



Universidad de Matanzas

Facultad de Ciencias de la Cultura Física

VELOCIDAD CRÍTICA Y DE NADO EN VO₂MÁX EN NADADORES ESCOLARES DE LA EIDE DE MATANZAS.

Autor: Wilfredo Ripoll Acosta*

Tutores: Dr. C. Abel Gallardo Sarmiento** y Dr. Eduardo Humberto Olivera Muñiz***.

* Estudiante de la Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias de la Cultura Física.

**Doctor en Ciencias de la Cultura Física. Profesor Titular de Control Médico Deportivo de la Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias de la Cultura Física y Centro Provincial de Medicina Deportiva de Matanzas, Cuba. E-mail: abel.gallardo@umcc.cu y abel.gallardo1982@gmail.com.

*** Especialista en segundo grado en Urgencia Médicas y Terapia Intensiva. Centro Provincial de Medicina Deportiva de Matanzas, Cuba.

RESUMEN

El propósito del estudio era determinar los valores de la velocidad crítica y de nado en VO₂máx en un grupo de jóvenes nadadores de la EIDE de Matanzas. En esta investigación participaron 11 nadadores (entre 10 y 12 años de edad) y la evaluación se realizó en el inicio de la etapa de preparación especial. Para la obtención de los datos primarios se aplicó la metodología recomendada por Ginn (1993) para la determinación de la velocidad crítica de nado y la de Navarro y Oca (2010) para la velocidad de nado en VO₂Máx. Los resultados evidenciaron que los nadadores presentaron una evaluación de regular en los indicadores analizados en la investigación, por lo que se debe mejorar la selección de talentos. Se elaboró una herramienta para fortalecer la evaluación del desempeño de los nadadores.

Los datos aportados en la investigación denotan consistencia interna y fiabilidad que ayudan a los entrenadores de natación a controlar su entrenamiento sin necesidad de utilizar instrumentos costosos.

ABSTRACT

The purpose of the study was to determine the parameters of the critical speed and those of the swimming in MVO₂ of a group of young swimmers from the sports school EIDE of Matanzas. In this investigation participated 11 swimmers (between 10 and 12 years of age) and the evaluation took place at the beginning of the special preparation stage. For the collection of the primary data were applied the methodologies recommended by Ginn (1993) for determining the swimming critical speed and that of Navarro and Oca (2010) for determining the swimming speed in MVO₂. The results showed that the swimmers obtained a regular evaluation at the parameters evaluated in the investigation, which brings to the conclusion that a better selection of young talent must be applied. A new tool was elaborated for strengthening the evaluation of the swimmers performances. The data provided by the investigation denotes internal consistency and reliability which help swimming trainers to better control their training sessions without the use of expensive gadgets.

Palabras claves: natación, velocidad crítica y velocidad de nado en VO₂Máx.

Keywords: swimming, critical speed and speed of swimming in MVO₂

INTRODUCCIÓN

Cuba ha evidenciado un marcado descenso de los resultados deportivos de la natación. Estos resultados han originado que la Comisión Nacional de dicho deporte adopte un grupo de acciones para intentar rescatar las glorias de antaño.

La natación es un deporte que se desarrolla en un medio acuático. El nadador debe que combatir con dos fuerzas: la de hundimiento y la de ascenso o de flotación y además, la resistencia del agua. Este deporte se clasifican según las intensidades del esfuerzo como: potencia máxima los eventos 25 y 50 metros,

potencia submáxima a los de 100, 200 y 400 metros, gran potencia a los comprendidos entre los 800 y 1500 metros y potencia moderada a los de distancias superiores. Por tanto los grandes clubes a nivel mundial y academias aplican pruebas para determinar los umbrales óptimos de entrenamiento y las capacidades aeróbicas y anaeróbicas, las cuales incluyen la evaluación del umbral láctico (umbral anaeróbico), el consumo de oxígeno máximo ($V_{O2m\acute{a}x}$), series sprints a nivel de lactato, lactato mínimo (LM) y series a ritmo cardíaco determinado.

Un test que se implemente para las zonas entre umbrales posibilitará: comprobar cambios resultantes de un período de entrenamiento en los nadadores y definir las intensidades de entrenamiento específicas que dan posibilidad de mejora al nivel de acondicionamiento para la competición del nadador (Olivera Muñiz, 2018). Estos aspectos son poco abordados en el programa de preparación del deportista de natación, en donde se explica que se debe aplicar como entrenamiento en cada categoría, pero no se expone la forma en qué se debe prescribir la carga para determinar las posibilidades reales máximas de cada deportista. La velocidad crítica de nado es uno de los elementos más abordados en la literatura especializada de natación y lo declaran como un pilar importante para lograr altos resultados deportivos. En este sentido Wakayoshi (como se cita en Navarro & Oca, 2013) hizo nadar a varios sujetos a 6 velocidades diferentes en un túnel de nado. Los sujetos nadaron a cada velocidad hasta no poder continuar. Con los tiempos obtenidos (T, en segundos) calculó la distancia (D) con la fórmula común $D = (\text{velocidad} \times \text{tiempo})$. Luego dibujó una línea de regresión entre la distancia y el tiempo (con la ecuación $D = a + bT$). La inclinación de la línea determinó la Velocidad Crítica de Nado (VCN).

Wakayoshi y colaboradores (1992) introdujeron y adaptaron para la natación el concepto de velocidad crítica a partir del concepto original de potencia crítica propuesto por Monod y Scherrer (1965). Se definió el término velocidad crítica como la velocidad de natación máxima que puede mantenerse durante un periodo de tiempo prolongado sin agotamiento. (Marinho, y otros, 2009)

En un estudio realizado por Ginnen 1993, utilizó dos velocidades máximas para determinar la VCN (50m y 400m) e implementó un procedimiento para calcular la VCN diferente a la utilizada por Wakayoshi (Navarro, F.; Oca, A., 2013).

Maclaren y Coulson (1999) informaron de que el entrenamiento aeróbico producía un efecto positivo sobre la velocidad crítica. Estos autores comunicaron un aumento y un estado estático en la velocidad crítica después de un entrenamiento aeróbico de 8 semanas y un período de entrenamiento anaeróbico de 3 semanas, respectivamente.

El nadador debe mejorar su sistema cardiovascular para el desarrollo de la velocidad y rendimiento en el nado. Esta mejora se consigue por el desarrollo de la capacidad de los pulmones, corazón y capilares sanguíneos para suministrar oxígeno a los músculos y la capacidad de los músculos para extraer y utilizar dicho oxígeno para producir energía. La potencia de nado se mide en términos de $VO_2Máx$.(Sánchez, 2018)

El $VO_2Máx$ es una medida de la cantidad de oxígeno que el cuerpo es capaz de utilizar para producir energía. La forma más eficiente para mejorar tu $VO_2Máx$ es a través de alta intensidad en un 95% al 100% de tu nivel de $VO_2Máx$.(Midgley & McNaughton, 2006).

En la natación son importantes las posibilidades aeróbicas del organismo, sin embargo, existen nadadores con menores niveles de $VO_2Máx$ que sistemáticamente logran mejores resultados que aquellos con un $VO_2Máx$ más elevado. Del mismo modo, en primer lugar un nadador que tenga un estilo de nado eficiente y económico con un $VO_2Máx$ más bajo puede en la práctica funcionar mejor que un nadador menos económico con un alto $VO_2Máx$.El nadador más económico tiene una mayor velocidad de nado en $VO_2máx$ ($vVO_2máx$) y nadará mayor distancia por ciclo de brazada. Si dos nadadores de 400 metros que compiten entre ellos tienen idéntico $VO_2máx$, el que sea más eficiente debería tener una mayor $vVo_2máx$ y por tanto, ganar la competición. (Sánchez, 2018). Por lo que es vital que se incorporen estos elementos al programa de preparación del

deportista en función de elevar el rendimiento de nuestros deportistas en cada una de las categorías.

La velocidad crítica y la velocidad de nado en $VO_2\text{máx}$ se asocian con el rendimiento aeróbico, en una zona intermedia que les permite a una alta intensidad sin el aumento excesivo de lactato, lo cual se reconoce como estado estable de lactato. Sin embargo, estas dos variables no siempre se coordinan durante el entrenamiento. En relación con ello, no está claro si la mejora de la capacidad aeróbica depende de la mejora bioenergética o biomecánica (eficiencia técnica) y la $vVo_2\text{máx}$ se asocia más a la frecuencia de brazadas ideal. Por tanto, el objetivo de la presente investigación es: determinar los valores de la velocidad crítica y de nado en $VO_2\text{máx}$ en un grupo de jóvenes nadadores de la EIDE de Matanzas.

DESARROLLO:

Selección de la muestra:

En la investigación participó un grupo de once nadadores miembros del equipo de natación de la EIDE "Luis Augusto Turcios Lima", todos del sexo masculino. Los valores promedios obtenidos en el grupo investigado se muestran a continuación: $10,91 \pm 1,14$ años de edad, $154,18 \pm 9,42$ cm de estatura, $44,79 \pm 6,98$ kg de peso corporal y $2,93 \pm 1,19$ años de experiencia deportiva. Los padres de los participantes dieron su consentimiento por escrito y los procedimientos recibieron la aprobación por el Centro Provincial de Medicina del Deporte de la Provincia Matanzas.

Procedimiento

La presente investigación es de campo, aplicada, de tipo transversal, descriptiva, de naturaleza cuantitativa y cualitativa. Para el desarrollo de la investigación se aplicaron los métodos teóricos y empíricos, en especial, la medición y el análisis de documento, que sirvieron para el procesamiento de las pruebas aplicadas y realizar la crítica al Programa de preparación del deportista de Natación.

La evaluación se llevó a cabo en el inicio de la etapa de preparación especial. En cada prueba se determinaron, para cada participante, la velocidad crítica y $vVO_2Máx$. Todos los nadadores realizaron dos pruebas máximas al estilo libre, de 50 y 100 metros para la velocidad crítica, antes de las cuales cada nadador realizó el mismo protocolo de calentamiento. Las pruebas de 50 y 100 metros tuvieron lugar con un intervalo de dos días, comenzando con la de 50 m. El proceso de evaluación se realizó en una piscina interior de 25 m de largo, con salidas en el agua en ambas pruebas (Sousa, M., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J., 2011). La velocidad crítica se evaluó considerando la pendiente de la relación entre distancia y tiempo (50 m y 100 m) a partir de la siguiente fórmula:

$$VCN \text{ (m/s)} = (\text{Distancia 2} - \text{Distancia 1}) / (\text{Tiempo 2} - \text{Tiempo 1})$$

Dos días después de aplicado el test para determinar la velocidad crítica se aplicó el test de los 6 minutos para determinar la velocidad de nado en $VO_2Máx$ ($vVO_2Máx$). La velocidad de nado en $VO_2Máx$ se evaluó considerando la distancia recorrida en 6 minutos a partir de la siguiente fórmula:

$$vVO_2Máx \text{ (m/s)} = \text{distancia cubierta en los 6 minutos (m)} / 360$$

Estadística

Para el procesamiento de los datos se empleó la versión 24.0 del software SPSS Statistics® (*Statistical Package for Social Sciences*) en la plataforma de Windows y el Statgraphics Plus Centurión, para determinar las medidas de tendencia central y de dispersión. Se calcularon las desviaciones media y estándar para todas las variables y se comprobó la normalidad de la distribución de todos los datos con las pruebas de asimetría y curtosis estandarizada. Se utilizó el análisis de asociación para calcular el coeficiente de confiabilidad de Alfa de Cronbach de los test aplicados. Se hallaron los percentiles 10, 25, 50, 75 y 90 de las variables más relevantes a fin de utilizarlos con criterios evaluativos. Para la obtención de los datos primarios se aplicó la metodología recomendada por Ginn (1993) para la

determinación de la velocidad crítica de nado y la Navarro y Oca (2010) para la velocidad de nado en VO₂Máx. Se fijó la significación estadística en $p \leq 0,05$ para todo el análisis.

Resultados:

Tabla 1. Valores descriptivos de las pruebas de 50m, 100m y test de los 6 minutos realizada a los nadadores de la EIDE de Matanzas durante el inicio de la etapa de preparación especial.

Pruebas realizadas	Media \pm DE	Rango	Asimetría	Curtosis
50 m (Segundos)	47,51 \pm 5,35	21,99	0,809	3,228
100 m (Segundos)	102,09 \pm 9,5	36,00	-0,532	1,195
Test de los 6 minutos (metros)	325,67 \pm 58,35	187,2	-0,086	-0,753
N válido (según lista)	11			

En la tabla 1 y 2 se muestran los resúmenes estadísticos para cada una de las variables seleccionadas, que incluye medidas de tendencia central, de variabilidad y de forma. De particular interés están la asimetría y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra procede de una distribución normal o no. Estos valores estadísticos, fuera del rango de -2 a +2, indican una desviación significativa de la normalidad, que tenderían a invalidar muchos de los procedimientos estadísticos aplicados habitualmente a estos datos. En este caso, la prueba de 50 metros libres con arrancada desde el agua, muestra valores de curtosis estandarizada fuera del rango esperado. Para que la variable adopte una tendencia a la normalidad, se podría intentar una transformación de LOG (Y), SQRT (Y), o 1/Y. Los valores promedios obtenidos en las pruebas aplicadas se manifestaron de la siguiente forma: 47,51 \pm 5,35 segundos para los 50 metros,

102,09±9,5 segundos en los 100 y 325,67±58,35 metros recorridos en el test de los 6 minutos.

Tabla 2. Valores descriptivos de la velocidad crítica de nado y la velocidad de nado en VO₂Máx alcanzada por los nadadores de la EIDE de Matanzas durante el inicio de la etapa de preparación especial.

Indicadores funcionales	Media ± DE	Rango	Asimetría	Curtosis
VCN	0,94± 0,14	0,43	-0,14	-1,03
vVO ₂ Máx	0,90±0,16	0,52	-0,09	-0,75
N válido (según lista)	11			

Los valores promedios obtenidos en las pruebas aplicadas (tabla 2) se manifestaron de la siguiente forma: 0,94± 0,14 m/s de velocidad crítica de nado y 0,90± 0,16 m/s de velocidad de nado VO₂Máx.

Tabla3. Percentiles del tiempo a realizar según la velocidad crítica de nado en las diferentes distancias (50, 100, 200 y 400 metros).

Tiempo a realizar	Percentiles					
	10	25	50	75	90	95
En 50 metros (Segundos)	56,20	53,20	45,89	40,30	36,08	35,35
En 100 metros (Minutos)	1,55	1,49	1,35	1,24	1,15	1,14
En 200 metros (Minutos)	3,51	3,39	3,10	2,47	2,30	2,27
En 400 metros (Minutos)	7,46	7,22	6,23	5,38	4,65	4,59

Tabla 4. Percentiles del tiempo a realizar según la velocidad de nado en VO2Máx en las diferentes distancias (50, 100, 200 y 400 metros).

Tiempo a realizar	Percentiles					
	10	25	50	75	90	95
En 50 metros (Segundos)	57,10	52,00	45,00	37,50	32,60	31,50
En 100 metros (Minutos)	1,54	1,44	1,30	1,15	1,05	1,03
En 200 metros (Minutos)	3,48	3,28	3,00	2,30	2,10	2,06
En 400 metros (Minutos)	7,37	6,56	6,00	5,00	4,21	4,12

Los resultados obtenidos al calcular los percentiles (Tablas 3 y 4) nos permiten establecer la evaluación de los indicadores funcionales evaluados y lograr una fortaleza estadística en el afán de identificar los posibles talentos deportivos. La VCN y vVO2máx se evalúa de la siguiente manera:

- Pobre: a los que se encuentre por debajo del 25 percentil
- Regular: los del 25 percentil (iguales o mayores del 25 y menores del 50)
- Bien: los iguales al 50 percentil (considerando el rango de mayores del 50 y menores al 75)
- Excelente: los correspondientes al 75 percentil (rango de iguales o mayores del 75 y menores del 90)
- Talento para la natación: a los que se encuentra en el percentil 90 (iguales o mayores del 90).

Para el establecimiento de los percentiles se tuvo en cuenta el factor tiempo y la complejidad que este implica para su tratamiento. El tiempo es una magnitud física con la que se mide la duración o separación de acontecimientos, en este caso los eventos de la natación, el cual tiene como base el sistema sexagesimal, es un

sistema de numeración posicional que emplea como base aritmética el número 60. Se usa para medir tiempos (horas, minutos y segundos) y en otros casos ángulos (grados, minutos y segundos). En dicho sistema, 60 subunidades de un orden forman una unidad. Y su forma de evaluación implica que a menor valor de tiempo mejor es el resultado en la natación.

Tabla 5. Resultados del coeficiente de confiabilidad de Alfa de Cronbach sobre las pruebas aplicadas.

Estadísticos de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
0.782	7.487	2

En lo referente a la confiabilidad de los instrumentos de evaluación utilizados, se pudo comprobar que tanto los indicadores de velocidad crítica de nado y la $vVO_2\text{máx}$ denotan consistencia interna y fiabilidad para ser usadas en estos casos. Por tanto, desde el punto de vista estadístico, se aceptan los resultados obtenidos por este tipo de evaluación, por estar comprendida entre los valores de 0,70 y 0,80.

DISCUSIÓN:

En un estudio realizado en nadadores seleccionados por la Real Federación Española de Natación (Programa de Detección y Seguimiento de Talentos Deportivos) arrojaron valores de la VCN en $1,32 \pm 0,07$ m/s (Saavedra García, Rodríguez Guisado, Escalante González, & Pacheco Vargas, 2014), lo cual dista muchos de nadadores escolares investigado en nuestra provincia ($0,94 \pm 0,14$ m/s). La comprensión de la VCN resulta vital tanto para el entrenamiento y desarrollo de la capacidad aerobia, como para la selección de deportistas con mayor predisposición genética para el rendimiento. Este aspecto es vital para el nadador con la finalidad de prescribir las zonas y velocidades de entrenamiento cuando se trabaje:

- La resistencia aeróbica, se deberá sumar 2 a 3 segundos al tiempo sobre 100 metros resultado de la velocidad crítica
- la resistencia básica, se deberá sumar entre 3 a 6 segundos cada 100 metros (respecto al tiempo de la VCN)
- el trabajo anaeróbico, los tiempos lógicamente serán menores respecto a la VCN.

Por tanto los resultados de la investigación evidencian que los deportistas analizados se encuentran muy lejos de los estándares mundiales, por ello se impone ser más minucioso en la selección deportiva de los nadadores cubanos, para aprovechar los índices óptimos de edad y maduración biológica, estatura, composición corporal e índices antropométricos para las distintas especialidades de la natación, utilizados por Platonov y Fessenkoen la selección inicial de los nadadores(Sánchez García & Salguero del Valle, 2015).

La velocidad de nado en $VO_2Máx$ nos informa que el nivel técnico de los deportistas es pobre, lo cual es comprensible debido a que se encuentran en las categorías inferiores. Otro dato que aporta este indicador es la barrera del umbral anaeróbico y sirve de patrón para establecer los picos de lactato máximo y por tanto prevenir la fatiga.

A partir de las escalas realizadas por el estudio de los percentiles se pudo constatar que la muestra investigada posee una evaluación de regular tanto para la velocidad crítica como para la $vVOMáx$.

CONCLUSIONES

Los nadadores investigados presentaron una evaluación de regular en los indicadores analizados en la investigación. Se elaboró un sistema de evaluación para el desempeño de los nadadores con respecto a la velocidad crítica de nado y la velocidad de nado en $VO_2Máx$. Los datos aportados en la investigación denotan consistencia interna y fiabilidad que podría ayudar a los entrenadores de natación a controlar su entrenamiento sin necesidad de utilizar instrumentos costosos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Comisión Nacional de Natación. (2016). Programa de Preparación del Deportista de Natación 2016-2020. Habana, Cuba. P. 125.
- Ginn, E. (1993). Critical speed and training intensities for swimming. *Australian sport*.
- Marinho, D. A., Silva, A. J., Reis, V. M., Costo, A. M., Brito, J. P., Ferraz, R., y otros. (2009). Cambios en la velocidad crítica y en la frecuencia crítica de brazada durante un periodo de entrenamiento en natación de 12 semanas: caso práctico. *Journal of Human Sport and Exercise*, IV(I), 52-61.
- Midgley, A. W., & McNaughton, L. R. (2006). Time at or near VO₂max during continuous and intermittent running. *The journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46, 1-16.
- Navarro, F.; Oca, A. (2013). *Uso de la velocidad crítica para el entrenamiento de la resistencia aeróbica en nadadores jóvenes*. (G-se Estándar) Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de [Http://g-se.com/es/entrenamiento-en-natacion/blog/uso-de-la-velocidadcritica-para-el-entrenamiento-de-la-resistencia-aerobica-en-nadadores-jovenes](http://g-se.com/es/entrenamiento-en-natacion/blog/uso-de-la-velocidadcritica-para-el-entrenamiento-de-la-resistencia-aerobica-en-nadadores-jovenes).
- Navarro, F., Llop, F., Aceña, R., Díaz, G., Muñoz, V., Carrasco, M., et al. (2006). La evaluación fisiológica de los nadadores. Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo. Universidad de Castilla. Recuperado el 20 de abril de 2020. <http://www.aetn.es/files/20061-04.pdf>.
- Olivera Muñiz, E. H. (2018). Velocidad crítica de nado en escolares. *Jornada Científica Provincial del CEPROMEDE*, (págs. 1-19). Matanzas.
- Palau Mafla, M. F., & Moreno Hernández, M. I. (2015). *Caracterización morfológica, motora y funcional de estudiantes nadadores pertenecientes a la selección Pontificia Universidad Javeriana Cali*. Cali: Universidad del Valle.

Saavedra García, J. M., Rodríguez Guisado, F. A., Escalante González, Y., & Pacheco Vargas, A. (2014). Evaluación multidimensional de nadadores alevines: análisis discriminante aplicado a la selección de talentos. // *Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte* (págs. 1-7). Madrid: INEF.

Sánchez García, A., & Salguero del Valle, A. (2015). *Valoración de la resistencia aeróbica de los nadadores a través del test de la velocidad crítica de nado*. Trabajo de Fin de Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de León, León.

Sánchez, P. (2018). Recuperado el 9 de julio de 2020, de Mundo Entrenamiento.

Sousa, M., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J. (2012). Is the critical velocity test a good tool for aerobic assessment of children swimmers? *The Open Sports Science Journal*, 5, 125-129.