

Lactatèmia durant proves d'exercici característiques del salvament aquàtic competitiu

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

Departament de Fisiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

AGRAÏMENTS. Aquest estudi ha estat finançat parcialment pel projecte d'investigació PB 93-0740 de la DGyCIT. Volem agrair les facilitats que la Federación Española de Socorrismo y Salvamento ens ha donat, especialment a l'equip entrenador i 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 increase 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.

RESUM. Els nivells de lactat a la sang es van analitzar durant diferents proves d'exercici en atletes de salvament aquàtic. La prova més característica de totes va ser un test combinat que va incloure la realització de manera continuada de 50m de natació en estil lliure a màxim esforç, 15-20m de busseig y 30-35m de natació isomètrica mentre s'arrossegava un maniquí que simulava la persona ofegada. La primera part (natació) va provocar un increment dels nivells de lactat fins a un nivell proper al punt d'acumulació de lactat a la sang (4 mmol.l⁻¹). Després del busseig, el lactat no va variar de manera significativa. Això no obstant, al final de la prova combinada es van trobar incrementats de manera notable els valors de lactat (13 mmol.l⁻¹). Aquests valors suggereixen que durant la fase intermèdia de busseig, l'energia es va obtenir mitjançant fonts metabòliques aeròbiques amb una estabilització del component anaeròbic. Això no obstant, l'apnea va poder augmentar els valors de P_{CO2}, amb el CO₂ provocat pel tamponament del lactat produït durant la natació. Aquesta hipercàpnia transitòria va poder facilitar la retenció de lactat en el comportament muscular durant el busseig. En canvi, un increment de la ventilació en l'última part de la prova, sumat a un gran esforç anaeròbic mentre s'arrossegava el maniquí, van provocar el valors tan alts de lactat sanguini trobats al final de la prova combinada. D'aquesta manera, aquest estudi posa de manifest el notable component anaeròbic en el treball muscular característic de l'esport de salvament aquàtic.

PARAULES CLAU: Salvament aquàtic, lactat arterial, prova combinada.

INTRODUCCIÓ

S'han realitzat nombrosos estudis sobre l'adaptació fisiològica a l'exercici en atletes de diferents esports aquàtics, entre els quals hi ha inclosos la natació (Wakayoshi i al., 1993), la natació durant la realització de proves de triatló (Pagès i al., 1994), la natació sincronitzada (Davies i al., 1995), el busseig (Grassi i al., 1994) i el waterpolo (Rodríguez, 1994). Tanmateix, existeix una escassa informació sobre el canvis fisiològics que apareixen durant la realització de proves d'exercici habituals en el salvament aquàtic. En les competicions i campionats de salvament aquàtic, els atletes han de realitzar un seguit de proves aquàtiques que procuren constatar la tasca diària d'un socorrista. Les diferents proves inclouen natació lliure, natació amb obstacles i l'arrossegament d'un maniquí, però la més característica d'aquest peculiar esport és una prova combinada que inclou una combinació de natació, busseig i arrossegament d'un maniquí, tot realitzat de manera continuada i sense interrupció. El salvament aquàtic és un esport en el qual es requereix una demanda metabòlica a curt termini, sempre menor de dos minuts. De fet, la prova combinada és el test que millor reflecteix l'esforç realitzat pel socorrista en situacions d'emergència. El propòsit del present estudi va ser examinar l'evolució de la lactatèmia arterial en atletes de salvament aquàtic durant la realització de diferents proves habituals en aquesta competició. Com que la determinació del lactat sanguini és una eina usada habitualment pels entrenadors per avaluar la condició fisiològica dels atletes, els valors que aquí es presenten poden ser d'ajuda en el disseny i planificació de l'entrenament d'atletes de salvament aquàtic.

MÈTODES

Per a aquest estudi es va comptar amb la participació voluntària de 10 atletes (5 homes i 5 dones) de l'equip nacional de salvament aquàtic. Les anàlisis es van fer a les localitats de Reus i de Cambrils durant l'estada de concentració prèvia al Campionat d'Europa de l'any 1994. Les característiques dels atletes estudiats queden detallats a la Taula 1. El nivell d'entrenament que tenien era òptim, tal i com es va comprovar posteriorment quan l'equip nacional va obtenir la medalla de plata dels campionats europeus. La Taula 2 compara les marques de les diferents proves entre el Campionat d'Espanya de 1989 i el de 1994, aquest darrer previ al Campionat d'Europa i a la concentració en què es va realitzar aquest estudi. Es pot observar que totes les marques obtingudes l'any 1994 van ser millors que les del campionat anterior. Les proves realitzades en el present estudi es van fer

sota una estricta supervisió mèdica, i els atletes van ser informats del propòsit de l'estudi i dels possibles riscos.

Tots els tests es van realitzar en una piscina coberta de 25m. La temperatura de l'aigua era aproximadament de

Taula 1 Característiques generals dels subjectes estudiats

	Homes	Dones
Edat (anys)	19 ± 2	20 ± 3
Alçada (cm)	178.8 ± 2.9	169.4 ± 4.6
Pes (kg)	73.0 ± 7.8	73.0 ± 8.4
Carga màxima de treball (W)	333 ± 20	268 ± 26
VO ₂ màx (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	61.2 ± 6.1	54.1 ± 5.9
UA (% VO ₂ max)	82.6 ± 7.3	74.7 ± 13.7

VO₂ max, consum d'oxigen màxim; UA, umbral anaeròbic. Les tres últimes variables es van obtenir en proves addicionals amb un cicloergòmetre.

28°C. La primera prova realitzada va ser fer 5 sèries de 200 m cadascuna, nedant estil lliure i sense presència d'obstacles a l'aigua. En aquesta prova, a cada sèrie, s'anava incrementant gradualment l'esforç, palès en l'augment de la velocitat de natació (Figura 1). Aquesta mateixa prova es va repetir al cap de dues hores de repòs com a mínim, però amb la presència al mig de la piscina d'un obstacle que consistia en una xarxa de 70 cm de profunditat, que obligava al socorrista a submergir-se per poder continuar el recorregut.

Una segona prova va ser la realització de 5 sèries de 100 m cadascuna mentre s'arrossegava un maniquí fet de PVC d'una densitat més alta que la de l'aigua (1.3 g/cm³). Aquest maniquí representa la persona que s'està ofegant. També aquí es va anar augmentant gradualment l'esforç en cada nova sèrie (Figura 2). En aquestes dues primeres proves el període de presa de mostres entre cada sèrie no va ser mai superior als 20 segons.

La darrera prova va ser una prova combinada que consta de tres parts diferents, realitzades de manera continuada i sense interrupció. La primera part consistia en 50 m de natació estil lliure. La segona part consistia en 20 m de busseig (15 m per les dones) fins arribar al maniquí que era al fons de la piscina (2.5 m de profunditat). Per acabar, la tercera part consistia en capturar i arrossegat el maniquí fins a fer aproximadament 30 m. Encara que aquestes parts de la prova es facin sense interrupció, es va crear un protocol una mica diferent per poder obtenir mostres de sang. Així doncs, els atletes van fer en diferents sèries la part 1, la part 1 i la part 2, i després les parts 1,2 i 3. Els registres de temps es van

Taua 2 Anàlisi comparada entre les marques realitzades en el campionat d'Espanya de salvament aquàtic 1989 vs 1994

	200 m Obstacles		Arrossegament		Combinada	
	Homes	Dones	Homes	Dones	Homes	Dones
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

anotar per comprovar la reproductibilitat de les diferents sèries. A més, es va conservar un període de descans de més d'una hora entre les sèries.

En tots els casos, les mostres de sang es van prendre del lòbul de l'orella mitjançant capil·lars heparinitzats (20 µl). Després les mostres es van pipetejar en tubs gelats que contenien una solució d'àcid perclòric 0,6 N i es van centrifugar 3.000 x g. Les mostres es van analitzar amb un kit comercial tal i com s'ha descrit prèviament (Ibáñez, 1993). A més es van anotar registres dels temps de cada sèrie, a partir dels quals es va calcular la velocitat mitjana de cada una de les proves. Els resultats s'expressen com a mitjana ± desviació estàndard. Les diferències significatives es van avaluar mitjançant un test de Student aparellat.

Figura 1

Velocitat mitjana i lactat sanguini en homes (n=5) i dones (n=5), atletes de salvament aquàtic durant la realització d'una prova que consistia en 5 sèries de 200 m cadascuna, amb obstacle i sense obstacle al mig de la piscina*, diferència significativa respecte als valors de lactat de la primera sèrie (P < 0,05).

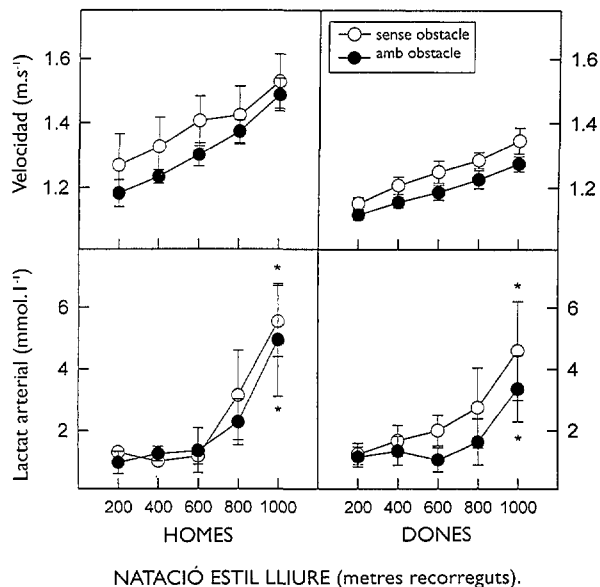
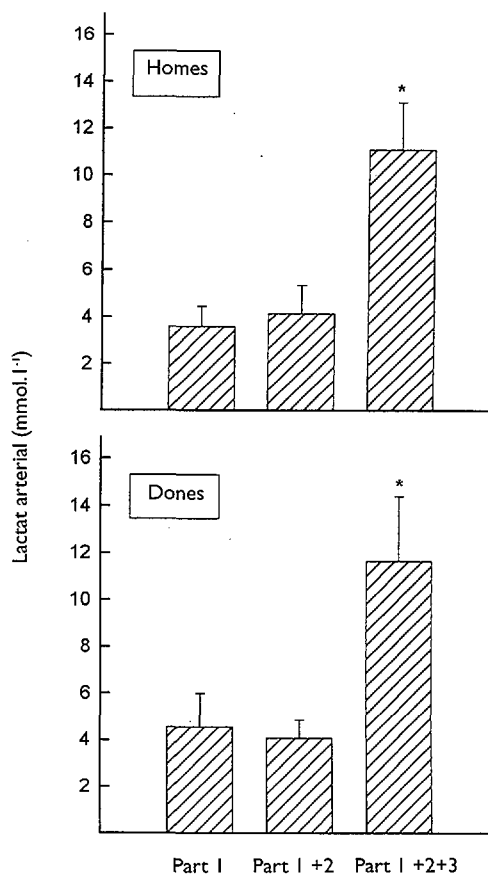


Figura 2

Velocitat mitjana i lactat sanguini en homes (n=5) i dones (n=5), atletes de salvament aquàtic durant la realització d'una prova que consistia en 5 sèries de 100 m cadascuna, mentre s'arrossegava un maniquí que simulava la persona a qui calia socòrrer*, diferència significativa respecte als valors de lactat de la primera sèrie (P < 0,05).

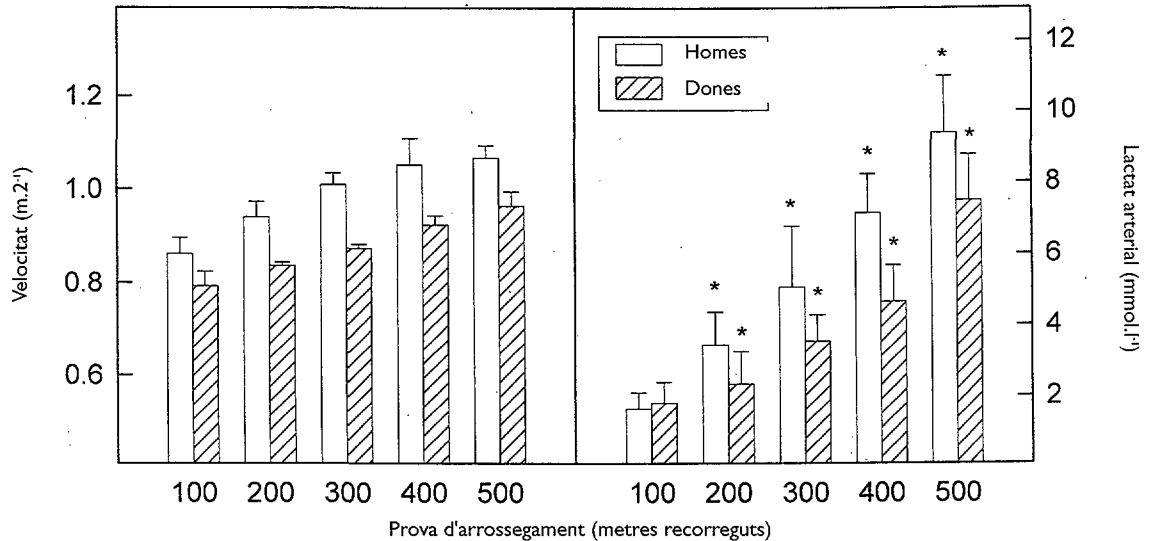


RESULTATS

La figura 1, mostra l'evolució de velocitats i lactat arterial durant la prova de natació lliure sense obstacles i amb obstacles mentre que la Figura 2 mostra l'evolució d'aquestes variables durant la prova d'arrossegament del maniquí.

Figura 3

Lactat sanguini en homes (n=5) i dones (n=5), atletes de salvament aquàtic durant la realització d'una prova d'exercici combinada que consistia en 3 parts. Part 1: 50 m de natació amb estil lliure i a màxim esforç; part 2: 20 m de busseig (15 m per les dones) fins a arribar a un maniquí dipositat al fons de la piscina (2,5 m de profunditat) simulant a la persona ofegada i part 3: captura y arrossegament del maniquí fins a completar 30-35 m de natació isomètrica.



Taula 3

Temps i velocitats enregistrades en la prova combinada d'exercici.

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

Els registres de temps van ser uniformes i reproductibles entre les diferents parts de la prova combinada. Les mitjanes de velocitat i de temps de les tres parts es mostren en la Taula 3. La Figura 3 mostra els valors de lactat arterial trobats durant la realització de la prova combinada d'exercici. La concentració de lactat després dels primers 50 m de natació (part 1) no va ser significativament diferent de la mida després de 50 m de natació i posterior busseig (part 1 i 2). Tanmateix, el lactat arterial després de la tercera part (arrossegament del maniquí) era notablement superior.

DISCUSSIÓ

La velocitat mitjana trobada en els atletes masculins durant l'última sèrie de la prova de natació sense obstacles (800-

1000 m) i durant la primera part de la prova combinada (50 m de natació) va ser similar a la velocitat de 1,626 m·s⁻¹ trobada en nedadors a màxim esforç en proves de 200 m (Wakayoshi i al., 1993). Les velocitats que van mostrar les dones van ser menors. Això no obstant, els valors de lactat trobats en aquestes sèries eren propers al punt d'acumulació del lactat a la sang (4mmol·l⁻¹). És ben sabut que la natació, realitzada amb una alta densitat d'esforç, incrementa ràpidament el lactat arterial (Olbrecht, 1985). S'ha considerat una velocitat d'aproximadament 1,4 m·s⁻¹ com a velocitat suficient per què el lactat sanguini es mantingui estable en 4mmol·l⁻¹. Precisament aquest valor de lactat s'ha considerat com a un important índex per valorar la durada de la natació. El punt d'acumulació del lactat a la sang ha estat utilitzat com a intensitat òptima d'entrenament en natació (Skinner, 1987). Per tant, l'esforç desenvolupat durant la primera part de la prova combinada es va haver de mantenir en un alt percentatge mitjançant recursos metabòlics anaeròbics, requerint d'aquesta manera un increment del metabolisme a través d'una demanda glucolítica.

Tanmateix, una troballa sorprenent de la prova combinada va ser que, al cap dels 15-20 m de busseig addicional a la natació, els valors de lactat arterial no van variar significativament tal com es podia haver esperat. Els registres de temps i velocitat van mostrar que el busseig va alentir els atletes, la velocitat mantinguda en aquest període va ser similar a la ja mencionada de 1,4 m·s⁻¹. Tot això suggereix una estabilització del metabolisme anaeròbic durant la fase intermèdia de la

prova combinada. A més l'acidosi làctica desenvolupada durant la primera fase de natació podria facilitar l'alliberament d'O₂ al teixit muscular mitjançant canvis de la relació hemoglobina-O₂ (Wasserman i al. 1991). Encara que aquesta primera alternativa sembla raonable, tampoc pot descartar-se una retenció de lactat en el compartiment muscular durant la fase *intermèdia* de busseig. De fet, s'ha observat l'aparició d'hipercàpnia en atletes de natació sincronitzada durant períodes curts de busseig (Davies i al., 1995). S'ha observat que els valors de lactat sanguini baixen durant el treball muscular a alta intensitat quan, de manera simultània, s'inhalen mescles de gasos hipercàpniques simulant una acidosi respiratòria (McLellan, 1991; Spriet i al. 1985). Aquest descens del lactat sanguini s'ha atribuït tant a un efecte directe sobre el pH intracel·lular i la regulació d'enzimes claus en la glucòlisi com a la influència del pH extracel·lular sobre l'alliberament de lactat des del líquid intracel·lular al líquid extracel·lular (McLellan, 1991). Encara que no es va poder avaluar la gasometria arterial, la fase de busseig va haver d'implicar un període d'exercici en apnea. Aquesta apnea bloquejaria l'eliminació ventilatòria del CO₂ sanguini. A més, el tamponament del lactat generat en els primers 50m de natació podria també contribuir a augmentar la P_{CO2}. Tot això conduiria a una hipercàpnia

transitòria que podria contribuir a alterar el gradient de pH extracel·lular i intracel·lular. No obstant això, en la darrera part de la prova combinada, l'arrossegament del maniquí, un increment de la ventilació podria contrarestar aquest efecte acidòtic. La velocitat mostrada en aquesta última fase va ser més alta que la mostrada en prova d'arrossegament en sèries de 100 m així com els valors de lactat arterial. D'aquesta manera, el lactat d'una natació isomètrica condicionada per l'arrossegament del maniquí va implicar una forta contribució del metabolisme anaeròbic encara que la velocitat va ser inferior a la considerada com a velocitat crítica en natació (Wakayoshi i al., 1993).

CONCLUSIONS

En un estudi previ (Torras i al. 1995) vam suggerir la necessitat d'impulsar l'estudi de la contribució del metabolisme anaeròbic en el treball muscular realitzat en les proves de salvament aquàtic. Les dades presentades en el present estudi semblen confirmar la importància d'aquest component anaeròbic en les proves característiques de la competició en salvament aquàtic i socorrisme. Creiem que aquesta rellevància ha de ser considerada en el disseny de l'entrenament d'aquests atletes.

Bibliografia

- 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.; LUNGGREN, 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.

