

Original

Influencia del lugar de extracción en la determinación de los niveles de lactato durante una prueba de esfuerzo incremental

C. Sánchez Arjona, Y. Ruiz Martínez y M. C. Martín Fernández

Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Málaga. España.

Historia del artículo:

Recibido el 15 de febrero de 2008.

Aceptado el 14 de abril de 2008.

Palabras clave:

Lactato.
Lóbulo de la oreja.
Pulpejo del dedo.
Lugar de muestreo.

Key words:

Lactate.
Ear lobe.
Fleshy part of the finger.
Sampling site.

Correspondencia:

C. Sánchez Arjona.
Avda. Santa Rosa de Lima nº 7.
Ciudad Deportiva de Carranque.
Centro Andaluz de Medicina del Deporte.
29007 Málaga. España.
Correo electrónico:
consuelo.sanchez.arjona@juntadeandalucia.es

RESUMEN

Objetivo. El propósito del presente estudio fue examinar si existen diferencias en las concentraciones de lactato, cuando hacemos su medición de forma simultánea en dedo y oreja, durante la realización de una prueba de esfuerzo incremental en kayakergómetro.

Métodos. Se llevó a cabo un estudio prospectivo longitudinal, evaluándose a 9 piragüistas (edad media 15 años) de nivel deportivo alto. A cada uno de los sujetos se les realizó una prueba de esfuerzo con determinación de niveles de lactato en dedo y oreja en los siguientes momentos: primera muestra en reposo, segunda a 60 vatios (W), tercera a 70 W, cuarta a 80 W, quinta a 90 W, sexta a 100 W; y en la fase de recuperación: minutos 3 y 5.

Resultados. Se observaron en todos los sujetos niveles de lactato más elevados en dedo que en oreja. Estas diferencias fueron significativas en valores de lactato basales y en niveles de carga de trabajo bajos, (60 y 70 W), zona aeróbica de la curva. Dichas diferencias disminuyeron con la aparición del umbral anaeróbico hasta el final de la prueba y recuperación.

Conclusiones. El lugar de extracción de la muestra (dedo-oreja) es determinante en los niveles de lactato obtenidos, principalmente en reposo y en las fases iniciales de una prueba incremental en kayakergómetro.

© 2008 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Influence of the extraction place in the determination of lactate levels during a test of incremental exercise

Purpose. This study has aimed to assess whether there are significant differences in the lactate concentrations when we simultaneously measure the fleshy part of the finger and the ear lobe during performance of an incremental exercise test and in the recovery.

Methods. A longitudinal prospective study was conducted, evaluating 9 athletes included in the sports modernization program (mean age 15 years). Each subject underwent an incremental exercise test with the Kayak ergometer, obtaining measurements of lactate levels in finger and ear at the following times: at rest, 60 watts (W), 70 W, 80 W, 90 W, 100 W and in the recovery phase: minutes 3 and 5.

Results. Higher levels of lactate were observed in all the subjects in the finger than in the ear. These differences were statistically significant in the baseline lactate values and in the low levels of workloads (60 and 70 W), the aerobic zone of the curve. These differences decreased with the appearance of the ventilatory threshold (anaerobic zone) and until the end of the test and recovery.

Conclusion. The extraction site of the sample (finger-ear) is determinant in the lactate levels obtained, mainly at rest and in the initial phases of the incremental test with Kayak ergometer.

© 2008 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Introducción

El ácido láctico es un producto de la degradación anaeróbica del glucógeno. Cuando no es eliminado, el ácido láctico se disocia, convirtiéndose en lactato y produciendo con ello una acumulación de radicales de H⁺ que ocasionan la acidificación muscular y crean una condición conocida como acidosis^{1,2}.

El umbral de lactato se define como el punto en el que el lactato sanguíneo comienza a acumularse por encima de los valores de reposo durante el ejercicio de intensidad creciente. Durante la actividad leve y moderada, el lactato sanguíneo permanece sólo ligeramente por encima del nivel de reposo; con esfuerzos más intensos, se acumula más rápidamente. La interpretación gráfica de estos valores provoca un punto de inflexión que representa el umbral del lactato. Como no siempre es evidente este punto de inflexión, los investigadores establecen un valor arbitrario de lactato para representar el punto en el que comienza la acumulación del lactato en sangre u OBLA (del inglés *Onset of Blood Lactate Accumulation*). Este valor se establece en 4 mmol/l de lactato en sangre^{3,4}.

En la práctica clínica-deportiva habitual es frecuente observar que niveles de lactato en muestras extraídas mediante punción en pulpejo del dedo tienen una alta variabilidad con respecto a la extracción realizada en el lóbulo de la oreja, en la cual el aumento de lactato permanece más estable y proporcional a las cargas de trabajo. Entre los artículos consultados para determinar si existían estudios al respecto, destacamos los realizados por R. Aguado Jiménez et al⁵, los cuales llevaron a cabo un análisis comparando los niveles de lactato tras la extracción simultánea en dedo y vena antecubital del mismo brazo, durante una prueba incremental en cicloergómetro. En este estudio, los resultados obtenidos en dedo presentaron unas concentraciones iniciales de lactato más altas y variables durante los tres primeros estadios que aquellas obtenidas en vena; sin embargo, estas diferencias desaparecieron en el cuarto estadio, cuando aumenta el flujo cutáneo para eliminar calor.

J. Feliu et al⁶ compararon los niveles en dedo frente a oreja, en 26 atletas (9 remeros, 7 ciclistas y 10 corredores). En este trabajo, los valores de lactato que obtuvieron en el dedo eran mayores que los logrados en muestras de la oreja. Concluyen diciendo que, una vez que el sujeto ha pasado el umbral anaeróbico, hay una vascularización generalizada y, por tanto, los valores se igualan, pero no discuten el porqué de la variabilidad en la zona aeróbica.

Ante los antecedentes descritos, el objetivo de nuestro estudio fue examinar si existían diferencias significativas en las concentraciones de lactato cuando hacemos su medición de forma simultánea en el pulpejo del dedo y el lóbulo de la oreja, durante la realización de una prueba de esfuerzo incremental en kayakergómetro y en la fase de recuperación de la misma.

Métodos

Se llevó a cabo un estudio prospectivo, longitudinal, en el que participaron 9 piragüistas (6 hombres y 3 mujeres) de la categoría cadetes, con un nivel deportivo alto, los cuales se encontraban incluidos en un programa de tecnificación deportiva. Las características básicas de la muestra se detallan en la tabla 1.

Todos fueron informados y se les proporcionó una hoja de consentimiento que fue firmada por los padres/tutores.

A cada uno de ellos se les realizó una prueba de esfuerzo en kayakergómetro (Kayak-ergometer, Dasprint, Vermont S.A., San Sebastián, España) siguiendo un protocolo incremental utilizado por el Centro de

Tabla 1

Características básicas de la muestra (N = 9)

| VARIABLES | Media | Desviación estándar |
|-------------|--------|---------------------|
| Edad (años) | 15,00 | ± 1,22 |
| Peso (kg) | 68,06 | ± 11,64 |
| Talla (cm) | 174,52 | ± 10,01 |

Tecnificación Deportiva (CTD) de Piragüismo, el cual consistió en un calentamiento de 3 minutos a diferentes intensidades, tras el cual se comenzó la prueba consistente en 5 estadios de trabajo con cargas de 60, 70, 80, 90 y 100 W. Empezando a 60 W durante 3 minutos seguidos por 30 segundos de descanso para la recogida de muestra, se fue aumentando la carga contra una resistencia creciente de 10 W cada 3 minutos, hasta alcanzar una carga que provocase la aparición del umbral ventilatorio y continuar así hasta los 100 W. Una vez finalizada la prueba también se realizó toma de sangre en los minutos 3 y 5 de la recuperación.

La toma de las muestras se realizó de la siguiente manera: partiendo del reposo, se extrajo una primera muestra de sangre al mismo tiempo en dedo y oreja, sin la utilización de ninguna pomada vasodilatadora, simplemente limpiando la zona con alcohol y secando posteriormente muy bien. Las punciones en la piel se llevaron a cabo con lancetas estériles (Accu-Chek®, Softclix Pro, Alemania); se intentó no presionar demasiado en la recogida de muestra para evitar hemólisis intravascular. Tras limpieza de la primera gota de sangre mediante gasa estéril se recogieron ambas muestras en capilares de 10 µl sin heparinizar (Hirschmann® Laborgerate, Alemania) pipeteándolas inmediatamente en las cubetas con solución tampón (cubetas individuales LAC 142®, Berlín, Alemania) en las cuales se mantuvieron hasta que finalizó toda la prueba. Las concentraciones sanguíneas de lactato fueron medidas por espectrofotometría de absorción molecular (Dr. Lange®, Miniphotometer plus LP 20, Berlín, Alemania, 2004). Posteriormente se analizaron en serie todas éstas y se hizo lectura de las mismas.

Las determinaciones de lactato se realizaron en todo momento en los distintos puntos objeto del estudio, es decir, en dedo y oreja de forma simultánea, por personal sanitario con experiencia, se procesaron y analizaron con rigurosa asepsia.

A todos los participantes se les colocó un transmisor de frecuencia cardíaca en el pecho (Polar T61- Coded, Finlandia, 2004) y una mascarilla que cubría nariz y boca para recoger el aire espirado durante el ejercicio mediante el analizador (Oxicon Pro de Jaeger, Hoehberg, Alemania). Todos los resultados fueron almacenados para su posterior análisis. Los parámetros registrados fueron: ventilación (VE l/min), consumo de oxígeno (VO₂/kg ml/min/kg) y frecuencia cardíaca máxima (lat/min⁻¹).

Las condiciones del laboratorio en el momento de realizar las pruebas fueron: temperatura 20°C, presión 745 mmHg/mbar y humedad 65%.

Tabla 2

Valores medios de lactato en dedo - oreja en los distintos momentos de la prueba incremental de esfuerzo

| | Dedo (N = 9) | Oreja (N = 9) | p |
|-------|--------------|---------------|-------|
| Basal | 3,00±1,81 | 1,36±0,25 | <0,05 |
| 60 W | 3,51±1,16 | 1,43±0,36 | <0,05 |
| 70 W | 3,63±1,83 | 1,87±0,69 | <0,05 |
| 80 W | 4,17±2,48 | 2,71±1,09 | NS |
| 90 W | 6,55±3,07 | 4,62±2,03 | NS |
| 100 W | 8,81±2,75 | 6,66±2,12 | NS |
| R3 | 9,24±2,79 | 8,09±2,00 | NS |
| R5 | 8,58±2,55 | 8,00±2,09 | NS |

NS: diferencias no significativas; R3: medición a los 3 minutos de recuperación; R5: medición a los 5 minutos de recuperación.

Para el análisis de los datos utilizamos el programa estadístico SPSS.11.5. expresándose éstos como media \pm desviación estándar. Para detectar diferencias entre grupos se usó la prueba de Chi cuadrado. La relación entre las variables analizadas se realizó mediante un análisis de regresión lineal y del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. En todos los casos se estableció un intervalo de confianza del 95% y se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

Resultados

Durante la realización de la prueba de esfuerzo, la media de la frecuencia cardíaca máxima y el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2,max}$) fueron de $191 \pm 6,61$ lat/min⁻¹ y $50,16 \pm 5,87$ ml/kg/min respectivamente.

En todos los deportistas, los niveles de lactato en los distintos momentos de la prueba incremental mostraron un ascenso exponencial, con unos valores promedio y desviaciones estándar que se presentan en la tabla 2.

Las cifras de lactato obtenidas mediante punción en dedo fueron en todas las muestras superiores a las obtenidas cuando la punción se realizó en el lóbulo de la oreja. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas para valores de lactato basales y en los niveles de carga de trabajo correspondientes a la zona aeróbica de la curva (60 y 70 W) como puede observarse en la figura 1.

Las diferencias entre las determinaciones en dedo y en oreja fueron estables a lo largo de la prueba, pero se redujeron durante el período final de carga (80, 90 y 100 W) y en la fase de recuperación. En la figura 2 podemos ver la recta de regresión entre los valores obtenidos en dedo-oreja en los distintos momentos de evaluación de la prueba en todos los deportistas. El coeficiente de correlación presenta un valor de $r^2 = 0,75$, si bien de nuevo podemos observar cómo las diferencias entre la determinación de lactato en dedo frente a oreja es mayor en las fases iniciales de la prueba (zona aeróbica) que en los estadios finales de la misma.

Discusión

De los resultados obtenidos podemos concluir que existen mayores niveles de lactato y una mayor variabilidad en las muestras obtenidas mediante punción capilar del dedo frente a los obtenidos por punción del lóbulo de la oreja. Estas diferencias son más manifiestas en las fases iniciales de la prueba incremental (reposo, 60 W y 70 W), desapareciendo en las fases finales de mayor carga de trabajo (80, 90 y 100 W) y en la fase de recuperación.

En diversos trabajos se habla sobre la variabilidad en los niveles de lactato dependiendo de la zona de obtención de la muestra. Todos coinciden en que las tomas que se realizan en dedo son más altas que las obtenidas en otros puntos anatómicos^{1,5,6}. Posiblemente existe un factor en el cual no ha incidido ningún autor en sus investigaciones, las características anatómicas de la zona de punción. El lóbulo de la oreja, al ser una zona muy vascularizada y con la piel muy fina, permitiría que en el momento del pinchazo la sangre caiga por gravedad sin tener que realizar una manipulación (ordeño). Cuando hacemos la punción para recogida de muestra (tanto en reposo como en las primeras cargas de trabajo) en el dedo, ésta requiere una manipulación mucho mayor para que la sangre fluya (ordeño); a esto podemos añadir que muchos deportistas tienen una hiperqueratosis a nivel de los dedos, lo cual hace que la manipulación sea más cruenta, produciéndose una rotura celular y

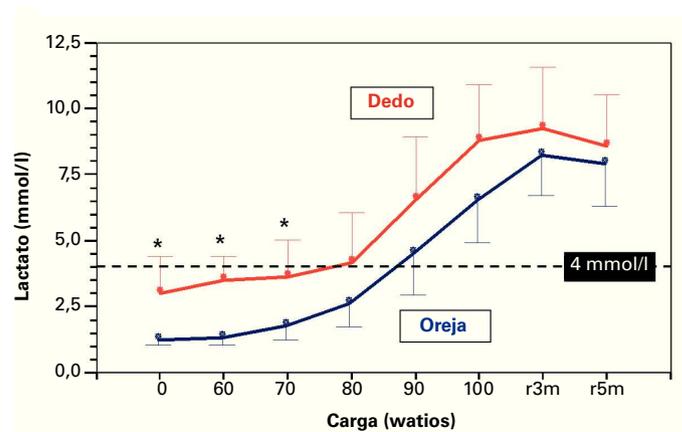


Fig. 1. Mayores niveles de lactato en dedo que en oreja en todas las determinaciones. *Mayor en dedo que en oreja ($p < 0,05$).

hemólisis. Esta hemólisis hace que se liberen al torrente sanguíneo todos los constituyentes que se encuentran en el interior de la célula, entre éstos la hemoglobina, la cual es uno de los componentes principales que participan en la neutralización del ácido láctico⁷. Todos estos factores podrían ser causa del aumento del lactato en condiciones basales y en las primeras fases del ejercicio.

En cargas de trabajo de baja intensidad (correspondiente a 60 y 70 W) las diferencias siguen siendo estadísticamente significativas, pero se observa una variabilidad intrasujeto en las muestras obtenidas en dedo, que podrían estar influenciadas por las características del gesto deportivo (mayor utilización de dicha extremidad durante el ejercicio).

Estas diferencias desaparecen con cargas de trabajo altas (80, 90 W y 100 W) y en la fase de recuperación. Esto puede ser atribuido a que, una vez que el sujeto ha pasado el umbral anaeróbico, hay una vascularización generalizada, el cuerpo intenta perder calor, por lo que la sangre fluye sin necesidad de ningún tipo de ordeño y los valores en ambas regiones se igualan⁸⁻¹¹.

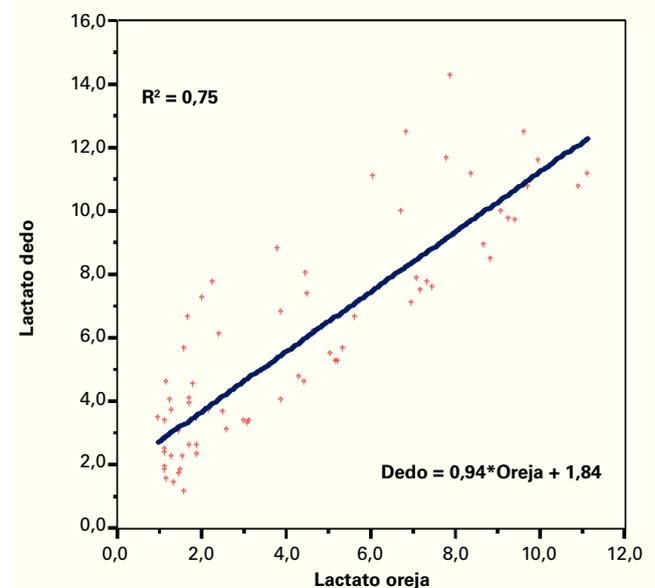


Fig. 2. Recta de regresión entre los valores obtenidos en dedo-oreja en los distintos momentos de evaluación de la prueba en todos los deportistas.

La mayor aportación de nuestro estudio a esta línea de trabajo consiste en que si nos basamos en el establecimiento del umbral anaeróbico en 4 mmol/l de lactato⁴, éste se lograría a 80 W en el caso de realizar las determinaciones de lactato en el pulpejo del dedo, frente a 90 W si la toma la llevamos a cabo en el lóbulo de la oreja. Por lo tanto, esto condicionaría distintos esquemas de entrenamiento para un mismo deportista según la zona (dedo-oreja) donde se le haya realizado la toma de lactato.

Al analizar la correlación entre los valores obtenidos en dedo-oreja (fig. 2) en los distintos momentos de evaluación de la prueba en todos los deportistas, hemos obtenido la siguiente fórmula: lactato en dedo = 0,94 x lactato oreja + 1,84, mediante la cual sería posible obtener una aproximación matemática entre los resultados obtenidos en ambas zonas de punción.

Cualquier procedimiento analítico tiene como objetivo ofrecer resultados con un alto nivel de seguridad y fiabilidad, de forma que permitan, tanto al deportista y preparadores físicos como al personal sanitario, establecer conclusiones acertadas y tomar decisiones apropiadas.

En los últimos años se ha progresado mucho en la calidad de la fase analítica con la aparición de numerosos aparatos con una precisión y sensibilidad espectaculares, de ahí la necesidad de trabajar sobre los factores preanalíticos, que son sobre los que el personal sanitario puede ejercer una acción encaminada a la obtención de un resultado fiable. Dentro de los factores preanalíticos se encuentra la preparación del paciente y la correcta toma de muestras; la variabilidad que podemos introducir debido a ellos puede ser más importante que la misma técnica¹²⁻²².

Según nuestros resultados y la experiencia de otros grupos de trabajo, creemos que sería necesario que se realizasen estudios más específicos, por personal cualificado, encaminados a estudiar la magnitud de la variable "hemólisis" en la medición del lactato. Mientras tanto, aconsejamos la realización de la prueba de lactato en el lóbulo de la oreja debido a sus resultados más estables.

En conclusión, el lugar de extracción de muestreo afecta los niveles de lactato en reposo y en las fases iniciales de la prueba incremental en piragüistas jóvenes.

Bibliografía

1. López Chicharro J, Aznar Laín S, Fernández Vaquero A, López Mojares LM, Lucía Mulas A. Valoración de la capacidad aeróbica mediante análisis de lactato. Umbral láctico. En: Transición aeróbica-anaeróbica. Concepto, metodología de determinación y aplicaciones. 1ª ed. Madrid: Master Line & Prodigio S.L.; 2004.p.25-40
2. Lucía Mulas A. Interacción de los sistemas energéticos durante el ejercicio. En: López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 2ª ed. Madrid: Editorial Panamericana;1995.p.41-3.
3. Bowers RW, Fox EL. Procesos de recuperación. Fisiología del deporte 1995;5:88-93.
4. Wilmore JH, Costill DL. Adaptaciones cardiorrespiratorias al entrenamiento. En:Fisiología del esfuerzo y del deporte. 3ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2000. p. 214-38.
5. Aguado Jiménez R, Guío de Prada MV, Mora Rodríguez R. Influencia del lugar de muestreo (dedo-vena) en los resultados de un test de lactato. Archivos de Medicina del Deporte. 2003. p. 221-7.
6. Feliu J, Ventura JL, Segura R, Rodas G, Riera J, Estruch A, et al. Differences between lactate concentration of samples from ear lobe and the finger tip. J Physiol Biochem. 1999;55:333-9.
7. Schiele F. The effects of drugs on enzyme reference values. Clin Chem. 1997; 23-1120.
8. González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Coley EF. Stroke volume during exercise: interactions of environment and hydration. Am J Physiol. 2000; 278:H321-30.
9. Nielsen B, Hales JR, Strange S, Christensen NJ, Warberg J, Saltin B. Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot dry environment. J Physiol (Lond). 1993;460:467-85.
10. Smolander J, Kolar P, Korhonen O, Ilmarinen P. Aerobic and anaerobic responses to incremental exercise in a thermoneutral and a hot dry environment. Acta Physiol Scand. 1986;128:15-21.
11. Smolander J, Kolar P, Korhonen O, Ilmarinen P. Skin blood flow during incremental exercise in a thermoneutral and a hot dry environment. Eur J Appl Physiol. 1987;56:273-80.
12. Friedman DB, Johnson JM, Mitchell JH, Secher NH. Neural control of the forearm cutaneous vasoconstrictor response to dynamic exercise. J Appl Physiol. 1991; 71:1892-6.
13. Statland BE, Winkel P. Effects of preanalytical factors on the intraindividual variation of analytes in the blood of healthy subjects consideration of preparation of the subject and time of venipuncture. CRC Crit Rev Clin Lab Sci. 1977;8(2):44-105.
14. Heil W, Koberstein R, Zawta B. Reference ranges for adults and children. Preanalytic considerations. Mannheim, Germany: Roche Diagnostics; 2000; n.133.
15. Céspedes Quevedo MC, Edward Seringe LS. Preparación del paciente y colección de muestras para análisis de laboratorio clínico. Medisan. 1999; 3(1):31-5.
16. Narayanan S. The preanalytic phase. An important component of laboratory medicine. Am J Clin Pathol. 2000;113(3):429-52.
17. Moraglio D, Banfi G. Preanalytical phase in coagulation testing: state of the art in the laboratories of the Piedmont region, Italy. Scand J Clin Lab Invest. 1996;56(8):735-42.
18. Becan-McBride K. Laboratory sampling. Does the process affect the outcome? J Intraven Nurs. 1999;22(3): 137-42.
19. Agemann P. Quality management in laboratory medicine. Acta Neurochir Suppl. 2001;78:79-82.
20. Pérez Gastell P, Zamora González LY. ¿Es el laboratorio el único responsable del resultado inadecuado de un examen complementario? Revista electrónica. Diagnóstico in vitro. 2000. 443:1-15. [consultado el 27/04/2007]. Disponible en: <http://www.ifcc.org/ria/libestilo.html>
21. Friedman GD, Siegel AB, Seltzer CC. Smoking habits and the leukocyte count. Arch Environ Health. 1973;26:137.
22. Guder WG. Preanalytical factors and their influence on analytical quality specifications. Scan J Clin Lab Invest. 1999;59(7):545-9.