

# Daño muscular y recuperación tras una maratón

## Relación con el sexo biológico

RANIA ACHOUAK HAFSI  
al339149@uji.es

ELADIO J. COLLADO BOIRA  
colladoe@uji.es

### Resumen

**Introducción:** Las carreras de resistencia han incrementado su índice de participación en los últimos años, sobre todo en corredores amateurs. La maratón, prueba estrella entre las carreras de larga duración, lleva asociado un fuerte estrés fisiológico debido al esfuerzo requerido por el organismo, lo cual está ligado a un elevado daño muscular. Tal daño se puede cuantificar hematólogicamente mediante la enzima CK. **Objetivo:** Medir el desgaste y el tiempo de recuperación muscular en 100 corredores voluntarios de la Maratón de Valencia, así como estudiar la relación existente entre variables como la pérdida de peso, el Índice de Masa Corporal (IMC), la edad y el tiempo real de maratón. Además de buscar si existen diferencias estadísticamente significativas en función del sexo biológico. **Método:** Estudio analítico descriptivo observacional. **Resultados y discusión:** Se obtuvieron aumentos significativos de la enzima CK, con mayor proporción en hombres que mujeres. De igual modo, la recuperación fue más lenta en los varones, los cuales precisan de un mínimo de 196 horas frente a las 96-144 horas del grupo femenino. Se ha evidenciado una correlación significativa ( $P < 0,05$ ) positiva entre la pérdida de peso y el IMC. Mientras que la relación entre las variables pérdida de peso respecto a la edad y el tiempo total invertido ha resultado negativa en ambos casos, con una significación del 99 %. El sexo biológico se ha comportado como una variable determinante a la hora de la obtención de resultados en una maratón.

**Palabras clave:** maratón, CK, recuperación fisiológica, corredor amateur.

### Abstract

**Introduction:** Endurance races have increased their participation rate in recent years, especially in amateur runners. The marathon, the preferred race by the runners, is associated with a strong physiological stress due to the effort required by the body; this is linked to the high muscle damage that can be quantified hematologically by the enzyme CK. **Purpose:** To measure the wear and muscle and muscle recovery time in 100 volunteer runners of the Valencia Marathon, as well as to study the relationship between variables such as weight loss, Body Mass Index (BMI), age and marathon time.

Also looking for if there are statistically significant differences based on the biological sex. **Methods:** Analytical descriptive observational study. **Results and conclusions:** Significant increases in CK enzyme were obtained, with a higher proportion in men than women. The recovery was slower in males, which required a minimum of 196 hours compared to the 96-144 hours in the female group. There were a significant positive correlation between weight loss and BMI ( $P < 0.05$ ). The relation between the variable weight loss respect to age and total invested time has been negative, with a significance of 99%. Biological sex has behaved as a determinant variable in obtaining results in a marathon.

**Keywords:** marathon, CK, physiological recovery, amateur runner.

## Introducción

Las carreras de larga duración, cuyo esfuerzo requerido es elevado, han incrementado exponencialmente el número de participantes (Chan-Roper, 2012), acentuándose la presencia de corredores amateurs, muchas veces careciendo de entrenamiento controlado ni supervisado. El cambio en la tendencia de participación en este tipo de actividad se observa en las inscripciones a las maratones, que ha evidenciado un aumento exponencial de estas en los últimos años. La Maratón de Valencia, única prueba española galardonada con el distintivo Gold Label por la IAAF, ha sumado en su última edición más de 17.500 inscritos.

Recorrer la distancia predeterminada, 42.195 m, en el menor tiempo posible supone una situación de alarma y desgaste del propio organismo. Diferentes estudios corroboran una serie de variaciones en el hemograma sanguíneo debido al esfuerzo extremo que tal prueba supone, caracterizándose por un descenso en la fuerza muscular, la aparición de indicadores indirectos de daño muscular tales como la CK en sangre y variaciones a nivel leucocitario (Del Coso, Salinero, et al., 2013; Lippi et al., 2010; Ruiz-Vicente et al., 2013). Además, está ligado a una pérdida de peso asociada a la deshidratación, aunque no se conoce relación entre dicha variable y el rendimiento a lo largo de la prueba.

Generalmente se recuperan los valores de normalidad a nivel de hemograma en un margen de 24-48 h tras la carrera (Duca et al., 2006; Uchakin et al. 2003). Si más no, existen discrepancias en anteriores estudios ya que las variables objeto de estudio varían en función de la concentración hemática, la cual depende a su vez del nivel de hidratación. Por ello, agentes tales como temperatura, humedad, orografía del terreno y número de puntos de avituallamiento en la carrera influirán en el estudio.

Respecto a los efectos de la bioquímica tras una maratón hallamos numerosos estudios que corroboran que los lípidos son la principal fuente de energía visto que los valores de triglicéridos disminuyen (Callow et al., 1986; Kratz et al., 2002; Sánchez-González et al., 2003). Los niveles de glucosa, en cambio, dependen de la ingesta de carbohidratos a lo largo de la prueba.

Cabe destacar que gran parte del daño recae sobre la musculatura debido a la fatiga, a las continuas contracciones concéntricas y excéntricas, y a los miles de impactos contra el suelo que se producen en estas carreras. Tal daño se cuantifica mediante una enzima sanguínea denominada creatina quinasa (CK), resultante del proceso de obtención de energía por los miocitos a lo largo de ejercicio extenuante, lo cual permite monitorizar la fatiga y el daño

muscular del organismo, así como su posterior recuperación. Los valores normales de CK, se sitúan entre 22 y 198 UI/L.

## *Objetivos*

### *Principal*

- Monitorizar, mediante los valores de la CK, la fatiga, el daño muscular y su posterior recuperación, en una muestra de 100 corredores amateurs voluntarios de la Maratón de Valencia.

### *Secundarios*

- Analizar si están relacionadas entre sí, diferentes variables de estudio como el IMC, la edad, la pérdida de peso en la prueba y el tiempo en la prueba.
- Analizar si existen diferencias de género entre las variables de estudio de la muestra.

## *Población de estudio*

La muestra incluye 100 corredores voluntarios participantes en la Maratón Trinidad Alfonso de Valencia de la edición del 2016. Se excluyeron aquellos que padecieran algún tipo de patología renal o cardiológica diagnosticada, dislipemia o tomaran medicación de forma continuada. También se restringía la participación como voluntarios a aquellos con antecedentes de cardiopatía isquémica en familiares de primer grado. Los criterios de inclusión engloban individuos entre 30 y 44 años de edad que hayan superado con anterioridad una maratón con una marca acreditada inferior a las 4 horas en hombres y 4:30 horas en el caso de las mujeres.

## **Metodología**

### *Diseño del estudio*

Se trata de un estudio de investigación analítico descriptivo observacional

### *Procedimiento*

Se realizó una encuesta para conocer los hábitos de entrenamiento de cada sujeto. Se determinó el IMC tomando la altura con un estadiómetro SECA-123 y la masa corporal con una báscula de suelo digital modelo SECA-770. La masa corporal se evaluó pre y post-maratón. Además, se llevaron a cabo un total de siete determinaciones sanguíneas de una vena antero-cubital, alternando los brazos en cada extracción. La muestra de sangre fue recogida en tubos Vacutainer específicos para este tipo de analíticas. En concreto, se emplearon tubos secos con gel de tapón amarillo con una presión de vacío que admite 7 ml de sangre. El análisis de los cuales quedó a cargo del laboratorio del Hospital 9 d'Octubre de Valencia. La pri-

mera toma se realizó 24 h antes de la carrera, en la Feria del Corredor (Ciutat de les Arts i de les Ciències). La siguiente fue en Meta y se reiteró el procedimiento a las 24, 48, 96, 144 y 192 horas tras la misma.

Este proyecto contó con la aprobación por parte de la Comisión Deontológica de la Universitat Jaume I, de acuerdo a la última versión de la Declaración de Helsinki para estudios con seres humanos. Los voluntarios fueron informados de los objetivos de la investigación, de los riesgos y beneficios de la misma, y firmaron un consentimiento informado autorizando su participación en el presente estudio.

### *Análisis de Datos*

Para el análisis de los datos, se empleó el programa estadístico IBM SPSS STATISTICS V24 para Windows. Se presentan la media y desviación estándar de las puntuaciones en cada una de las variables estudiadas. Los datos analizados en este estudio son considerados como variables cuantitativas continuas.

Se presentan media y desviación estándar de las puntuaciones en cada una de las variables estudiadas. El análisis conjunto de las mismas se realizó a través del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Para contrastar la diferencia de las variables relacionadas con el género, se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) a través la prueba T para muestras independientes. El supuesto de normalidad de la muestra se estableció a través las pruebas de normalidad Shapiro\_Wilk y la de homogeneidad de la varianza a través de Leven. El nivel de significación se estableció para  $p < 0,05$ .

### **Resultados**

Se contó con una muestra de 100 participantes, teniendo en cuenta los abandonos y quienes no finalizaron las extracciones determinadas, la muestra final estaba compuesta por 82 corredores. De estos, 69 eran hombres y 14 mujeres, 83 % y 17 % respectivamente (ver Tabla 1). Pese a las diferencias respecto a la distribución de la muestra por género, ésta es representativa teniendo en cuenta que los participantes totales de la Maratón se encuentran organizados en 85,43 % hombres y 14,57 % mujeres.

Las variables objeto de estudio han sido el sexo, la edad, el IMC, el tiempo real de carrera, la pérdida de peso y la variación de las CK pre maratón, en meta y a las 24, 48, 96, 144 y 196 h post.

Los tiempos de carrera totales fueron de 3h 30min 35seg, para el grupo formado por los varones y de 3h 54min 30seg para el grupo femenino. Tras la carrera, ambos grupos llegaron a meta con una notable pérdida de peso, siendo mayor en el grupo de varones, con una disminución media de 2,20kg, frente a 1,08kg del grupo femenino (Figura 1). La misma relación se mantiene respecto el IMC, siendo 23,17 kg/m<sup>2</sup> la media del grupo masculino y 21,65 kg/m<sup>2</sup> para las mujeres. El tiempo real de carrera en función al sexo se representa en la Tabla 2.

Los valores obtenidos en las tomas de CK se muestran en la Figura 2 diferenciados por sexos. Se observa que al finalizar la maratón se produjo un aumento en la concentración de tal enzima, sin hallarse diferencias significativas entre ambos grupos. En cambio, los valores absolutos de las mismas son notablemente más elevados en hombres. Los valores más elevados coinciden en ambos grupos, 24 h tras la carrera, siguiendo así el mismo patrón de funcionamiento.

Los resultados relacionados con las correlaciones entre dichas variables, empleando la correlación de Pearson, se representan en la tabla 3.

Tabla 1  
Distribución de la muestra por género

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Masculino	68	68,7	82,9	82,9
	Femenino	14	14,1	17,1	100,0
	Total	82	82,8	100,0	
Perdidos	Sistema	17	17,2		
Total		99	100,0		

Tabla 2  
Edad participantes r/c periodos y sexo

### EDAD PARTICIPANTES POR PERIODOS Y SEXOS

GENERO			Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
.	Perdidos	Sistema	17	100,0		
MASCULINO	Válido	Entre 30-35	10	14,7	14,7	14,7
		Entre 35-40	37	54,4	54,4	69,1
		40-45	21	30,9	30,9	100,0
		Total	68	100,0	100,0	
FEMENINO	Válido	Entre 30-35	1	7,1	7,1	7,1
		Entre 35-40	7	50,0	50,0	57,1
		40-45	6	42,9	42,9	100,0
		Total	14	100,0	100,0	

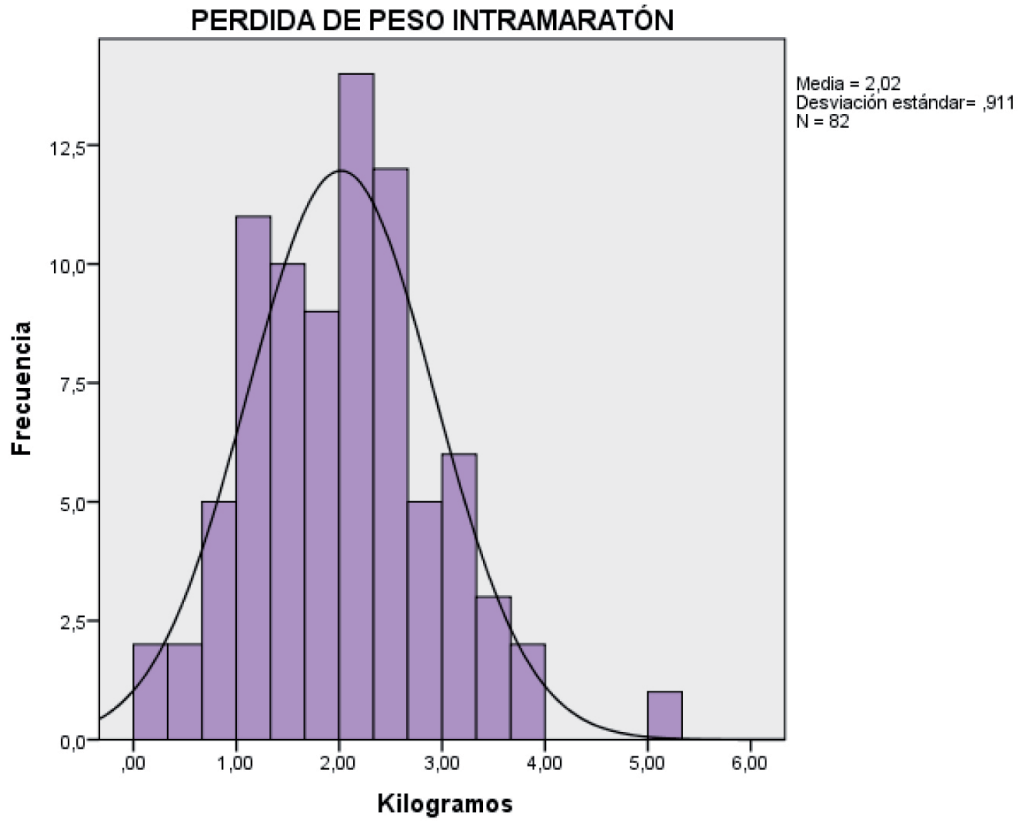


Figura 1. Pérdida de peso intramaratón

## Evolución de las CK Maratón de Valencia 2016

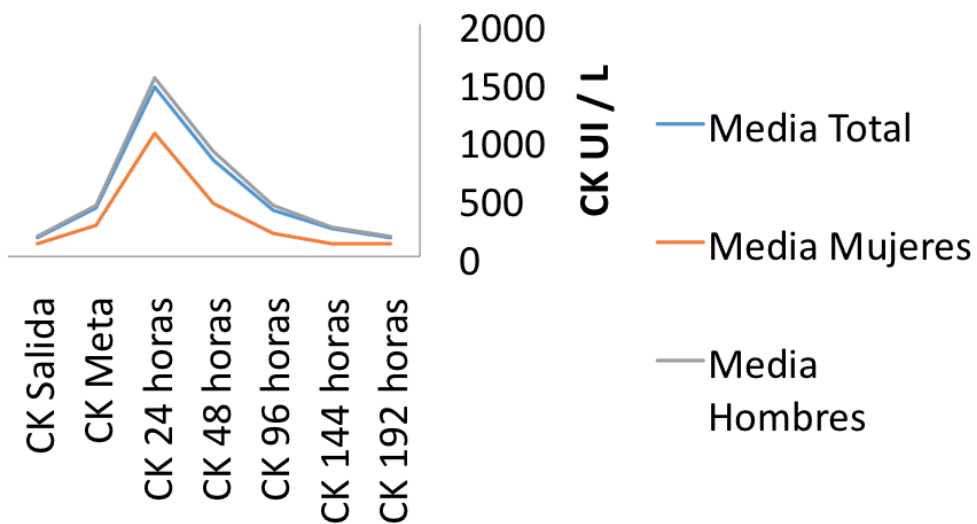


Figura 2. Evolución de las CK

Tabla 3  
Correlaciones entre variables

		Correlaciones										
		EDAD	TIE1POREAL	PERDIDA DE PESO	CK SALIDA	CK META	CK 24 HORAS	CK 48 HORAS	CK 96 HORAS	CK 144 HORAS	CK 192 HORAS	IMC
EDAD	Correlación de Pearson	1	,076	-,318**	,029	-,137	-,155	-,103	-,005	-,017	-,120	-,156
	Sig. (bilateral)		,498	,004	,795	,227	,166	,358	,966	,882	,282	,163
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
TIE1POREAL	Correlación de Pearson	,076	1	-,256*	-,236*	,088	-,171	-,067	-,008	-,081	-,192	,164
	Sig. (bilateral)	,498		,020	,032	,436	,126	,550	,946	,469	,084	,141
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
PERDIDA DE PESO	Correlación de Pearson	-,318**	-,256*	1	,172	,180	,162	,138	,025	,035	,140	,255*
	Sig. (bilateral)	,004	,020		,123	,110	,150	,216	,827	,754	,210	,021
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
CK SALIDA	Correlación de Pearson	,029	-,236*	,172	1	,297**	,151	,172	,145	,168	,269*	,215
	Sig. (bilateral)	,795	,032	,123		,007	,178	,122	,194	,131	,014	,052
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
CK META	Correlación de Pearson	-,137	,088	,180	,297**	1	,394**	,351**	,191	,339**	,498**	,253*
	Sig. (bilateral)	,227	,436	,110	,007		,000	,001	,090	,002	,000	,023
	N	80	80	80	80	80	79	80	80	80	80	80
CK 24 HORAS	Correlación de Pearson	-,155	-,171	,162	,151	,394**	1	,787**	,429**	,519**	,632**	,037
	Sig. (bilateral)	,166	,126	,150	,178	,000		,000	,000	,000	,000	,743
	N	81	81	81	81	79	81	81	81	81	81	81
CK 48 HORAS	Correlación de Pearson	-,103	-,067	,138	,172	,351**	,787**	1	,858**	,795**	,686**	,172
	Sig. (bilateral)	,358	,550	,216	,122	,001	,000		,000	,000	,000	,123
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
CK 96 HORAS	Correlación de Pearson	-,005	-,008	,025	,145	,191	,429**	,858**	1	,871**	,558**	,189
	Sig. (bilateral)	,966	,946	,827	,194	,090	,000	,000		,000	,000	,089
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
CK 144 HORAS	Correlación de Pearson	-,017	-,081	,035	,168	,339**	,519**	,795**	,871**	1	,771**	,160
	Sig. (bilateral)	,882	,469	,754	,131	,002	,000	,000	,000		,000	,152
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
CK 192 HORAS	Correlación de Pearson	-,120	-,192	,140	,269*	,498**	,632**	,686**	,558**	,771**	1	,119
	Sig. (bilateral)	,282	,084	,210	,014	,000	,000	,000	,000	,000		,288
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82
IMC	Correlación de Pearson	-,156	,164	,255*	,215	,253*	,037	,172	,189	,160	,119	1
	Sig. (bilateral)	,163	,141	,021	,052	,023	,743	,123	,089	,152	,288	
	N	82	82	82	82	80	81	82	82	82	82	82

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

## Discusión y conclusiones

Se ha podido observar el gran impacto que tiene una prueba de resistencia como la maratón sobre la musculatura del organismo. Resultaron unos valores de CK medios post-carrera de 1537 UI/L en varones y 1059 UI/L en mujeres., un 776,26 % por encima de las cifras máximas consideradas dentro de los rangos de normalidad (entre 22 y198 UI/L). Hecho que muestra el gran daño muscular al cual se expone el organismo, de forma que justifica la necesidad de un entrenamiento controlado y supervisado, sobre todo, en corredores amateurs.

Los resultados de la presente investigación determinan, con una evidencia estadística del 95 %, la existencia de una correlación significativa y positiva entre la pérdida de peso y el IMC de la persona. La pérdida de peso se encuentra relacionada también, aunque inversamente, con la edad. Así, con un error del 1 %, podemos afirmar que una menor edad se asocia ligeramente a una mayor pérdida de peso visto que la magnitud de asociación es relativamente baja ( $r = 0.255$ ). Del mismo modo, la correlación entre las variables pérdida de peso y tiempo real invertido resulta estadísticamente significativa ( $p = 0,02$ ), siendo esta una magnitud negativa y relativamente baja ( $r = -0,256$ ).

Bajo el mismo nivel de evidencia, 95 %, se ha observado que el género es un factor determinante en diversas variables. Queda evidenciado que el género influye en el tiempo invertido en la prueba, en el IMC y en la pérdida de peso intraprueba, así como en los valores de CK en la salida. Se ha podido determinar un comportamiento distinto de la evolución de las



CK en la semana posterior a la carrera, siendo la recuperación más rápida en mujeres, entre 96 y 144 horas, mientras que los varones precisan un mínimo de 192 horas para restablecer los valores iniciales.

En este estudio hemos obtenido que la recuperación fisiológica precisa de un mínimo de 96 horas, en mujeres y 192 horas en hombres, con lo cual nuestros resultados no coinciden con la literatura, la cual determina un margen entre 24 y 48 horas para volver al estado basal (Duca et al., 2006; Uchakin et al., 2003). La variación puede ser debida a la diferencia en la muestra, siendo nuestro estudio el primero que presenta una muestra tan extensa para un estudio de estas características en una carrera de maratón, según nuestro conocimiento.

Por ello, es preciso continuar investigando en este ámbito con poblaciones mayores y así propiciar la obtención de datos más concluyentes que permitan dirigir la investigación relacionada con la recuperación fisiológica.

## Referencias bibliográficas

- Callow, M., Morton, A. & Guppy, M. (1986) Marathon fatigue: the role of plasma fatty acids, muscle glycogen and blood glucose. *European Journal of Applied Physiology* 55, 654–661.
- Chan, M. H., Myrer, J., Egett, D. & Seeley, M. (2012). Kinematic changes during a marathon for fast and slow runners. *Journal of Sports Science and Medecine* 11 (77–82).
- Del Coso, J., Salinero, J. J., Abián–Vicén, J., Gonzalez–Millan, C., Garde, S., Vega, P., & Pérez–Gonzalez, B. (2013). 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*, 38(3), 286–291. doi: 10.1139/apnm–2012–0241.
- Duca, L., Da Ponte, A., Cozzi, M., Carbone, A., Pomati, M. & Nava, I. (2006). Changes in erythropoiesis, iron metabolism and oxidative stress after half–marathon. *Intern Emerg Med*, 1(1) 30–4.
- Kratz, A., Lewandowski, K. B. Siegel, A. J., Chun, K. Y., Van Cott, E. M. & Lee–Lewandowski E. (2002). Effect of Marathon Running on Hematologie and Biochemical Laboratory Parameters. Including Cardiac Markers. *American Journal of Clinical Pathology* 118(6). 856–863.
- Lippi, G., Banfi, G., Montagnana, M., Salvagno, G. L., Schena, F. & Guidi, G. C. (2010). Acute variation of leucocytes counts following a half–marathon run. *International Journal of Laboratory Hematology*, 32(1), 117–121. doi: 10.1111/j.1751–553X.2008.01133.x
- Ruiz–Vicente, D., Salinero, J. J., Coso, J. D., González–Millán, C., Abián–Vicén, J., Areces, F., . . . Fernández, D. (2013). Efectos de una maratón en valores hematológicos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 30 (3), 150–155
- Sánchez–González, J., Rivera–Cisneros, A. & Tovar–Luz, J. (2003) Asociación de las respuestas fisiológicas a los cambios metabólicos, en el ejercicio físico extenuante. *Cirugía y Cirujanos* 71, 217–225.
- Uchakin P. N., Gotovtseva E., Stray–Gundersen J. (2003) Immune and neuroendocrine alterations in marathon runners. *J Appl Res*, 3(4) 483–94.