

INFLUENCIA DEL LUGAR DE MUESTREO (DEDO-VENA) EN LOS RESULTADOS DE UN TEST DE LACTATO

INFLUENCE OF SAMPLING SITE (VEIN VS. CAPILLARY) ON LACTATE THRESHOLD TESTING

RESUMEN

El propósito de este estudio fue examinar las diferencias en la concentración de lactato durante un test de pedaleo incremental en intensidad entre la sangre extraída de una vena antecubital (VENA) y la sangre extraída de los capilares cutáneos de un dedo (DEDO) del mismo brazo. Para llevar a cabo el propósito del estudio se empleó una muestra de ocho sujetos sanos y activos con capacidades aeróbicas máximas similares (VO_{2max} de 57 ± 4 ml·kg⁻¹·min⁻¹), todos ellos habituados al ejercicio físico en bicicleta. Cada uno de los sujetos realizó dos test de umbral de lactato en cicloergómetro, uno en ambiente caluroso ($39 \pm 1^\circ$ C) y otro en un ambiente termoneutral ($21 \pm 2^\circ$ C). El orden de la realización de las pruebas fue aleatorio. Partiendo del reposo en cada prueba se realizaron 5 estadios de pedaleo en cicloergómetro contra una resistencia creciente en 25 vatios cada 4 minutos hasta alcanzar una carga que provocase la aparición del umbral de lactato (225 vatios). Durante los últimos 30 segundos de cada estadio se extrajo sangre de la VENA y del DEDO de manera simultánea, y se procesaron y analizaron de manera idéntica. Se observó que para la misma intensidad de ejercicio, la concentración de lactato en DEDO era más elevada que la obtenida en VENA en todas las cargas de ejercicio ($P < 0.05$). El ambiente caluroso disminuyó las diferencias entre DEDO y VENA y a 225 vatios solamente en la prueba termoneutral hubo una diferencia significativa (Figura 4). Los incrementos en carga de trabajo durante los primeros estadios de ejercicio (125, 150 y 175 vatios) no consiguieron aumentar la concentración del lactato del DEDO que se mantuvo estable. Sin embargo, la concentración de lactato en VENA durante estos tres primeros estadios claramente aumentó en consonancia con el aumento de la carga. En conclusión, el lugar de extracción de la muestra de sangre (DEDO-VENA) influye en la determinación gráfica del umbral de lactato.

Palabras clave: Umbral de lactato. Vena antecubital. Lugar de muestreo.

SUMMARY

The purpose of the study was to examine the difference in blood lactate levels depending on the sampling site, the antecubital vein (VEIN) or the finger capillary blood (FINGER) during a lactate threshold test. We recruited eight subjects, physically active with similar maximal aerobic capacity (VO_{2max} of 57 ± 4 ml·kg⁻¹·min⁻¹) used to cycling. Each subject participated in two trials during the experiment, one of the trials was performed in a hot environment ($39 \pm 1^\circ$ C) and the other in a thermoneutral environment ($21 \pm 2^\circ$ C), trials order was randomized. Each trial was a graded exercise testing that included 5 incremental workloads of 25 watts every 4 minutes. Last workload of the trial was intense enough to reach each participant individual lactate threshold (225 watts). Blood samples were taken from VEIN and FINGER simultaneously and processed and analysed in the same way. Blood sample was taken while the subject did the exercise. For a given workload, blood lactate concentration was higher in the FINGER than in the VEIN ($P < 0,05$) for all workloads. The difference was reduced when the exercise was performed in a hot environment ($39 \pm 1^\circ$ C) and at 225 watts the difference was significant only in the neutral environment (Fig. 4). During the three initial stages of exercise (125, 150, 175 watts) lactate levels from the FINGER did not increase above initial workload. However, during the same stages of exercise (125, 150, 175 watts) lactate concentration increase at the VEIN according to the increases in workload. In conclusion lactate threshold determination from an customary exercise test is influenced by sampling site (FINGER vs. VEIN).

Key words: Lactate threshold. Antecubital vein. Sampling site.

Roberto Aguado Jiménez¹

M^a del Valle Guío de Prada²

Ricardo Mora Rodríguez¹

¹Universidad de Castilla-La Mancha en Toledo. Departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

²Centro de Medicina del Deporte de la Diputación Provincial de Toledo

CORRESPONDENCIA:

Roberto Aguado Jiménez. Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de CC. del Deporte. Campus Tecnológico Antigua Fábrica de Armas. Avda. Carlos III, s/n. 45071 Toledo. E-mail: roberto.aguado@uclm.es

Aceptado: 26.03.2003

INTRODUCCIÓN

Hemos observado que a una intensidad fija de ejercicio los niveles de lactato en muestras extraídas mediante la punción de la piel del dedo, tienen una alta variabilidad inter e intrasujeto. Además durante los estadios iniciales de ejercicio de un test incremental la concentración de lactato no aumenta a pesar de incrementar la carga e incluso en algunos casos se observaron reducciones. Dos explicaciones posibles a esta falta de respuesta en los niveles de lactato con los incrementos en la intensidad de ejercicio son; a) que exista un retardo en la incorporación del lactato desde el músculo a la circulación cutánea por estar ésta lejana al lugar de producción del lactato o b) que exista lactato acumulado en la circulación de la piel (Van der Merwe, *et al.* 1999) explicando la falta de incremento hasta el punto en el que el lactato proveniente del músculo exceda los niveles de lactato de la piel.

Para investigar las causas de estas respuestas en el lactato de la sangre capilar realizamos el presente estudio. En este estudio comparamos la concentración de lactato de muestras de sangre extraídas de forma simultánea de los capilares del dedo, y de una vena antecubital. Nuestra primera hipótesis era que, por ser la vena antecubital un vaso sanguíneo de gran calibre, una porción importante del lactato producido en el músculo alcanzaría esta vena, siempre que cada estadio fuera lo suficientemente largo (4 minutos) como para permitir su difusión a la sangre. Friedman, *et al.* (1991) determinaron

que el ejercicio de alta intensidad reduce el flujo a la piel, siendo uno de los principales causantes de la vasoconstricción cutánea (Taylor, *et al.* 1990). Que la circulación cutánea se reduzca puede limitar la incorporación del lactato a esta circulación, haciendo que las muestras obtenidas del dedo quizás no sean representativas de lo que sucede en el músculo durante el ejercicio intenso.

El ejercicio combinado con una temperatura ambiental elevada aumenta el flujo cutáneo debido a la necesidad impuesta por disipar calor metabólico (González-Alonso, 2000). Una segunda hipótesis de este estudio es que si el flujo cutáneo influye en la velocidad de incorporación del lactato a la piel un aumento de la temperatura ambiental de $21 \pm 2^\circ \text{C}$ a $39 \pm 1^\circ \text{C}$ aceleraría el flujo cutáneo y la incorporación del lactato con lo que se igualarían los niveles de lactato en VENA y DEDO durante el ejercicio.

MÉTODOS

Sujetos

Ocho varones 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 sujetos tenían una media \pm error estándar de la muestra (EEM) en edad de 22 ± 5 años, peso 71 ± 8 kg, altura 176 ± 6 cm, frecuencia cardiaca máxima 189 ± 11 lat·min⁻¹,

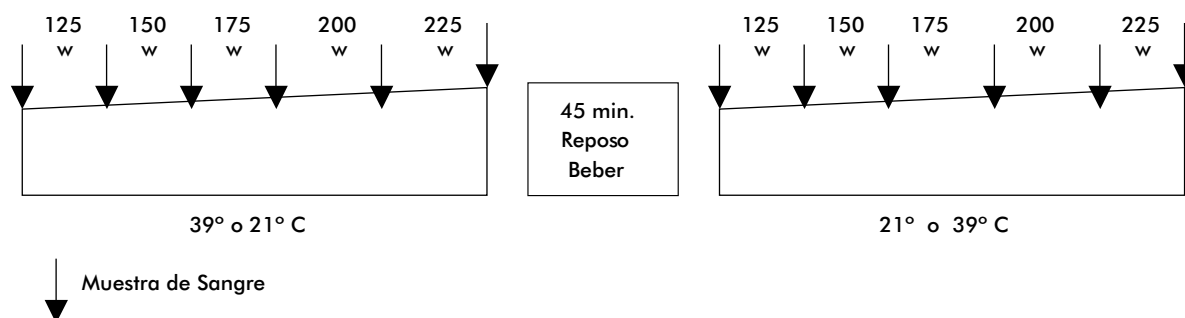


FIGURA 1.-

consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) 57 ± 4 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ y carga al umbral de lactato de 223 ± 33 vatios. Los sujetos 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. El estudio fue aprobado por el comité ético del Hospital de la Diputación de Toledo.

Tests Preliminares

Al menos 3 días antes del experimento se midió en cada uno de los sujetos 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). Se calculó el umbral de lactato por el método de 1 mM por encima de la línea basal propuesto por Coyle, *et al.* (1983).

Procedimiento Experimental

En 2 ocasiones los sujetos pedalearon 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 una, sin descanso entre las cargas. En este protocolo no hubo calentamiento inicial, ya que la primera carga (125 vatios) era de poca intensidad para los sujetos y fue utilizada como carga de calentamiento. El objetivo era que la última carga de trabajo (225 vatios) igualase o ligeramente superase 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. Al final de cada estadio se extrajeron dos muestras de sangre en el DEDO y VENA del mismo brazo de forma simultánea por dos técnicos cualificados.

En el DEDO se realizó una punción en la piel con lancetas estériles (Boehringer Mannheim,

Autoclix) y tras limpiar la primera gota de sangre mediante una gasa estéril se recogió una muestra que llenó un tubo capilar de microhematocrito de 70mm de longitud heparinizados (Gri-Cel). En la recogida de esta muestra se buscó no presionar la piel para conseguir la muestra. En la VENA la muestra se recogió a través de una cánula intravenosa estéril flexible de PTFE (Ohmeda) insertada en la vena antecubital del brazo derecho tras haber descartado el primer mililitro para evitar la dilución de la muestra con suero salino remanente en la vía. Ambas muestras eran introducidas, por separado, en una micropipeta de 25ml (YSI -1501) para su posterior inyección en el analizador de lactato (YSI -1500 Sport), previamente calibrado con estándares de 5 y 15 milimoles. Se analizaron primero las extracciones de la VENA puesto que las jeringuillas no estaban heparinizadas y corrían peligro de coagulación. La cánula intravenosa se mantuvo patente mediante su enjuague con suero salino fisiológico (Grifols 0,9% NaCl). El volumen de sangre obtenido de cada sujeto en toda la prueba no superó los 50 ml.

Cada sujeto realizó el protocolo incremental de trabajo (20 minutos de trabajo en total) en 2 ocasiones en el mismo día. En una condición el sujeto lo realizó en condiciones de temperatura neutral ($21 \pm 2^\circ C$; $43 \pm 4\%$ de humedad relativa, con ventilación continua) y en otra en una situación de calor controlado en una cámara climática autorregulable ($39 \pm 1^\circ C$; $27 \pm 3\%$ humedad relativa, con ventilación continua). La secuencia de ejercicio fue aleatoria para eliminar los posibles efectos del orden de las pruebas en las variables dependientes medidas. Entre las dos pruebas, los sujetos descansaron 45 minutos en un ambiente de $21^\circ C$. Durante este tiempo bebieron una cantidad de agua igual al 125% del peso perdido para asegurarnos que comenzaban el ejercicio con el mismo nivel de hidratación (Ryan, 1998).

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados usando el software SPSS (v 9.0), realizando un análisis de

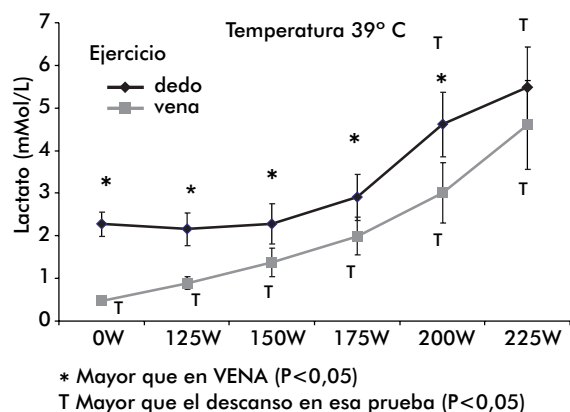


FIGURA 2.-

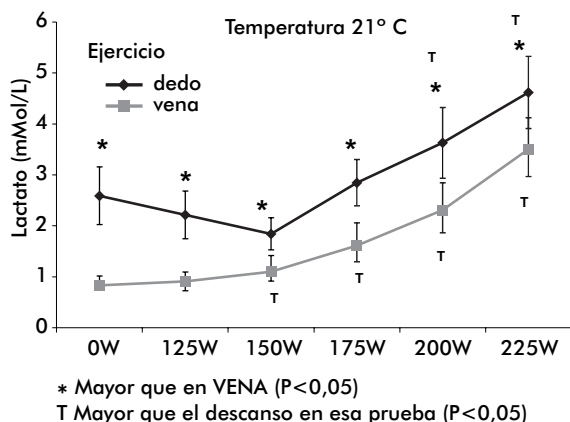


FIGURA 3.-

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 con medidas repetidas univariadas. El nivel de significancia estadística se estableció en $P < 0,05$. Los resultados se presentan como media \pm EEM (error estándar de la media).

RESULTADOS

Concentración de lactato en ambiente caluroso (Figura 2)

En situación de reposo, la concentración de lactato en el dedo era superior a la de la VENA

($2 \pm 0,2 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ vs $0,5 \pm 0,04 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$; $P < 0,05$). En la VENA la concentración de lactato subió ($P < 0,05$) cada 25 vatios de la carga mientras que en el DEDO, durante las cargas de ejercicio, desde 125 hasta 175 vatios no se produjo una elevación. A partir de 175 vatios, los valores de lactato en dedo aumentan respondiendo a los incrementos en carga de ejercicio, y con magnitudes similares a los de la vena. Las concentraciones de lactato en DEDO fueron superiores a las de VENA en todas las cargas ($P < 0,05$) excepto a 225 vatios.

Concentración de lactato en ambiente neutral (Figura 3)

En reposo, la concentración de lactato en el DEDO fue superior a la de la VENA (de $2,5 \pm 0,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ vs. $1 \pm 0,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$; $P < 0,05$). En DEDO, las primeras cargas de ejercicio desde 125 hasta 175 vatios producen una reducción en la concentración de lactato, mientras que en VENA encontramos un incremento ($P < 0,05$) correspondiente a los incrementos en la carga de ejercicio. Los valores de la concentración de lactato en DEDO comienzan a crecer de forma proporcional al incremento de la carga de ejercicio a partir del tercer estadio (175 vatios) y entonces el ritmo de incremento es similar al de VENA.

Concentración de lactato a 225 vatios (Figura 4): en la carga de umbral de lactato (225 vatios) el lactato obtenido en DEDO fue superior al de la VENA en un ambiente de 21°C ($4,6 \pm 0,7$ vs. $3,5 \pm 0,6$, DEDO vs. VENA; $P < 0,05$). Sin embargo, en la prueba en ambiente caluroso ($39 \pm 1^\circ\text{C}$) estas diferencias no alcanzan significancia estadística ($5,5 \pm 0,9$ vs. $4,6 \pm 1$; DEDO vs. VENA).

DISCUSIÓN

Hemos estudiado la posible influencia que tendría el lugar de muestreo de sangre en la determinación de umbrales de lactato durante un test de esfuerzo incremental. Las diferencias existentes en la concentración de lactato

dependiendo del lugar de obtención de la muestra DEDO o VENA sugieren que es importante definir el lugar de muestreo para aplicar los métodos para detectar los umbrales de lactato a partir de las gráficas de lactato/carga de trabajo obtenidas en un test progresivo en intensidad.

Para algunos autores no existen diferencias entre las muestras que se obtienen a partir de la vena antecubital y el dedo (Williams, *et al.* 1992). No obstante, esta idea es contradicha por otros autores, encontrando que los valores de lactato determinados a partir de la sangre de la vena antecubital respecto de los mismos obtenidos mediante punción en el dedo son significativamente menores (Flohr, *et al.* 1996). No obstante, esta alternancia de conclusiones se observa también al comparar otras regiones de muestreo. Así Forsyth *et al.* (2000) no encuentran diferencias significativas al comparar muestras obtenidas del dedo de la mano, dedo del pie y oreja durante el ejercicio de remo. Dassonville, *et al.* (1998) concluyeron su estudio sobre la influencia del lugar de muestreo explicando que sí existe dependencia de la región elegida para la extracción, así como del tipo de ejercicio, recomendando la utilización de la oreja como región menos afectada por la tipología del ejercicio. Para Feliu, *et al.* (1999), los valores de lactato que se obtienen en el dedo son mayores que los obtenidos de muestras de la oreja. Esta variabilidad en los resultados de las muestras provenientes de diferentes regiones de muestreo puede afectar a las recomendaciones sobre entrenamiento que se les hace a los deportistas en función de los resultados de los test.

En el presente estudio la variabilidad y las concentraciones de lactato de las muestras obtenidas a partir de punciones en la piel del DEDO son más altas que en las muestras obtenidas en la VENA, como se observa en las mayores barras de "errores estándar de la media" en los gráficos de DEDO que en los de VENA (Figuras 2 y 3). En el DEDO hemos observado una concentración de lactato inicial alta y estable durante los tres primeros estadios. Este com-

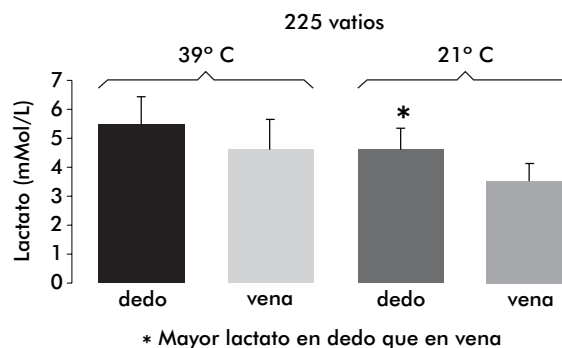


FIGURA 4.-

portamiento podría ser debido a una acumulación de lactato en la piel independientemente del ejercicio, por ser este un órgano de posible producción y reutilización de lactato (Van der Merwe, *et al.* 1999). Las diferencias en las concentraciones de lactato ($P < 0.05$) entre DEDO y VENA se mantiene en todos los estadios de ejercicio en un ambiente neutral y desaparecen en la carga de 225 vatios en un ambiente caluroso. Esto sugiere que el aumento de flujo cutáneo para eliminar calor durante el test en temperatura de 39°C tiende a igualar las concentraciones entre VENA y DEDO. Además, el aumento de temperatura produciría una arterialización de la sangre de la VENA (Linderman, *et al.* 1990), pudiendo reducir las diferencias entre las concentraciones de lactato en DEDO y VENA. En nuestro estudio esta reducción de las diferencias se ha producido a 225 vatios.

Para los resultados obtenidos en DEDO y VENA es posible la aplicación del método de umbral convencional (Davis, *et al.* 1976) sin que los resultados difieran. Sin embargo, con el método de concentración fija de lactato y el de $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ por encima de la línea base encontraríamos diferencias en los resultados según empleáramos los datos de muestras de VENA o DEDO. Si empleamos el método de "concentración fija de lactato" de $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Mader, *et al.* 1986), veremos que las intensidades de trabajo de umbral en temperatura ambiental neutral varían, siendo de 200 vatios en DEDO frente a los 225 vatios en VENA. En una publicación reciente (El-Sayed *et al.* 1993) varios sujetos pedaleaban a una intensidad de ejercicio que

producía $4\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ en DEDO y posteriormente a otra que producía de $4\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ en VENA. Comprobando que en la prueba de $4\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ en DEDO el lactato se mantuvo estable durante toda la prueba, mientras que para $4\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ en VENA la concentración de lactato se incrementaba con el tiempo de ejercicio produciéndose la fatiga. Por ello, desaconsejamos el uso de entrenamientos basados en cargas de trabajo a partir de concentraciones de lactato fijas sin tener en cuenta el lugar del que se obtiene la muestra. La aplicación del método de 1mM por encima de la línea basal (Coyle, *et al.* 1983), no será posible cuando empleemos muestras de la VENA puesto que es difícil detectar la línea base durante los primeros estadios de ejercicio.

Nuestro consejo es que para evitar una disminución inicial en la concentración de lactato tomado en DEDO se debería realizar ejercicio físico suave durante al menos los 15 minutos previos al comienzo de un test de umbral de lactato. Realizando esta estrategia hemos observado que las concentraciones de lactato tomadas en DEDO bajan a niveles basales y desde estos niveles se puede trazar una línea base y observar de manera precisa el punto de inflexión en la curva de lactato-carga de trabajo. Con este calentamiento previo se podría generar graficas de lactato-carga de trabajo fiables y repetibles tomando muestras del DEDO, situación más cómoda y asequible para deportistas y personal no médico, que tomar muestras de una VENA.

B I B L I O G R A F I A

1. Coyle EF, WH M, Ehsani AA, Hagberg J, Bloomfield SA, Sinacore DR, Holloszy JO. Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart disease patients. *Eur J Appl Physiol* 1983;54:18-23.
2. Dassonville J, Beillot J, Lessard Y, Jan J, Andre AM, Le Pourcelet C, Rochcongar P, Carre F. Blood lactate concentrations during exercise: effect of sampling site and exercise mode. *J Sports Med Phys Fitness* 1998;38:39-46.
3. Davis JA, Vodak P, *et al.* Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Appl Physiol* 1976; 41:18-23.
4. El-Sayed MS, George KP, 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.
5. Feliu J, Ventura JL, Segura R, Rodas G, Riera J, Estruch A, Zamora A, Capdevila L. Differences between lactate concentration of samples from ear lobe and the finger tip. *J Physiol Biochem* 1999; 55:333-9.
6. Flohr JA, Womack CJ, Kovalcik PC. Comparison of capillary and venous blood lactate and glucose values during cycle ergometry. *J Sports Med Phys Fitness* 1996;36:261-4.
7. Forsyth JJ, Farrally MR. A comparison of lactate concentration in plasma collected from the toe, ear, and fingertip after a simulated rowing exercise. *Br J Sports Med* 2000;34:35-8.
8. 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.
9. González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Coyle EF. Stroke Volume during Exercise: Interactions of Environment and Hydration. *American Journal of Physiology* 2000;278:H321-H330.
10. Linderman J, Fahey TD, Lauten G, Brooker AS, Bird D, Dolinar B, Musselman J, Lewis S, Kirk L. A comparison of blood gases and acid-base measurements in arterial, arterialized venous, and venous blood during short-term maximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;61:294-301.
11. Mader A, Heck H. A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". *Int J Sports Med* 1986;7:45-65.
12. Ryan AJ, Lambert GP, Shi X, Chang RT, Summers RW, Gisolfi CV. Effect of hypohydration on gastric emptying and intestinal absorption during exercise. *J Appl Physiol* 1998;84:1581-8.

13. **Taylor WF, Johnson JM, Kosiba WA.** Roles of absolute and relative load in skin vasoconstrictor responses to exercise. *J Appl Physiol* 1990;69:1131-6.
14. **Van der Merwe MT, Jansson PA, Crowther NJ, Boyd IH, Gray IP, Joffe BI, Lonroth PN.** Lactate and glycerol release from subcutaneous adipose tissue in black and white lean men. *J Clin Endocrinol Metab* 1999;84:2888-95.
15. **Williams JR, Armstrong N, Kirby BJ.** The influence of the site of sampling and assay medium upon the measurement and interpretation of blood lactate responses to exercise. *J Sports Sci* 1992;10:95-107.
16. **Wong N, Silver JE, Greenawalt S, Kravik SE, Geelen G, Barnes PR, Greenleaf JE.** Effect of hand-arm exercise on venous blood constituents during leg exercise. *Int J Sports Med* 1985;6:86-9.