

Influencia de un medio ironman en parámetros sanguíneos

César Gallo-Salazar, Cristina González-Millán, Juan Del Coso Garrigós, Juan J. Salinero Martín, Javier Abián-Vicén, Diana Ruiz-Vicente, Beatriz Lara López, Francisco Areces Corcuera, María Ll. Soriano Segarra

Laboratorio de Fisiología del Ejercicio. Instituto de Ciencias del Deporte. Universidad Camilo José Cela. Madrid

Recibido: 06.02.2014
Aceptado: 24.04.2014

Resumen

Introducción: El triatlón es un deporte de resistencia en el que se realizan tres modalidades deportivas de forma consecutiva: natación, ciclismo y carrera. Durante un triatlón de media distancia se ha constatado que la pérdida de fuerza muscular se relaciona con la concentración de marcadores sanguíneos de daño muscular. También se ha observado un desequilibrio electrolítico en triatletas durante triatlones de larga distancia.

Propósito: El objetivo de este estudio fue analizar parámetros sanguíneos que determinan deshidratación (masa corporal y osmolalidad), pérdida de electrolitos (cloro, potasio, sodio y calcio) y daño muscular (mioglobina, CK y LDH) en un triatlón de media distancia.

Métodos: Se extrajo sangre y se pesó, antes y después de un triatlón de media distancia, a 34 triatletas con una edad de $35,7 \pm 6,5$ años, cuyo tiempo medio final en meta fue de $5:12:20 \pm 00:34:59$ horas. Las muestras fueron medidas con analizadores bioquímicos estándar.

Resultados: Se observaron incrementos significativos ($P < 0,05$) entre el pre y el post en la mioglobina (de $32,8 \pm 13$ a $654,8 \pm 451,3 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$); en la CK (de $169,3 \pm 86,2$ a $564,5 \pm 428,9 \text{U} \cdot \text{L}^{-1}$); y en la LDH (de $318,4 \pm 56,2$ a $47,0 \pm 78,6 \text{U} \cdot \text{L}^{-1}$). También se encontró un aumento significativo ($P < 0,05$) entre el pre y post en el calcio (de $9,5 \pm 0,4$ a $10,3 \pm 0,4 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), en el sodio (de $140,6 \pm 1,4$ a $143,0 \pm 2,0 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) y en la osmolalidad (de $293,9 \pm 7,3$ a $301 \pm 7,0 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$). La masa corporal disminuyó de forma significativa respecto al pre (de $72,8 \pm 6,4$ a $69,5 \pm 6,4 \text{kg}$; $P < 0,05$).

Conclusiones: Una competición de triatlón de media distancia incrementa significativamente los marcadores sanguíneos de daño muscular. Los valores de calcio y sodio, así como las variables que indican deshidratación, también se ven afectados de manera significativa.

Palabras clave:

Triatlón.
Parámetros sanguíneos.
Deshidratación.

Half ironman influence on blood markers

Summary

Introduction: The triathlon is an endurance sport in which 3 consecutive events are performed: swimming, cycling and running. It has been found that the loss of muscle strength is related to the blood markers' concentration of muscle damage during a half-ironman triathlon. It has also been observed that an electrolyte imbalance is produced in triathletes during long distance triathlons.

Purpose: The aim of this study was to analyze blood parameters to determine dehydration (body mass and osmolality), electrolyte loss (chlorine, potassium, sodium and calcium) and muscle damage (myoglobin, CK and LDH) in a half-ironman triathlon.

Methods: Before and after the race body weight was measured and blood samples were extracted to 34 triathletes aged 35.7 ± 6.5 years whose average finish time was $5:12:20 \pm 00:34:59$ hours. Standard biochemical analyzers were used to measure the samples.

Results: Significant increases ($P < 0.05$) were found from pre-to-post race in myoglobin (from 32.8 ± 13 to $654.8 \pm 451.3 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$); in CK (from 169.3 ± 86.2 to $564.5 \pm 428.9 \text{U} \cdot \text{L}^{-1}$); and in LDH (318.4 ± 56.2 to $479.0 \pm 78.6 \text{U} \cdot \text{L}^{-1}$). It was also found a significant increase ($P < 0.05$) from pre-to-post race in the calcium (from 9.5 ± 0.4 to $10.3 \pm 0.4 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), sodium (140.6 ± 1.4 vs. $143.0 \pm 2.0 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) and the osmolality (from 293.9 ± 7.3 vs. $301 \pm 7.0 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$). Body mass decreased significantly (from 72.8 ± 6.4 to $69.5 \pm 6.4 \text{kg}$; $P < 0.05$).

Conclusions: Significant increases in blood markers of muscle damage occur in a half-ironman triathlon. Dehydration markers, as well as calcium and sodium values, are also affected in a significant way.

Key words:

Triathlon.
Blood markers.
Dehydration.

Correspondencia: César Gallo Salazar
E-mail: cgallo@ucjc.edu

Introducción

El triatlón es un deporte de resistencia en el que se realizan tres modalidades deportivas de forma consecutiva: natación, ciclismo y carrera. En la actualidad, son numerosas las distancias que se pueden recorrer en el triatlón (Ironman, medio Ironman, Olímpico, *sprint*), pero son las distancias intermedias y las cortas las que están adquiriendo gran relevancia, ya que son más accesibles a deportistas amateur. En el caso de la distancia de un medio ironman, se recorren de manera consecutiva y por este orden, 1,9 km de natación, 90 km de ciclismo y 21,1 km de carrera. En general, el triatlón es uno de los deportes que mayor fatiga produce debido a la larga duración y a la alta intensidad que se realiza en el mismo¹. Además, al ser un deporte realizado en el exterior, el ambiente (temperatura, humedad, viento) pueden suponer un estrés añadido sobre los triatletas.

Uno de los aspectos que más afectan al rendimiento en deportes de larga duración entre los que se encuentra el triatlón y que causa fatiga, es la deshidratación². La tendencia generalizada sobre hidratación propone que los deportistas beban suficiente líquido durante el ejercicio, para prevenir que la deshidratación supere el 2% del peso corporal^{3,4}. En esta modalidad deportiva, se ha encontrado que los triatletas no se deshidratan excesivamente⁵. Recientemente se ha observado que la influencia de la deshidratación en la fatiga muscular en un triatlón es baja, y que la pérdida de fuerza en una prueba de salto tras las disputa de un triatlón se ve influenciada tan sólo en un 5% por la deshidratación⁶.

El sudor contiene diferentes electrolitos, siendo el sodio y el cloro los iones con una mayor concentración en el mismo. También están presentes otros iones en menores concentraciones, como potasio, calcio o magnesio⁷. De entre todos estos electrolitos, el sudor juega un papel fundamental en la regulación de la presión osmótica y en la transmisión del impulso eléctrico. En deportistas entrenados, la concentración de sodio en el sudor es de aproximadamente 60 mM. Si durante el deporte, las pérdidas de sodio no son repuestas a través de la utilización de bebidas con sodio (e.g., bebidas deportivas), se puede producir una reducción de la concentración de sodio plasmático⁸. Cuando la concentración de sodio plasmático se sitúa por debajo de 135 mmol/L se denomina hiponatremia y se relaciona con diferentes disfunciones corporales que pueden llegar a causar incluso la muerte⁹. Este desequilibrio electrolítico es considerado un problema médico en competiciones de ultra resistencia¹ y se ha encontrado que algunos triatletas pueden llegar a desarrollar este desequilibrio electrolítico en triatlones de larga distancia^{10,11}. Aparte de los efectos nocivos sobre la salud, otros autores han encontrado efectos negativos de la reducción de la concentración de sodio en sangre en la fuerza muscular, incluso con niveles de plasma superiores a 135 mmol/L¹². En este trabajo, los autores, durante un ejercicio prolongado en cicloergómetro, rehidrataron a los deportistas con bebidas que contenían diferente concentración de sodio y observaron que la fuerza muscular isométrica empeoró más con aquellas bebidas con menor concentración de sodio. Parece pues, que la reducción de la concentración de sodio en plasma afecta al rendimiento de fuerza muscular, incluso con valores más altos que aquellos que se consideran hiponatremia. Una posible solución sería la utilización de bebidas con una concentración de sodio similar a la del sudor, pero en el mercado las bebidas deportivas no superan los 20 mM¹².

Recientemente, se ha encontrado que otro factor que puede afectar al rendimiento en el triatlón: el daño muscular. Durante un medio Ironman, se ha constatado que la pérdida de fuerza muscular se relaciona con la concentración de creatinquinasa y mioglobina, marcadores sanguíneos de daño muscular⁶. Fundamentalmente en la fase de carrera, se producen continuas acciones concéntricas y excéntricas durante las zancadas que podrían dañar las fibras musculares¹³⁻¹⁵. La relación entre daño muscular y un descenso en el rendimiento muscular también ha sido descrita en el maratón¹⁶⁻¹⁸, afectando de forma negativa a la capacidad muscular de generar fuerza y aumentando el tiempo de la carrera¹⁹. Sin embargo, en el estudio de Margaritis, Tessier²⁰ no se encontró correlación entre los marcadores sanguíneos de daño muscular y la fatiga después de un triatlón.

Para establecer el daño muscular tras la realización de un ejercicio físico, habitualmente se han considerado la elevación de los niveles de Lactato deshidrogenasa (LDH) en plasma, la creatinKinasa (CK) y la mioglobina^{14,21}. En el caso del triatlón, las concentraciones de estos marcadores después de la competición han resultado ser un buen indicador de la fatiga muscular generada⁶. El límite del ámbito normal de CK se sitúa en 80 U/l, siendo el de la mioglobina, hasta 85 ng/mL y el de la concentración sanguínea de LDH entre 105-333 U/l (la concentración plasmática es: 190-390 U/l). Estos valores pueden variar ligeramente entre laboratorios²². Los niveles de LDH y mioglobina tienden a la normalidad tras el ejercicio, antes que la CK. La persistencia de los valores de CK ligeramente elevados sugiere que este parámetro es mejor indicador de daño muscular durante la fase de recuperación²¹.

El objetivo de este estudio ha sido analizar parámetros sanguíneos que determinan tanto deshidratación (cloro, potasio, sodio y osmolaridad) como daño muscular (mioglobina, CK y LDH) en un triatlón medio ironman.

Material y método

En esta investigación participaron 40 triatletas voluntarios. De todos ellos seis participantes no finalizaron la carrera por lo que fueron excluidos del estudio, quedando finalmente la muestra en 34 triatletas con una experiencia previa en el deporte de al menos 3 años y un nivel de entrenamiento en torno a 2 horas al día, y una frecuencia de 4-5 días a la semana durante el año anterior a la carrera. Todos ellos habían realizado con anterioridad, al menos, un triatlón de la distancia de medio ironman. Las características de los triatletas se observan en la Tabla 1.

Los sujetos completaron un breve cuestionario sobre su nivel de entrenamiento y su historial médico. Aquellos que tenían un historial de problemas musculares, cardíacos, renales o los que tomaban alguna medicación, fueron excluidos del estudio. Los participantes fueron informados de los riesgos y problemas asociados al estudio antes de que firmaran un consentimiento informado para su participación. La investigación fue aprobada por el Comité ético de la Universidad Camilo José Cela de acuerdo con la última versión de la declaración de Helsinki.

Antes de la prueba, los participantes llegaron a una zona junto a la salida para realizar las medidas pre-competición. Se realizó una extracción de sangre en vena cubital de 7 ml de volumen, utilizando para tal fin un catéter de 22-G, estando el sujeto sentado.

Tabla 1. Características morfológicas de los participantes y sus resultados en la carrera de triatlón de media distancia.

	Media \pm SD	Rango
Edad	35,7 \pm 6,5	25 – 54
Altura (cm)	178 \pm 7	160 – 191
Peso (kg)	75,1 \pm 9,8	58,4 – 92,5
Porcentaje grasa (%)	8,6 \pm 3,9	3,4 – 16,0
Triatlones de distancia de medio ironman completados	17 \pm 22	1 – 97
Tiempo total de carrera	5:12:20 \pm 00:34:59	04:05:55 – 06:08:06
Tiempo en 1,9 km de natación	00:33:52 \pm 00:04:11	00:27:13 – 00:42:33
Tiempo en 75 km de ciclismo	02:44:53 \pm 00:18:37	02:11:16 – 03:17:07
Tiempo en 21,1 km de carrera	01:49:01 \pm 00:27:23	01:26:43 – 02:19:53

Posteriormente los sujetos fueron pesados con la ropa con la que competían en la fase de carrera y bicicleta (± 50 g precisión; Radwag, Polonia). Posteriormente, se colocaron el neopreno para disputar la competición.

La competición consistió en 1,9 km de natación; 75 km de ciclismo y 21,1 km de carrera. En un medio ironman la distancia de ciclismo es de 90 km, sin embargo, en éste los km se reducen a 75, debido a la orografía que suponía continuos ascensos y descensos desde 885 m, la zona más baja, hasta 1.078 m la más alta y con un desnivel acumulado de 1.184 m. El triatlón se realizó en mayo de 2012 en una localidad a 975 m de altitud. La temperatura media \pm sd durante la prueba, tomada en la zona de meta cada hora, fue de 22,3 \pm 6,9 °C (rango 13-30 °C) con una humedad relativa de 72,8 \pm 8,0% (rango 65-85%). La temperatura del agua durante el sector de la natación fue de 19 \pm 1 °C. No se les dio instrucciones sobre la comida o bebida a ingerir durante la carrera para evitar influir en sus rutinas habituales. Por lo tanto, los participantes bebieron y comieron *ad libitum* y nadaron, pedalearon y corrieron a su ritmo.

Nada más finalizar la prueba, se les indicó que no debían ingerir alimentos ni líquidos desde el final de la prueba hasta que realizaran las pruebas post carrera. Tanto el peso corporal post-carrera y el contenido de agua corporal fueron registrados con los mismos instrumentos y la misma ropa que en las medidas pre. Se les tomó una muestra de sangre con el mismo procedimiento que se describió con anterioridad. El nivel de deshidratación producido durante la carrera fue calculado como un porcentaje de reducción en el peso corporal (pre-post carrera).

Una parte de cada muestra sanguínea (2 mL) fue introducida en un tubo EDTA. Las concentraciones de glucosa (Accu-check, España), hemoglobina y hematocrito fueron determinadas el mismo día. Los cambios del volumen sanguíneo y del volumen plasmático en reposo fueron calculados con las ecuaciones descritas por Dill y Costill²³. La sangre (5 mL) se dejó coagular y el suero fue separado por centrifugación (10 min a 5.000 g) y congelado a -20 °C hasta el día del análisis. Un día más tarde la porción sérica fue analizada para determinar las concentraciones de sodio, potasio y cloro (Nova 16, NovaBiomedical, España). Además, las concentraciones de mioglobina, creatinquinasa (CK) y lactatodeshidrogenasa (LDH) fueron medidas como marcadores sanguíneos de daño muscular.

Los datos se presentan como media \pm sd. Comprobamos la normalidad de las variables mediante la prueba K-S para una muestra. Los cambios en las variables entre el pre y post carrera fueron analizados mediante pruebas t para muestras relacionadas. La correlación entre variables se realizó utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. El nivel de significación fue establecido en $P < 0,05$.

Resultados

En la Tabla 2 se observa que la mioglobina después de la competición aumentó de forma significativa, respecto a los valores pre, 32,8 \pm 13,8 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, 654,8 \pm 451,3 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente ($P < 0,05$). Los valores de CK en la medida pre fueron de 169,3 \pm 86,2 $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$ y en el post de 564,5 \pm 428,9 $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$, ($P < 0,05$). Los valores de LDH aumentaron en las tomas post carrera 479,0 \pm 78,6 $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$ respecto a las tomas pre 318,4 \pm 56,2 $\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$ ($P < 0,05$). También el calcio (9,5 \pm 0,4, 10,3 \pm 0,4 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ pre y post respectivamente), el sodio (140,6 \pm 1,4, 143,0 \pm 2,0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, pre y post respectivamente) y la osmolalidad (293,9 \pm 7,3, 301 \pm 7,0 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ pre y post respectivamente) aumentaron de forma significativa ($P < 0,05$). La masa corporal (72,8 \pm 6,4, 69,5 \pm 6,4 kg pre y post respectivamente) aumentó de forma significativa ($P < 0,05$). En el potasio y en el cloro no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$).

Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar los cambios en los parámetros sanguíneos que determinan deshidratación (cloro, potasio, sodio y osmolalidad) e indicadores de daño muscular (mioglobina, CK y LDH) en un triatlón en la modalidad de medio ironman. Para ello fueron medidas estas variables antes y después de la competición. Los principales resultados fueron:

- en todas las variables que indican daño muscular (CK, LDH y mioglobina) se observaron diferencias significativas entre el pre y el post de la carrera ($P < 0,05$);
- de las variables que indican deshidratación se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el calcio, el sodio y la osmolalidad, mientras que en el potasio y el cloro no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$).

Tabla 2. Respuesta sanguínea antes (Pre) y después (Post) de un triatlón de distancia de medio ironman. Los datos se presentan como media \pm sd para 34 triatletas.

Variable (unidades)	Pre	Post	t	P valor
Mioglobina ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	32,8 \pm 13,8	654,8 \pm 451,3	-8,068	= 0,00
CK ($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	169,3 \pm 86,2	541,0 \pm 428,9	-5,703	= 0,00
LDH ($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	318,4 \pm 56,2	479,0 \pm 78,6	-21,831	= 0,00
Calcio ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	9,5 \pm 0,4	10,3 \pm 0,4	-7,543	= 0,00
Sodio ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	140,6 \pm 1,4	143,0 \pm 2,0	-5,129	= 0,00
Potasio ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	4,6 \pm 0,3	4,6 \pm 0,3	0,040	>0,05
Cloro ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	102,5 \pm 1,5	103,2 \pm 3,0	-1,345	>0,05
Osmolalidad ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	291,1 \pm 7,3	301 \pm 7,0	-4,624	= 0,00
Masa corporal (kg)	72,58 \pm 6,8	69,9 \pm 6,5 kg	13,358	= 0,00

LDH: Lactato deshidrogenasa; CK: Creatinkinasa

En nuestro estudio se encontró que después de la carrera la masa corporal decreció desde 73,6 \pm 6,4 a 70,9 \pm 6,4 kg ($P < 0,05$), lo que supuso un cambio de masa corporal de 3,8 \pm 1,6%. La mayoría de los participantes redujeron su masa corporal menos del 4%, aunque hubo un pico máximo de 6,2%. En triatlón^{3-5,10,24} y en otras disciplinas de resistencia^{10,25}, es usual medir la deshidratación mediante la pérdida de masa corporal. Numerosos estudios muestran que la deshidratación perjudica el rendimiento²⁶⁻²⁸, aunque la mayoría de estas investigaciones se desarrollaron en condiciones de laboratorio. Sin embargo, otras investigaciones demuestran que, en situaciones reales de competición, la pérdida de masa corporal no influye en el rendimiento de resistencia^{3,7,29}. Se ha encontrado que los corredores más rápidos durante una maratón¹⁷, durante una carrera de 100 km¹⁰ o durante un triatlón²⁴ perdieron más masa corporal que los corredores más lentos. Si bien, parece que los cambios en la masa corporal no son una medida adecuada de cálculo de la deshidratación¹⁰, ya que en el estudio citado anteriormente²⁴, el tiempo de carrera correlacionó significativamente y de forma negativa con la osmolalidad sanguínea post ejercicio, que es un marcador del nivel de hidratación en el deporte cuando alcanza valores por encima de 295 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$). Recientes estudios cuestionan la idea de que una deshidratación superior al 2% afecta al rendimiento^{6,12,30}, donde los corredores más rápidos se deshidrataron más^{19,31}. En el presente estudio se produjo un aumento en la osmolalidad después de la carrera (293,9 \pm 7,3; 301 \pm 7,0 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $P < 0,05$).

Los valores de sodio aumentaron de forma significativa ($P < 0,05$) después de la carrera (de 140,6 \pm 1,4 a 143,0 \pm 2,0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, pre y post respectivamente). La pérdida de sodio mediante el sudor y una alta ingesta de agua o de líquidos bajos en sodio puede causar hiponatremia^{10,11}. La hiponatremia ha sido uno de los problemas médicos más estudiado en carreras de larga distancia como maratones^{3,19,32-34}. En el estudio que hemos realizado ningún sujeto alcanzó valores considerados como hiponatremia. Una de las limitaciones de este trabajo fue que no obtuvimos información de la cantidad y el tipo de bebidas que los deportistas utilizaron para rehidratarse durante la competición. La duración promedio de la competición en nuestros corredores fue de

4,81 horas con 28,39 minutos y 26,42 segundos, por lo que se sugiere que en pruebas con una duración similar, los casos de hiponatremia no son frecuentes. Sin embargo, se necesita más información sobre pruebas de ultrarresistencia que pueden tener una duración superior (Ironman, 100 km a pie, etc.). Respecto a los datos en este trabajo de los marcadores que indican daño muscular, éstos aumentaron de forma significativa entre el pre y el post. La mioglobina incrementó su concentración 20 veces entre el pre y el post y la CK 3 veces.

La mioglobina es un marcador útil para determinar el daño muscular y la degradación proteica de las estructuras intramusculares³⁵. La concentración de mioglobina en sangre se incrementa en los primeros 30 minutos tras el ejercicio que produce daño muscular³⁶ y puede permanecer elevada sobre los valores normales durante 5 días. Nosotros hemos encontrado valores de mioglobina de 32,8 \pm 13,8 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ en la medida pre y de 654,8 \pm 451,3 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ en la medida post ($P < 0,05$). Del Coso, Salinero¹⁶ en su estudio en maratonianos, encontraron una relación entre la concentración de mioglobina en la orina post maratón y la disminución en la potencia de tren inferior, concluyendo que el daño muscular es un buen predictor de la fatiga muscular tras el maratón. En otro estudio de Del Coso, González-Millán⁶ en triatletas, se observó que los marcadores de daño muscular medidos mediante CK y mioglobina en sangre, presentaron una correlación fuerte con la pérdida de altura de salto tras la competición lo que indica que el daño muscular es una de las principales causas de fatiga durante un triatlón. De este modo, una estrategia para disminuir el alcance de la fatiga muscular sería retrasar la aparición de daño muscular.

Según diversos autores^{14,37} la actividad total de la CK sérica está muy incrementada durante 24 horas después del ejercicio. En el presente estudio los valores de CK en la medida pre fueron de 169,3 \pm 86,2 y en el post de 564,5 \pm 428,9 ($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$) ($P < 0,05$), no habiéndose medido las isoformas de esta proteína, por lo que se asume que el aumento de CK en las muestras sanguíneas después de la carrera fue debido a la porción correspondiente al músculo esquelético. Aunque, normalmente, sólo esta isoforma está presente en la sangre, cuando el ejercicio es intenso y prolongado se produce un aumento en la sangre de las tres isoenzimas

de CK, siempre que no haya daño cardíaco^{38,39}. La correlación entre CK y mioglobina es muy alta ($r = 0,804$, $P < 0,01$), por lo que estos marcadores son válidos para medir daño muscular⁴⁰.

Lopes, Osiecki¹⁷ midieron, entre otras variables, la CK después de la fase de natación, después de la fase de ciclismo y después de la fase de carrera y se observó que la actividad del CK plasmático se incrementó significativamente tras la natación (+27,5%; $P < 0,05$), tras la bicicleta (+50,9%, $P < 0,05$), con un pico de concentración inmediatamente después de la carrera (66%, $P < 0,05$) frente a los valores pre carrera, y permanecieron significativamente elevados hasta una hora después de la carrera (+49,3%, $P < 0,05$). La concentración plasmática de CK sugiere que la duración del ejercicio, particularmente la duración e intensidad de carrera¹⁸, pueden provocar cambios en esta variable. La valoración del CK es por tanto potencialmente útil, no solo como inminente predictor de sobre-entrenamiento sino como medio de identificación de daño muscular⁴¹.

Respecto a la LDH hemos podido observar como los valores aumentaron significativamente, pasando de $318,4 \pm 56,2$ en las medidas pre a $479,0 \pm 78,6$ ($U \cdot L^{-1}$) en las medidas post. Este aumento indica, al igual que en los otros marcadores, daño muscular producido por la competición¹⁴. Estos datos coinciden con los aumentos encontrados también en triatletas, durante un Ironman en el estudio de Holly, Barnard⁴², en el que se mantuvieron elevados 6 días después de la competición. También Kobayashi, Takeuchi⁴³ encontraron que después de una maratón la actividad de LDH se dobla y se mantiene aumentada durante dos semanas. El ejercicio induce a un aumento significativo de los valores de LDH^{44,45}. El grado de aumento va a depender de la intensidad y la duración del esfuerzo⁴⁶⁻⁴⁸. La LDH también correlaciona con la mioglobina, si bien de forma menos específica ya que su aumento es menor que el de los otros dos marcadores de daño muscular.

Conclusiones

Una competición de triatlón de media distancia incrementa significativamente los marcadores sanguíneos de daño muscular (CK, LDH y mioglobina). Este dato tiene que ser tenido en cuenta por los especialistas en medicina deportiva que realicen pruebas post-competición a triatletas. Respecto a las variables que indican deshidratación, se observó un aumento significativo en las concentraciones de sodio y en la osmolalidad. La pérdida de masa corporal durante una carrera de medio Ironman también fue significativa.

Agradecimientos

A ECOTRIMAD, empresa organizadora del triatlón y a los laboratorios Diagnoslab S.L., por las facilidades ofrecidas para la realización del estudio.

Bibliografía

1. Jeukendrup AE, Jentjens RL, Moseley L. Nutritional considerations in triathlon. *Sports Medicine*. 2005;35(2):163-81.
2. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of sports sciences*. 2011;29(sup1):91-9.

3. Latzka WA, Montain SJ. Water and electrolyte requirements for exercise. *Clinics in sports medicine*. 1999;18(3):513-24.
4. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(2):377-90. Epub 2007/02/06.
5. Puggina E, Machado D, Borges G, Barbanti V. Changes in Body Composition after Endurance Training and Triathlon Competition. *Human movement*. 2011;12(4):361-6.
6. Del Coso J, González-Millán C, Salinero J, Abián-Vicén J, Soriano L, Garde S, et al. Muscle damage and its relationship with muscle fatigue during a half-iron triathlon. *PLoS One*. 2012;7(8). Epub 2012 Aug 10.
7. Maughan R, Shirreffs S. Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010;20:59-69.
8. Speedy DB, Thompson JM, Rodgers I, Collins M, Sharwood K. Oral salt supplementation during ultradistance exercise. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2002;12(5):279-84.
9. Speedy DB, Noakes TD, Rogers I, Thompson J, Campbell R, Kuttner JA, et al. Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(6):809-15.
10. Speedy DB, Noakes TD, Kimber NE, Rogers IR, Thompson JM, Boswell DR, et al. Fluid balance during and after an ironman triathlon. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2001;11(1):44-50.
11. Speedy DB, Rogers IR, Noakes TD, Wright S, Thompson JM, Campbell R, et al. Exercise-induced hyponatremia in ultradistance triathletes is caused by inappropriate fluid retention. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2000;10(4):272-8.
12. Del Coso J, Estevez E, Baquero RA, Mora-Rodriguez R. Anaerobic performance when rehydrating with water or commercially available sports drinks during prolonged exercise in the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2008;33(2):290-8.
13. Schiff HB, Macsearraigh ET, Kallmeyer JC. Myoglobinuria, rhabdomyolysis and marathon running. *QJM*. 1978;47(4):463-72.
14. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2002;81(11):S52-S69.
15. Smith J, Garbutt G, Lopes P, Pedoe DT. Effects of prolonged strenuous exercise (marathon running) on biochemical and haematological markers used in the investigation of patients in the emergency department. *British journal of sports medicine*. 2004;38(3):292-4.
16. Del Coso J, Salinero JJ, Abián-Vicén J, González-Millán C, Garde S, Vega P, et al. Influence of body mass loss and myoglobinuria on the development of muscle fatigue after a marathon in a warm environment. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2012;286-91.
17. Lopes RF, Osiecki R, Rama LMP. Biochemical Markers During and After an Olympic Triathlon Race. *Journal of Exercise Physiologyonline*. 2011;14(4):87-96.
18. Suzuki K, Peake J, Nosaka K, Okutsu M, Abiss CR, Surriano R, et al. Changes in markers of muscle damage, inflammation and HSP70 after an Ironman Triathlon race. *Eur J Appl Physiol*. 2006;98:525-34.
19. Del Coso J, Fernandez D, Abian-Vicen J, Salinero JJ, Gonzalez-Millan C, Arecos F, et al. Running Pace Decrease during a Marathon Is Positively Related to Blood Markers of Muscle Damage. *PLoS One*. 2013;8(2):e57602. Epub 2013/03/06.
20. Margaritis I, Tessier F, Verdera F, Bermon S, Marconnet P. Muscle enzyme release does not predict muscle function impairment after triathlon. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 1999;39(2):133.
21. Guezennec CY, Giaoui M, Voignier JP, Legrand H, Fournier E. Evolution des taux plasmatiques des LDH (lacticodehydrogénase), CPK (créatine phosphokinase) et de la myoglobine à l'issue d'une course de 100 km et d'un triathlon. *Science & Sports*. 1986;1(3):255-63.
22. Richardson AR, Libby SJ, Fang FC. A nitric oxide-inducible lactate dehydrogenase enables *Staphylococcus aureus* to resist innate immunity. *Science*. 2008;319(5870):1672-6. Epub 2008/03/22.
23. Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md: 1985). 1974;37(2):247-8. Epub 1974/08/01.
24. Del Coso J, González-Millán C, Salinero J, Abián-Vicén J, Soriano L, Arecos F, et al. Relationship between physiological parameters and performance during a half-ironman triathlon. *Journal of Sport Sciences*. under review.
25. Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T, Oliver S. A Triple Iron triathlon leads to a decrease in total body mass but not to dehydration. *Research quarterly for exercise and sport*. 2010;81(3):319-27.
26. Jones LC, Cleary MA, Lopez RM, Zuri RE, Lopez R. Active dehydration impairs upper and lower body anaerobic muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(2):455-63.

27. Greiwe JS, Staffey KS, Melrose DR, Narve MD, Knowlton RG. Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(2):284-8.
28. Minshull C, James L. The effects of hypohydration and fatigue on neuromuscular activation performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.* 2012;38(999):21-6.
29. Popowski LA, Oppliger RA, Lambert GP, Johnson RF, Johnson AK, Gisolfi CV. Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Medicine and science in sports and exercise.* 2001;33(5):747-53.
30. Goulet ED. Effect of exercise-induced dehydration on endurance performance: evaluating the impact of exercise protocols on outcomes using a meta-analytic procedure. *British journal of sports medicine.* 2012.
31. Beis LY, Polyviou T, Malkova D, Pitsiladis YP. The effects of creatine and glycerol hyperhydration on running economy in well trained endurance runners. *J Int Soc Sports Nutr.* 2011;8(1):24.
32. Mohseni M, Silvers S, McNeil R, Diehl N, Vadeboncoeur T, Taylor W, et al. Prevalence of hyponatremia, renal dysfunction, and other electrolyte abnormalities among runners before and after completing a marathon or half marathon. *Sports Health.* 2011;3(2):145-51. Epub 2011/03/01.
33. Kormann R, Philippart F, Hubert S, Bruel C. Marathon runner with acute hyponatremia: a neurological disorder. *Case Rep Emerg Med.* 2012;2012:342760. Epub 2013/01/18.
34. Kipps C, Sharma S, Pedoe DT. The incidence of exercise-associated hyponatraemia in the London marathon. *Br J Sports Med.* 2011;45(1):14-9. Epub 2009/07/23.
35. Speranza L, Grilli A, Patruno A, Franceschelli S, Felzani G, Pesce M, et al. Plasmatic markers of muscular stress in isokinetic exercise. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2007;21(1-2):21-9. Epub 2008/01/24.
36. Ascensao A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhaes J. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem.* 2008;41(10-11):841-51. Epub 2008/05/07.
37. Hyatt J-P, Clarkson PM. Creatine kinase release and clearance using MM variants following repeated bouts of eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(7):1059-65.
38. Noakes TD, Kotzenberg G, McArthur PS, Dykman J. Elevated serum creatine kinase MB and creatine kinase BB-isoenzyme fractions after ultra-marathon running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;52(1):75-9. Epub 1983/01/01.
39. Noakes TD. Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Med.* 1987;4(4):245-67. Epub 1987/07/01.
40. Bird SR, Linden M, Hawley JA. Acute changes to biomarkers as a consequence of prolonged strenuous running. *Annals of Clinical Biochemistry: An international journal of biochemistry and laboratory medicine.* 2013.
41. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2002;1:31-41.
42. Holly RG, Barnard RJ, Rosenthal M, Applegate E, Pritikin N. Triathlete characterization and response to prolonged strenuous competition. *Med Sci Sports Exerc.* 1986;18(1):123-7. Epub 1986/02/01.
43. Kobayashi Y, Takeuchi T, Hosoi T, Yoshizaki H, Loepky JA. Effect of a marathon run on serum lipoproteins, creatine kinase, and lactate dehydrogenase in recreational runners. *Research quarterly for exercise and sport.* 2005;76(4):450-5.
44. Mena P, Maynar M, Campillo J. Changes in plasma enzyme activities in professional racing cyclists. *B J Sports Med.* 1996;30(2):122-4.
45. Gombacci A, Tamaro G, Simeone R, Crocetti G, Stupar G. Valutazione della cinetica degli enzimi muscolari nel corso di una ultramaratona. *Sports Card.* 2002. p. 31-3.
46. Stokke O. Clinical chemical changes in physical activity. *Scandinavian journal of social medicine Supplementum.* 1982;29:93.
47. Priest J, Oei T, Moorehead W. Exercise-induced changes in common laboratory tests. *American journal of clinical pathology.* 1982;77(3):285.
48. Munjal DD, McFadden JA, Matix PA, Coffman KD, Cattaneo SM. Changes in serum myoglobin, total creatine kinase, lactate dehydrogenase and creatine kinase MB levels in runners. *Clinical biochemistry.* 1983;16(3):195-9.