

# LACTATO SANGUÍNEO EN NIÑOS DURANTE UN TEST PROGRESIVO HASTA EL AGOTAMIENTO EN CICLOERGÓMETRO

## BLOOD LACTATE IN CHILDREN DURING A PROGRESSIVE EFFORT TEST IN CYCLE ERGOMETER UNTIL EXHAUSTION

### RESUMEN

**Objetivo:** El propósito del presente estudio es medir la concentración sanguínea de lactato en niños entre 10 y 12 años tras un test progresivo hasta el agotamiento en cicloergómetro y comparar los resultados con los obtenidos en un grupo de adultos entrenados (ciclistas y triatletas).

**Método:** Los sujetos fueron 35 niños varones entre 10 y 12 años ( $11 \pm 1$ ) y como control para comparar los datos obtenidos, se utilizó un grupo de deportistas adultos de alto nivel formado por 18 hombres ( $25,1 \pm 3,2$  años). Se determinó el lactato sanguíneo (mmol/l), la potencia máxima (W), el  $VO_2$  máx. absoluto (l/min) y relativo (ml/kg/min) en un test progresivo hasta el agotamiento en cicloergómetro. Se relativizó el lactato obtenido por el peso (mmol/kg), por la potencia máxima producida (mmol/W), y por ambos a la vez (mmol/W/kg).

**Resultados:** Excepto el valor del lactato sanguíneo, todos los parámetros muestran una diferencia significativa entre el grupo de niños y de adultos. Los adultos realizan 3 veces más potencia (W) que los niños ( $p=2,95*10^{-16}$ ) y poseen un  $VO_2$  máx. tanto relativo como absoluto mayor que el grupo de los niños ( $74,04 \pm 7,70$  y  $47,08 \pm 4,18$  ml/kg/min,  $p=5,43*10^{-14}$ ;  $5,29 \pm 0,77$  y  $1,98 \pm 0,29$  l/min,  $p=2,05*10^{-14}$ ). El valor de lactato sanguíneo obtenido en el grupo de los niños ( $10,07 \pm 0,96$  mmol/l) es similar al valor mostrado en el grupo de adultos ( $10,6 \pm 2,03$  mmol/l), no existiendo diferencia significativa entre ambos grupos ( $p=0,42$ ). Al expresar los valores de lactato por kg de masa corporal y por vatio de potencia alcanzada, encontramos diferencias significativas importantes entre ambos grupos siempre a favor de los niños. La producción de lactato por unidad de masa corporal es 1,6 veces mayor ( $p=4,19*10^{-7}$ ) y la producción de lactato por vatio es 2,9 veces superior ( $p=1,93*10^{-15}$ ).

**Conclusión:** La mayor producción de lactato en los niños, tanto en relación a la masa como a la potencia, sugieren una mayor participación relativa de las vías metabólicas anaeróbicas en la generación de la potencia muscular total, lo que hace dudar de la idea de una supuesta inmadurez de la glucólisis anaeróbica en los niños.

**Palabras clave:** Metabolismo anaeróbico. Potencia anaeróbica. Niños. Lactato.

### SUMMARY

**Objective:** The aim of this study is to measure the blood lactate level in children from 10 to 12 years old after a progressive effort test in cycle ergometer and to compare the results with those obtained in a group of trained adults (cyclists and triathletes).

**Methods:** We have studied 35 male children between 10 and 12 years old ( $11 \pm 1$ ) and 18 high level adult sportmen ( $25,1 \pm 3,2$  years old). Blood lactate concentration (mmol/l), maximal power output (W) and maximal oxygen intake ( $VO_2$ max), both in l/min and ml/kg/min, were measured during a progressive exercise test in cycle ergometer. The blood lactate concentration was expressed relative to the weight (mmol/kg), to the maximal power output (mmol/W) and both (mmol/W/kg).

**Results:** All parameters showed significant differences between children and adults except the blood lactate. Adults carried out a maximal power three times higher than children ( $p=2,95*10^{-16}$ ) and had a  $VO_2$ max higher too ( $74,04 \pm 7,70$  vs  $47,08 \pm 4,18$  ml/kg/min,  $p=5,43*10^{-14}$ ;  $5,29 \pm 0,77$  vs  $1,98 \pm 0,29$  l/min,  $p=2,05*10^{-14}$ ). The blood lactate at the end of the test in children ( $10,07 \pm 0,96$  mmol/l) is similar to that in adults ( $10,6 \pm 2,03$  mmol/l) with no significant differences ( $p=0,42$ ). When we express the blood lactate levels per kg of body weight and per watt of power output, we see highly significant differences between the two groups, always in favour of children. The lactate per kg is 1,6 times higher in children ( $p=4,19*10^{-7}$ ) and the lactate per watt is 2,9 times higher ( $p=1,93*10^{-15}$ ).

**Conclusion:** The higher values of blood lactate, relative both to the body weight and to the power, suggest a larger contribution of anaerobic processes in the total power output in children. So, it does not seem to be logical that boys and girls have an immature anaerobic metabolism.

**Key words:** Anaerobic metabolism. Anaerobic power. Children. Lactate.

Laura Guerrero<sup>1</sup>

José Naranjo<sup>2</sup>

M<sup>a</sup> Dolores Carranza<sup>2</sup>

Julio Rueda<sup>3</sup>

Carlos de Teresa Galván<sup>2</sup>

Rafael Guisado<sup>4</sup>

<sup>1</sup>C.E.S. Cardenal Espínola C.E.U. Sevilla.

<sup>2</sup>Centro Andaluz de Medicina del Deporte

<sup>3</sup>Colegio Público Purísima Concepción La Algaba, Sevilla

<sup>4</sup>Departamento de Enfermería Universidad de Granada

### CORRESPONDENCIA:

José Naranjo Orellana  
Plaza La Malagueña, 7 5ºD. 41020 Sevilla. E-mail: jose.naranjo@juntadeandalucia.es

**Aceptado:** 30-03-2006 / Original nº 517

## INTRODUCCIÓN

La respuesta obtenida en niños, comparada con la de adolescentes y adultos, en pruebas de potencia anaeróbica ha sido objeto de interés médico desde los años 70, llegando hasta la actualidad polémicas referentes tanto a los valores obtenidos de lactato sanguíneo y muscular como a los hallados en las distintas enzimas oxidativas, pero sobre todo en las enzimas glucolíticas y especialmente la fosfofructoquinasa (PFK).

Desde que Danforth y Lyon en el año 1964, en su estudio sobre la glucogenolisis<sup>1</sup> durante la contracción tetánica en la musculatura aislada de ratón, sugieren que la enzima PFK podría ser un factor limitante de la glucolisis, se inician diversos trabajos en esta dirección<sup>2,3</sup>. Estos estudios se basan en esta idea y en las investigaciones de Astrand<sup>4</sup>, que establecen que la potencia aeróbica es la misma o mayor en niños (expresada por kilo de masa corporal) que en adultos y que la concentración de lactato sanguíneo en ejercicio submáximo y máximo es menor en niños sedentarios comparados con adultos sedentarios y entrenados.

A partir de entonces, debido a la escasa información existente sobre la actividad enzimática del metabolismo energético muscular en niños y adolescentes, otros autores<sup>5,6</sup> han aportado datos que muestran que la actividad enzimática tanto glucolítica como oxidativa es similar y en algunos casos superior a la de los adultos. Sin embargo, y aunque no existen evidencias sólidas que lo apoyen, en la práctica diaria se sigue aceptando la idea de que los niños y adolescentes tienen en general una menor capacidad glucolítica en la musculatura esquelética debido a la menor actividad de la enzima PFK, idea apoyada por los menores valores de lactato sanguíneo y muscular encontrados en niños y adolescentes comparados con los adultos.

Esta idea generalmente aceptada ha sentado la base sobre el metabolismo energético en los niños y adolescentes y ha dado pie a investigaciones posteriores centradas en medir la poten-

cia anaeróbica durante el crecimiento y maduración.

Es frecuente leer, por tanto, que los valores de lactato sanguíneo en niños (normalmente realizando pruebas de fuerza-velocidad o el Test de Wingate), son menores que los obtenidos por adolescentes y adultos en las mismas pruebas<sup>7</sup> y esto se atribuye a una menor actividad glucolítica en los niños<sup>8</sup>.

Pensamos que la discrepancia existente entre los valores de lactato encontrados en niños puede deberse a lo inadecuado de los tests utilizados. Por ello, el objetivo del presente estudio es medir la producción de lactato en niños tras un test progresivo hasta el agotamiento en cicloergómetro y comparar los resultados con los obtenidos en un grupo de adultos entrenados (ciclistas y triatletas).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos estudiado a 35 niños varones con edades comprendidas entre 10 y 12 años ( $11 \pm 1$ ) pertenecientes al mismo centro educativo. De ellos, 24 pertenecen a la misma Escuela Deportiva de fútbol, 4 practican natación, 1 practica tenis de mesa, 1 karate y 5 no practican ningún deporte reglado. Como control para comparar los datos obtenidos, se utilizó un grupo de adultos formado por 18 hombres ( $25,1 \pm 3,2$  años) que habían sido estudiados previamente en nuestro Centro. De ellos, 3 eran triatletas y 15 ciclistas, todos de alto nivel competitivo.

En la Tabla 1 se muestran las características de los sujetos.

Tras una revisión médica previa se realizó un test progresivo hasta el agotamiento con escalones de 1 minuto en un cicloergómetro electrónico Jaegger ER 800. Todos los niños realizaron la prueba con incrementos de 10 W/min. iniciándose a 25 vatios. En todas las pruebas se estimuló a los sujetos verbalmente para lograr que se realizara hasta el agotamiento. Al finalizar la prueba se obtuvo una muestra de sangre

capilar de la yema del dedo corazón para análisis de lactato.

Durante la prueba se recogió de forma continua la ventilación y los gases espirados en un analizador Vmax Spectra (Sensor Medics, USA) y la frecuencia cardiaca mediante un monitor de pulso cardíaco Polar 810i. El lactato en sangre se analizó a partir de una muestra capilar de sangre total en un minifotómetro Dr. Lange LP20 con filtro de 520 nm. Los deportistas que forman el grupo de adultos habían sido estudiados durante el año anterior en el mismo centro y en el curso de sus revisiones médicas habían realizado una prueba de esfuerzo progresiva en cicloergómetro hasta el agotamiento con determinación de lactato, empleando los mismos instrumentos de medición y la misma sistemática en la recogida y análisis de los datos.

Para el objetivo de este trabajo, de todos los datos recogidos, nos hemos centrado en el análisis de la potencia en vatios, el consumo de oxígeno y el valor de lactato.

Todos los resultados fueron almacenados en una base de datos para su análisis, empleando el programa Excel 2000 de Microsoft Office®.

En el estudio estadístico se han calculado medias, desviaciones estándar, varianza y la prueba t de Student para dos muestras de varianza distinta, considerando significativa una  $p < 0,001$ .

Para la realización de todas las pruebas se obtuvo previamente el consentimiento por escrito de los padres o tutores. El estudio fue aprobado por la Comisión de Ética del Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

## RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los datos de niños y adultos (expresados como media y desviación estándar) referentes a la potencia máxima obtenida en el test (vatios), el lactato sanguíneo al finalizar la prueba (mmol/l) y el consumo máximo de oxígeno, tanto relativo (ml/kg/min), como absoluto (l/min).

Excepto el valor del lactato sanguíneo, todos los parámetros muestran una diferencia significativa entre el grupo de niños y de adultos. Los adultos realizan 3 veces más potencia (W) que los niños ( $p = 2,95 \cdot 10^{-16}$ ) y poseen un  $VO_{2\text{máx}}$  tanto relativo como absoluto mayor que el grupo de los niños ( $74,04 \pm 7,70$  y  $47,08 \pm 4,18$  ml/kg/min,  $p = 5,43 \cdot 10^{-14}$ ;  $5,29 \pm 0,77$  y  $1,98 \pm 0,29$  l/min,  $p = 2,05 \cdot 10^{-14}$ ).

El valor de lactato sanguíneo obtenido en el grupo de los niños ( $10,07 \pm 0,96$  mmol/l) es similar al valor mostrado en el grupo de adultos ( $10,6 \pm 2,03$  mmol/l), no existiendo diferencia significativa entre ambos ( $p = 0,42$ ). Se observa una desviación estándar mayor en el grupo de adultos.

La Tabla 3 muestra los valores de lactato relativizados por el peso (mmol/kg) y por la potencia máxima alcanzada (mmol/W). Así mismo, se presentan dichos valores en relación a ambos parámetros (mmol/W/kg) y los valores de potencia máxima alcanzada relativizadas por el peso (W/kg).

Grupo	Edad	Peso		Talla		
		Media	S.D.	Media	S.D.	
Adultos	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
N=18	25,1	3,2	71,4	8,39	176,34	3,49
Niños	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
N=35	11	1	42,15	4,15	145,07	3,58

**TABLA 1.**  
Características de la muestra

Grupo	Potencia máx.(W)		Lactato (mmol/l)		$VO_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)		$VO_{2\text{máx}}$ (l/min)	
	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
Niños	105,88	5,23	10,07	0,96	47,08	4,18	1,98	0,29
Adultos	325	35,4	10,6	2,03	74,04	7,70	5,29	0,77
	$p < 0,0001$		n.s.		$p < 0,0001$		$p < 0,0001$	

**TABLA 2.**  
Datos comparativos de potencia máxima, lactato sanguíneo y  $VO_{2\text{máx}}$  absoluto y relativo (media, desviación estándar y valor de "p")

**TABLA 3.**  
Datos comparativos de potencia relativa al peso y lactato relativizado entre el peso, la potencia, y ambos a la vez (media, desviación estándar y valor de "p").

Grupo	W/kg		mmol/kg		mmol/W		mmol/W/kg	
	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
Niños	2,59	0,54	0,24	0,01	0,095	0,004	0,0023	0,0002
Adultos	4,60	0,62	0,15	0,03	0,033	0,007	0,0005	0,0001
	p<0,0001		p<0,0001		p<0,0001		p<0,0001	

Al expresar los valores de lactato por kg de peso corporal y por vatio de potencia alcanzada, encontramos diferencias significativas importantes entre ambos grupos siempre a favor de los niños. La producción de lactato por unidad de masa corporal es 1,6 veces mayor ( $p=4,19 \cdot 10^{-7}$ ) y la producción de lactato por vatio es 2,9 veces superior ( $p=1,93 \cdot 10^{-15}$ ). Así mismo, el valor de lactato por kg de peso, y por cada vatio de potencia, es también muy superior (4,6 veces) en los niños ( $p=7,37 \cdot 10^{-14}$ ). Sin embargo el grupo de adultos muestra un valor 1,77 veces superior de potencia por unidad de masa corporal ( $p=1,07 \cdot 10^{-12}$ ).

## DISCUSIÓN

Los datos obtenidos expresan que los niños tienen menor capacidad para generar potencia muscular que los adultos ( $105,88 \pm 5,23$  y  $325 \pm 35,4$  W respectivamente,  $p < 0,0001$ ). También tienen una menor potencia aeróbica, expresada tanto en valores absolutos, como relativos de  $VO_2$  máx. ( $1,98 \pm 0,29$  y  $5,29 \pm 0,77$  l/min;  $47,08 \pm 4,18$  y  $74,04 \pm 7,70$  ml/kg/min en niños y adultos respectivamente), existiendo diferencias significativas en ambas ( $p < 0,0001$ ), si bien el  $VO_2$  máx. no es comparable al ser los adultos deportistas de alto nivel.

El lactato sanguíneo producido por el grupo de los adultos ( $10,6 \pm 2,03$  mmol/l) es el que se obtiene generalmente en este tipo de tests (progresivos hasta el agotamiento). Sin embargo, si lo comparamos con los valores obtenidos al estudiar la potencia anaeróbica mediante tests de fuerza-velocidad o el Test Anaeróbico de Wingate<sup>9,10,11</sup>, no son tan altos.

Los valores de lactato sanguíneo obtenidos en los niños ( $10,07 \pm 0,96$  mmol/l) son mayores

que los referidos en estudios previos que sostienen una menor producción de lactato en ellos al compararlos con adultos<sup>3,4,12,13</sup>. Sin embargo, no todos los estudios anteriores coinciden en esta afirmación, existiendo trabajos desde los años 70 que aportan valores de lactato similares a los encontrados por nosotros<sup>2,9,10</sup>.

Incluso, existen trabajos<sup>14</sup> que muestran valores de lactato sanguíneo todavía mayores en niños ( $13,1 \pm 2,6$  mmol/l), si bien se han obtenido realizando test de potencia muscular en cicloergómetro con una duración mayor (60") que los aportados por otros estudios en los que realizan el Test Anaeróbico de Wingate de 30".

En nuestra serie, no encontramos diferencias significativas en los valores de lactato sanguíneo entre niños y adultos ( $p=0,42$ ) y esto parece ir en contra de lo esperado según algunas opiniones<sup>3,4,7</sup>. Sin embargo, la mayoría de los trabajos en los que se miden niveles de lactato máximo en niños, se han realizado utilizando tests de potencia y capacidad anaeróbica<sup>7,8</sup> y pensamos que el problema radica en lo inadecuado de esta prueba para organismos que no han alcanzado su desarrollo muscular completo y que, por tanto, carecen de su plena capacidad para desarrollar fuerza muscular máxima. Sin embargo, un test progresivo que permita al niño desarrollar potencia de forma escalonada debe permitir una producción de lactato en el tiempo que se acumulará a partir del umbral anaeróbico.

Por esta razón pensamos que este tipo de test es más apropiado para valorar a niños, tanto en su metabolismo aeróbico como anaeróbico, ya que los tests de potencia muscular dependen de factores neuromusculares, y los niños muestran una relativa inmadurez en este campo.

En la revisión realizada por Van Praagh y Doré<sup>15</sup> sobre la potencia muscular de corta duración durante el crecimiento y maduración, se manifiestan las limitaciones de estos tipos de pruebas comúnmente utilizadas para medir la potencia y capacidad muscular. Parece que los últimos resultados apoyan la hipótesis de que las diferencias observadas entre niños y adolescentes durante los tests de potencia muscular de corta duración son más una expresión de factores neuromusculares, hormonales y de mejoras o ganancias en el control motor, que un indicador de la reducida producción de lactato por el mecanismo de la glucólisis. Un estudio posterior<sup>16</sup>, apoya esta idea y encuentra que durante el periodo de crecimiento, el incremento en la potencia máxima es significativamente mayor en niños que en niñas. Señalan que los factores musculares cualitativos (fibras de tipo II, habilidad glucolítica, coordinación motriz y activación de unidades motoras) deben tener relación con este hecho.

Para comparar la capacidad de producción de lactato entre niños y adultos, sería necesario relativizar el lactato obtenido por la masa corporal y la potencia desarrollada. Si lo hacemos así, observamos que los niños son capaces de producir 1,6 veces más lactato por unidad de masa corporal y 2,9 veces más lactato por vatio desarrollado. Atendiendo a estos datos, se puede sugerir que los niños en estas edades, no sólo producen la misma cifra absoluta de lactato que los adultos entrenados, sino que son más eficaces que ellos en lo que a metabolismo anaeróbico se refiere, dejando quizás en evidencia la idea de una supuesta inmadurez de

la glucólisis anaeróbica que con tanto ahínco ha sido defendida durante muchos años e incluso lo es todavía a pesar de las evidencias que se acumulan en su contra. La mayor producción de lactato, tanto en relación a la masa como a la potencia, sugieren claramente una mayor participación relativa de las vías metabólicas anaeróbicas en la generación de la potencia muscular total.

Los problemas metodológicos y de concepto que podrían estar dando lugar a esta confusión sobre el metabolismo energético en los niños, han sido ampliamente revisados recientemente<sup>17</sup>. No parece lógico pensar que los niños y niñas prepúberes tengan las vías metabólicas anaeróbicas inmaduras, a favor de un desarrollado metabolismo aeróbico, cuando la propia actividad espontánea observada durante la niñez presenta características de tareas o actividades que sugieren una mayor participación anaeróbica en la obtención de energía.

Estudios actuales apoyan esta idea, centrando la actividad espontánea y más común en niños y adolescentes en tareas de corta duración e intensidad submáxima<sup>18</sup>. El trabajo de Bailey, *et al*<sup>19</sup> muestra que la duración media de la actividad de los niños de 6 a 10 años es de 6 segundos para actividades de baja-media intensidad y de 3 segundos para actividades de alta intensidad.

Pensamos, por tanto, que deberían revisarse con nuevos enfoques los viejos aforismos que se aplican al comportamiento de los niños durante el ejercicio.

## B I B L I O G R A F Í A

1. Danforth W, Lyon J. Glycogenolysis during titanic contraction of isolated mouse muscles in the presence and absence of phosphorylase a. *J Biol Chem* 1964;238:4047-52.
2. Eriksson BO, Karlsson J, Saltin B. Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta Paediat Scand Suppl* 1971;217:57-63.
3. Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin B. Muscle Metabolism and Enzyme Activities after Training in boys 11-13 Years Old. *Acta Physiol Scand* 1973;87:485-97.
4. Astrand P-O. *Experimental studies of physical working capacity in relation to age and sex*. Munksgaard: Copenhagen. 1952.
5. Haralambie G, Reinartz H. Human Skeletal Muscle Enolase and Factors Influencing Its Activity. *Enzyme* 1978;23:404-9.
6. Haralambie G. Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. *Bull Europ Physiopath Resp* 1982;18:65-74.

7. Zafeiridis A, Dalamitros A, Dipla K, Manou V, Galanis N, Kellis S. Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens and men. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(3):505-12.
8. Ratel S, Bedu M, Hennegrave A, Dore E, Duche P. Effects of age and recovery duration on peak power output during repeated cycling sprints. *Int J Sports Med* 2002;23(6):397-402.
9. Dotan R, Ohana S, Bediz C, Falf B. Blood Lactate Disappearance Dynamics in Boys and men Following Exercise of Similar and Dissimilar Peak-lactate Concentrations. *Journal of Pediatric Endocrinology & metabolism* 2003;16(3):419-29.
10. Gaul CA, Docherty D, Cicchini R. Differences in Anaerobic Performance Between Boys and Men. *Int J Sports Med* 1995;16(7):451-5.
11. Karlsson J, Diamant B, Saltin B. Muscle Metabolites during Submaximal and Maximal Exercise in Man. *Scand J clin Lab Invest* 1971;26:385-94.
12. Armstrong N, Welsman J, Chia M. Short term power output in relation to growth and maturation. *Br J Sports Med* 2001;35:118-24.
13. Tanaka H, Shindo M. Running Velocity at Blood Lactate Threshold of Boys Aged 6-15 Years Compared with Untrained and trained young Males. *Int J Sports Med* 1985;6:90-4.
14. Mero A. Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. *Eur J Appl Physiol* 1988;57:660-6.
15. Van Praagh E, Doré E. Short-Term Muscle Power During Growth and Maturation. *Sports Med* 2002;32(11):701-28.
16. Martin R, Dore E, Twisk J, Van Praagh E. Longitudinal Changes of Maximal Short-Term Peak Power in Girls and Boys during Growth. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(3):498-503.
17. Guerrero L, Naranjo J. ¿Qué sabemos realmente acerca del trabajo físico en los niños? (I). *Archivos de Medicina del Deporte* 2005;XXII(4):311-7.
18. Wirth A, Träger E, Scheele K, et al. Cardiopulmonary Adjustment and Metabolic Response to Maximal and Submaximal Physical Exercise of Boys and Girls at Different Stages of Maturity. *Eur J Appl Physiol* 1978;39:229-40.
19. Bailey RC, Olson J, Pepper SB, et al. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1033-41.