

## PRODUCCIÓN DE LACTATO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE PRUEBA DE NATACIÓN

### LACTATE PRODUCTION ACCORDING TO THE TYPE OF SWIMMING TEST

**Autor:**

Valdivia, P. A.<sup>(1)</sup>

**Institución:**

<sup>(1)</sup>Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte [pvaldiviamoral@hotmail.com](mailto:pvaldiviamoral@hotmail.com)

**Resumen:**

El objetivo de este trabajo es analizar los diferentes estudios que tratan la presencia y evolución del lactato en pruebas de natación como son 100 mts, 200 mts y 400 mts. Se pretende determinar cual es el comportamiento del lactato en las diferentes distancias y comprobar como afecta al rendimiento del nadador. Para ello, se ha realizado el análisis de diferentes factores tales como, la velocidad crítica, ritmo de patada y otros factores subyacentes. Se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos (EBSCO, OvidSP, ProQuest, etc.) de actividad física y deporte, para identificar los trabajos más importantes en la materia. Las conclusiones disciernen en función del tipo de prueba analizada, destacando la prueba de 400 mts. como aquella en la que el lactato tiene una presencia más importante de cara los diferentes factores que afectan al rendimiento del nadador

**Palabras Clave:** Lactato, Natación, Velocidad Crítica, Rendimiento.

**Abstract:**

The aim of this paper is to analyze the different studies addressing the presence and evolution of lactate in swimming events as are 100 mts, 200 mts and 400 mts. Which is aimed at determining the behavior of lactate in the different distances and see how it affects the performance of the swimmer. This has been used to analyze various factors such as critical speed, pace and kick other underlying factors. It has conducted a literature search in major databases (EBSCO, OvidSP, ProQuest, etc.). Of physical activity and sport, to identify the most important works in the field. The findings discerned in the type of sample being analyzed, highlighting the 400 meters. as one in which lactate has a

presence more important for the different factors affecting the performance of the swimmer

**Key Words:** Lactate, Swimming, Critical Speed, Efficiency .

## INTRODUCCIÓN

El lactato se produce como resultado de la anaerobiosis celular o de la oxidación ordinaria de la glucosa en la célula, o del conjunto de ambos procesos. El lactato puede reflejar muy objetivamente la capacidad y las reacciones fisiológicas del entrenamiento; sin embargo esto debe de ser siempre interpretado según la clase de ejercicio y el tipo de atleta (Olbrecht, 2006). Es difícil valorar la producción de lactato en reposo, sobre todo teniendo en cuenta el concepto de tasa de renovación metabólica, que podría enmascarar los cambios de producción manteniendo unos niveles normales de lactato en sangre, al aumentar su eliminación. El lactato se produce siempre, incluso en sujetos sanos en reposo y bien oxigenados, siendo el producto final de la glucólisis proveniente del piruvato, cuando la cantidad de oxígeno celular disponible es limitada (Wilmore y Costill, 2004). El lactato producido reduce la capacidad de combinación del calcio de las fibras e impide de este modo la concentración muscular (Wilmore y Costill, 2004). El lactato arterial aumenta significativamente durante el ejercicio realizado por encima de un consumo de oxígeno específico.

Se ha demostrado una correlación directa entre el consumo de oxígeno y la acumulación de lactato (Laffite *et al.*, 2004). En condiciones nutricionales y metabólicas normales, el lactato se forma en el músculo esquelético bajo las siguientes condiciones (Wilmore y Costill, 2004):

- Al inicio del ejercicio, cuando falta oxígeno debido a las exigencias del trabajo realizado, se intenta aceleradamente establecer un equilibrio con las demandas energéticas. El lactato que se forma es consecuencia del proceso de obtención de energía en forma de ATP de los deportes eminentemente anaerobios.

- Durante el ejercicio estable, en el cual predomina la vía aerobia, el lactato puede ser liberado de ciertos músculos activos hacia la sangre acumulándose o no en función de la intensidad del ejercicio.

El tiempo de media de eliminación del lactato en sangre es de 15 min. aproximadamente si el individuo está en reposo durante la recuperación, independientemente de la concentración máxima que se encuentra en el rango de 4 a 16mM. Wilmore y Costill, (2004) indican que se utiliza un valor arbitrario entre 2,0 y 4,0 moles de lactato por litro de Oxígeno consumido para representar el punto en el que comienza la acumulación de lactato en sangre. De acuerdo al concepto clásico aproximadamente el 20% del lactato producido durante el ejercicio se reoxida a piruvato y luego se desanima a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, y el lactato remanente es tomado por el hígado para formar glucosa que puede ser reconvertida a glucógeno o liberada en la sangre (Wilmore y Costill, 2004). En la actualidad existe la necesidad de identificar los niveles de intensidad a los que se ejecuta, con el objetivo de obtener un mínimo de adaptación para mejorar la salud o el máximo de eficiencia en determinada disciplina deportiva. Para esto se utilizan diferentes metodologías que involucran criterios tanto de rendimiento, como fisiológicos.

Determinar los niveles de ácido láctico en sangre se ha reportado como uno de los medios “objetivos” de evaluar la intensidad del estímulo de entrenamiento, (Brooks, Fahey, White y Baldwin, 1999), lo que brinda una forma indirecta de obtener información sobre la intensidad del esfuerzo que está realizando el músculo que trabaja (Castro, 2003).

El término más común para describir la respuesta del lactato sanguíneo al ejercicio es el umbral anaeróbico que representa la mayor intensidad de trabajo a la que se da el balance entre la producción y remisión de lactato. En natación se establece que trabajar a una concentración de 4mM/litro en sangre en el que junto a la velocidad crítica de nado, se estima que corresponda al umbral anaeróbico (Castro, 2003). Diferentes autores utilizan el término de velocidad

crítica, referida como aquella velocidad que teóricamente podría ser mantenida sin extenuación (Abe, D. *et al.*, 2006).

## LACTATO SEGÚN LA PRUEBA REALIZADA

### 400 METROS

La prueba de 400 mts., es la que normalmente se utiliza para medir el máximo estado estable del lactato. En el estudio de Baron, Dekerle, Depretz, Lefevre, y Pelayo P. (2005), se midieron los parámetros fisiológicos importantes con relación al lactato durante dos horas de ejercicio. Los sujetos nadaron 400 mts. al estilo crol, y comprobaron que en cuanto a la velocidad autoseleccionada y el máximo estado estable del lactato no hubo diferencias significativas y si una alta correlación ( $r=0.891$ ). Posteriormente dicha velocidad disminuyó alcanzados los 68 minutos y el ritmo de patada de los nadadores empezó a decrecer a partir de los 100 minutos, sin embargo, el ritmo de brazada permaneció constante. Dekerle *et al.* (2005), también realizaron un estudio para determinar el máximo estado estable del lactato en una prueba que consistía en realizar 400 mts. a crol y 4 series de 30 minutos con intensidades de 75%, 80%, 85% y 90%, respectivamente. En cuanto a los resultados, no encontraron diferencias significativas entre el máximo estado estable del lactato y el descenso del ritmo de patada y si una alta correlación ( $r = 0.88$ ;  $p < 0.001$ ). Petibois y Deleris, (2003), describieron los cambios metabólicos en la sangre de siete nadadores masculinos encontrando un incremento de lactato a partir del 300 mts. Otro estudio fue realizado por Laffite *et al.* (2004), para medir la concentración de ácido láctico antes e inmediatamente después de cada prueba. En sus resultados, la concentración de ácido láctico aumentó significativamente siendo la contribución representada al metabolismo anaeróbico un 20% del total de la energía. Además encontraron una alta significación entre el nivel de  $VO_2$  y el nivel de lactato en sangre ( $p < 0.05$ ). Wakayoshik *et al.* (1993), se basaron en una prueba de 4 x 400 mts. a velocidades constantes (98%, 100% y 102%). En la prueba con intensidad de 98% la concentración de lactato en sangre tuvo tendencia a incrementar

significativamente en la cuarta serie. En la prueba de 100% de intensidad la concentración de lactato mostró un nivel de estado estable de aproximadamente 3.2mmol. Por otro lado, en la última prueba con intensidad de 102% la concentración de lactato incrementó progresivamente siendo en la 3ª y 4ª siendo altamente significativas respecto a la prueba de 100%. Olbrecht, Madsen, Mader, Liesen, y Hollmann (1985), utilizaron el test de mader para determinar la relación entre la concentración de ácido láctico en sangre y la velocidad. Después de 30 minutos a máxima velocidad se encontró una concentración del lactato de 0.75mmol. Durante 30 minutos de nado continuo en un intervalo de 95% al 105% de velocidad hubo una correlación significativa ( $r = 0.82$ ) entre la velocidad y la concentración de ácido láctico, siendo similar a la encontrada por Baron *et al.* (2005). En la tabla 1 podemos encontrar un resumen de las investigaciones.

**Tabla 1. Estudios que analizan el lactato en la prueba de 400 metros**

Autores	Sujetos	Resultados
Baron <i>et al.</i> (2005)	10 nadadores entrenados	<ul style="list-style-type: none"><li>Alta correlación entre la velocidad seleccionada y máximo estado estable de lactato (<math>r=0.891</math>)</li></ul>
Dekerle <i>et al.</i> (2005)	11 nadadores entrenados	<ul style="list-style-type: none"><li>No se encontraron diferencias significativas entre el máximo estado estable del lactato y el descenso del ritmo de patada y si una alta correlación (<math>r = 0.88</math>; <math>p &lt; 0.001</math>)</li></ul>

Autores	Sujetos	Resultados
Laffite <i>et al.</i> (2004)	7 nadadores entrenados	<ul style="list-style-type: none"><li>• La concentración de ácido láctico aumentó significativamente contribuyendo al metabolismo anaeróbico un 20% del total de la energía. Encontraron una alta significación entre el nivel de VO<sub>2</sub> y el nivel de lactato en sangre (<math>p &lt; 0.05</math>).</li></ul>
Petibois y Deleris (2003)	7 nadadores masculinos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incremento de lactato a partir del 300 mts</li></ul>
Wakayoshik <i>et al.</i> (1993)	8 nadadores	<ul style="list-style-type: none"><li>• Al 98% de la velocidad la concentración de lactato en sangre tuvo tendencia a incrementar significativamente en la cuarta serie de 4 x 400 mts.</li><li>• Al 100% de intensidad la concentración de lactato mostró un nivel de estado estable de aproximadamente 3.2mmol.</li><li>• Al 102% de intensidad, la concentración de lactato incrementó progresivamente siendo en la 3ª y 4ª altamente significativas respecto a la prueba de 100%.</li></ul>
Olbrecht <i>et al.</i> (1985)	59 nadadores masculinos	<ul style="list-style-type: none"><li>• A los 30 minutos a máxima velocidad se encontró una concentración del lactato de 0.75mmol. Durante 30 minutos de nado continuo en un intervalo de 95% al 105% de velocidad hubo una correlación significativa (<math>r = 0.82</math>) entre la velocidad y la concentración de ácido láctico.</li></ul>

## 200 METROS

Con respecto a la prueba de 200 mts., Denadai, Greco y Teixeira (2000) midieron la velocidad crítica según la concentración de lactato que se obtuvo en la prueba, para ello utilizaron dos grupos de nadadores, el primero de ellos correspondía a entrenados y otro grupo de de iniciación. En el grupo de entrenados, la velocidad equivalente a la concentración de lactato de 4mmol ( $1.19 \pm 0.11 \text{ m/s}^{-1}$ ), fue significativamente más rápida que la velocidad crítica. En cambio, no hubo una alta correlación entre la velocidad crítica y la concentración de lactato de 4mmol ( $r = 0.60, P > 0.05$ ). Para el grupo de iniciación, la velocidad equivalente a la concentración de lactato de 4mmol ( $0.82 \pm 0.09 \text{ m/s}^{-1}$ ), fue significativamente más rápida que la velocidad crítica. Por otro lado, existió una alta correlación entre la velocidad crítica y la concentración de lactato de 4mmol ( $r = 0.96, P < 0.001$ ).

Olbrecht *et al.* (1985), examinaron la relación entre la concentración de lactato y la velocidad durante el 200 mts. Durante los intervalos de 10 segundos a la velocidad crítica, el nivel de ácido láctico incrementó un 2.95% para el 200 mts. Durante los intervalos de 30 segundos en el que los nadadores desarrollaron la velocidad crítica, el nivel de ácido láctico incrementó un 4.22%. Laffite *et al.* (2004), encontraron que los niveles de concentración de lactato fueron estables en el recorrido correspondiente a 200 mts. Wakayoshik *et al.* (1993), coincidió con Denadai *et al.* (2000) y Olbrecht *et al.* (1985) en que la velocidad crítica tuvo una correlación significativa de 4mmol de concentración de lactato en sangre ( $r = 0.914, P < 0.01$ ). Según Wakayoshik *et al.* (1992), y coincidiendo con Denadai *et al.* (2000), Olbrecht *et al.* (1985) y con Wakayoshik *et al.* (1993), existe una correlación entre la velocidad crítica y la concentración de lactato ( $r = 0.862$ ).

**Tabla 2. Estudios que analizan el lactato en la prueba de 200 metros**

Autores	Sujetos	Resultados
Laffite <i>et al.</i> (2004)	7 nadadores entrenados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveles de concentración de lactato fueron estables en el recorrido correspondiente a 200 mts.</li> </ul>
Denadai <i>et al.</i> (2000)	60 nadadores entre 10 y 12 años. Un grupo de iniciación y otro de entrenados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el grupo de entrenados, la velocidad equivalente a la concentración de lactato de 4mmol (<math>1.19 \pm 0.11 \text{ m/s}^{-1}</math>), fue significativamente más rápida que la velocidad crítica. No hubo una alta correlación entre la velocidad crítica y la concentración de lactato de 4mmol (<math>r = 0.60, P &gt; 0.05</math>)</li> <li>• En el grupo de iniciación, la velocidad equivalente a la concentración de lactato de 4mmol (<math>0.82 \pm 0.09 \text{ m/s}^{-1}</math>), fue significativamente más rápida que la velocidad crítica. Existió una alta correlación entre la velocidad crítica y la concentración de lactato de 4mmol (<math>r = 0.96, P &lt; 0.001</math>)</li> </ul>
Wakayoshik <i>et al.</i> (1993)	8 nadadores entrenados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad crítica tuvo una correlación significativa de 4mmol de concentración de lactato en sangre (<math>r = 0.914, P &lt; 0.01</math>)</li> </ul>
Wakayoshik <i>et al.</i> (1992)	9 estudiantes universitarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Correlación entre la velocidad crítica y la concentración de lactato (<math>r = 0.862</math>).</li> </ul>
Olbrecht <i>et al.</i> (1985)	59 nadadores masculinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los intervalos de 10 seg. a la velocidad crítica, el nivel de ácido láctico incrementó un 2.95% para el 200 mts. Durante los intervalos de 30 seg. a velocidad crítica, el nivel de ácido láctico aumento un 4.22%.</li> </ul>

## 100 METROS

En cuanto a la prueba de 100 mts., Keskinen, Komin y Rusko (1989), estudiaron el lactato en once nadadores competitivos, encontrando en su estudio que el valor de lactato más alto en sangre se daba a los 100 mts., con un valor de  $14.9 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , en una prueba de 400 mts. Laffite *et al.* (2004), encontró que el nivel de lactato en sangre permanecía estable a los 100 mts., aunque estimaron que la contribución del metabolismo anaeróbico fue alta durante los 100 mts. iniciales. Por otro lado, Laffite *et al.* (2004), indican que la velocidad y la brazada decrecieron significativamente después de los primeros 100 mts., posteriormente la brazada incrementó hasta el final, por último, el ritmo de patada decreció linealmente durante toda la prueba de 400 mts. Olbrecht *et al.* (1985), encontraron que realizando ejercicios interválicos de 10 segundos el nivel de ácido láctico incrementó para 100 mts., un 4.21% y un 7.34% para los ejercicios interválicos de 30 segundos.

**Tabla 3. Estudios que analizan el lactato en la prueba de 100 metros**

Autores	Sujetos	Resultados
Laffite <i>et al.</i> (2004)	7 nadadores entrenados	<ul style="list-style-type: none"><li>El nivel de lactato en sangre permanecía estable a los 100 mts., estimaron una alta contribución del metabolismo anaeróbico en los 100 metros</li></ul>
Keskinen <i>et al.</i> (1989)	11 nadadores entrenados	<ul style="list-style-type: none"><li>El valor de lactato más alto en sangre a los 100 mts., era de <math>14.9 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}</math></li></ul>
Olbrecht <i>et al.</i> (1985)	59 nadadores masculinos	<ul style="list-style-type: none"><li>En los intervalos de 10 segundos a velocidad crítica el nivel de ácido láctico incrementó un 4.21%. 7.34% fue el incremento para los intervalos de 30 segundos.</li></ul>

## CONCLUSIONES

La utilización de lactato como parámetro de la intensidad es un indicador bastante objetivo y es útil como factor de análisis para el rendimiento del deportista. La concentración de lactato de 4mmol corresponde a la velocidad crítica en natación, representando la mayor intensidad de trabajo entre la producción y remisión de lactato. En las pruebas de 100 mts., el nivel de concentración de lactato en sangre permanece estable o aumenta levemente. En las pruebas de 200 mts. no se producen incrementos significativos de lactato en sangre, sin embargo, se encuentran correlaciones entre la velocidad crítica y el nivel de lactato en sangre. En las pruebas de 400 mts., se producen aumentos significativos del nivel de lactato en sangre. Se encuentra correlaciones significativas entre la velocidad seleccionada, ritmo de patada y el nivel estable de lactato en sangre.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abe, D., Tokumaru, H., Niihata, S., Muraki, S., Fukuoka, Y., Usui, S. y Yoshida, T. (2006). Assessment of short distance breakstroke swimming performance with critical velocity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5: 340-348.
2. Baron, B., Dekerle, J., Depretz, S., Lefevre, T., y Pelayo P. (2005). Self selected speed and maximal lactate steady state speed in swimming. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(1): 1-6.
3. Brooks, G.A., Fahey, T.D., White, T.P., Baldwin, K.M., (1999). *Exercise Physiology: Human bioenergetics and its applications* (3ª Ed.). Calif.: Mayfield publishing company.
4. Castro, F. (2003). Mediciones de concentración del lactato en sangre en rendimiento y factores determinantes. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 66. Recuperado en Septiembre 23, 2009, disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd66/lactato.htm>

5. Dekerle, J., Nesi, X., Lefevre, T., Depretz, S., Sidney, M., Marchand, F.H. y Pelayo P. (2005). Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *International Journal of Sports Medicine*, 26: 53-58.
6. Denadai, B.S., Greco, C. y Teixeira, M. (2000) Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10-12 years of different standards. *Journal of Sports Science*, 18, 779-784.
7. Keskinen, K.L., Komi, P.V. y Rusko, H. (1989). A comparative study of blood lactate tests in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 10:197-201.
8. Laffite, L.P., Vilas-Boas, J.P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R. y Billat V.L. (2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29.
9. Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesen, H. y Hollmann, W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 6: 74-77
10. Olbrecht J. (2006). La relevancia del lactato para el entrenamiento. Recuperado en Septiembre 21, 2009, disponible en: <http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCE/artículo.asp?Ida=258>.
11. Petibois, C. y Deleris, G. (2003). Fourier –transform infrared spectrometry determination of the metabolic changes during a maximal 400-meter swimming test. *International Journal of Sports Medicine*, 24(5): 313-319.
12. Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y. y Miyashita, M. (1992). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(2): 153-157.
13. Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Harada, T., Moritani, T., Mutoh, Y. y Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent

exercise intensity at maximal lactate steady state?. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66(1): 90-95.

14. Wilmore, J. y Costill, D. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (5<sup>a</sup> Ed.). Barcelona: Edit. Paidotribo.