

Lactatemia durante pruebas de ejercicio características del salvamento acuático competitivo

R. TORRAS, M.T. PRATS,
J. PESQUERO, L. PALACIOS,
A. VIEJO, V. ALFARO

Departamento de Fisiología,
Facultad de Biología,
Universidad de Barcelona

AGRADECIMIENTOS. Este estudio ha sido financiado parcialmente por el proyecto de investigación PB93-0740 de la DGyCIT. Queremos agradecer las facilidades prestadas por la Federación Española de Socorrismo y Salvamento, especialmente al equipo entrenador y al seleccionador nacional.

ABSTRACT. Blood lactate levels were analyzed during several exercise tests in life-saving athletes. The most characteristic test included 50-m free-style swimming at maximal effort, 15-20 m underwater swimming and 30-35 m dragging of a mannequin simulating the drowned person, all parts performed in a continuous way. Swimming (first part) resulted in increased blood lactate to a level around the onset of blood lactate accumulation (OBLA, 4 mmol.l⁻¹). However, after further underwater swimming blood lactate did not increased significantly. Finally, after the completion of the combined test higher blood lactate values (13 mmol.l⁻¹) were found. These findings suggest that during the intermediate phase of underwater swimming the energy required was obtained from aerobic sources with an stable anaerobic component. However, a transient hypercapnia may not be discarded. This transient hypercapnia may reinforce the retention of lactate in the intracellular compartment. However, increased ventilation in the last part of the test in addition to a strong anaerobic effort when dragging the mannequin may lead to the higher lactate values found at the completion of the trial. The present study shows the relevance of the anaerobic metabolism during the performance of the tests characteristics in the competitive life-saving.

KEY WORDS: Life-saving; blood lactate; combined exercise test.

RESUMEN: Los niveles de lactato en sangre fueron analizados durante diferentes pruebas de ejercicio en atletas de salvamento acuático. La más característica de todas las pruebas fue un test combinado que incluyó la realización de modo continuado de 50 m de natación con estilo libre a máximo esfuerzo, 15-20 m de buceo y 30-35 m de natación isométrica mientras se arrastraba un maniquí simulando a la persona ahogada. La primera parte (natación) provocó un incremento de los niveles de lactato hasta un nivel cercano al punto de acumulación de lactato en sangre (4 mmol.l⁻¹). Después del buceo, el lactato sanguíneo no varió significativamente. Sin embargo, al final de la prueba combinada se hallaron notablemente incrementados los valores de lactato (13 mmol.l⁻¹). Estos valores sugieren que durante la fase intermedia de buceo, la energía se obtuvo mediante fuentes metabólicas aeróbicas con una estabilización del componente anaeróbico. Sin embargo, la apnea pudo aumentar los valores de PCO₂ junto al CO₂ producido por el tamponamiento del lactato producido durante la natación. Esta hipercapnia transitoria pudo facilitar la retención de lactato en el compartimento muscular durante el buceo. Sin embargo, un incremento de la ventilación en la última parte de la prueba, junto con un fuerte esfuerzo anaeróbico mientras se arrastraba el maniquí, condujeron a los altos valores de lactato sanguíneo hallados al final de la prueba combinada. Este estudio pone así de relevancia el notable componente anaeróbico en el trabajo muscular característico del deporte del salvamento acuático.

PALABRAS CLAVE: Salvamento acuático; lactato arterial; prueba combinada.

INTRODUCCIÓN

Se han realizado numerosos estudios acerca de la adaptación fisiológica al ejercicio en atletas de diferentes deportes acuáticos, incluyéndose entre estos deportes la natación (Wakayoshi, Yoshida, Udo, Harada, Moritani, Mutoh y Miyashita, 1993), la natación durante la realización de pruebas de triatlón (Pagés, Murtra, Ibáñez, Rama, Callis y Palacios, 1994), la natación sincronizada (Davies, Donaldson y Joels, 1995), el buceo (Grassi, Ferretti, Costa, Ferrigno, Panzacchi, Lundgren, Marconi y Cerretelli, 1994) y el water-polo (Rodríguez, 1994). Sin embargo, existe escasa información acerca de los cambios fisiológicos acontecidos durante la realización de pruebas de ejercicio habituales en el deporte del salvamento acuático. En las competiciones y campeonatos de salvamento acuático, los atletas deben realizar una serie de pruebas acuáticas que intentan reflejar la labor diaria de un socorrista. Las diferentes pruebas incluyen natación libre, natación con obstáculos y arrastre de un maniquí pero la más característica de este peculiar deporte es una prueba combinada que incluye una combinación de natación, buceo y arrastre de un maniquí, todo realizado de un modo continuo y sin interrupción. El salvamento acuático es un deporte en el que se requiere un incremento de la demanda metabólica a corto plazo, siempre menor a 2 minutos. De hecho, la prueba combinada es el test que mejor refleja el trabajo desarrollado por el socorrista en las situaciones de emergencia. El propósito del presente estudio fue examinar la evolución de la lactatemia arterial en atletas de salvamento acuático durante la realización de diferentes pruebas habituales en esta competición. Como la determinación del lactato sanguíneo es una herramienta usada de modo habitual por los entrenadores para evaluar la condición fisiológica de los atletas, los valores aquí presentados pueden ser de ayuda en el diseño y planificación del entrenamiento de atletas de salvamento acuático.

MÉTODOS

Para este estudio se contó con la participación voluntaria de 10 atletas (5 hombres y 5 mujeres) del Equipo Nacional de Salvamento acuático. Los análisis se realizaron en las localidades de Reus y Cambrils durante la estancia de concentración previa al Campeonato de Europa de 1994. Las características de los sujetos estudiados se detallan en la Tabla 1. Su nivel de entrenamiento era óptimo, tal y como se comprobó posteriormente al obtener el equipo nacional la medalla de plata de los campeonatos europeos. La Tabla 2 compara las marcas de las diferentes pruebas entre el campeonato de España de 1989 y el de 1994, este último previo al campeonato de Europa y a la concentración en que se realizó el presente estudio. Se puede observar que todas las marcas registradas en 1994 fueron mejores

que las registradas en el campeonato anterior. Las pruebas efectuadas en el presente estudio se realizaron bajo estrecha supervisión médica, siendo los sujetos informados del propósito del estudio y de sus posibles riesgos.

Tabla 1 Características generales de los sujetos estudiados

	Hombres	Mujeres
Edad (años)	19 ± 2	20 ± 3
Altura (cm)	178.8 ± 2.9	169.4 ± 4.6
Peso (kg)	73.0 ± 7.8	73.0 ± 8.4
Carga máxima de trabajo (W)	333 ± 20	268 ± 26
VO ₂ máx (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	61.2 ± 6.1	54.1 ± 5.9
UA (% VO ₂ máx)	82.6 ± 7.3	74.7 ± 13.7

VO₂ máx, consumo de oxígeno máximo; UA, umbral anaeróbico. Las tres últimas variables se obtuvieron en pruebas adicionales con cicloergómetro.

Todos los tests se realizaron en una piscina cubierta de 25 m. La temperatura del agua fue aproximadamente 28 °C. La primera prueba realizada fue la realización de 5 series de 200 m cada una, realizando natación con estilo libre y sin presencia de obstáculos en el agua. Esta era una prueba donde en cada serie se incrementó gradualmente el esfuerzo, reflejado en el aumento de la velocidad de natación (Figura 1). Esta misma prueba se repitió al cabo de un período de 2 horas como mínimo de reposo pero con la presencia en el centro de la piscina de un obstáculo consistente en una red de 70 cm de profundidad, que obligaba al socorrista a sumergirse para continuar el recorrido.

Una segunda prueba fue la realización de 5 series de 100 m cada una mientras se arrastraba un maniquí hecho de PVC con una densidad mayor que la del agua (1.3 g/cm³). Este maniquí simula a la persona en trance de ahogarse. También aquí se fue aumentando gradualmente el esfuerzo con cada nueva serie (Figura 2). En estas dos primeras pruebas el período de toma de muestras entre cada serie nunca excedió los 20 segundos.

La última prueba fue una prueba combinada que consiste en 3 partes diferentes, realizadas de modo continuo y sin interrupción. La primera parte constó de 50 m de natación con estilo libre. La segunda parte constó de 20 m de buceo (15 m para las mujeres) hasta alcanzar el maniquí que se encontraba depositado en el fondo de la piscina (2.5 m de profundidad). Finalmente, la tercera parte consistió en la captura y arrastre del maniquí hasta completar aproximadamente 30 m. Aunque estas partes de la prueba se realizan sin interrupción, se diseñó un protocolo algo diferente con el fin de permitir la obtención de muestras de sangre. Así, los atletas realizaron en diferentes series la parte 1, la parte 1 más la parte 2, y finalmente las partes 1, 2 y 3. Los registros de tiempo se anotaron con el fin de com-

Tabla 2 Análisis comparato entre las marcas realizadas en el Campeonato de España de Salvamento acuático 1989 vs 1994

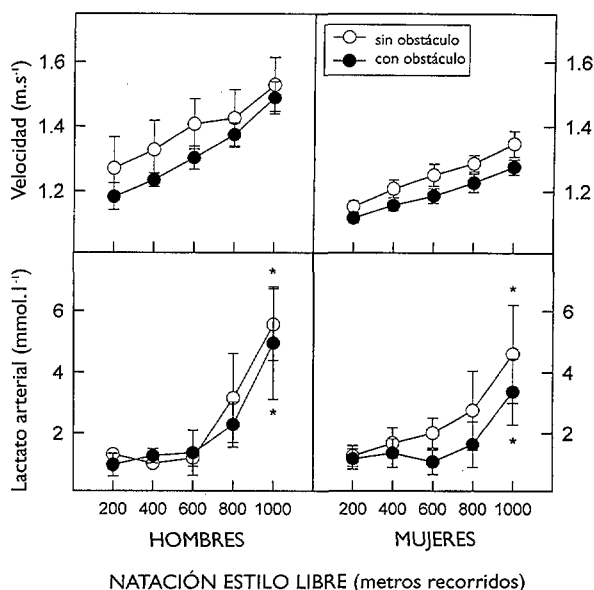
	200 m Obstáculos		Arrastre		Combinada	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1989	2'20"38 ± 3"01	2'36"36 ± 6"29	40"13 ± 1"34	47"10 ± 2"35	1'22"52 ± 3"31	1'36'66 ± 5'44
1984	2'14"17 ± 2"99	2'34"56 ± 3"15	38"56 ± 0"73	45"39 ± 1"33	1'16"99 ± 1"42	1'31'01 ± 2'63

probar la reproducibilidad de las diferentes series. Además, se conservó un período de descanso de más de 1 hora entre series.

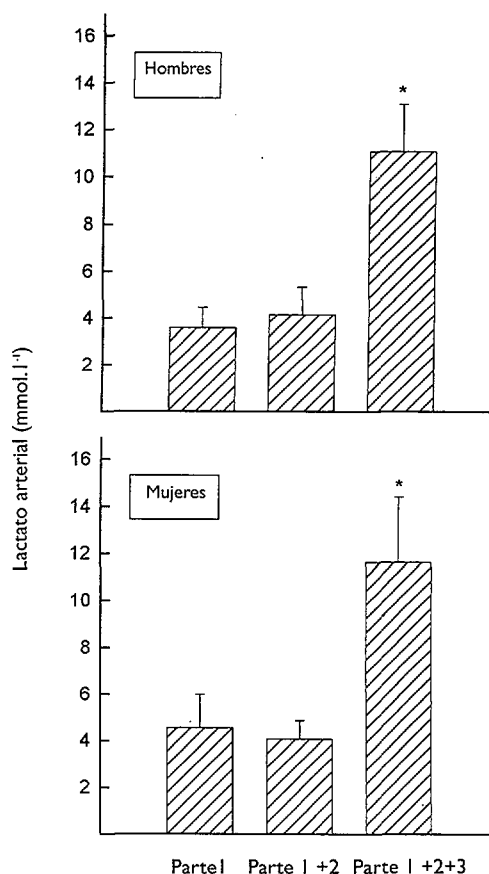
En todos los casos, las muestras de sangre se tomaron del lóbulo de la oreja mediante capilares heparinizados (20 ml). Posteriormente, las muestras se pipetearon en tubos helados conteniendo una solución de ácido perclórico 0,6 N y se centrifugaron a 3.000 x g. Las muestras se analizaron con un kit comercial tal y como se ha descrito previamente (Ibáñez, Rama, Riera, Prats y Palacios, 1993). Además se tomaron registros de los tiempos de cada serie, a partir de los cuales se calculó la velocidad promedio de cada una de las pruebas. Los resultados se expresan como media ± desviación standard. Las diferencias significativas se evaluaron mediante un test de Student apareado.

Figura 1

Velocidad promedio y lactato sanguíneo en hombres (n=5) y mujeres (n=5), atletas de salvamento acuático durante la realización de una prueba consistente en 5 series de 200 m cada una, con y sin obstáculo en el centro de la piscina.*, diferencia significativa respecto de los valores de lactato de la primera serie ($P < 0,05$).

**Figura 2**

Velocidad promedio y lactato sanguíneo en hombres (n=5) y mujeres (n=5), atletas de salvamento acuático durante la realización de una prueba consistente en 5 series de 100 m cada una, mientras se arrastraba un maniquí simulando la persona a socorrer*, diferencia significativa frente a los valores de lactato de la primera serie ($P < 0,05$).



RESULTADOS

La Figura 1 muestra la evolución de velocidades y lactato arterial durante la prueba de natación libre sin y con obstáculos mientras que la Figura 2 muestra la evolución de estas variables durante la prueba de arrastre del maniquí.

Figura 3 Lactato sanguíneo en hombres (n=5) y mujeres (n=5), atletas de salvamento acuático durante la realización de una prueba de ejercicio combinada que consistió en 3 partes. Part 1: 50 m de natación con estilo libre y a máximo esfuerzo; parte 2: 20 m de buceo (15 m para las mujeres) hasta alcanzar un maniquí depositado en el fondo de la piscina (2,5 m de profundidad) simulando a la persona ahogada, y parte 3: captura y arrastre del maniquí hasta completar 30-35 m de natación isométrica.

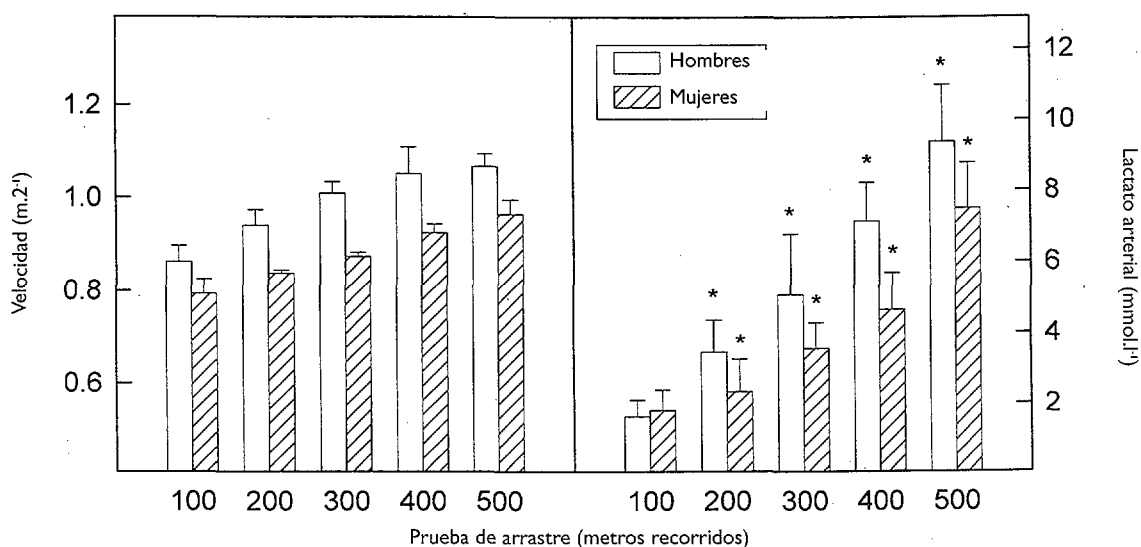


Tabla 3 Tiempo y velocidades registradas en la prueba combinada de ejercicio.

	Parte I (tiempo)	Parte I (v, m.s ⁻¹)	Parte I+2 (tiempo)	Parte I+2 (v, m.s ⁻¹)	Parte I+2+3 (tiempo)	Parte I+2+3 (v, m.s ⁻¹)
Hombres	29"34	1,704	47"31	1,479	1'16"27	1,311
	± 1"57	± 0,032	± 0"56	± 0,025	± 1"10	± 0,024
Mujeres	32"95	1,517	49"0	1,326	1'30"08	1,110
	± 2"20	± 0,046	± 2"54	± 0,043	± 1"09	± 0,027

Los registros de tiempo fueron uniformes y reproducibles entre las diferentes partes de la prueba combinada. Las medias de velocidad y tiempos de las tres partes se muestran en la Tabla 3. La Figura 3 muestra los valores de lactato arterial hallados durante la realización de la prueba de ejercicio combinada. La concentración de lactato después de los primeros 50 m de natación (*parte 1*) no fue significativamente diferente de la medida después de 50 m de natación y posterior buceo (*parte 1 y 2*). Sin embargo, el lactato arterial después de la tercera parte (arrastre del maniquí) fue notablemente mayor.

DISCUSIÓN

La velocidad media hallada en los atletas masculinos durante la última serie de la prueba de natación sin obstáculos

(800-1000 m) y durante la primera parte de la prueba combinada (50 m de natación) fue similar a la velocidad de 1,626 m.s⁻¹ hallada en nadadores a máximo esfuerzo en pruebas de 200 m (Wakayoshi y al., 1993). Las velocidades mostradas por las mujeres fueron algo menores. Sin embargo, los valores de lactato hallados en estas series estuvieron cercanos al punto de acumulación del lactato en sangre (4 mmol.l⁻¹). Es bien conocido que la natación, realizada con una alta intensidad de esfuerzo, incrementa rápidamente el lactato arterial (Olbrecht, Madsen, Mader, Liesen y Hollman, 1985). Se ha considerado una velocidad de aproximadamente 1,4 m.s⁻¹ como la velocidad suficiente para que el lactato sanguíneo se mantenga estable en 4 mmol.l⁻¹. Precisamente, este valor de lactato se ha considerado como un importante índice para estimar la duración de la natación. Así, el punto de acumulación del lactato en sangre ha sido utilizado como la intensidad óptima de entrenamiento en natación (Skinner, 1987). Por lo tanto, el esfuerzo desarrollado durante la primera parte de la prueba combinada debió ser mantenido en un alto porcentaje mediante recursos metabólicos anaeróbicos, requiriendo así un rápido incremento del metabolismo a través de una demanda glucolítica.

Sin embargo, un hallazgo sorprendente de la prueba combinada fue que, después de los 15-20 m de buceo adicional a la natación, los valores de lactato arterial no variaron significativamente como podría esperarse. Los registros de tiempo y velocidad mostraron que el buceo deceleró los atletas, siendo la velocidad mantenida en este período similar a la ya menciona-

da de 1,4 m.s⁻¹. Todo ello sugiere una estabilización del metabolismo anaeróbico durante la fase intermedia de la prueba combinada. Además, la acidosis láctica desarrollada durante la primera fase de natación podría facilitar la liberación de O₂ al tejido muscular mediante cambios de la relación hemoglobina-O₂ (Wasserman, Hansen y Sue, 1991). Aunque esta primera alternativa parece razonable, tampoco puede descartarse una retención de lactato en el compartimento muscular durante la fase intermedia de buceo. De hecho, la aparición de hipercapnia ha sido observada en atletas de natación sincronizada durante cortos períodos de buceo (Davies y al., 1995). Se ha observado que los valores de lactato sanguíneo descienden durante el trabajo muscular a alta intensidad cuando se inhalan de modo simultáneo mezclas de gases hipercápnicas simulando una acidosis respiratoria (McLellan, 1991; Spriet, Matsos, Peters, Heigenhauser y Jones, 1985). Este descenso del lactato sanguíneo se ha atribuido tanto a un efecto directo sobre el pH intracelular y la regulación de enzimas claves en la glucólisis como a la influencia del pH extracelular sobre la liberación de lactato desde el líquido intracelular al líquido extracelular (McLellan, 1991). Aunque no se pudo evaluar la gasometría arterial, la fase de buceo debió implicar un período de ejercicio en apnea. Esta apnea bloquearía la eliminación ventilatoria del CO₂ sanguíneo. Además, el tamponamiento del lactato gene-

rado en los primeros 50 m de natación podría también contribuir a incrementar la PCO₂. Todo ello conduciría a una hipercapnia transitoria que podría contribuir a alterar el gradiente de pH extra e intracelular. Sin embargo, en la última parte de la prueba combinada, el arrastre del maniquí, un incremento de la ventilación podría contrarrestar este efecto acidótico. La velocidad mostrada en esta última fase fue mayor que la mostrada en la prueba de arrastre con series de 100 m así como también los valores de lactato arterial. De este modo, el hecho de una natación isométrica condicionada por el arrastre del maniquí implicó una fuerte contribución del metabolismo anaeróbico aún cuando la velocidad fue inferior a la considerada como velocidad crítica en natación (Wakayoshi y al., 1993).

CONCLUSIONES

En un estudio previo (Torrás, Prats, Rodas, Riera, Viejo y Alfaro, 1995), sugerimos la necesidad de impulsar el estudio de la contribución del metabolismo anaeróbico en el trabajo muscular realizado en las pruebas de salvamento acuático. Los datos presentados en el presente estudio parecen confirmar la importancia de este componente anaeróbico en las pruebas características de la competición en salvamento acuático y socorrismo. Creemos que esta relevancia debe ser considerada en el diseño del entrenamiento en estos atletas.

Bibliografía

- DAVIES, B.N.; DONALDSON, G.C.; JOELS, N. "Do the competition rules of synchronized swimming encourage undesirable levels of hypoxia?" *Br. J. Sp. Med.* 29: 16-19, 1995.
- GRASSI, B.; FERRETTI, G.; COSTA, M.; FERRIGNO, M.; PANZACCHI, A.; LUNDGREN, C.E.G.; MARCONI, C.; CERRETELLI, P. "Ventilatory responses to hypercapnia and hypoxia in elite breath-hold divers". *Respir. Physiol.* 97: 323-332, 1994.
- IBÁÑEZ, J.; RAMA, R.; RIERA, M.; PRATS, M.T.; PALACIOS, L. "Severe hypoxia decreases oxygen uptake relative to intensity during submaximal graded exercise". *Eur. J. Appl. Physiol.* 67: 7-13, 1993.
- McLELLAN, T.M. "The influence of a respiratory acidosis on the exercise blood lactate response". *Eur. J. Appl. Physiol.* 63: 6-11, 1991.
- OLBRECHT, J.; MADSEN, O.; MADER, A.; LIESEN, H.; HOLLMAN, W. "Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises". *Int. J. Sports. Med.* 6: 74-77, 1985.
- PAGÉS, T.; MURTRA, B.; IBÁÑEZ, J.; RAMA, R.; CALLIS, A.; PALACIOS, L. "Changes in blood ammonia and lactate levels during a triathlon race". *J. Sports Med. Phys. Fitness* 34: 351-356, 1994.
- RODRÍGUEZ, F.A. (1994) "Physiological testing of swimmers and water polo players in Spain". In: Miyashita, M., Mutoh, Y., and Richardson, A.B. (Eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports, Medicine and Sports Science* vol.39, p. 172-177. Basel: Karger.
- SKINNER, J. "The new, metal-plated assistant coach". *Swimming Techn* 24: 7-12, 1987.
- SPRIET, L.L.; MATSOS, C.G.; PETERS, S.J.; HEIGENHAUSER, G.J.F.; JONES, N.L. "Effects of acidosis on rat muscle metabolism and performance during heavy exercise". *Am. J. Physiol.* 248: C337-C347, 1985.
- TORRAS, R.; PRATS, T.; RODAS, G.; RIERA, J.; VIEJO, A.; ALFARO, V. "Perfil fisiológico de los deportistas de salvamento acuático". *Apunts-Medicina de l'Esport* Vol XXXII; 125:157-163, 1995.
- WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. "Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur. J. Appl. Physiol.* 66: 90-95, 1993.
- WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y. "Facilitation of oxygen consumption by lactic acidosis during exercise". *NIPS* 6: 29-34, 1991.

