PubliCE, (PubliCE) 1993

Research

Estudio Comparativo Entre Tests Específicos y no Específicos para Investigar la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Nadadores

Norberto Alarcón[1], Patricia Cosolito[1] y Claudia Bermudez[1]

[1]*Biosystem. Servicio Educativo.*

RESUMEN

Palabras Clave: natación, máximo consumo de oxígeno, lacticidemia, evaluación directa

INTRODUCCIÓN

Los procesos de investigación utilizados en natación, están condicionados por el medio ambiente específico de este deporte. Esto genera necesidades tecnológicas, adaptaciones metodológicas, y conocimiento teórico con el fin de llevar a cabo un programa para evaluar distintas variables como la potencia aeróbica (VO_2 máx.), la potencia anaeróbica y otras variables fisiológicas que hacen al estado y a la performance de un nadador. Es una realidad hoy en día que la especificidad en el entrenamiento deportivo es un punto decisivo para desarrollar las capacidades potenciales de un atleta. Esto puede ser interpretado como estímulos específicos en áreas como la fisiología, la biomecánica, la psicología, etc. Es por esto, que los diferentes métodos de investigación tienden a salvar esta especificidad, evaluando al atleta de la manera más similar a la de su disciplina deportiva. Por esta razón importante, el presente estudio de investigación desarrolla metodologías comparativas de mediciones de VO_2 y participación anaeróbica, tanto en el agua como en el laboratorio, con el propósito de profundizar la investigación y enriquecer el control y desarrollo de programas de entrenamiento para atletas que practican deportes en uno de los medios más difíciles que brinda la naturaleza: el agua.

Múltiples trabajos de investigación han consolidado técnicas de evaluación de diferentes variables. Algunos de ellos son: estudios acerca de la energía requerida en la natación (2, 22, 23, 24, 25), máxima capacidad de trabajo y contribución de las extremidades superiores e inferiores (1, 2, 22). Basados en estos estudios anteriores, algunos trabajos han establecido los beneficios y las limitaciones de las diferentes metodologías, como las evaluaciones del nado de estilo libre con mediciones cardiorrespiratorias (5), nado con poleas con mediciones cardiorrespiratorias directas (9), tests de swimmingflume con mediciones directas (3), o, más recientemente, con extrapolación de VO_2 a partir de la curva de recuperación de O_2 luego de 3 series de nado libre de 400 m (10, 20, 21, 26).

Las investigaciones con nadadores usando dispositivos técnicos, generan dificultades en la técnica de nado y además en la posibilidad de mantener una alta velocidad acorde a las características máximas de los tests. La natación con poleas es realmente práctica, permite aplicar cargas de trabajo controladas hasta la fatiga completa, pero también generan

turbulencia en el agua y cambios cinéticos en los movimientos de propulsión. Posiblemente el swimming-flume sea el método más adecuado, pero su costo hace que sea casi imposible de implementar. Además existen dudas acerca de las fuerzas de fricción generadas por el agua, las que pueden hacer cambiar el costo energético.

Para concluir con el análisis crítico de los métodos, la extrapolación del VO_2 a partir de la curva de recuperación de VO_2 ha sido cuestionada en algunos trabajos (4, 8), sin embargo, hoy en día ha recibido un importante apoyo científico aprobando la validez de sus resultados (10, 20, 21, 26).

Analizando las consideraciones mencionadas anteriormente, y teniendo en cuenta que los estudios anteriores arribaron a datos similares entre los valores de VO_2 y otras variables fisiológicas obtenidas de mediciones directas durante nado libre, comparado con los mismos datos generados de los tests de nado con poleas (5, 16), este trabajo se desarrolla teniendo los siguientes objetivos:

1. Establecer si existen diferencias significativas (DS) y correlación (r) entre el test ergométrico de laboratorio (LET) y el test de nado con poleas (TST), comparando variables fisiológicas tales como: consumo de oxígeno (VO_2 máx.), tasa de intercambio gaseoso (R), niveles de ácido láctico luego del test (AL), participación anaeróbica (% de exceso de CO_2) (28), frecuencia cardiaca (FC), ventilación pulmonar (VE BTPS), pulso de oxígeno (VO_2/FC), y equivalente ventilatorio para el O_2. Todos estos valores son obtenidos de la carga máxima de trabajo, para comparar las diferencias en el costo energético, realizando tests no específicos (bicicleta ergométrica) y específicos (nado con poleas).
2. Establecer si hay una r relevante entre los valores de VO_2 obtenidos en TST y el mismo parámetro por extrapolación de VO_2 a partir de la curva de recuperación de O_2 luego de una serie de 3 x 400m de nado libre (BET). El objetivo de esto es obtener un método de fácil ejecución y altamente confiable que pueda ser usado frecuentemente para el monitoreo de los niveles de VO_2 medidos en el medio ambiente normal, expresando una interrelación entre la eficiencia de nado, la fricción acuática y la velocidad de nado (12, 17).

MATERIALES Y MÉTODOS

Veinte nadadores del Seleccionado Argentino (10 varones y 10 mujeres), cuyos perfiles físicos están expresados en las Tablas 1 y 2, fueron evaluados con tres protocolos diferentes: **a)** Test ergométrico de laboratorio (LET); **b)** Test de nado con polea (TST); **c)** Extrapolación de VO_2 a partir de la curva de recuperación pos-esfuerzo luego de una serie de 3 x 400 m libres (BET); **a)** Test ergométrico de laboratorio (LET) en una bicicleta ergométrica electromagnética Dinavyt 30, control de frecuencia cardiaca con un monitor de FC Exersentry, ventilación pulmonar (VE ATPS) controlada con ventilómetro Rayfield y análisis automático de gases (O_2 y CO_2) con analizadores Applied Electrochemistry (AMETEX), modelos S-AI para O_2, con un volumen de flujo de 250 ml/min y 500 ml/min para ambos gases respectivamente, tomados de una cámara de mezclado. Se realizaron procesos y estimación de datos en forma computarizada de VO_2, VO_2/kg, VCO_2/kg, R, pulso de O_2, VEO_2, y % de exceso de CO_2. El protocolo consistió en un trabajo progresivo entre 12 y 15 minutos hasta alcanzar la fatiga, con cambio en las cargas de trabajo cada dos minutos. **b)** Test de nado con poleas (TST), con sistema de poleas (Gráfico 1) (11) y protocolo previamente descrito (9); test de 8 a 10 minutos de duración, con cargas progresivas y recolección de la FC a través de electrodos adhesivos y un cable (adherido a los tubos de ventilación) conectado al monitor de frecuencia cardiaca Exersentry. La ventilación pulmonar fue recogida usando válvula Rudolph y bolsa Douglas, en las cuales a través del uso alternado de una llave de 3 vías, el aire expirado es recogido cada 30'' durante los últimos tres minutos de la carga del test, hasta alcanzar la fatiga absoluta.

Luego, la lectura de la ventilación pulmonar (VE ATPS) y el análisis del O_2 y CO_2 expirados, se realizó en el laboratorio con el equipo descrito anteriormente.

c) Extrapolación de VO_2 a partir de la curva de recuperación completa, y se grabó el mayor de los tres valores de VO_2 obtenido. Todos los valores de VE ATPS fueron corregidos en VE BTPD, de acuerdo a las condiciones del aire atmosférico. Luego de todos los tests, realizados en el laboratorio y en la pileta, se tomaron muestras de sangre del lóbulo de los nadadores al 1'-3'-5'-7' con posterior análisis de las mismas para obtener los niveles máximos de ácido láctico pos-esfuerzo. Se utilizó un analizador automático (analizador de ácido láctico YSi 23-L) con lectura digital cada 40'', en mM/L.

Se utilizó un test de datos apareados para obtener diferencias estadísticas.

Variables	Media ±DS
Peso	68.9 ±1.66
Talla	173.5 ±4.77
Edad	15.83 ±1.64

Tabla 1. *Datos de los varones.*

Variables	Media ±DS
Peso	52.8 ±2.35
Talla	163.8 ±3.94
Edad	15.19 ±1.30

Tabla 2. *Datos de las mujeres.*

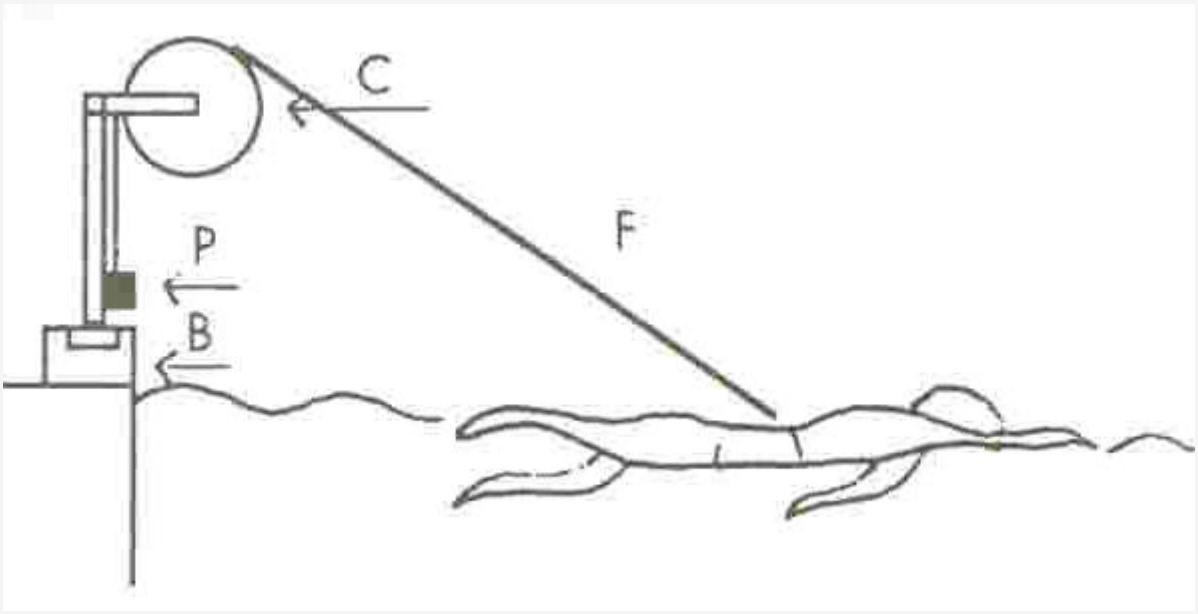


Figura 1

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se presentan en las Tablas 3 y 4.

Variables	TST (Media ± DS	LET (Media ± DS)	P
VO_2	60.4 ± 10	51.94 ± 2.9	*P*<.05
Frecuencia Cardíaca	195 ± 16	195 ± 4.5	NSD
VE BTPS	112.7 ± 35.4	120.9 ± 24.7	NSD
R	1.08 ± 0.08	1.205 ± 0.09	*P*<.05
% de exceso de CO_2	31.4 ± 5.3	37.4 ± 4.74	*P*<.05
Lactato sanguíneo	11.1 ± 3.5	10.5 ± 2.05	NSD
VE O_2	32.2 ± 4.2	37 ± 5	*P*<.05

Tabla 3



Tabla 4

DISCUSIÓN

Observando la Tabla 3, los datos recogidos revelaron que el VO_2 en el TST es significativamente diferente que el VO_2 en el LET (15,62 % mayor) y consecuentemente existe DS en la participación anaeróbica durante el test (menos % de exceso de CO_2). Esto se debe, en primer lugar a la participación del tren superior e inferior del cuerpo en el esfuerzo, y en segundo lugar a la mayor especificidad en cuanto a la biomecánica del estilo, lo cual, aunque esto implique mayor costo energético, se realiza con una mejor participación del sistema aeróbico (también refleja un mejor VE O_2). El hecho de que nosotros no hayamos encontrado DS en la FC y VE BTPS, confirma resultados anteriores, que prueban que ambas variables fisiológicas no son factores decisivos de VO_2.

Se puede explicar por trabajos de investigación recientes (6, 7, 14, 15, 19) no hallar DS entre los valores de lactato sanguíneo después del trabajo, o cual muestra diferentes puntos de vista acerca de la participación anaeróbica, analizada a través de los gases espirados (exceso de VO_2) (28), o niveles de ácido láctico; especialmente aquellos trabajos que desarrollan el concepto de la dinámica del lactato, turnover de lactato y "shuttle" de lactato a través de la corriente sanguínea hacia nuevos lugares para su oxidación o su conversión neoglucogénica (6, 7, 14, 15, 19).

Estudios comparativos previos, entre VO_2 TST y VO_2 BET (10) obtienen un r elevado (0.98) entre ambos métodos (con recolección de aire en 40'', cuando la recolección fue tomada en 1', el r bajó a 0.72). Es por eso que decidimos comparar VO_2 TST y VO_2 BET luego de un esfuerzo de 400 m, obteniendo un "r" (0.86), lo cual aprueba científicamente un método para chequear las modificaciones de VO_2 debido a las ganancias obtenidas con el entrenamiento (gracias al incremento de la potencia aeróbica o al desarrollo de la eficiencia biomecánica en relación al costo energético). Un bajo "r" entre los valores de VO_2 LET y VO_2 BET (0.30), confirma la necesidad específica de implementar estudios ergoespirométricos en agua en nadadores (síntesis en Tabla 4).

Conclusiones

Evidentemente la natación, debido al medio ambiente en el cual se desarrolla, presenta un objetivo que sugiere que todos los recursos tecnológicos y humanos deban ser usados con creatividad, conocimiento y experiencia, con el objeto de

obtener datos apropiados acerca del esfuerzo energético del nadador testeado. Creemos que numerosos y sólidos trabajos de investigación han apoyado este estudio, el cual, junto con los resultados registrados en este trabajo, nos permiten recomendar el desarrollo de estudios ergoespirométricos en natación para obtener los niveles aeróbicos-anaeróbicos del costo energético del nadador.

Sintetizando:

- TST genera una mayor participación aeróbica y una menor participación anaeróbica que el LET, probablemente debido a la contribución energética del tronco superior y la eficiencia de los grupos musculares involucrados en la técnica específica.
- El VO_2 TST y el VO_2 BET están altamente correlacionados, lo que sugiere tener un método válido y fácil para controlar el costo energético en los nadadores, sin limitaciones de trabajo por dispositivos, permitiendo al nadador desarrollar velocidades cercanas a las de competición.

REFERENCIAS

1. Asrian M, Singh M, Karpovich PV (1966). Energy cost of leg, kick, arm stroke and whole crawl stroke. *J Appl Physiol, 21: 1763-66*
2. Astrand P, Englesson S, Saltin B (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various type of muscular antivity. *J Appl Physiol, 16: 977-981*
3. Astrand P, Englesson S (1972). A swimming flume. *J Appl Physiol, 33: 514*
4. Astrand P, Rodahl K (1977). Text Book of work physiology. *NY Mc Graw-Hill*
5. Bonen A, Wilson BA, Yarkony M, Belcastro AN (1980). Maximal oxygen uptake during free, tethered and flume swimming. *J Appl Physiol, 48: 232-235*
6. Brooks G (1985). Anaerobic Threshold. Review of concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc, 17, 22-31*
7. Brooks G (1986). The lactate Shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sports Exerc, 18: 360-368*
8. Christensen EH, Hedman R, Holmdahl I (1960). The influence of the rest pauses on mechanical efficiency. *Acta Physiol Scand, 48: 443-447*
9. Costill DL (1966). Use of a swimiing ergometer in physiological research. *Res Quar, 37: 564-567*
10. Costill DL, Kovalesky J et al (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle distance events. *Int J Sports Med, 6: 266-270*
11. Dal Monte A (1983). La valazione funzionale dell atleta. *Edit Manuali Sansón, Cap 5: 89-91*
12. Di Prampero P, Pendergast D, Wilson D, Renie D (1974). Relationship in Energetics of swimming in man. *J Appl Physiol, 37: 1-5*
13. Fox E (1979). Sports Physiology. *Saunders Coll. Publishers, Cap 2: 18-33*
14. Gaesser GA, Brooks G (1984). Metabolic bases of excess post exercise oxygen consumption: a review. *Med Sci Sports Exerc, 16: 29-43*
15. Green JJ, Hughson G et al (1983). Anaerobic Threshold, blood lactate and muscle metabolies in progressive exercise. *J Appl Physiol, 54: 1032-1038*
16. Heighenhauser G, Faulkner JA (1978). Estimation of cardiac output by CO2 rebreathing method during tethered swimming. *J Appl Physiol, Respiratory, Environmental and Exercise Physiology, 44: 821-824*
17. Holmer I (1979). Physiology of swimming man. *Exer and Sci Sport Rev, 7: 87-123*
18. Karpovich P, Milman N (1944). Energy expenditure in swimming. *A J Physiol, 142: 140-144*
19. Katz J (1989). The application of isotopes to the study of lactate metabolism. *Med Sci Sports Exerc, 18: 353-359*
20. Lavole JM, Leger LA, Montpetit RR, Chabot S (1983). Backward Extrapolation of VO2 from the O2 recovery curve after a voluntary maximal 400 m swim. *In: Hollander AP, Huijing PA, De Groot G (eds): Biomechanics and Medicine in Swimming, Champaign, Human Kinetics, 14: 222-227*
21. Leger LA, Seliger V, Brassard L (1980). Backward extrapolation of VO2 max values from the O2 recovery curve. *Med Sci Sports Exerc, 12: 24-27*
22. Magel JR (1971). Comparison of the physiologic response to varying intensities of submaximal work in tethered swimming and treadmill running. *J Sports Med and Physical Fitness, 11: 203-212*
23. Magel JR, Foglia GP et al (1975). Specificity of swim training on maximum oxygen uptake. *J Appl Physiol, 38: 151-155*
24. Mc Ardle WD, Glaser RM, Magel JR (1971). Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. *J Appl Physiol, 30: 733-738*
25. Montpetit R, Leger LA, Lavoie JM, Cazorla (1981). VO2 peak during free swimming using the backward extrapolation of the recovery curve. *Eur J Appl Physiol, 47: 385-391*
26. Nadel ER, Holmer I, Bergh U, Astrand PO (1974). Energy exchange of swimming man. *J Appl Physio, 36: 465-471*
27. Ribeiro JP, Bochese MA (1984). Effects of previous exercise on the ventilatory determination of the aerobic threshold. *Eur J Appl Physiol, 32: 313-319*