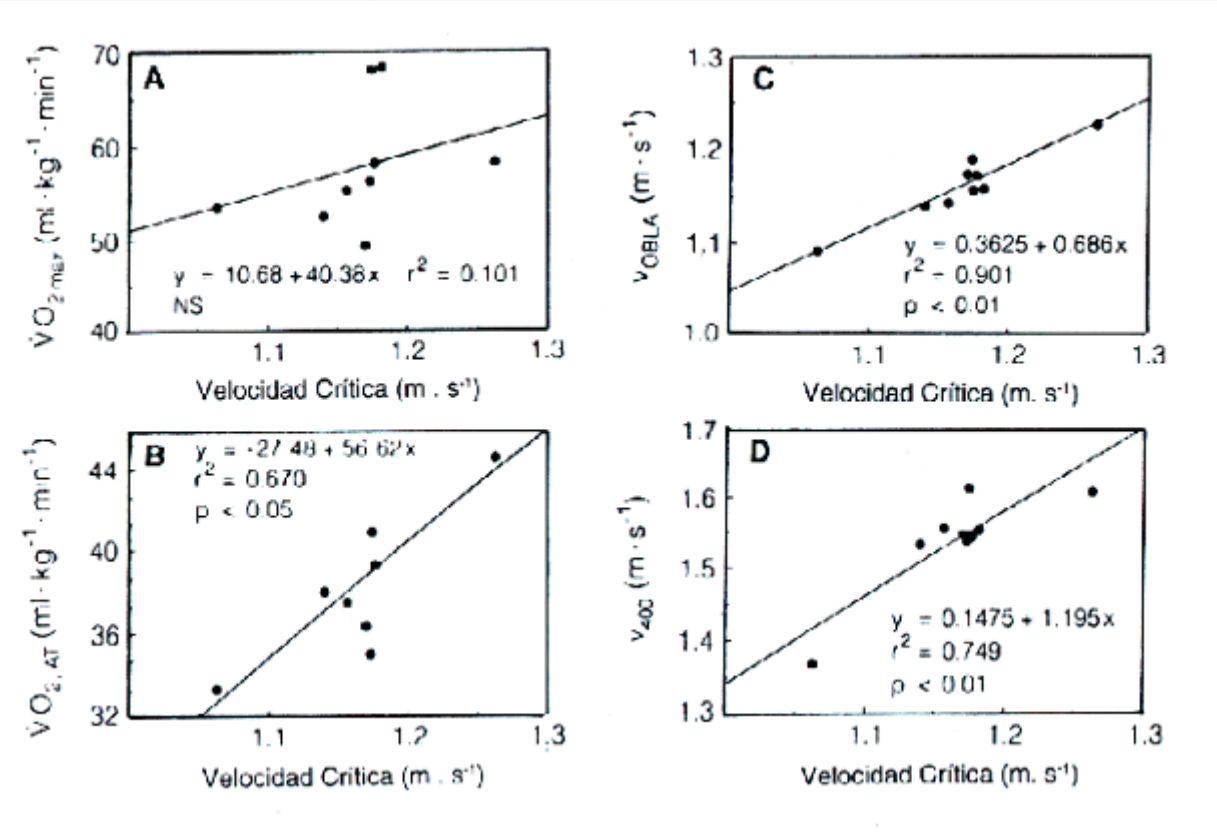

Figura 3

DISCUSION

La primer meta de este estudio fue la de aplicar el concepto de Wcrit formulado por Monod y Scherrer (1965) y Moritani et al. (1981) a la Vcrit; esto es la velocidad que los nadadores pueden mantener sin extenuarse. Usamos 6 velocidades de nado en hidrocanal para calcular la Vcrit, para cada sujeto. Una elevada correlación entre Dlim y Tlim ($r^2 > 0.998$) fue encontrada en cada sujeto, por lo cual la relación Dlim = a + b x Tlim, fue remarcablemente lineal (Fig. 1). Por esa causa, fue posible aplicar el concepto de Vcrit para la natación, al sustituir Dlim y Tlim en la ecuación (Wlim = a + b x Tlim) la cual fue usada para medir la Wcrit en el bicicloergómetro (Moritani et al., 1981; Jenkins y Quigley, 1990).

El concepto de AT se basa en la noción de que durante ejercicios suficientemente exigentes, la capacidad de la circulación para suplir O_2 puede no ser adecuada para alcanzar el requerimiento metabólico de O_2 en los músculos y como consecuencia, la provisión de energía aeróbica está suplementada por las reservas de energía disponibles, vía glucólisis

anaeróbica, con la subsecuente acumulación de lactato (Davis et al., 1976). Moritani et al. (1981), han reportado que la significancia fisiológica de AT y Wcrit, podrían ser similares, desde que no existen diferencias significativas entre VO_2 AT y Wcrit VO_2, y hay una alta correlación entre estas dos variables. Mas aún, Jenkins y Quigley (1990), han demostrado, recientemente, que la Wcrit fue equivalente (con un error de sólo un pequeño porcentaje) a la intensidad máxima de ejercicio, la cual puede ser mantenida por más de 30 min. Estos datos, junto a los presentes descubrimientos de significativa correlación positiva entre Vcrit y VO_2 AT, Vcrit y VOBLA, y Vcrit y V 400, parecen apoyar la suposición que Vcrit, en el presente estudio, podría ser adoptada como un índice de performance en natación.

Recientemente, numerosos estudios han encontrado que variables de lactato sanguíneo, tales como el comienzo de su acumulación (ORLA), influyen en buena medida, en los resultados en performances de resistencia. De hecho, se ha demostrado que VOBLA, calculada matemáticamente para cada nadador, es útil para evaluar la performance y para establecer intensidades del entrenamiento (Maglischo et al., 1982, Skinner, 1987).Además, Olbrechtetal. (1985), han reportado que la relación entre la concentración del lactato en la sangre y V podría entenderse mejor, si se basara en los resultados de tests de 2 velocidades (Mader et al., 1980). En estudios previos, reportados por Costill et al. (1985) y Ribeiro et al. (1990), hubo una baja correlación entre VO_2 max y la performance en estilo libre, sobre 365.8 m y 400 m. En el presente estudio, una insignificante correlación entre V 400 y VOBLA apoyan los resultados anteriores. Además, se encontró una significativa correlación entre V 400 y VO_2 AT; como este parámetro tiene un vínculo fisiológico cercano con OBLA, ello sugiere que la capacidad respiratoria muscular es de fundamental importancia en la determinación de la intensidad del ejercicio, a la cual el lactato sanguíneo comienza a acumularse rápidamente (Ivy et al., 1980).

Nuestro hallazgo, ej., la correlación significativa entre VOBLA y V 400, es consistente con estudios previos en corredores de distancia, indicando la importancia de las variaciones de lactato en la sangre en la conquista de éxitos (Allen et al., 1985); Farrell et al., 1979; Kumagai et al., 1983; Tanaka et al., 1984, 1985). Mas aún, usando mujeres desentrenadas, Yoshida (1986) y Yoshida et al. (1987), han sugerido que las variables de lactato pueden ser índices más útiles para las performances de resistencia, que otras variables tales como VO_2 max, el test de escalones o la capacidad de trabajo físico, predicha a un ritmo cardíaco de 170 lat/min. (PWC 170).

La concentración de lactato en sangre, a una V del 100% de la Vcrit, en los esfuerzos de 4', presentaron un rango de 3.4 a 5.1 mmol/l, con una media de 4.23 (SD 0.67) mmol/l.

Este valor concuerda con el reporte previo de Heck et al. (1985), quien describió el máximo estado de equilibrio de lactato (lactate steady-state, el cual representa el valor máximo del lactato sanguíneo que puede ser mantenido, sin incremento, durante el ejercicio), a valores de concentración de lactato de 4.02 (SD 0.7) mmol/l. De todos modos, es difícil determinar la concentración de lactato en la sangre, después de períodos de entrenamiento de deportistas, porque los atletas y nadadores tienden a rechazar los muestreos de sangre. La Vcrit, a través de este método no invasivo para estimar la performance aeróbica, podría ser usada como una medición evaluativa práctica y útil.

En conclusión, se ha encontrado que el concepto de Wcrit puede ser aplicado a la natación competitiva, y la Vcrit, obtenida a través de este simple y no oneroso método, podría ser adoptada como un índice predictivo de la performance en natación. No obstante, esta investigación ha sido hecha usando un hidrocanal.

Si el concepto de Vcrit podría ser adaptado, (al no contarse con un hidrocanal), a una piscina normal, entrenadores y nadadores podrían, fácilmente, disponer de índices para evaluar la performance aeróbica, sin tener que emplear equipamiento altamente costoso.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido, en parte, financiado por la GRANT-IN-AID del Ministerio de Educación, Ciencia y Cultura del Japón (Nro. 02780110).

REFERENCIAS

1. Allen WK, Seals DR, Hurley B, Ehsani AA, Hagberg JM (1985). Lactate threshold and distance running performance in young and old endurance athletes. *J Appl Physiol 58: 1281-1284*
2. Arabas C, Mayhew L. Hudgins PM, Bond GH (1987). Relationships among work rates, heart rates, and blood lactate levels in female swimmers. *J Sports Med 27: 291-295*
3. Astrand PO, Englesson B (1972). A swimming tlume. *J Appl Physiol 33: 514*
4. Costill DL, Kovaleski D, Porter D, Kirwan J, Fielding R, King D (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting

success in middle- distance events. *Int J Sports Med 6: 266-270*
5. Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J, Kurtz P (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol 41: 544 -550*
6. de Vries HA, Moritani T, Nagata A, Magnussen K (1982). The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. *Ergonomics 25: 783-791*
7. Farrell PA, Wilmore JH, Coyle EF, Biling JE, Costill DL (1979). Plasma lactate accumulation and distance running. *Med Sci Sports Exerc 11: 338 344*
8. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med 6: 117-130*
9. Ivy JL, Withers RT, Van Handel PJ, Elger DH, Costill DL (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J Appl Physiol 48: 523-527*
10. Jenkins DG, Quigley BM (1990). Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *Eur J Appl Physiol 61: 278-283*
11. Karlsson J, Holmgren A, Linnarson D, Astrom H (1984). OBLA exercise stress testing in health and disease. *In: Lollgan L, Mellerowicz H (eds): Progress in ergometry: quality control and test criteria. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 67-91*
12. Kumagai S, Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Asano K (1983). Relationships of anaerobi threshold and the onset of blood lactate accumulation with endurance performance. *Eur J Appl Physiol 52: 51-56*
13. Mader A, Madsen O, Hollmann W (1980). Zur Beurteilung der laktaziden Energiebereitstellung fur Trainings-und Wettkampfleistugen im Sporschwimmen. *Leistungssport 10: 263-268*
14. Madsen O, Lohberg M (1987). The lowdown on lactates. *Swimming Techn 24: 21- 26*
15. Maglischo EW, Maglischo CW, Bishop RA (1982). Lactate testing for training pace. *Swimming Techn 19: 31-37*
16. Monod H, Scherrer J (1965). (1965): The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics 8: 329-350*
17. Moritani T, Nagata A, de Vries HA, Muro M (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics 4: 339-350*
18. Nagata A, Moritani T, Muro M (1983). Critical power as a measure of muscular fatigue and anaerobic threshold. *In: Matsui H, Kobayashi K (eds): Biomechanics VIIIA. Human Kinetics, Champaign, III., pp 312-320*
19. Nomura T (1982). The influence of training and age on V02 max during swimming in Japanese elite age group and olympic swimmers. *In: Hollander AP, Huijing PA, Groot GD (eds): Biomechanics and Medicine in Swimming 14. Human Kinetics, Champaign, III., pp 251-257*
20. Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W (1985). Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *Int J Sports Med 6: 74-77*
21. Ribeiro JP, Cadavid E, Barna J, Monsalvete E, Barna A, De Rose EH (1990). Metabolic prediction of middle distance swimming performance. *Br J Sports Med 6: 74-77*
22. Sawka MN, Knowlton RG, Miles DS, Critz JB (1979). Postcompetition blood lactate concentrations in collegiate swimmers. *Eur J Apll Physiol 41: 93-99*
23. Skinner J (1987). The new metal-plated assistant coach. *Swimming Technique 24: 7-12*
24. Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Kurnagai S, Sun-O S, Asano K (1984). A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc 16: 278-282*
25. Tanaka K, Nakazawa T, Hazama T, Matsuura Y, Asano K (1985). A prediction equation for indirect assessment of anaerobic threshold in male distance runners. *Eur J Appl Physiol 54: 386-390*
26. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver ML (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol 35: 236-243*
27. Yoshida T (1986). Relationship of lactate threshold and onset of blood lactate accumulation as determinants of endurance ability in untrained females. *Ann Physiol Anthropol 5: 205-209*
28. Yoshida T, Chida M, Ichioka M, Suda Y (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur J Appl Physiol 56: 7-11*
29. Yoshida T, Udo M, Iwai K, Muraoka 1, Tamaki K, Yamaguchi T, Chida M (1989). Physiological determinants of race walking performance on female race walkers. *Br J Sports Med 23: 250-254*
30. Yoshida T, Udo M, Iwai K, Chida M, Ichioka M, Nakadomo F, Yamaguchi T (1990). Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performances in female athletes. *Eur J Appl Physiol 60: 249-253*

Cita Original

Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 1 Nº 4. 1993.