

## MODIFICACIONES DE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS DESPUÉS DE UNA MARATÓN DE MONTAÑA

Clemente, V.J.

Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla la Mancha.

---

### RESUMEN

El estudio de los cambios en la bioquímica sanguínea en maratón ha sido estudiado por numerosos autores, pero no se ha realizado ninguna investigación en maratones de montaña. Por ello en el presente trabajo de investigación se pretenden estudiar los cambios en la bioquímica sanguínea antes y después de la realización de una maratón de montaña. Para ello se estudiaron 8 sujetos (7 hombres y 1 mujer, 33.5±5.5 años, 173.8±7.9 cm, 67.9±13.0 kg, IMC 22.4±3.7 kg.m<sup>-2</sup>) finalistas en el «I Maratón Pueblo de los Artesanos» (Torrejoncillo, España). Con una distancia de 42.2 km y 2147 m de desnivel acumulado. Se analizó la concentración sanguínea de creatinquinasa, urea, triglicéridos, hemoglobina, glucosa y lactato antes y al finalizar la prueba. Se observó un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en las variables de creatinquinasa y lactato y una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) en la concentración sanguínea de triglicéridos. Estos resultados muestran como después de una maratón de montaña aumenta la destrucción muscular, la oxidación de triglicéridos y la concentración sanguínea de lactato aumenta hasta valores ligeramente por debajo del OBLA.

**Palabras clave:** urea, creatinquinasa, hemoglobina, triglicéridos, glucosa, lactato, maratón de montaña

### ABSTRACT

Study of blood biochemical changes in marathon has been studied by many authors, but has not done any research on mountain marathons. Therefore, the present research aims to study changes in blood biochemistry before and after a mountain marathon. We studied 8 subjects (7 men and 1 woman, 33.5 ± 5.5 years, 173.8 ± 7.9 cm, 67.9 ± 13.0 kg, BMI 22.4 ± 3.7 kg.m<sup>-2</sup>) finishers in «I Maratón Pueblo de los Artesanos» (Torrejoncillo, Spain). With a distance of 42.2 km and 2147 m level accumulated. We analyzed blood concentration of creatinekinase, urea, triglycerides, hemoglobin, glucose and lactate before and after the race. There was a significant increase ( $p < 0.05$ ) in creatinekinase and lactate and a significant decrease ( $p < 0.05$ ) in blood levels of triglycerides. These results show that after a mountain marathon increases muscle breakdown, oxidation of triglycerides and blood lactate concentration increases to values slightly below the OBLA.

**Key Words:** urea, creatinquinase, hemoglobin, triglycerides, glucose, lactate, mountain marathon

---

### Correspondencia:

Vicente Clemente Suárez  
Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte  
Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo  
Universidad de Castilla la Mancha.  
Avda. Carlos III s/n. 45004 - Toledo  
vicente.clemente@uclm.es

Fecha de recepción: 8/10/2011

Fecha de aceptación: 1/12/2011

## INTRODUCCIÓN

Existen numerosos estudios realizados en pruebas de maratón donde se pone de manifiesto el aumento de la concentración de lactato sanguíneo (Maron et al., 1975), en la concentración de hemoglobina (Hb) debido a una hemoconcentración (Kratz et al., 2002; Maron et al., 1975; Sánchez-González et al., 2003), en la concentración de creatinquinasa (Ck) (Haibach and Soler, 1985; Kratz et al., 2002; Sánchez-González et al., 2003; Siegel et al., 1980; Siegel et al., 2007; Smith et al., 2004) y en la concentración de urea (Kratz et al., 2002; Smith et al., 2004) al finalizar este tipo de pruebas. Además la concentración de triglicéridos disminuye después de realizar una maratón (Kratz et al., 2002; Sánchez-González et al., 2003) siendo los lípidos la fuente de energía preferente (Callow et al., 1986) y la concentración de glucosa aumenta (Kratz et al., 2002) o disminuye (Nieman et al., 2001; Sánchez-González et al., 2003) dependiendo de la ingesta de carbohidratos durante la prueba

Los efectos en la bioquímica sanguínea después de realizar una maratón han sido estudiados ampliamente, como se ha mostrado anteriormente. Según nuestro conocimiento, no existe en la bibliografía un trabajo anterior que haya la respuesta de la bioquímica sanguínea después de realizar una maratón de montaña. Una maratón de montaña dista mucho de una maratón convencional, únicamente la iguala la distancia final por recorrer. El recorrido no se realiza por zonas asfaltadas, normalmente suele llevarse a cabo por caminos y en el caso de esta investigación por zonas montañosas donde los sujetos tienen que realizar tramos por zonas de rocas. Por lo tanto las exigencias físicas y técnicas son muy diferentes entre una maratón de montaña y una convencional. Por ello, el objetivo de este estudio es analizar los cambios en la concentración sanguínea de Ck, urea, triglicéridos, Hb, glucosa y lactato antes y después de una maratón de montaña realizada por sujetos entrenados.

## MÉTODO

### *Participantes*

La muestra de este estudio la compusieron 8 atletas voluntarios (7 hombres y 1 mujer) de los 58 participantes que finalizaron *el I Maratón Pueblo de los Artesanos*, que bajo su consentimiento y después de informarles del procedimiento de medición aceptaron ser sujetos de estudio. Sus características eran:  $33.5 \pm 5.5$  años,  $173.8 \pm 7.9$  cm,  $67.9 \pm 13.0$  kg, IMC  $22.4 \pm 3.7$  kg.m<sup>-2</sup>,  $9.7 \pm 4.6$  años de práctica deportiva,  $7.3 \pm 3.2$  años de entrenamiento deportivo de atletismo,  $6.9 \pm 2.3$  sesiones de entrenamiento semanales,  $11.4 \pm 4.4$  horas de entrenamiento semanal y  $100.0 \pm 40.0$  minutos de media de entrenamiento diario. Tardaron en recorrer los 42.2 km de la maratón de montaña en una media de  $222.9 \pm 49.8$  minutos.

### Procedimiento

La toma de muestras se llevó a cabo el día 5 de octubre de 2008 en el *I Maratón Pueblo de los Artesanos* celebrado en Torrejoncillo, provincia de Cáceres (Extremadura) en el oeste de España cerca de la frontera con Portugal. La prueba tenía una distancia de 42.2 km y 2147 m de desnivel acumulado, de los cuales 1070 m eran de desnivel negativo y 1077 m eran de desnivel positivo. El perfil de la prueba se muestra en la figura 1.

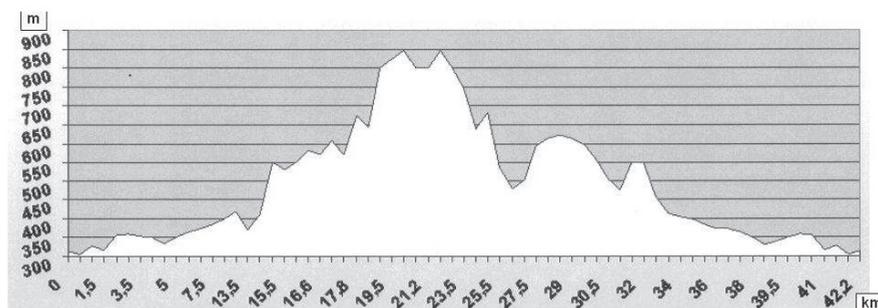


FIGURA 1: Perfil de la prueba.

Se realizaron dos tomas de muestras, una basal, dos horas antes del comienzo de la prueba y otra inmediatamente después de finalizar la prueba. Para el análisis de la concentración de lactato sanguíneo se utilizó el sistema: Accusport Lactate Analyzer. Total Performance Inc. (Mansfield, Ohio). Para la obtención de los valores de concentración sanguínea de urea, CK, triglicéridos, glucosa y Hb se utilizó el sistema: Reflotron Plus. Roche Diagnostics S.L. (Sant Cugat del Vallès, Barcelona). Ambos instrumentos fueron calibrados antes de la evaluación basal y final.

Para la extracción de sangre el sujeto se colocaba de pie con los brazos flexionados y se realizaban seis punciones en un dedo de la mano para rellenar 6 capilares de 32  $\mu$ l. La sangre era inmediatamente analizada en los sistemas Accusport y Reflotron, al realizar la extracción. Los sujetos realizaron la toma de muestras basal con un ayudo de 2 horas. Al finalizar la prueba no podían tomar ningún líquido ni alimento hasta haber realizado la extracción de sangre.

Debido a la falta de medios y la dificultad de la prueba no se pudieron controlar las ingestas de agua y alimentos durante la prueba.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos en esta investigación han sido analizados con el programa estadístico SPSS 15.0. Primero se determinó la normalidad de la muestra con la prue-

ba de Kolmogorov-Smirnov. Al cumplir la hipótesis de normalidad y de homocedasticidad se realizó una prueba T para muestras relacionadas. Para todas las comparaciones se aceptó el índice de significación de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

Los valores obtenidos en la toma de muestras se muestran en la tabla 1. Se puede ver como los valores de Ck y lactato aumentan significativamente ( $p < 0.05$ ), al igual que los valores de urea, aunque estos no de forma significativa. Las concentraciones sanguíneas de Hb y glucosa disminuyeron no significativamente. Finalmente la concentración sanguínea de triglicéridos disminuyó significativamente ( $p < 0.05$ ).

TABLA 1  
Valores obtenidos en las 4 tomas de muestras

Parámetro	Unidad	Toma de Muestras		
		Pre-Maratón	Post-Maratón	% Cambio
Ck	U/l	123±24.7	408.3±307.3*	232.0
Urea	mmol/l	13.2±4.0	23.4±13.6	77.8
Hb	mmol/l	102.9±21.4	86.7±36.0	-15.8
Glucosa	mmol/l	5.0±0.8	4.6±1.2	-8.4
Triglicéridos	mmol/l	1.7±0.5	1.2±0.2*	-27.3
Lactato	mmol/l	2.0±0.9	3.7±1.1*	83.2
Peso	Kg	67.9±13.0	68.3±9.9	0.6

\* $p < 0.05$  vs pre-Maratón. Ck – Creatinquinasa. Hb - Hemoglobina

## DISCUSIÓN

### *Creatinquinasa*

Al finalizar la prueba los valores casi cuadruplicaban los obtenidos en la toma basal. Estos valores son similares a los obtenidos por Sánchez-González et al (2003) en una maratón ( $465 \pm 254.14$  U/l) y el aumento producido también es parecido a los obtenidos por Haibach y Hasler (1985) al finalizar una maratón. Sin embargo los valores obtenidos son muy inferiores a los medidos por Kratz et al (2002), Smith et al (2004) y Siegel et al (1980, 2007) ( $843.8 \pm 782.3$ ,  $707.8 \pm 376.7$ ,  $3424$  y  $745 \pm 97$  U/l respectivamente). Se observa un aumento de las concentraciones de CK después de realizar la maratón de montaña y esto hace suponer rotura celular debido al trabajo muscular intenso y pequeñas microlesiones, de acuerdo a los aumentos de Ck monitorizados, pero que son inferiores a los obtenidos después de realizar una maratón convencional, si comparamos los datos obtenidos en el presente estudio con los obtenidos por Smith et al (2004) y Siegel et al (2007). Esto puede ser debido al

tipo de terreno, ya que en la maratón se corre por asfalto, suelo más duro con lo cual los repetidos impactos al realizar las zancadas podrían desencadenar una mayor rotura de fibras que al correr por tierra en una maratón de montaña, al ser esta superficie menos dura. Además al correr por tierra, este terreno puede amortiguar más los impactos de las zancadas. Si comparamos los resultados con otras pruebas, como una carrera de 24 horas de carrera a pie por relevos (Clemente et al, 2010) o una prueba de kayak y ciclismo de 20 horas (Clemente et al, 2011) podemos ver como los resultados de CK son inferiores posiblemente porque la duración temporal es mayor y el daño muscular producido en estas pruebas de mayor duración es mayor que en una maratón. Por tanto, queda de manifiesto nuevamente como la especialidad deportiva determina los valores de CK en pruebas de ultraresistencia (Mougios, 2007).

#### *Urea*

Los valores de urea sanguínea sufrieron un notable aumento, aunque no significativo, después de la prueba. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Smith et al (2004) y Kratz et al (2002) donde también aumentaron los valores de urea sanguínea después de la prueba. Estos aumentos pueden considerarse dentro del rango de normalidad ya que están generalmente aumentados después de la realización de esfuerzos prolongados y extenuantes (Haralambie y Berg, 1976), lo que indica un aumento en el metabolismo de las proteínas (Warbuton et al., 2002).

Si comparamos los resultados con los obtenidos por Fallon et al. (1999) después de realizar una ultramaraton de 1382 km podemos comprobar cómo los valores obtenidos al finalizar la prueba, son superiores a los de este estudio. También son superiores los resultados obtenidos por Neumayr et al. (2002) aunque esta vez se estudió la respuesta de la urea en un ciclista después de realizar una prueba de 20 horas 51 minutos. Esto es debido, como demostró Warbuton et al. (2002) a que este tipo de pruebas provocan un mayor catabolismo y una mayor degradación proteica al ser más prolongadas y extenuantes que el realizado en esta investigación.

#### *Triglicéridos*

La concentración sanguínea de triglicéridos disminuye significativamente ( $p < 0.05$ ) un 27.3%. Es sabido que durante el ejercicio prolongado los ácidos grasos libres son la primera fuente de energía y después de una disminución inicial su concentración sube durante el ejercicio prolongado, probablemente porque el ejercicio induce una descarga de catecolaminas que estimulan la lipólisis del tejido adiposo (Coggan et al., 2000). Además durante el ejercicio por encima o por debajo del umbral anaeróbico, como en esta prueba, los ácidos grasos libres no pueden satisfacer

las necesidades oxidativas y las reservas de triglicéridos intramusculares deben utilizarse (Kanaley et al, 1995) por lo que su concentración disminuiría después de la prueba.

Estas disminuciones también fueron constatadas por Kratz et al (2002) y Sánchez-González et al (2003) después de realizar una maratón, aunque en el estudio de Tompson et al (1980), también después de una maratón, los valores de triglicéridos sanguíneos no se modificaron. Las distintas características de los atletas, así como el perfil de la prueba afectan a la concentración final de esta variable.

### *Hemoglobina*

Al analizar los datos de hemoglobina, no se encontraron diferencias significativas entre los valores tomados antes y después de la prueba, del mismo modo que después de realizar carreras de montaña de entre 23 y 48 km (Banfi et al, 2004). Aunque se observa un descenso de casi 20 mmol/l. El mantenimiento de la concentración de Hb es debido a un aumento en la eritropoyesis que compensa la hemólisis producida por el ejercicio (Schumacher et al, 2002). Al contrario que al finalizar una maratón, donde los valores de Hb aumentaban (Maron et al, 1975; Kratz et al, 2002; Sánchez-González et al, 2003) debido a una hemoconcentración. En los resultados obtenidos en esta investigación podríamos descartar una hemoconcentración, ya que los sujetos aumentaron de peso después de la toma de muestras, esto puede ser debido a una gran ingesta de líquidos durante la prueba. Se descarta una gran ingesta de alimentos ya que solo existían tres puestos de avituallamiento sólido y únicamente compuestos por frutas. Además la mayoría de los sujetos informo de no haber tomado ningún alimento sólido durante la prueba. Este hecho puede unirse a la pérdida de glóbulos rojos por acción mecánica o térmica o por el aumento de la producción de radicales libres en este tipo de pruebas que pueden dañar al eritrocito.

### *Glucosa*

La concentración de glucosa sanguínea no sufrió cambios significativos. Esta normoglucemia se consigue por mediación de las hormonas que intervienen de forma directa (insulina y glucagón) o indirecta (catecolaminas, cortisol y somatotropa) (Willmore and Costill, 2007). Al contrario que en otras investigaciones donde se comprobó que después de una maratón se producen aumentos en su concentración (Maron et al, 1975; Kratz et al, 2002) o en otras investigaciones donde se producen disminuciones en la concentración sanguínea de glucosa al finalizar una maratón (Sanchez-González et al, 2003). Además dependiendo si se toman carbohidratos o no los valores aumentan, al tomar carbohidratos, o disminuyen, si no se toman carbohidratos (Nieman et al, 2001).

### *Lactato*

Los resultados obtenidos después de la prueba ( $3.7 \pm 1.1$  mmol/l) están ligeramente por debajo del OBLA (Sjödín and Jacobs, 1981; Hollmann, 1985) y del equilibrio entre la producción y aclaramiento de lactato (Hollmann, 1985; Olbrecht et al, 1985). Al igual que después de una maratón se observó un aumento significativo en la concentración sanguínea de lactato (Maron et al, 1975). Este aumento representa el mayor reclutamiento de unidades motoras de contracción rápida (FT y FFT), la capacidad de amortiguación tisular y plasmática y la capacidad de determinados órganos de utilizar este producto del metabolismo (Calderón et al, 2006).

### CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación muestran como después de realizar una maratón de montaña se produce un aumento en la destrucción muscular, como muestran los valores de Ck, un aumento de la oxidación de triglicéridos sanguíneos y un aumento en la concentración sanguínea de lactato que está ligeramente por debajo del OBLA.

### *Limitaciones del estudio*

Una de las principales limitaciones del estudio ha sido la imposibilidad de controlar la cantidad de líquidos y sólidos que consumían los participantes, debido a las dificultades técnicas del circuito fue imposible realizar este cometido. También se podría haber controlado la intensidad del ejercicio mediante la frecuencia cardíaca, además de con la concentración sanguínea de lactato. Por último, se podría haber determinado el hematocrito para valorar la hemoconcentración sufrida tras la prueba y poder así analizar con mayor exactitud los datos.

### AGRADECIMIENTOS

A la asociación deportiva MILMAS de Torrejuncillo (Cáceres), a los organizadores de la prueba y a los participantes en la carrera por su colaboración desinteresada.

### REFERENCIAS

- Banfi, G., Roi, G. S., Dolci, A., and Susta, D. (2004). Behaviour of haematological parameters in athletes performing marathons and ultramarathons in altitude ('skyrunners'). *Clinical and Laboratory Haematology* 26, 373-377.
- Calderón, F. J., Benito, P. J., Meléndez, A., and González, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista internacional de ciencias del deporte* 2, 65-87.
- Callow, M., Morton, A. and Guppy, M. (1986) Mrathon fatigue: the role of plasma fatty acids, muscle glycogen and blood glucose. *European Journal of Applied Physiology* 55, 654-661.

- Clemente, V., Navarro, F., González, J.M. (2011). Changes in biochemical parameters after a 20 hour ultra-endurance kayak and cycling event. *International Sportmed Journal*. 12(1), 1-6.
- Clemente, V., Muñoz, V., Ramos, D., Navarro, F., González, J. (2010). Destrucción muscular, modificaciones de frecuencia cardiaca, lactato y percepción subjetiva de esfuerzo en una prueba de carrera por relevos de ultra-resistencia de 24 horas. *Motricidad. European Journal of Human Movement*. 24. 1-21.
- Coggan, A., Raguso, C., Gastaldelli, A., Sidossis, L., and Yeckel, C. (2000). Fat Metabolism During High-Intensity Exercise in Endurance-Trained and Untrained Men. *Metabolism* 149(1), 122-128.
- Fallon, K. E., Sivyver, G., Sivyver, K., & Dare, A. (1999) The biochemistry of runners in a 1600 km ultramarathon. *British Journal of Sports Medicine* 33, 264-269.
- Haiach, H. and Hosler, M.W. (1985) Serum creatine kinase in marathon runners. *Cellular and Molecular Life Sciences* 41, 39-40.
- Haralambie, G. and Berg A. (1976) Serum urea and amino nitrogen changes with exercise duration. *European Journal of Applied Physiology* 36, 39-48.
- Hollmann, W. (1985). Zur frage der Dauerleistungsfähigkeit. *Fortschr. Medicine* 6, 109-116.
- Kanaley, J. A., Mottram, C. D., Scanlon, P. D. and Jensen, M. D. (1995). Fatty acid kinetic responses to running above or below lactate threshold. *Journal Applied Physiology* 79, 439-447.
- Kratz, A., Lewandrowski, K. B. Siegel, A. J., Chun, K. Y., Flood, J. G., Van Cott, E. M. and Lee-Lewandrowski, E. (2002). Effect of Marathon Running on Hematologic and Biochemical Laboratory Parameters, Including Cardiac Markers. *American Journal of Clinical Pathology* 118(6), 856-863.
- Maron, M. B., Horvath, S. M. and Wilkerson, J. E. (1975) Acute blood biochemical alterations in response to marathon running. *European Journal of Applied Physiology* 34, 173-181.
- Mougios, V. (2007) Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine* 41, 674-678.
- Neumayr, N., Gänzer, H., Sturm, W., Pfister, R., Mitterbauer, G., & Hörtnagl, H. (2002) Physiological effects of an ultra-cycle ride in an amateur athlete - A case report. *Journal of Sports Science and Medicine* 1, 20-26.
- Nieman, D.C., Henson, D.A., Smith, L.L., Utter, A.C., Vince, D.M., Davis, J.M., Kaminsky, D.E. and Shute, M. (2001) Cytokine changes after a marathon race. *Journal Applied Physiology* 91, 109-114.
- Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesen, H., and Hollmann, W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *International Journal of Sports Medicine* 6, 74-77.
- Sánchez-González, J., Rivera-Cisneros, A. and Tovar Luz, J. (2003) Asociación de las respuestas fisiológicas a los cambios metabólicos, en el ejercicio físico extenuante. *Cirugía y Cirujanos* 71, 217-225.
- Schumacher, Y. O., Schmid, A., Grathwohl, D., Bültermann, D., and Berg, A. (2002). Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Medicine & Esience in Sports & Exercise* 34, 869-875.

- Siegel, A. J., Lawrence, M.D., Silverman, M. and Lopez, R. E. (1980) Creatine kinase elevations in marathon runners: relationship to training and competition. *The Yale Journal of Biology and Medicine* 53, 275-279.
- Siegel, A. J., Verbalis, J. G., Clement, S., Mendelson, J. H., Mello, N. K., Adner, M., Shirey, T., Glowacki, J., Lee-Lewandrowski, E. and Lewandrowski, K. B. (2007) Hyponatremia in Marathon Runners due to Inappropriate Arginine Vasopressin Secretion. *The American Journal of Medicine* 120, 461.e11-461.17.
- Sjödín, B., and Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine* 2, 23-26.
- Smith, J.E., Garbutt, G., Lopes, P. and Tunstall Pedoe, D. (2004). Effects of prolonged strenuous exercise (marathon running) on biochemical and haematological markers used in the investigation on of patients in the emergency department. *British Journal of Sports Medicine* 38, 292-294.
- Thompson, P., Cullinane, E., Henderson, O. and Herbert, P. (1980). Acute Effects of Prolonged Exercise on Serum Lipids. *Merabolism* 29, 662-665.
- Warburton, D. E. R., Welsh, R. C., Haykowsky, M. J., Taylor, D. A., and Humen, D. P. (2002). Biochemical changes as a result of prolonged strenuous exercise. *British Journal of Sports Medicine* 36, 301-303.
- Willmore, J. H., and Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (6ª ed.). Paidotribo, Barcelona.

