



## IMPACTO DE UNA CARRERA DE LARGA DISTANCIA POR MONTAÑA EN LOS PARÁMETROS BIOQUÍMICOS DE DAÑO MUSCULAR EN CORREDORES ENTRENADOS

### IMPACT OF A LONG-DISTANCE MOUNTAIN RACE ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF MUSCLE DAMAGE IN TRAINED RUNNERS

Carlos Castellar Otín<sup>1</sup>, Duber Mary Montoya Suárez<sup>2</sup>, Carlos Peñarrubia Lozano<sup>1</sup>, Francisco Pradas de la

Fuente<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Zaragoza, España. E-mail: castella@unizar.es.

<sup>2</sup>Universidad San Buenaventura de Medellín, Colombia.

#### RESUMEN

Las carreras de ultra-trail en montaña se han vuelto cada vez más populares entre la población deportista actual. El presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto que produce en el organismo. Veinte sujetos adultos participaron en el estudio (41.6±5.4 años). La carrera de montaña en la que se basa este estudio presentaba 102 km de recorrido. Las variables observadas fueron: creatina quinasa (CK), creatinina (CREA), lactato deshidrogenasa (LDH) y calcio (Ca). Se han observado incrementos significativos en los biomarcadores referentes a la creatinquinasa (250±321 UI/L vs 3536±1524 UI/L; p=0.000), la creatinina (0.88±0.11 mg/dL vs 1.3±0.28 mg/dL; p=0.000) y el lactato deshidrogenasa (193±43.3 UI/L vs 381±86.6 UI/L). No se han hallado diferencias significativas en los valores de Ca (9.9±0.2 vs 10.21±0.7; p=0.178 mg/dL). Un nivel de condición física y de salud proporcional a la dificultad de la carrera podría ser un buen factor para minimizar este impacto.

**PALABRAS CLAVE:** carreras de montaña, ultra-resistencia, biomarcadores sanguíneos.

#### ABSTRACT

The races of ultra-trail in mountain have become increasingly popular among the current sports population. The objective of this study is to analyse the impact which produces in the organism. Twenty adult subjects participated in the study (41.6 ± 5.4 years). The mountain race on which this study is based presented 102 km of route. The observed variables were: creatine kinase (CK), creatinine (CREA), lactate dehydrogenase (LDH) and calcium (Ca). Significant increases were observed in the biomarkers relating to creatine kinase (250 ± 321 IU / L vs 3536 ± 1524 IU / L, p = 0.000), creatinine (0.88 ± 0.11 mg / dL vs 1.3 ± 0.28 mg / dL, p = 0.000) and lactate dehydrogenase (193 ± 43.3 IU / L vs. 381 ± 86.6 IU / L). No significant differences were found in the Ca values (9.9 ± 0.2 vs 10.21 ± 0.7, p = 0.178 mg / dL). A proportional level of physical fitness and health condition regarding the difficulty of the race may be a good factor to minimize this impact.

**KEYWORDS:** mountain races, ultra-resistance, blood biomarkers.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades ultra-resistencia dentro del ámbito deportivo se están convirtiendo muy populares desde hace unos años<sup>1</sup>. Las carreras de ultra-resistencia se suelen caracterizar primordialmente por recorrer largas distancias sobre un terreno montañoso, de difícil recorrido, en altitudes elevadas y con gran desnivel acumulado. Existen carreras de diferentes modalidades deportivas como carreras a pie sobre asfalto<sup>2,3</sup> ciclismo de carretera o bicicleta de montaña<sup>4</sup>, pruebas de natación en aguas abiertas<sup>5</sup>, pruebas en nieve sobre esquís o el triatlón<sup>6</sup>. Se han realizado estudios que analizan el impacto sobre la salud que suponen estas pruebas<sup>7</sup>, y otros que tratan de mejorar el rendimiento o la recuperación en estas mismas<sup>8</sup>. En esta misma línea no es comparable el impacto de las pruebas sobre terrenos convencionales respecto al impacto producido en una carrera por montaña<sup>9</sup>, en la cual el desnivel y el terreno recorrido son radicalmente distintos.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar en corredores entrenados el impacto agudo que se produce a nivel fisiológico durante la realización de una carrera de montaña analizando los siguientes parámetros bioquímicos sanguíneos: creatinquinasa, lactato-deshidrogenasa, creatinina y calcio.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los sujetos incluidos en el estudio son veinte sujetos varones de  $41.6 \pm 5.4$  años de edad, cuya experiencia en este tipo de pruebas de resistencia y ultra-resistencia en

---

<sup>1</sup> HOFFMAN, M.D., ONG, J. C. y WANG G. Historical Analysis of Participation in 161 km Ultramarathons in North America. En *International Journal of History Sport*, 2010, vol. 27, no 11, p.1877-1891.

<sup>2</sup> MASTALOUDIS, A. *et al.* Endurance exercise results in DNA damage as detected by the comet assay, 2004. En *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 36, no 8, p. 966-975.

<sup>3</sup> WU, H. J. *et al.* Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. En *World Journal of Gastroenterology*, 2004, vol 10, n° 18, p. 2711-2714.

<sup>4</sup> NEUMAYR, G., GÄNZER, H. y STURM. W. Physiological effects of an ultra-cycle ride in an amateur athlete-A case report. En *Journal and Sports Science and Medicine*, 2002, n° 1, p. 20-26.

<sup>5</sup> KABASAKALIS, A. *et al.* Blood oxidative stress markers after ultramarathon swimming. En *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011, vol. 25, n° 3, p. 805-811.

<sup>6</sup> SPEEDY, D. B. *et al.* Hyponatremia and seizures in an ultradistance triathlete. En *Clinics in Communication Disorders*, 2000, vol. 18, n° 1, p. 41-44.

<sup>7</sup> KUPCHAK, B. R. *et al.* The Impact of an Ultramarathon on Hormonal and Biochemical Parameters in Men. En *Wilderness & Environmental Medicine*, 2014, vol. 25, n° 3, p. 278-288.

<sup>8</sup> HOFFMAN, M. D. *et al.* A Placebo-Controlled Trial of Riboflavin for Enhancement of Ultramarathon Recovery. En *Sports Medicine*, 2017, vol. 3, no 1, p.14.

<sup>9</sup> KREIDER, R. B. Physiological considerations of ultraendurance performance. En *International Journal of Sport Nutrition and Exercise*, 1991, vol. 1, no 1, p. 3-27.

montaña es de  $4.7 \pm 2.6$  años y con un promedio de  $8.4 \pm 3.2$  horas semanales de entrenamiento. Los criterios de inclusión para el estudio fueron: tener más de dos años de experiencia en pruebas de larga distancia por montaña, no estar con ningún proceso infeccioso ni tomar medicación alguna, y no tener ninguna lesión muscular o tendinosa. Las características de la muestra se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características de la muestra

	<b>Media <math>\pm</math> DE</b>
<i>Edad (años)</i>	<b>41.6 <math>\pm</math> 5.4</b>
<i>Altura (cm)</i>	<b>177.3 <math>\pm</math> 6.2</b>
<i>Peso (kg)</i>	<b>74 <math>\pm</math> 8.4</b>
<i>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</i>	<b>23.4 <math>\pm</math> 1.9</b>
<i>% GC</i>	<b>9.8 <math>\pm</math> 2.2</b>
<i>Entrenamiento semanal (horas)</i>	<b>8.4 <math>\pm</math> 3.2</b>
<i>Desnivel acumulado (m/temporada)</i>	<b>46218 <math>\pm</math> 17620</b>
<i>Experiencia en carreras de montaña (años)</i>	<b>4.7 <math>\pm</math> 2.6</b>

La competición analizada (Ultra trail Guara-Huesca-España) tenía 102 kilómetros de distancia y 6000 metros de desnivel acumulado positivo. Las condiciones meteorológicas que se registraron fueron una temperatura media de 14°C y una humedad del 57%. En el perfil que se observa en la figura 1 se muestra el desnivel y el recorrido de la misma.

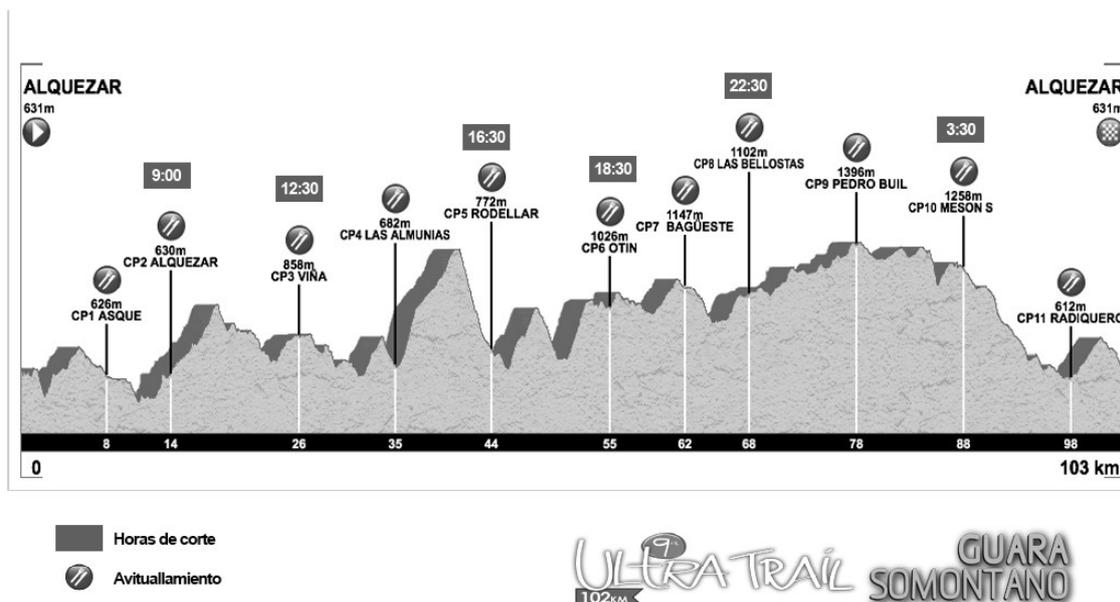


Figura 1. Perfil de la carrera analizada

Los días previos a la competición se analizaron los datos antropométricos y de composición corporal de la muestra. El índice de masa corporal (IMC) de cada corredor y el porcentaje de grasa corporal (%GC) fue evaluado mediante métodos antropométricos (peso y talla para el IMC y suma de siete pliegues cutáneos utilizándola fórmula de Yuhasz en el caso del %GC). En el caso del %GC se midieron los pliegues cutáneos: bicipital, tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, de muslo anterior y de pierna medial.

Fueron tomadas muestras de análisis sanguíneos basales previos a la realización de la prueba. Las muestras fueron realizadas a través de la vena antecubital, introducidas en tubos no aditivos y en condiciones estériles donde fueron centrifugadas para ser transportadas al laboratorio médico para su respectiva conservación y análisis. Se utilizó el suero sanguíneo para analizar las muestras bioquímicas, mediante análisis químicos automatizados. Inmediatamente al finalizar la prueba, se volvieron a tomar muestras de sangre para obtener los valores post-carrera utilizando el mismo procedimiento que con los valores basales. Las muestras fueron procesadas en el periodo de una hora tras la recogida. Las variables analizadas fueron: creatina quinasa (CK), creatinina (CREA), proteínas totales (TP), calcio (CA) y lactato deshidrogenasa (LDH).

Para realizar el tratamiento estadístico de los datos, fue utilizado el programa SPSS v\_22. Se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para comprobar que la distribución de las variables seguía el criterio de normalidad. Una vez aceptada la hipótesis nula, siendo todos los resultados mayores que 0,05, se utilizó el test T para muestras relacionadas con el fin de calcular la significación estadística entre los valores de la media de cada variable antes y después de la etapa. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado para participar. El estudio tiene el dictamen favorable del Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA), con código número 16/2017.

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras analizar la diferencia de medias entre valores basales y los valores tomados tras la carrera se presentan en la tabla 2. Las variables sanguíneas de CK, CREA y LDH muestran diferencias significativas post-carrera con respecto a los valores basales. La variable Ca no mostró diferencias entre los valores previos y los posteriores a la competición. Se observan incrementos significativos en los valores sanguíneos post-carrera en cuanto a CK (250 UI/L vs 3535 UI/L;  $p=0,000$ ), CREA (0,87 mg/dL vs 1.31 mg/dL;  $p=0,000$ ) y LDH (193 UI/L vs 381 UI/L). No ha habido diferencias estadísticas en los valores de Ca (9.9 mg/dl vs 10.2 mg/dL;  $p=0,178$ ). La modificación de todas las variables estudiadas también se presenta en la figura 2 (CK), la figura 3 (CREA), la figura 4 (Ca), la figura 5 (TP) y la figura 6 (LDH).

Tabla 2. Niveles de CK, CREA, Ca y LDH antes y después de la prueba.

Marcador	BASAL	POST-CARRERA	P VALOR
<b>CK (U·L)</b>	250 ( $\pm 321$ )	3535( $\pm 1524$ )***	0.000
<b>CREA (mg·dL)</b>	0.87 ( $\pm 0.11$ )	1.31 ( $\pm 0.28$ )***	0.000
<b>Ca (mg·dl)</b>	9.93 ( $\pm 0.28$ )	10.21 ( $\pm 0.71$ )	0.178
<b>LDH (U·L)</b>	193 ( $\pm 43.3$ )	381 ( $\pm 86.6$ )***	0.000

\*\*\* $p < 0.001$

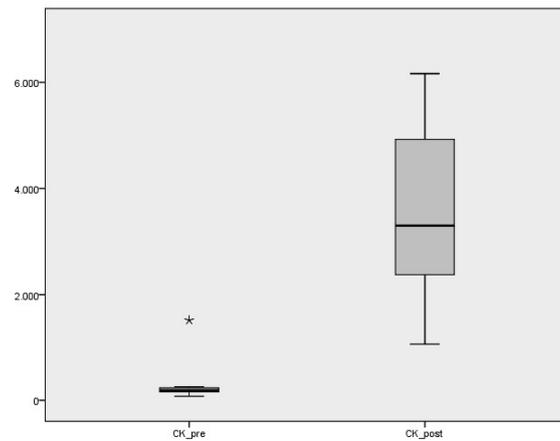


Figura 2. Comparación entre los valores de CK basal y CK post-carrera (U·L)

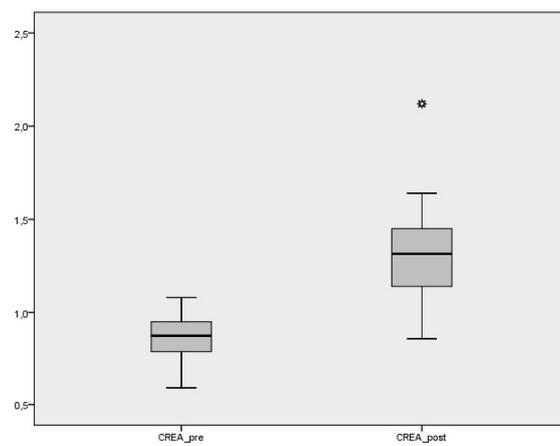


Figura 3. Comparación entre los valores de CREA basal y CREA post-carrera (mg·dL)

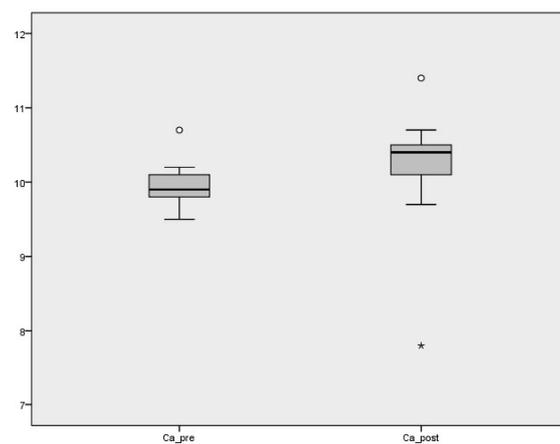


Figura 4. Comparación entre los valores de Ca basal y Ca post-carrera (mg·dL)

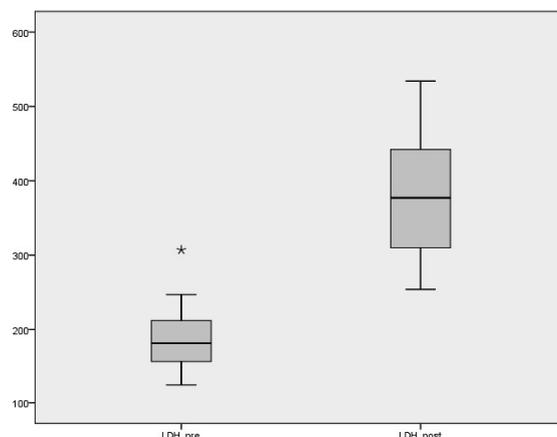


Figura 5. Comparación entre los valores de LDH basal y LDH post-carrera (U·L).

#### 4. DISCUSIÓN

La CK experimenta un incremento significativo en los resultados obtenidos de este estudio. Los resultados coinciden con otros trabajos que analizan este tipo de pruebas por montaña<sup>10,11,12</sup>, experimentando los valores de CK en sangre un incremento significativo.

Según diferentes estudios<sup>13,14</sup> el hecho de que esta enzima se libere al torrente sanguíneo parece ser un indicador de rhabdomiolisis, o lo que es lo mismo una descomposición del tejido muscular que produce la liberación de contenidos del interior de las fibras musculares a la sangre. Esto puede ocasionar complicaciones a nivel renal y puede resultar en dolor muscular o producción de orina más oscura.

<sup>10</sup> RAMOS-CAMPO, D. J. *et al.* Muscle damage, physiological changes and energy balance in ultra-endurance mountain event athletes. En *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2016, vol. 41, n° 8, p. 872-878.

<sup>11</sup> SCOTNEY, B. y REID, S. Body Weight, Serum Sodium Levels, and Renal Function in an Ultra-Distance Mountain Run. En *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2015, vol. 25, no 4, p. 341-346.

<sup>12</sup> CARMONA, G. *et al.* Sarcomere Disruptions of Slow Fiber Resulting From Mountain Ultramarathon. En *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, vol. 10, no 8, 1041-1047.

<sup>13</sup> SKENDERI, K. P. *et al.* Exertional rhabdomyolysis during a 246-km continuous running race. En *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2006, vol. 38, no 6, p. 1054-1057.

<sup>14</sup> SIEGEL, A. J. *et al.* Changes in cardiac markers including B-natriuretic peptide in runners after the Boston marathon. En *American Journal of Cardiology*, 2001, vol. 88, no 8, p. 920-923.

En otros trabajos realizados en disciplinas de ultra-resistencia, el aumento de esta enzima refleja un mayor metabolismo muscular<sup>15,16</sup>. Igualmente se ha podido observar en algunos estudios<sup>17,18</sup> que el incremento varía dependiendo de la duración de la prueba y de la tipología de esta, pero siempre suele ser mucho más alto con respecto a los valores de referencia. Este incremento de la CK en sangre se origina de la destrucción miofibrilar y puede servir de marcador del daño muscular<sup>19</sup>.

El daño muscular que este tipo de pruebas causa sobre nuestro organismo puede resultar como consecuencia de las acciones excéntricas realizadas durante la carrera<sup>20</sup> y que, en parte, pueden afectar al proceso de contracción-relajación muscular. El continuo impacto de los pies contra el suelo debido al terreno montañoso sobre el que se practican provocan acciones excéntricas sobre los músculos las cuales pueden dañar las fibras, produciendo una liberación de las proteínas de la célula muscular a la sangre que pueden conllevar al aumento significativo de los niveles de CK sanguíneos<sup>21</sup>.

La creatinina, compuesto orgánico presente que se produce como final del metabolismo de la creatina, se produce como desecho de nuestro metabolismo debido a la actividad muscular que nuestro cuerpo realiza, por lo que refleja directamente el metabolismo muscular implicado. Los resultados analizados coinciden con los obtenidos también en diferentes trabajos con disciplinas de resistencia y ultra-resistencia, encontrándose un incremento significativo en sangre<sup>22</sup>. La reducción en el flujo de sangre de los riñones, la filtración glomerular, la hipovolemia producida por la deshidratación de nuestro organismo ante las posibles condiciones meteorológicas extremas de una carrera y la liberación de creatinina de los músculos que están

---

<sup>15</sup>GALLO-SALAZAR, C. *et al.* Influencia de un medio ironman en parámetros sanguíneos. En *Archivos de Medicina del Deporte*, 2015, vol. 32, no 1, p. 10-15.

<sup>16</sup>CLEMENTE, V. J. Modificaciones de parámetros bioquímicos después de una maratón de montaña. En *European Journal of Human Movement*, 2011, no 27, p. 75-83.

<sup>17</sup>SUÁREZ, V. C. *et al.* Op. Cit. p. 1-6.

<sup>18</sup>MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. En *British Journal of Sports Medicine*, 2007, vol. 41, no 10, p. 674-678.

<sup>19</sup>CLEMENTE, V. J. Op. Cit. p. 75-83.

<sup>20</sup>MILLET, G. Y. y LEPERS, R. Alterations of Neuromuscular Function after Prolonged Running, Cycling and Skiing Exercises. En *Sports Medicine*, 2004, vol. 34, no 2, p. 105-116.

<sup>21</sup>CLEMENTE, V. J. Destrucción muscular, modificaciones de frecuencia cardíaca, lactato y percepción subjetiva del esfuerzo en una prueba de carrera por relevos de ultra-resistencia de 24 horas, 2010. En *European Journal of Human Movement*, no 24, p. 29-37.

<sup>22</sup>KUPCHAK, B. R. *et al.* Alterations in coagulatory and fibrinolytic systems following an ultra-marathon. En *European Journal of Applied Physiology*, 2013, vol. 113, no 11, p. 2705-2712.

realizando actividad pueden contribuir al incremento de la creatinina en sangre<sup>23</sup>. Otros autores han observado que los niveles elevados de creatinina inmediatamente después de una carrera quizá también sean explicados por el alto nivel de mioglobina en sangre durante este tipo de pruebas<sup>24</sup>. Este incremento de la mioglobina se debe al proceso de rhabdmiolisis al que se expone el organismo, y por tanto puede contribuir a alterar la función renal y la vasoconstricción<sup>25</sup>.

Los resultados muestran un aumento significativo de los niveles de LDH en sangre tras comparar los análisis basales con los análisis post-carrera. Estos datos coinciden con los aumentos encontrados en triatletas durante medio ironman<sup>26</sup>. Como indican diferentes estudios al respecto, el ejercicio físico de ultra-resistencia induce a un aumento significativo de los valores de LDH<sup>27</sup>, y su grado de incremento va a depender de la intensidad y la duración del esfuerzo<sup>28</sup>. Algunas investigaciones en disciplinas de resistencia, asocian este aumento al mayor reclutamiento de fibras de contracción rápida<sup>29</sup> (FT y FFT), posiblemente reclutadas en saltos o acciones excéntricas propias de las carreras de montaña las cuales pueden facilitar este tipo de daño celular y tisular.

El calcio es otro parámetro que puede ser útil para analizar el impacto a nivel muscular. En los resultados obtenidos de este estudio, a pesar de aumentar, no se observa un incremento significativo tras finalizar la prueba. Estos resultados están en consonancia con otros artículos de la misma disciplina deportiva. El ejercicio físico puede significar un aumento de Ca citoplasmático, y el Ca elevado en reposo puede contribuir en la activación de enzimas proteolíticas, tales como calpaina, para digerir elementos estructurales esenciales para las fibras musculares<sup>30</sup>. Este proceso puede

---

<sup>23</sup>RENSBURG, J. P. *et al.* Triathlon MIM. Physiologic and Biochemical Changes During a Triathlon Competition. En *International Journal of Sports Medicine*, 1986, vol. 7, no 1, p. 30-35.

<sup>24</sup>KUPCHAK, B. R. *et al.* Op. Cit. p. 2705-2712.

<sup>25</sup>ZAGER, R. A. Rhabdomyolysis and myohemoglobinuric acute renal failure. En *Kidney International*, 1996, vol. 49, no 2, p. 314-326.

<sup>26</sup>GALLO-SALAZAR, C. *et al.* Op. Cit. p. 10-15.

<sup>27</sup>MENA, P., MAYNAR, M. y CAMPILLO, J. E. Changes in plasma enzyme activities in professional racing cyclists. En *British Journal of Sports Medicine*, 1996, vol. 30, no 2, p. 122-124.

<sup>28</sup>MUNJAL, D. D. *et al.* Changes in serum myoglobin, total creatine kinase, lactate dehydrogenase and creatine kinase MB levels in runners. En *Clinical Biochemistry*, 1983, vol. 16, no 3, p. 195-199.

<sup>29</sup>CLEMENTE, V. J. Op. Cit. p. 75-83.

<sup>30</sup>OVERGAARD, K. *et al.* Membrane leakage and increased content of Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pumps and Ca<sup>2+</sup> in human muscle after a 100-km run. En *Journal of Applied Physiology*, 2002, vol. 92, no 5, p. 1891-1898.

producir un daño en la membrana plasmática con su consecuente liberación de enzimas y la acumulación de Ca intracelular<sup>31</sup>.

## 5. CONCLUSIONES

A la finalización de la carrera por montaña de larga distancia, la muestra analizada ha sufrido en su sistema renal, incrementando significativamente los marcadores bioquímicos renales como la CREA.

De forma paralela, también parece afectar al sistema musculoesquelético, reflejado por el incremento significativo de la CK, la CREA y el LDH. Los niveles de Ca, a pesar de su incremento, no han obtenido un aumento significativo entre los valores previos y posteriores a la carrera.

Los resultados observados en este estudio nos indican que este tipo de pruebas por montaña son muy exigentes, y tienen un impacto significativo sobre el organismo de corredores entrenados, por lo que es muy aconsejable mantener un buen estado de salud y una condición física proporcional a la distancia y desnivel de la carrera.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARTRONG, R. B. Muscle Damage and Endurance Events. En *Sports Medicine*, 1986, vol. 3, no 5, p. 370-381.
- CARMONA, G. *et al.* Sarcomere Disruptions of Slow Fiber Resulting From Mountain Ultramarathon. En *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, vol. 10, no 8, 1041-1047.
- CLEMENTE, V. J. Modificaciones de parámetros bioquímicos después de una maratón de montaña. En *European Journal of Human Movement*, 2011, no 27, p. 75-83.
- CLEMENTE, V. J. Destrucción muscular, modificaciones de frecuencia cardíaca, lactato y percepción subjetiva del esfuerzo en una prueba de

---

<sup>31</sup>ARTRONG, R. B. Muscle Damage and Endurance Events. En *Sports Medicine*, 1986, vol. 3, no 5, p. 370-381.

carrera por relevos de ultra-resistencia de 24 horas, 2010. En *European Journal of Human Movement*, no 24, p. 29-37.

- GALLO-SALAZAR, C. *et al.* Influencia de un medio ironman en parámetros sanguíneos. En *Archivos de Medicina del Deporte*, 2015, vol. 32, no 1, p. 10-15.
- HOFFMAN, M. D. *et al.* A Placebo-Controlled Trial of Riboflavin for Enhancement of Ultramarathon Recovery. En *Sports Medicine*, 2017, vol. 3, no 1, p.14.
- HOFFMAN, M.D., ONG, J. C. y WANG G. Historical Analysis of Participation in 161 km Ultramarathons in North America. En *International Journal of History Sport*, 2010, vol. 27, no 11, p.1877–1891.
- KABASAKALIS, A. *et al.* Blood oxidative stress markers after ultramarathon swimming. En *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011, vol. 25, nº 3, p. 805-811.
- KNEZ, W. L., JENKINS, D. G. y COOMBES, J. S. Oxidative stress in half and full Ironman triathletes. En *Medicine and Science Sports and Exercise*, 2007, vol. 39, nº 2, p. 283-288.
- KREIDER, R. B. Physiological considerations of ultraendurance performance. En *International Journal of Sport Nutrition and Exercise*, 1991, vol. 1, no 1, p. 3-27.
- KUPCHAK, B. R. *et al.* The Impact of an Ultramarathon on Hormonal and Biochemical Parameters in Men. En *Wilderness & Environmental Medicine*, 2014, vol. 25, nº 3, p. 278-288.
- KUPCHAK, B. R. *et al.* Alterations in coagulatory and fibrinolytic systems following an ultra-marathon. En *European Journal of Applied Physiology*, 2013, vol. 113, no 11, p. 2705-2712.

- MASTALOUDIS, A. *et al.* Endurance exercise results in DNA damage as detected by the comet assay, 2004. En *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 36, no 8, p. 966-975.
- MENA, P., MAYNAR, M. y CAMPILLO, J. E. Changes in plasma enzyme activities in professional racing cyclists. En *British Journal of Sports Medicine*, 1996, vol. 30, no 2, p. 122-124.
- MILLET, G. Y. y LEPERS, R. Alterations of Neuromuscular Function after Prolonged Running, Cycling and Skiing Exercises. En *Sports Medicine*, 2004, vol. 34, no 2, p. 105-116.
- MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. En *British Journal of Sports Medicine*, 2007, vol. 41, no 10, p. 674-678.
- MUNJAL, D. D. *et al.* Changes in serum myoglobin, total creatine kinase, lactate dehydrogenase and creatine kinase MB levels in runners. En *Clinical Biochemistry*, 1983, vol. 16, no 3, p. 195-199.
- NEUMAYR, G., GÄNZER, H. y STURM. W. Physiological effects of an ultra-cycle ride in an amateur athlete-A case report. En *Journal and Sports Science and Medicine*, 2002, nº 1, p. 20-26.
- OVERGAARD, K. *et al.* Membrane leakage and increased content of Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pumps and Ca<sup>2+</sup> in human muscle after a 100-km run. En *Journal of Applied Physiology*, 2002, vol. 92, no 5, p. 1891-1898.
- RAMOS-CAMPO, D. J. *et al.* Muscle damage, physiological changes and energy balance in ultra-endurance mountain event athletes. En *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2016, vol. 41, nº 8, p. 872-878.
- RENSBURG, J. P. *et al.* Triathlon MIM. Physiologic and Biochemical Changes During a Triathlon Competition. En *International Journal of Sports Medicine*, 1986, vol. 7, no 1, p. 30-35.

- SCOTNEY, B. y REID, S. Body Weight, Serum Sodium Levels, and Renal Function in an Ultra-Distance Mountain Run. En *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2015, vol. 25, no 4, p. 341-346.
- SIEGEL, A. J. *et al.* Changes in cardiac markers including B-natriuretic peptide in runners after the Boston marathon. En *American Journal of Cardiology*, 2001, vol. 88, no 8, p. 920-923.
- SKENDERI, K. P. *et al.* Exertional rhabdomyolysis during a 246-km continuous running race. En *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2006, vol. 38, no 6, p. 1054-1057.
- SPEEDY, D. B. *et al.* Hyponatremia and seizures in an ultradistance triathlete. En *Clinics in Communication Disorders*, 2000, vol. 18, nº 1, p. 41-44.
- WU, H. J. *et al.* Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. En *World Journal of Gastroenterology*, 2004, vol 10, nº 18, p. 2711-2714.
- ZAGER, R. A. Rhabdomyolysis and myohemoglobinuric acute renal failure. En *Kidney International*, 1996, vol. 49, no 2, p. 314-326