

Monograph

# Comparación entre Tres Diferentes Protocolos de Evaluación por Etapas en Natación de Elite

Billy Sperlich<sup>1</sup>, Joachim Mester<sup>1,2</sup>, Christoph Zinner<sup>1,2</sup>, Malte Krueger<sup>1,2</sup> y Patrick Wahl<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Training Science and Sport Informatics, German Sport University Cologne, Alemania.

<sup>2</sup>The German Research Centre of Elite Sports, German Sport University Cologne, Alemania.

## RESUMEN

Comparamos tres protocolos incrementales diferentes de natación para identificar las diferencias en las velocidades submáximas producidas en concentraciones de lactato arterial de 3 y 4 mmol·L<sup>-1</sup>. Diez nadadores de élite de sexo masculino realizaron tres protocolos de evaluación con etapas en orden aleatorio. En dos protocolos las distancias eran constantes (200 m) pero variaba la duración a lo largo de la prueba. El tercer test de evaluación era un protocolo con tiempos constantes (3 min cada uno) para cada incremento. Al final de cada incremento se determinó la concentración de lactato arterial. El protocolo con incrementos de tiempos constantes produjo velocidades significativamente menores (-0,04 m·s<sup>-1</sup>) en valores de lactato fijos (p<0,01). Observamos que los protocolos normalmente utilizados con distancias constantes mostraban mayores velocidades submáximas para concentraciones de lactato dadas (3 y 4 mmol·L<sup>-1</sup>) en comparación con el protocolo de incrementos constantes.

**Palabras Clave:** atletas de élite, rendimiento de resistencia, test incremental, lactato, entrenamiento

## INTRODUCCION

Los protocolos de Pyne (Asociación Australiana de Natación) y Pansold (Federación Alemana de Natación) (6, 7) son dos de los test con etapas que se realizan normalmente para definir la intensidad submáxima de entrenamiento en natación. Aunque estos protocolos se utilizan frecuentemente, los mismos poseen varias trampas. La mayor debilidad de estos protocolos es la disminución en la duración del ejercicio por incremento, mientras que las distancias por incremento permanecen constantes. Durante las últimas etapas de estos tests, las etapas de distancias iguales o inferiores a 200 m producirán un tiempo de ejercicio <2 min. Se ha observado que las etapas con una duración <2min son demasiado cortas para lograr una condición de estado estable en las concentraciones de lactato en la sangre arterial durante el test incremental (3, 4). Esta limitación metodológica producirá valores de lactato sanguíneo potencialmente menores y por consiguiente, velocidades de entrenamiento submáximas más altas. En este caso, los incrementos de mayor duración son favorables, ya que se ha demostrado que incrementos de 3 a 7 minutos permiten alcanzar el estado estable en la concentración de lactato en sangre (3, 5).

Aunque los protocolos 7 x 200 m (6) y 8 x 200 m (7) se basan en el mejor tiempo personal del atleta (PB), ambos requieren que se realice un ejercicio o competencia máximos antes del test en etapas para obtener el PB actual. Adicionalmente, ambos protocolos consumen 35 a 50 minutos de valioso tiempo de ejercicio. Por consiguiente, desde un punto de vista

práctico, lo que se busca idealmente es un protocolo con intervalos de duración constante, sin necesidades de un evento de competencia adicional, sin estandarización, y de corta duración para realizar el test. Debido a las restricciones metodológicas de los protocolos de Pyne (6) y Pansold (7), sería ventajoso un diseño de test con las características anteriores, para controlar la intensidad de entrenamiento submáxima.

El objetivo de este estudio fue comparar tres protocolos de test con etapas, con etapas de diferentes duraciones en natación de competición. Planteamos la hipótesis que un protocolo con etapas constantes producirá menores velocidades submáximas de nado para una cierta concentración de lactato arterial.

## MÉTODOS

### Sujetos

En el estudio participaron diez nadadores de sexo masculino que competían a nivel nacional (edad  $17,1 \pm 3,4$  años; talla  $1,82 \pm 0,06$  m; masa corporal  $71,3 \pm 6,7$  kg). Todos los nadadores tenían experiencia en natación de competición de por lo menos cinco años. Luego de informar a los participantes cual era el propósito, los procedimientos y los riesgos del estudio, todos los atletas y sus entrenadores dieron su consentimiento informado por escrito para participar tal como lo establecen las recomendaciones del comité de ética de la universidad.

### Procedimientos

Todas las pruebas fueron realizadas en una piscina cubierta de 50 m. Cada sujeto realizó tres protocolos con etapas en orden aleatorio. Antes de cada test, los nadadores realizaron una entrada en calor estandarizada de 1000 m, finalizando con cuatro ejercicios de natación de 50 m. El propósito de los cuatro ejercicios de natación fue familiarizar a los sujetos con los procedimientos de las etapas.

El primer protocolo, denominado a partir de aquí 7 x 200 m, contenía una serie de siete ejercicios de natación de 200 m que comenzaban cada cinco minutos con una salida con impulso. Este protocolo es utilizado por la Federación Australiana de natación para evaluar el nivel de rendimiento real de sus atletas. Los tiempos de nado individuales deseados fueron calculados sobre la base del PB de los nadadores (Tabla 1). El ritmo inicial era PB +35 seg. Cada una de las series subsiguientes de 200 m debía ser realizada 5 seg más rápido. El último intervalo se realizó realizando un esfuerzo máximo.

Distancia	Etapas N°	Repeticiones (n)	Comienzo de Ciclo	Momento de obtención de muestras de sangre (s)	Intensidad de las Etapas (PB+)
200 m	1	1	Cada 5 minutos	Después de 60 segundos	35 s
200 m	2	1		Después de 60 segundos	30s
200 m	3	1		Después de 60 segundos	25 s
200 m	4	1		Después de 60 segundos	20 s
200 m	5	1		Después de 60 segundos	15 s
200 m	6	1		Después de 60 segundos	10 s
200 m	7	1		Ver texto	5 s

**Tabla 1.** Procedimiento de evaluación del protocolo de 7x200m utilizado por la Federación Australiana de Natación.

El segundo protocolo de prueba, 8 x 200 m, consistió en cinco etapas. Este protocolo es utilizado por la Federación Alemana de Natación de manera regular para determinar las velocidades de entrenamiento para sus atletas. La primera parte consistía en tres ejercicios de natación de 200 m realizados a la misma velocidad. En la segunda parte, dos ejercicios de natación de 200 m fueron realizados a la misma velocidad. Las series 3, 4 y 5 consistieron en una sola repetición de natación de 200 m. La velocidad de la primera etapa se fijó en 70 a 75% de PB (Tabla 2). Finalmente, todos los atletas realizaron la última etapa después de un período de recuperación de 20 a 30 min.

Distancia	Etapas Nº	Repeticiones (n)	Descanso entre las repeticiones	Descanso entre las etapas	Muestras de sangre	Intensidad
200 m	1	3	60 s	3min	Entre las etapas	70-75% de PB
200 m	2	2	60s	3 min	Entre las etapas	1ª etapa-8s
200 m	3	1		5 min	Luego de 1 min y 3 min s	1ª etapa 16s
200 m	4	1		Hasta 30 min	Luego de 1 min y 3 min s	1ª etapa 24 s
200 m	5	1			Ver texto	PB

**Tabla 2.** Procedimiento de evaluación del protocolo de 8x200 m utilizado por la Federación Alemana de Natación.

El procedimiento para el tercer protocolo consistió en una serie con intervalos de 3 min con 1 min de descanso entre las repeticiones. La velocidad durante la primera etapa se fijó en  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (1:23,3 min/100 m). La velocidad y distancia por etapa aumentaban  $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y 9 m, respectivamente (ver Tabla 3). Un haz de luz móvil sobre el suelo aseguraba que los nadadores mantenían una velocidad constante a lo largo de la prueba. La prueba finalizaba cuando el sujeto indicaba haber alcanzado el agotamiento voluntario o no podía mantener la velocidad dada.

Distancia	Nº de Etapas	Repeticiones	Descanso entre las etapas	Muestras de sangre	Intensidad (m/s)
216 m	1	1	1'	Entre etapas	1,20
225 m	2	1	1'	Entre etapas	1,25
234 m	3	1	1'	Entre etapas	1,30
243 m	4	1	1'	Entre etapas	1,35
252 m	4	1	1'	Entre etapas	1,40
y así sucesivamente					

**Tabla 3.** Procedimiento de evaluación del protocolo de 3 minutos.

Las muestras de sangre capilar fueron recolectadas del lóbulo derecho para determinar la concentración de lactato en la sangre arterial (*Ebio plus, Eppendorf, Hamburg, Alemania*). Los momentos de recolección de muestras de sangre para cada protocolo se presentan en las Tablas 1 a 3. Todos los análisis fueron realizados por duplicado y para efectuar los análisis estadísticos se utilizó la media de los valores.

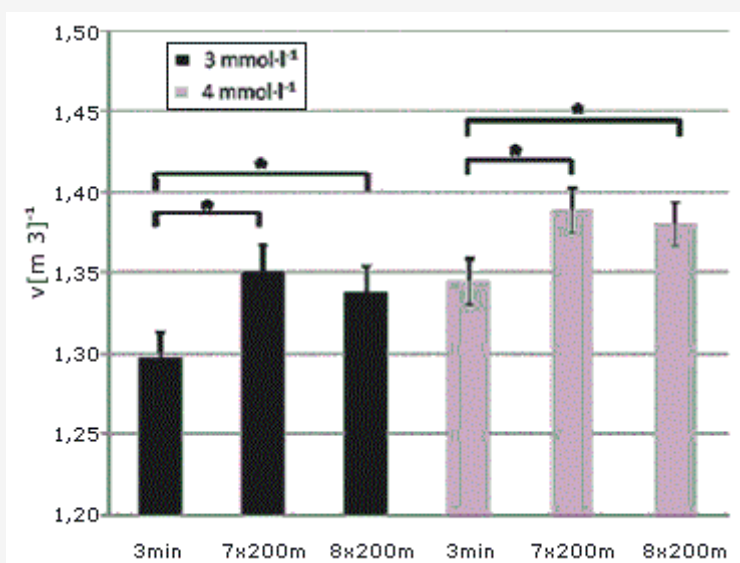
### Análisis Estadísticos

En nuestro laboratorio, el coeficiente de variación en mediciones repetidas, determinado rutinariamente para las determinaciones de lactato sanguíneo, es 1,2% en  $12 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Los datos fueron calculados con los procedimientos estadísticos convencionales y fueron presentados como media y desviación estándar. También se verificó el cumplimiento del supuesto de distribución normal y ningún dato debió ser transformado. Mediante ANOVA de mediciones repetidas se compararon las respuestas en cada variable en las tres pruebas. En aquellos casos en que se evidenció una diferencia global a lo largo del tiempo, se aplicó el test *post hoc* de Bonferroni para identificar donde se produjeron los cambios. Se utilizó un nivel de alfa de  $p < 0,05$  para la significancia estadística. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software Statistica para Windows® (versión 7,1, StatSoft Inc., Tulsa, OK, Estados Unidos).

## RESULTADOS

El protocolo con tiempo constante arrojó velocidades significativamente menores ( $p < 0,01$ ) en umbrales de lactato fijos en comparación con los otros dos protocolos. Las velocidades medias en

concentraciones de lactato de  $3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  fueron:  $1,30 \pm 0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (3 min),  $1,35 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (7 x 200 m) y  $1,34 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (8 x 200 m). Las velocidades en concentración de lactato de  $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  fueron  $1,34 \pm 0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (3 min),  $1,39 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (7 x 200 m) y  $1,38 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (8 x 200 m; Figura 1).



**Figura 1.** Comparación de las velocidades submáximas en umbrales de lactato fijos; (a)  $3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  y (b)  $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La velocidad fue significativamente menor en el protocolo de 3 min que en los protocolos 7 x 200 m y 8 x 200 m. \* Presenta diferencias significativas con el protocolo de 3 min ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSION

De acuerdo con nuestra hipótesis, el protocolo con etapas de duración constante mostró velocidades de nado más lentas en las concentraciones de lactato sanguíneo dadas de 3 y  $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  y, por consiguiente, menor velocidad de entrenamiento en comparación con los protocolos de distancias constantes (7 x 200 m y 8 x 200 m). En nuestro estudio se obtuvieron velocidades de  $1,35 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (7 x 200 m) y  $1,34 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (8 x 200 m) para una concentración de lactato de  $3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Convertidas en velocidades de nado, los atletas tienen que realizar una distancia de 100 m en 1'14,1" y 1'14,6", respectivamente. Sin embargo, la velocidad en concentración de lactato sanguíneo de  $3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  producida por el protocolo de "3 min" fue 1'16,9" que fue 2,8 s más lenta. Un aumento en la velocidad de entrenamiento de cerca de 3 s por 100 m, refleja una intensidad significativamente mayor para un nadador bien entrenado.

Las diferencias en la velocidad en concentraciones de lactato submáximas pueden explicarse por la duración de las etapas de los protocolos (3). Se ha demostrado que 3 a 7 minutos son esenciales para alcanzar las condiciones de estado estable para la concentración del lactato sanguíneo durante un test incremental (2,4). También se ha demostrado que incrementos largos (por ejemplo, en los protocolos de 8 x 200 m) e iguales arrojan una estimación menos exacta de la capacidad de ejercicio. Los incrementos mayores pueden provocar una tendencia a sobrestimar la velocidad de nado (1), lo que lo transforma en una prueba menos confiable para estudiar los efectos del entrenamiento (5).

El mejor tiempo personal o "PB del día" es una herramienta de uso extendido para definir la velocidad de nado. Sin embargo el PB depende de muchas variables como el momento de la temporada, la variabilidad diaria del estado físico y mental del atleta, hábitos nutricionales y la duración y calidad de la recuperación, incluido el sueño. Estos factores dejan en claro que el PB es más bien un resumen de muchos rasgos imprevisibles y, por consiguiente, una herramienta vaga para fijar una línea de partida para la evaluación del rendimiento.

Desde un punto de vista práctico, puede ser razonable usar el PB o el "PB del día" para definir las velocidades para evaluar el rendimiento. Sin embargo, de un punto de vista científico, es importante contar con un procedimiento de prueba estandarizado. Así, la ventaja principal de un protocolo de evaluación estandarizado con duraciones y velocidades de las

etapas fijas, como el protocolo de "3 min", es más exacto para reproducir. La estandarización del protocolo puede permitir mejores recomendaciones para velocidades de entrenamiento, especialmente, durante la temporada cuando el atleta no puede lograr un mejor rendimiento.

## Conclusiones

Los resultados del presente estudio demuestran que un protocolo de evaluación en etapas, con etapas de duración constante, arroja velocidades significativamente menores en comparación con los dos protocolos con distancias constantes normalmente usados. Además, el protocolo de "3 min" permite realizar comparaciones intra e interpersonales, debido a que se utilizan las mismas velocidades por etapas, lo cual es imposible con los otros protocolos. Se necesitan estudios adicionales para investigar la practicabilidad de las velocidades más bajas en las rutinas de entrenamiento diarias.

## Dirrección para Envío de Corresondencia

Zinner C, Institute of Training Science and Sport Informatics, German Sport University Cologne, Germany, Am Sportpark Muengersdorf 6, 50933 Cologne, teléfono: +49(0)221 4982 6071; Fax: +49 (0)221 4982 8180; correo electrónico: zinner@dshs-koeln.de.

## Agradecimientos

Deseamos agradecer a todos los nadadores y entrenadores que participaron en este estudio.

## REFERENCIAS

---

1. Faude O, Urhausen A, Eckstein A, et al (2005). Vergleich von individueller anaerober Schwelle und 4mmol-Laktatschwelle im Schwimmsport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 56
2. Foxdal P, Sjodin A, Sjodin B (1996). Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *Int.J.Sports Med.* 17:360-365
3. Heck H, Mader A, Hess G, et al (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int.J.Sports Med* 6:117-130
4. Mader A, Liesen A, Heck H, et al (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportart und Sportmedizin* 27:4-5, 80-88
5. Myers J, Bellin D (2000). Ramp exercise protocols for clinical and cardiopulmonary exercise testing. *Sports Med* 30:23-29
6. Pyne DB, Lee H, Swanwick KM (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 33:291-297
7. Pansold B, Zinner J, Gabriel BM (1985). Zum Einsatz und zur Interpretation von Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 23:98-195
8. Weltman A, Snead D, Stein P, et al (1990). Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO<sub>2</sub>max. *Int J Sports Med* 11:26-32

## Cita Original

Zinner C., Krueger M., Wahl P., Sperlich B., Mester J. Comparison of Three Different Step Test Protocols in Elite Swimming. *JEPonline*; 14 (1): 43-48, 2001.