

## INFLUENCIA DEL LUGAR DE MUESTREO (DEDO-VENA)

### EN LOS RESULTADOS DE UN TEST DE LACTATO

*Mora Rodríguez, R.*

*Aguado Jiménez R.*

*Navarro Valdivieso, F.*

*Facultad de CC. De la Actividad Física y Deporte  
Universidad de Castilla-La Mancha*

#### RESUMEN

Este estudio analizó los incrementos en los niveles de lactato de muestras extraídas en VENA-DEDO. Para ello se empleó una muestra de ocho sujetos deportistas con capacidades físicas similares. Cada sujeto se realizó dos pruebas de 5 cargas (125 a 225W) de esfuerzo progresivo hasta el umbral de lactato en cicloergómetro. Se realizaron extracciones simultáneas de sangre en VENA-DEDO en cada estadio. Para la misma intensidad de ejercicio la concentración de lactato en DEDO era más elevada que en VENA ( $P < 0.05$ ). Las diferencias (DEDO-VENA) se veían incrementadas cuando el test se realizaba en NEUTRO ( $21 \pm 2^\circ$  celsius) disminuyendo en CALOR ( $39 \pm 1^\circ$  celsius). La evolución de los niveles de lactato en referencia a la intensidad del ejercicio, difiere en VENA-DEDO. En VENA el nivel de lactato incrementa proporcionalmente con el ejercicio, mientras que el DEDO se observa un plató inicial. Por ello consideramos que se debe actuar con cautela a la hora de aplicar los diferentes análisis de curvas de umbrales de lactato, pues dependiendo del lugar donde realicemos la extracción (DEDO-VENA), los umbrales pueden diferir.

#### PALABRAS CLAVE

Umbral de lactato, Vena antecubital

## 1 INTRODUCCIÓN

En los test de lactato, que a menudo realizamos en nuestro laboratorio, hemos observado que los niveles de lactato en muestras extraídas mediante punción en el dedo, tenía una alta variabilidad. El lactato no aumentaba con las cargas iniciales de un test incremental, e incluso se observaban reducciones. Para determinar si esto era debido a la circulación cutánea, se procedió a realizar un estudio en el que las muestras se extrajeran de forma simultánea mediante punción en el dedo, y mediante extracción en una vena antecubital.

Nuestra hipótesis era que la vena, por ser un vaso de mayor calibre y por estar más cercana al tejido muscular, era más representativa de la cantidad de lactato que el músculo vertía en la sangre. Por otra parte se procedió a realizar el experimento en dos ambientes, uno CALOR y otro NEUTRO, de forma que si la variabilidad de los niveles de lactato en DEDO era producida por la circulación cutánea, esta se vería afectada de forma significativa por el aumento de la temperatura ambiente. Con este aumento, pretendíamos incrementar la circulación cutánea y

observar si se reducían las diferencias en los niveles de lactato entre VENA y DEDO a una misma carga de ejercicio.

## 2 MÉTODOS

*Sujetos.* Ocho hombres activos fueron reclutados para participar en este experimento. Los sujetos eran estudiantes de educación física activos y acostumbrados al ejercicio continuado de pedaleo en bicicleta. Los participantes tenían una media  $\pm$ (DS) en edad de  $22\pm 5$  años, peso  $71\pm 8$  Kg, altura  $176\pm 6$  cm, frecuencia cardiaca máxima  $189\pm 11$  lat/min., consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ )  $57\pm 4$  ml/kg./min. y carga al umbral de lactato de  $223\pm 33$  vatios. Los participantes firmaron una hoja de consentimiento donde se les informaba detalladamente de los procedimientos experimentales y del derecho de terminar la participación en el estudio en cualquier momento, sin perjuicio de sus relaciones con la Universidad de Castilla-La Mancha.

*Tests Preliminares.* Al menos 3 días antes del experimento se midió en cada uno de los participantes el umbral de lactato usando un protocolo incremental en un cicloergómetro electrónico con control de carga independiente de las revoluciones de pedalada (Seca Cardiotest 100). Durante las primeras 5 cargas de la carga ejercicio se incrementó 25 vatios cada 4 minutos y se recogió sangre del dedo (mediante punción de la piel) al final de cada uno de estos estadios de trabajo. El lactato en la sangre recogida fue inmediatamente analizado en un analizador de lactato (YSI-1500 Sport) y con los valores obtenidos se calculó el umbral de lactato basándose en el método de Coyle y cols (1983).

*Diseño Experimental.* Los participantes pedalaron en el cicloergómetro (Seca Cardiotest 100) realizando un protocolo incremental de 5 estadios con cargas de trabajo de 125, 150, 175, 200, y 225 vatios de 4 minutos de duración cada carga sin descanso entre cargas. El objetivo era que la última carga de trabajo (225 vatios) fuera una carga igual o ligeramente mayor que la carga de umbral de lactato calculada en el test preliminar. Dada la homogeneidad en la forma física en el grupo de participantes, el protocolo de cargas usado fue el mismo para todos, pues 225 vatios provocaban en todos ellos concentraciones de lactato  $\pm 4\%$  de su umbral de lactato. Las muestras de sangre venosa fueron recogidas en dos lugares de forma simultánea, uno mediante punción en el dedo con pinchador (Boehringer Mannheim, Autoclix) y lancetas estériles (Boehringer Mannheim, Autoclix) y recogida de la muestra en tubos capilares micro-hematocrito de 70mm heparinizados (Gri-Cel) DEDO, y otra a través de cánula intravenosa estéril de carácter flexible de PTFE (Ohmeda) insertada en la vena antecubital del brazo derecho VENA. Ambas muestras eran introducidas, por separado, en una micropipeta de  $25\mu\text{l}$  (YSI -1501) para su posterior inyección en el analizador de lactato (YSI -1500 Sport). Este proceso se llevaba a cabo en el momento de la obtención de la muestra y los resultados eran obtenidos después de 1 minuto de la inyección. La cánula intravenosa se mantuvo patente mediante su continuo enjuague con suero salino fisiológico (Grifols). En total el volumen de sangre obtenido de cada participante en toda la prueba no superó los 60 ml.

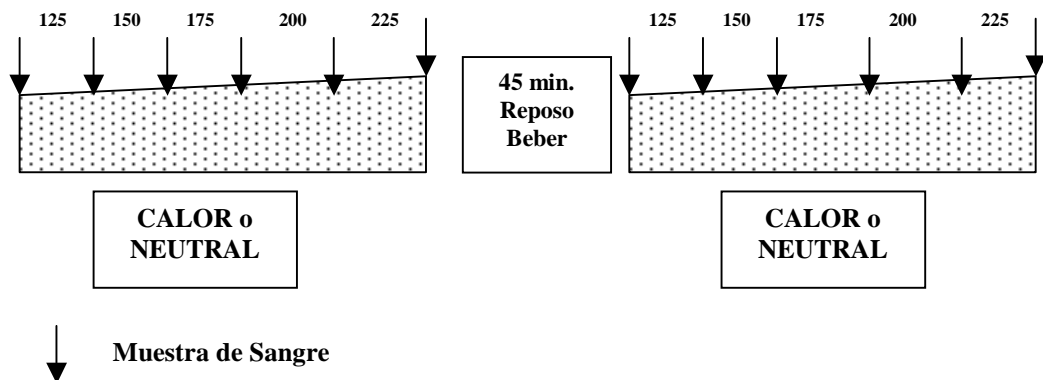
Cada participante realizó el protocolo incremental de trabajo (20 minutos de trabajo en total) en 2 ocasiones en el mismo día. En una condición el participante lo realizó en condiciones de temperatura neutral ( $21\pm 2^\circ$  celsius;  $43\pm 4\%$  de humedad relativa, con ventilación continua; NEUTRAL) y en otra en una situación de calor controlado dentro de una cámara climática ( $39\pm 1^\circ$  celsius;  $27\pm 3\%$  humedad relativa, con ventilación continua; CALOR). La secuencia de ejercicio

fue aleatoria para eliminar los posibles efectos del orden de las pruebas (NEUTRAL-CALOR o CALOR-NEUTRAL) en las variables dependientes medidas. Entre las condiciones NEUTRAL y CALOR, los participantes descansaron al menos 45 minutos en un ambiente de 21° celsius. Durante este tiempo los participantes bebieron una cantidad de agua igual al peso perdido para asegurarnos que comenzaban cada prueba con el mismo nivel de hidratación.

*Procedimiento Experimental.* Los participantes llegaron al laboratorio al menos 90 minutos después de la ingesta de la última comida. El participante se vistió con pantalones de ciclista y procedió a pesarse en una escala electrónica con discriminación de 100 gr (Seca 780). Se procedió a canularle la vena antecubital del brazo derecho siguiendo procedimientos estériles bajo estricta supervisión médica. Después de 15 min. de descanso sentado, el participante se subió al cicloergómetro. Antes de comenzar el ejercicio se recogió una muestra de sangre en DEDO y otra en VENA para el análisis de la concentración de lactato en reposo usando un analizador de lactato (YSI-1500 Sport). El analizador de lactato fue calibrado en varias ocasiones usando estándares de 5 y 15 mmol/L (YSI). Durante el ejercicio, se recogieron muestras de sangre DEDO y VENA (ambas en cada estadio) que se analizaron inmediatamente en el analizador de lactato (YSI-1500 Sport). Una vez concluido el 5° estadio de carga de trabajo el participante paro de pedalear y se recogieron muestras de sangre para análisis del lactato en los minutos 1, 3, 5, 7, 9, y 12 después del ejercicio. Después de estos 12 minutos el participante desmontó del cicloergómetro y se volvió a pesar con solo los pantalones. Después de al menos 45 minutos de descanso se volvió a repetir todo el procedimiento en la condición restante (NEUTRAL o CALOR). Al final del ejercicio, la cánula intravenosa fue extraída y se aplicó presión sobre la incisión con una gasa estéril durante al menos 10 minutos. Una vez observado que el participante no sangraba se le permitía el abandono del laboratorio.

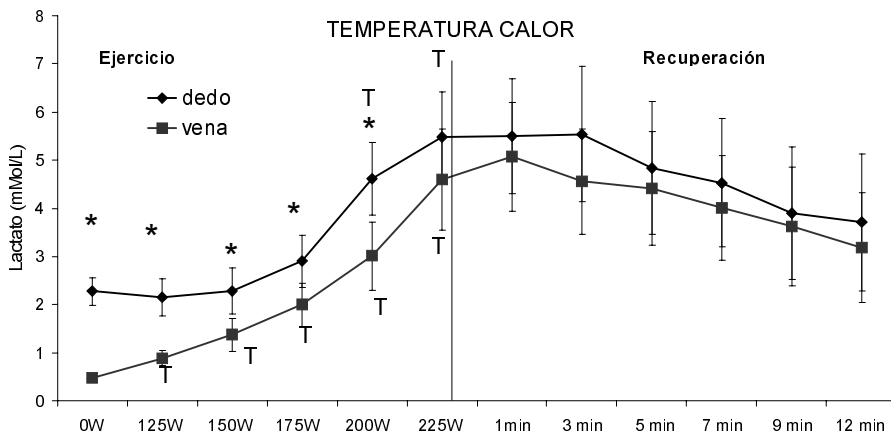
*Análisis Estadístico.* Los datos fueron analizados usando el software SPSS (v 9.0) realizando un análisis de modelo lineal general (ANOVA con dos factores tratamiento y tiempos) con medidas repetidas en un modelo intra-sujeto. Los tiempos específicos donde había diferencias entre tratamientos fueron identificados usando contrastes calculados con medidas repetidas univariadas. El nivel de significancia estadística se definió como  $P < 0.05$ . Los resultados se presentan como  $\text{media} \pm \text{SEM}$  (error estándar de la media).

Figura 1



### 3 RESULTADOS

**Lactatos en CALOR:** se encuentran diferencias significativas entre DEDO y VENA, tanto en reposo (0W) como en los primeros estadios del ejercicio (125W, 150W, 175W, 200W;  $P < 0.05$ ). En situación de reposo, en el DEDO se aprecian concentraciones de lactato por encima de  $2 \pm 0.2 \text{ mmol/L}$  mientras que en VENA encontramos concentraciones de  $0.5 \pm 0.04 \text{ mmol/L}$  que son significativamente menores ( $P < 0.05$ ). En DEDO, las primeras cargas de ejercicio (125W, 150W) no producen una elevación en la concentración de lactato manteniéndose en valores similares a los del reposo. Este fenómeno presenta diferencias entre los sujetos, pero el comportamiento general es el de un plató inicial. Sin embargo, en VENA encontramos un incremento en la concentración de lactato, similar en todos los sujetos ( $P < 0.05$ ), paralelo al incremento de la carga de trabajo en todos los estadios. A partir del tercer estadio (175W), los valores de concentración de lactato en DEDO aumentan de forma paralela a los incrementos en la carga de ejercicio, y a un ritmo similar al de VENA. \* Mayor que en VENA ( $P < 0.05$ )

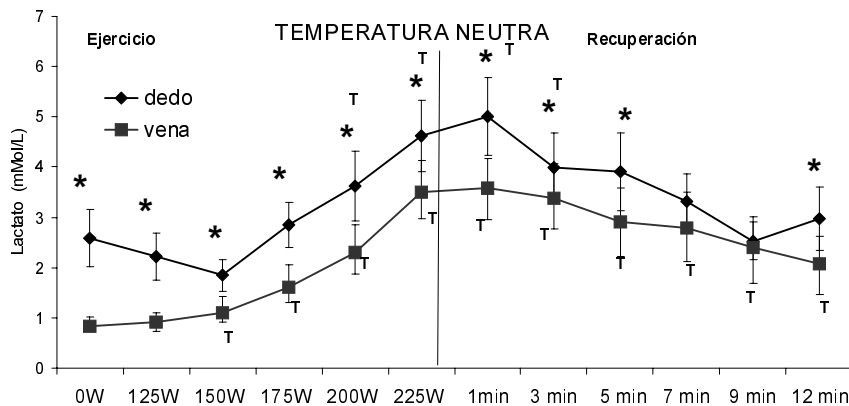


T Mayor que el descanso en esa prueba (P<0.05)

Lactatos en NEUTRO: se encuentran diferencias significativas entre DEDO y VENA tanto en reposo (0W) como en todos los estadios de ejercicio (125W, 150W, 175W, 200W, 225W; P<0.05). También se aprecian diferencias en los primeros estadios de recuperación (+1min, +3min, +5min; P<0.05) como en el último estadio de la recuperación (+12min; P<0.05). En situación de reposo, en DEDO se aprecian concentraciones de lactato por encima de  $2.5 \pm 0.5$  mmol/L, mientras que en la VENA encontramos concentraciones próximas a  $1 \pm 0.1$  mmol/L que son significativamente menores (P<0.05). En DEDO, las primeras cargas de ejercicio (125W, 150W) producen una reducción en la concentración de lactato, manifestada de diferentes formas en los sujetos, mientras que en VENA encontramos un incremento, de forma similar en todos los sujetos (P<0.05) paralelo con la carga de ejercicio. Los valores de la concentración de lactato en DEDO comienzan a crecer de forma paralela al incremento de la carga de ejercicio a partir del tercer estadio (175W) y entonces el ritmo de incremento es similar al de VENA. Esta dinámica se daba también en CALOR

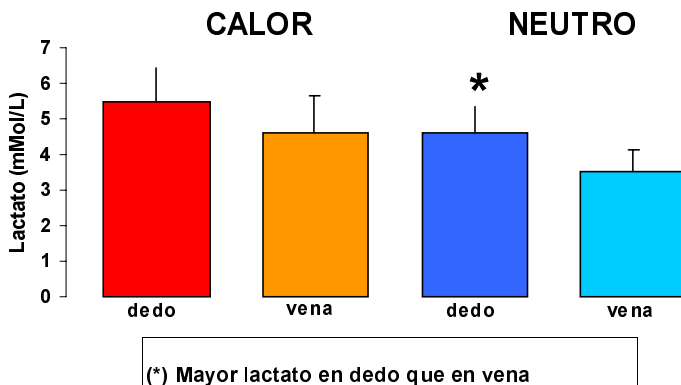
\* Mayor que en VENA (P<0.05)

T Mayor que el descanso en esa prueba (P<0.05)



Lactatos en carga de 225 vatios: se encuentran diferencias significativas al comparar DEDO en situación NEUTRO con VENA en situación NEUTRO ( $4.6 \pm 0.7$  vs  $3.5 \pm 0.6$ , DEDO vs VENA; P<0.05). Sin embargo en CALOR estas diferencias no alcanzan significancia ( $5.5 \pm 0.9$  vs  $4.6 \pm 1$ , DEDO vs VENA).

## 225 VATIOS



## 4 CONCLUSIONES

Dado que las concentraciones de lactato no son las mismas si realizamos la extracción en DEDO o si la realizamos en VENA se debe tener este factor en cuenta a la hora de aplicar diferentes test para determinar el umbral anaeróbico, umbral de lactato u otros protocolos que impliquen la aplicación de estos valores. De lo contrario cualquier estimación realizada mediante el mismo procedimiento, obteniendo las muestras en lugares diferentes (DEDO - VENA), puede inducir a umbrales distintos en un mismo sujeto. De esta forma, si determinamos una concentración de lactato de 3.5 mmol/L, vemos que para esta concentración la carga de ejercicio es de 200W para muestras DEDO, pero para muestras VENA la intensidad de carga de ejercicio es de 225W (12% mayor). De esta forma observamos como una misma producción de lactato en los músculos que se contraen, se aprecia de manera diferente según el lugar dónde obtengamos la muestra (DEDO - VENA). Puede ser problemático aconsejar cargas de ejercicios basándose en las concentraciones de lactato. El-Sayed MS et al. (1993) hicieron que sujetos realizara una prueba de 30 minutos una intensidad de ejercicio que producía 4mmol/L en DEDO y otra prueba a una intensidad que producía 4 mmol/L en VENA. Comprobaron que en la prueba DEDO el nivel de concentración de lactato era estable y la prueba se podía concluir, mientras que con la referencia VENA, el nivel de concentración de lactato se acumulaba produciendo un aumento en la concentración, y la fatiga era elevada.

Entendemos que las diferencias encontradas en las muestras DEDO y VENA no son dependientes de la temperatura a la que se realice el experimento, CALOR - NEUTRO, pues éstas se manifiestan en las dos situaciones. No obstante se aprecia una mayor concentración de lactato en DEDO que en VENA ( $P < 0.05$ ) en el experimento realizado en NEUTRO, puesto que se mantienen las diferencias incluso en el periodo de recuperación. Sin embargo, las diferencias DEDO - VENA en CALOR se encuentra en los estadios de incremento de ejercicio solamente, dejando de ser significantes en el último estadio de ejercicio (225W). Probablemente, 15 minutos

de ejercicio en CALOR, incrementaron la circulación cutánea, lo cual produjo que los niveles de lactato se equilibraran con los de la circulación general (VENA). Esto produjo que los niveles de lactato DEDO - VENA estuvieran más próximos entre ellos (i.e. 225W).

La dinámica de las curvas de lactato no es igual en DEDO y VENA. En DEDO, en las primeras cargas del ejercicio (125W y 150W) no se produce un incremento en los niveles de lactato por encima del reposo, tal vez debido a una alta concentración en la situación de reposo. Es posible que el tejido de la piel sea un productor de lactato durante el reposo (Van der Merwe M.T., et al.) Todo esto crea un falso estado de equilibrio o plató, que se ha venido usando frecuentemente para el cálculo del umbral de lactato por algunos autores (Umbral Convencional, Davis, Vodak et al. 1976; Log-Log Beaver, K. et al. 1985; Índice de la pendiente con una tangente individual, Hughson, Weisinger et al. 1987; Índice de la pendiente con una tangente fija, Hughson, Weisinger et al. 1987; Concentración fija de lactato, Mader, Liesen et al. 1976; [La] 1mmol/L por encima de la línea base, Yoshida, Chida et al. 1987; Umbral anaeróbico individual, Stegmann, Kindermann et al. 1981). En la VENA vemos que este incremento en los niveles de lactato se produce desde las primera cargas de ejercicio y de forma regular en todos los sujetos

Esto se debe tener en cuenta a la hora de aplicar diferentes protocolos para estimar el umbral de lactato, pues muchos de ellos se basan en el estudio de las curvas descritas por el incremento de la concentración de lactato en el ejercicio con intensidad escalonada y progresiva. Además viendo que la variabilidad en las muestras de los sujetos es menor en la vena, se podrían determinar los umbrales con mayor fiabilidad.

## 5 BIBLIOGRAFIA

- Beaver B.L., W.K., et al. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J Appl Physiol*. 59: 1936-1940: 1985
- Coyle E.F., W. H. M., A.A. Ehsani, J. M. Hagberg, S.A. Bloomfield, D.R. Sinacore, and J.O. Holloszy. Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart disease patients. *Eur J Appl Physiol*. 54: 18-23, 1993
- Davis J.A., Vodak P., et al anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Appl Physiol* 41: 18-23: 1976
- El-Sayed M.S., George K.P., Dyson K. The influence of blood sampling site on lactate concentration during submaximal exercise at 4 mmol.l-1 lactate level. *Eur J Appl Physiol* 1993; 66: 518-22
- Hughson R.L., et al. Blood lactate concentration increases as a continuous function progressive exercise. *J Appl Physiol* 62: 75-81: 1987
- Navarro, F. La resistencia. Gymnos. Madrid. 1998
- Van der Merwe M.T., Jansson P.A., Crowther N.J., Boyd I.H., Gray I.P., Joffe B.I., Lonnroth P.N. Lactate and glycerol release from subcutaneous adipose tissue in black and white lean men. *J Clin Endocrinol Metab*. 1999. 84: 2888-95