

Efectos de una maratón en valores hematológicos

Diana B. Ruiz-Vicente¹, Juan J. Salinero¹, Juan Del Coso¹, Cristina González-Millán¹, Javier Abián-Vicén¹, Francisco Areces¹, César Gallo-Salazar¹, David Fernández²

¹Laboratorio de Fisiología del Ejercicio. Instituto de Ciencias del Deporte. Universidad Camilo José Cela (Madrid).

²Facultad Medicina. Universidad Complutense (Madrid).

Recibido: 21.11.2012
Aceptado: 12.02.2013

Resumen

Introducción: La maratón lleva asociado un estrés fisiológico en el organismo, si bien existe carencia de información sobre cómo afecta a los parámetros sanguíneos en corredores populares y si existe relación con variables de rendimiento, entrenamiento y experiencia deportiva.

Propósito: Evaluar los cambios producidos en variables hematológicas en corredores populares tras participar en una maratón en ambiente caluroso. Un segundo objetivo fue analizar la relación entre la experiencia deportiva, el nivel de entrenamiento y el tiempo de carrera con los cambios hematológicos.

Métodos: Se extrajo sangre venosa a 41 maratonianos, 35 hombres y 6 mujeres, antes y después de una maratón. Su edad fue de 41,15±8,1 años, y entrenaban como media 55,9±17,12 kilómetros semanales. El tiempo en meta fue de 3:40:41±0:32:02. Las muestras fueron medidas con analizadores bioquímicos estándar para determinar los valores de la serie roja y serie blanca.

Resultados: Se mostraron incrementos significativos ($P<0,05$) en los valores de la serie roja, pasando los hematíes de $4,62\pm 0,39 \times 10^3/\mu\text{L}$ a $4,71\pm 0,42 \times 10^3/\mu\text{L}$, la hemoglobina de $14,33\pm 1,02 \times 10^6/\mu\text{L}$ a $14,58\pm 1,13 \times 10^6/\mu\text{L}$, y el hematocrito de $42,12\pm 2,98\%$ a $42,8\pm 3,19\%$. En la serie blanca se incrementó el recuento leucocitario ($P<0,001$), siendo el valor pre $6,29\pm 1,33 \times 10^3/\mu\text{L}$ y el post $16,02\pm 3,13 \times 10^3/\mu\text{L}$. La serie plaquetaria aumentó significativamente tanto el recuento de plaquetas (pre $228,3\pm 45,02 \times 10^3/\mu\text{L}$; post $272,9\pm 45,83 \times 10^3/\mu\text{L}$, $P<0,001$) como el plaquetocrito (pre $2,03\pm 0,3\%$; post $2,47\pm 0,54\%$; $P<0,001$). El tiempo en meta presentó correlación significativa, aunque débil, con el cambio entre la toma inicial y final en el recuento de monocitos ($r=-0,367$; $P=0,018$), y en el volumen corpuscular medio ($r=-0,485$; $P=0,001$).

Conclusión: La disputa de una carrera de maratón produce en corredores populares modificaciones hematológicas agudas en los parámetros habituales medidos con analizadores bioquímicos estándar. La experiencia deportiva, nivel de entrenamiento y tiempo en meta no parecen tener especial relación con estos parámetros.

Palabras clave:

Cambios hematológicos.
Maratón. Entrenamiento.

Marathon effects in hematic variables

Summary

Introduction: Marathon supposes a physiological stress in the organism, but there is insufficiently information about how hematological values affecting runners. Also if there is relationship with performance, training and sporting experience variables.

Purpose: The study was conducted to evaluate changes occurred in the main hematic variables in amateur runners, after their participation in a hot climate marathon. A second objective was to analyze the connection between sport experiences, training level and race time with the hematic changes.

Methods: Blood samples were taken from 41 runners, 35 male and 6 female, before and immediately after the marathon. The mean training level was 55.9±17.12 km per week and the time race was 3:40:41±0:32:02 at a mean age of 41.15±8.1 years.

Results: Samples were measured with biochemical standard analyzers and to determinate CBC and WBC counts. Significant differences ($P<0,05$) were found in CBC counts, increasing values of red blood cell from $4.62\pm 0,39 \times 10^3/\mu\text{L}$ to $4,71\pm 0,42 \times 10^3/\mu\text{L}$, haemoglobin from $14.33\pm 1.02 \times 10^6/\mu\text{L}$ to $14.58\pm 1.13 \times 10^6/\mu\text{L}$ and haematocrit from $42.12\pm 2.98\%$ to $42.8\pm 3.19\%$. WBC counts showed also significant changes in leukocyte values ($P<0,001$) from 6.29 ± 1.33 to $16.02 \pm 3.13 \times 10^3/\mu\text{L}$, as well as in both, platelets values ($P<0,001$) from $228.3\pm 45.02 \times 10^3/\mu\text{L}$ to $272.9\pm 45.83 \times 10^3/\mu\text{L}$ and plateletcrit values ($P<0,001$) from $2.03\pm 0.3\%$ to $2.47\pm 0.54\%$. Race time was significantly correlated between initial and final monocite values, but poor ($r=-0.367$; $P=0.018$) and also between basal and final mean corpuscular volume ($r=-0.485$; $P=0.001$).

Conclusion: Acute hematological changes occur in amateur runners after a marathon. No relationship was found between the hematic parameters and sport experience, training level and race time.

Key words:

Hematological changes.
Marathon. Training.

Correspondencia: Diana Belén Ruiz Vicente

E-mail: diruiz@ucjc.edu

Introducción

La maratón se ha convertido en los últimos años en una prueba con una gran participación, principalmente a nivel de corredores populares. Las maratones de Barcelona o Madrid son las más populares en España y han contado con más de 10.000 corredores en las últimas ediciones. Recorrer más de 42 km a pie supone un estrés para el organismo, que pone a prueba la capacidad de adaptación del mismo. Diferentes estudios han constatado que al finalizar la carrera se producen una serie de modificaciones en el hemograma, tanto en la serie roja como en la leucocitaria¹⁻⁵, que generalmente retornan a valores normales entre 24 y 48 horas después de finalizar la carrera^{6,7}. Hay ciertas discrepancias en los resultados encontrados en anteriores estudios, en parte porque muchas variables están influenciadas por la hemoconcentración y ésta a su vez depende de la deshidratación y de los cambios en el volumen plasmático. Ambos valores se verán influenciados por aspectos como la temperatura y humedad del ambiente, orografía del terreno o puntos de avituallamiento, entre otros.

El conocimiento sobre los parámetros sanguíneos tras una maratón es limitado, ya que habitualmente se emplean muestras muy reducidas, que en ocasiones son corredores de alto nivel, por lo que se desconoce qué valores son esperables en una analítica realizada a un corredor popular tras la disputa de una competición de esta distancia. Además, no se ha analizado la influencia de los años de práctica de carrera, los kilómetros semanales de entrenamiento o el tiempo empleado en la prueba en las modificaciones sanguíneas.

Por lo tanto, el objetivo del estudio fue evaluar el cambio agudo producido en variables hematológicas en corredores populares tras la disputa de una maratón en ambiente caluroso y analizar la incidencia de la experiencia deportiva, el nivel de entrenamiento y el tiempo de carrera.

Material y método

En el presente estudio tomaron parte un total de 43 maratonianos populares (37 hombres y 6 mujeres), de los cuales, 41 (35 hombres y 6 mujeres) finalizaron la carrera y se sometieron a la extracción de las dos muestras sanguíneas. La muestra se obtuvo de los inscritos a la edición 2012 del maratón de Madrid, entre los que se reclutó a los participantes de forma voluntaria a través de un anuncio en la web del organizador de la prueba. Se excluyeron del estudio a aquellos deportistas que estuviesen bajo tratamiento farmacológico, que pudiese afectar a las analíticas sanguíneas.

Las características físicas y de entrenamiento de los participantes se describen en la Tabla 1.

Los participantes fueron informados de los posibles riesgos derivados de su participación y firmaron un consentimiento. El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad Camilo José Cela, de acuerdo a la última versión de la Declaración de Helsinki sobre principios éticos en investigación con seres humanos.

El diseño empleado es de tipo pre-experimental de medidas repetidas (pre-post maratón) de un solo grupo y sin grupo control.

Se siguió la metodología desarrollada por Smith *et al.*¹. En primer lugar, los participantes rellenaron un breve cuestionario con pregun-

Tabla 1. Características de los participantes en el estudio.

	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo
Edad (años)	41,15	8,10	18	59
Masa (kg)	69,86	8,60	52	88
Nº de maratones previas	8,10	11,55	0	49
Años corriendo	9,76	8,63	1	30
Km/sem	55,92	17,12	25	110
Tiempo en meta	03:40:41	00:32:02	02:44:34	04:44:40

tas sobre experiencia deportiva y hábitos de entrenamiento (años corriendo, nº de maratones disputadas anteriormente y kilómetros semanales promedio de entrenamiento en los meses previos) basado en las cuestiones empleadas en anteriores estudios^{1,3,5,8,9}. No se indicó ninguna recomendación de alimentación o hidratación antes o durante la carrera, siendo ésta a elección del corredor, tanto en cantidad como en tipología.

Para las tomas sanguíneas, la inicial se realizó entre uno y tres días antes de la carrera, obteniendo una muestra sanguínea basal de una vena antero cubital del brazo dominante. Se extrajeron 7 ml de los que 5 ml se incluyeron en un tubo de suero con gel BD Vacutainer® SST™II (Becton, Dickinson and Company, UK), que fue centrifugado a 10.000 revoluciones/min para separar el plasma y los 2 ml restantes en un tubo BD Vacutainer® con EDTA K₂ (Becton, Dickinson and Company, UK). La muestra se obtuvo en sedestación (5 min) para evitar el efecto de los cambios de volumen plasmático por la postura. Las muestras se tomaron en el Hospital Clínico San Carlos, analizándose en el laboratorio de este centro.

El recuento celular en sangre fue medido con un autoanalizador LH750 (Beckmann - Coulter, EE.UU.) y la eritropoyetina fue medida en un sistema Access Dxl 800 (Beckmann - Coulter, EE.UU.). Para el resto de parámetros se usó un autoanalizador AU5400 (Beckman - Coulter, EE.UU.).

El día de la carrera, los participantes se pesaron con la ropa de competición antes de la salida con una báscula con precisión de ± 50 g. (Radwag, Polonia). La carrera de maratón se disputó con una temperatura media de 27 ± 3 °C y $27 \pm 2\%$ de humedad relativa. Al finalizar la carrera, un miembro del equipo de investigación acompañó a los corredores a una zona reservada en la zona de meta indicándoles que no debían ingerir ningún alimento hasta el momento de ser pesados. La deshidratación (%) se calculó a partir de los cambios en el peso entre las mediciones pre-post maratón. Posteriormente, una nueva muestra de sangre fue obtenida, siguiendo el mismo procedimiento que en la muestra inicial, manteniéndola refrigerada a 4°C hasta el momento de su análisis en el mismo laboratorio del Hospital Clínico San Carlos, dentro de las 4 horas posteriores a la extracción.

Se empleó el paquete estadístico SPSS 19.0 para Windows. Se comprobó la normalidad de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra. Para la descripción de la muestra los datos se muestran como media y desviación típica, mínimo y máximo. Para el contraste entre la toma basal y la toma post maratón se empleó la prueba t para muestras relacionadas. Se calculó el porcentaje de cambio entre la toma inicial y la final en las variables hematológicas y se relacionó con la experiencia deportiva, el nivel de entrenamiento y el tiempo en

meta a través del coeficiente de correlación de Pearson. Se estableció el nivel de significación en $P < 0,05$ para todos los casos.

Resultados

Los participantes perdieron $2,2 \pm 0,8$ kg ($3,1 \pm 1,2\%$ del peso corporal) como término medio por efecto de la deshidratación al finalizar la carrera ($P < 0,001$). En la Tabla 2 se muestran los valores obtenidos en las tomas pre maratón y post maratón en las variables hematológicas.

Al finalizar la maratón, se produjo un incremento estadísticamente significativo ($P < 0,05$) en el recuento de hematíes, hemoglobina y hematocrito. Al mismo tiempo, se produjo un descenso del volumen corpuscular medio ($P = 0,001$) y del índice de distribución de hematíes ($P = 0,031$). En el recuento plaquetario, así como en el plaquetocrito, los valores encontrados tras la disputa de la maratón se elevaron sensiblemente ($P < 0,001$).

Respecto a la serie blanca se produjeron variaciones estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en todos los parámetros, excepto en los valores absolutos de basófilos (Tabla 2).

La participación en la carrera de maratón produjo una disminución en el recuento de los linfocitos, monocitos y eosinófilos así como en el porcentaje de los mismos valores y de los basófilos ($P < 0,001$). Destacamos el marcado descenso del % de los linfocitos tras la carrera, así como un claro aumento de los leucocitos ($P < 0,001$). Por otro lado observamos el aumento en la toma post-maratón de los leucocitos y neutrófilos y en el porcentaje de los neutrófilos.

Por lo tanto, vemos como tras la conclusión de la maratón, en los corredores participantes en el estudio se ha producido leucocitosis, neutrofilia y eosinopenia.

El cambio producido en los monocitos entre la toma basal y la final, mostró una correlación significativa y negativa con el tiempo en meta ($r = -0,367$; $P = 0,018$), siendo aquellos corredores con menor tiempo en meta, los que presentaron un mayor incremento en los monocitos (Figura 1).

El tiempo en meta también presentó correlación significativa con el cambio en el volumen corpuscular medio ($r = -0,485$; $P = 0,001$), siendo aquellos corredores con mayor tiempo en meta quienes más vieron reducido este parámetro al finalizar la carrera (Figura 2).

El resto de variables hematológicas (Tabla 3) no mostraron relación significativa con el tiempo en meta ($P > 0,05$).

El cambio producido en el volumen corpuscular medio también presentó correlación con el nivel de entrenamiento, siendo aquellos corredores que entrenan menos kilómetros semanales quienes más ven reducido esta variable al finalizar la carrera ($P = 0,018$). Los kilómetros semanales de entrenamiento no presentaron correlación con el resto de variables.

En el caso de los años de experiencia como corredores, no se mostró ninguna correlación significativa con las modificaciones hematológicas estudiadas tras la disputa de la maratón ($P > 0,05$ en todos los casos).

Discusión

En la línea de anteriores estudios, se han constatado cambios en el hematocrito^{1,3-5,8}, recuento de hematíes^{3,9}, y hemoglobina^{3-5,9,10}. Estos cambios en hematocrito, hematíes y hemoglobina ($P < 0,05$) son debidos a la hemoconcentración producida por la deshidratación del $3,1 \pm 1,2\%$ encontrada en nuestros corredores. En el caso de la hemoglobina, diferentes estudios indican ausencia de cambio desde el inicio al final de carrera^{1,6,8,11}. Esta discrepancia de resultados puede explicarse por la

Figura 1. Relación entre el cambio en el recuento de monocitos (pre-post) y el tiempo en maratón.

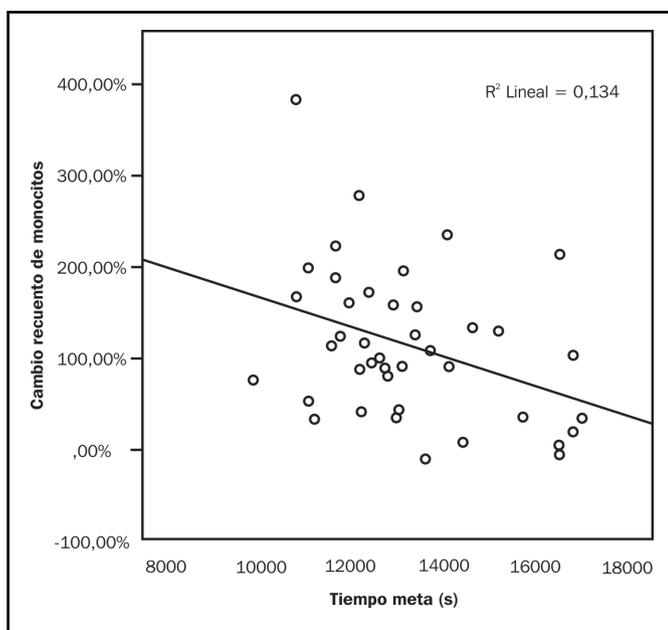


Figura 2. Relación entre el cambio en el volumen corpuscular medio (pre-post) y el tiempo en maratón.

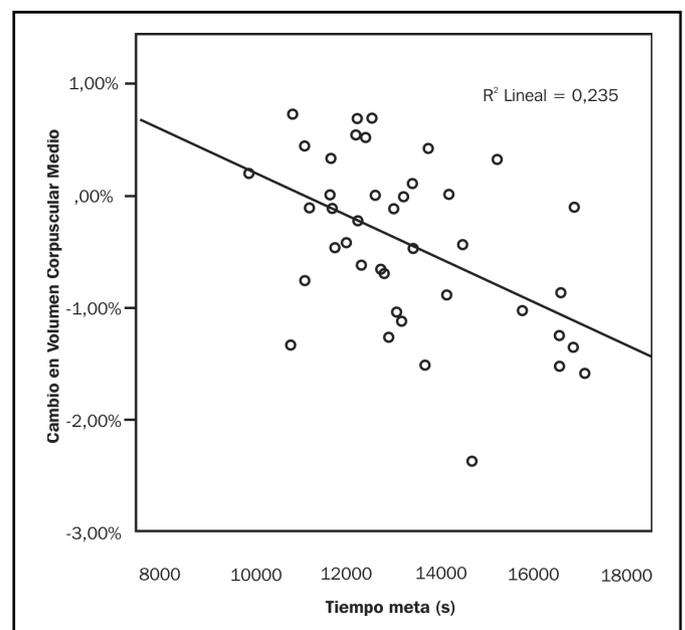


Tabla 2. Modificación de los valores hematológicos.

	Media PRE	Desv. típ. PRE	Media POST	Desv. típ. POST	% cambio	P
Hematíes (x10E3/uL)	4,62	0,39	4,71	0,42	2%	0,011
Hemoglobina (x10E6/uL)	14,33	1,02	14,58	1,13	2%	0,027
Hematocrito (%)	42,12	2,98	42,80	3,19	2%	0,028
VCM (fL)	91,28	3,49	90,90	3,53	0%	0,001
HCM (pg)	31,10	1,39	30,97	1,38	0%	0,623
CHCM (g/dL)	34,04	0,43	34,08	0,51	0%	0,678
DS (%)	13,82	0,84	13,44	0,81	-3%	0,031
EPO (mIU/mL)	12,64	6,79	11,88	7,06	-6%	0,433
Plaquetas (x10E3/uL)	228,30	45,02	272,90	45,83	20%	<0,001
Plaquetocrito (%)	2,03	0,30	2,47	0,54	22%	<0,001
VPM (fL)	9,03	0,98	9,05	0,84	0,2%	0,925
PDW (%)	16,50	0,44	16,55	0,52	0,3%	0,27
Leucocitos (x10E3/uL)	6,29	1,33	16,02	3,13	155%	<0,001
Neutrófilos (x10E3/uL)	3,49	0,87	13,72	3,07	293%	<0,001
Linfocitos (x10E3/uL)	2,20	0,75	1,37	0,48	-38%	<0,001
Monocitos (x10E3/uL)	0,43	0,13	0,88	0,25	106%	<0,001
Eosinófilos(x10E3/uL)	0,13	0,11	0,01	0,03	-91%	<0,001
Basófilos (x10E3/uL)	0,02	0,04	0,02	0,04	60%	0,253
Neutrófilos (%)	55,63	7,73	85,25	4,13	53%	<0,001
Linfocitos (%)	34,74	7,01	8,90	3,55	-74%	<0,001
Monocitos (%)	6,73	1,57	5,49	1,41	-18%	<0,001
Eosinófilos (%)	2,02	1,42	0,14	0,15	-93%	<0,001
Basófilos (%)	0,58	0,21	0,22	0,17	-63%	<0,001

VCM: Volumen corpuscular medio; HCM: cantidad de hemoglobina por hematíe; CHCM: concentración de hemoglobina por hematíe; DS: índice de distribución de hematíes; VPM: Volumen plaquetar medio; PDW: variación de volumen interplaquetario.

Tabla 3. Correlación entre el cambio producido en las variables hematológicas (pre-post maratón) y experiencia deportiva, nivel de entrenamiento y tiempo en meta.

Δ pre-post (%)	Experiencia deportiva (años)		Entrenamiento (Km/sem)		Tiempo en meta (s)	
	r	P	r	P	r	P
Hematíes	,151	,364	,111	,505	,031	,845
Hemoglobina	,126	,450	,150	,368	-,003	,984
Hematocrito	,126	,451	,189	,256	-,063	,695
VCM	-,109	,513	,382	,018	-,485	,001
HCM	,031	,851	-,150	,370	,287	,069
CHCM	-,052	,756	-,049	,770	,024	,881
DS	,095	,569	-,095	,570	,039	,811
EPO	,115	,510	,216	,213	-,103	,545
Plaquetas	,226	,173	-,062	,710	-,169	,292
Plaquetocrito	,120	,473	,056	,736	-,028	,863
VPM	-,062	,711	,089	,597	,123	,442
PDW	-,001	,996	,062	,712	-,168	,294
Leucocitos	,080	,633	,151	,367	-,225	,157
Neutrófilos	,097	,562	,213	,199	-,213	,181
Linfocitos	-,004	,981	-,263	,111	-,103	,520
Monocitos	,051	,762	,111	,506	-,367	,018
Eosinófilos	,026	,876	-,140	,401	,111	,489
Basófilos	,157	,345	-,078	,642	,298	,058

VCM: Volumen corpuscular medio; HCM: cantidad de hemoglobina por hematíe; CHCM: concentración de hemoglobina por hematíe; DS: índice de distribución de hematíes; VPM: volumen plaquetar medio; PDW: variación de volumen interplaquetario.

diferencia en el tiempo transcurrido y la ingesta o no de líquidos desde la finalización de la carrera hasta la extracción, ya que todos estos factores afectan a la hemoconcentración. En nuestro caso, la prueba se realizó bajo condiciones de calor y se restringió el consumo de bebida

desde la meta hasta el momento de extracción, para que la muestra de sangre fuera representativa del estado del deportista durante la carrera.

En lo referente a las plaquetas, el incremento encontrado en el recuento plaquetario refrenda estudios previos^{1,3,5,9,10}, excepto en el

estudio de Kratz *et al.*⁴, si bien en este trabajo se produjo un incremento del 8% aunque no estadísticamente significativo ($P=0,06$). Tanto el recuento plaquetario como el plaquetocrito se ven incrementados tras la maratón, lo que puede explicarse por la deshidratación, pero también por la respuesta aguda al daño tisular provocado por el ejercicio¹². Este incremento plaquetario se da en mayor medida en deportes como la carrera, por el impacto repetido de los pies contra el suelo, pues se ha constatado, comparando maratonianos, ciclistas y triatletas, que donde se produce un mayor incremento es en la carrera, asociado también a una mayor respuesta leucocitaria¹¹.

El volumen corpuscular medio se ha visto reducido en la línea de anteriores estudios^{3,4}, mientras que en otros este valor se ha incrementado tras la disputa de la maratón^{5,10}. El daño oxidativo puede provocar en los hematíes una perturbación en la homeostasis y propiciar la deshidratación celular, lo que provoca una disminución del volumen de los mismos^{13,14}. Además, se ha mostrado una correlación en esta modificación del volumen corpuscular medio con el tiempo de carrera, siendo aquellos corredores con mayor tiempo en meta quienes más han visto afectado este parámetro. Esto sugiere que aquellos corredores que son más lentos y están menos entrenados sufren un mayor daño oxidativo¹⁵ que provoca un mayor descenso del volumen corpuscular medio.

Respecto a la serie blanca nuestros resultados son coincidentes con numerosos estudios en los que se ha constatado el aumento estadísticamente significativo en el recuento absoluto de leucocitos, neutrófilos y monocitos producidos tras la maratón^{1,3-6,9,10,15-17}, así como el descenso de los linfocitos y de los eosinófilos^{3,4,9,15,17-19}. En nuestro estudio el aumento de los leucocitos fue muy similar a los datos obtenidos en otras investigaciones^{5,19} e inferior a los estudios de Smith *et al.* y de Hanke *et al.*^{1,20}. Respecto al descenso del porcentaje de linfocitos, nuestros datos son parejos a la investigación de Sánchez-González *et al.*⁵, no siendo coincidentes con el estudio de Wu *et al.*, que refleja un descenso menor¹⁹.

En carreras de mayor distancia como ultra-maratones de 24 horas, los resultados coinciden con los de nuestro estudio, aumentando significativamente en los corredores el recuento de leucocitos, monocitos y neutrófilos^{18,19,21}.

Por lo tanto, vemos que tanto en nuestro estudio como en otras investigaciones, tras la conclusión de la maratón, se ha producido leucocitosis¹⁶.

La neutrofilia puede sobrevenir ante ejercicios prolongados²² y además ésta se ve aumentada en situaciones de calor²³ como ha sido nuestro caso (27 ± 3 °C y $27 \pm 2\%$ de humedad relativa).

La deshidratación y el daño muscular son dos causas de la aparición de eosipenia³. El ejercicio de resistencia ha demostrado provocar daño muscular¹⁶, lo que unido a la deshidratación que mostraron nuestros corredores (3%), podría haber propiciado esta eosipenia al finalizar la maratón.

Los monocitos muestran una correlación significativa y negativa con el tiempo en meta, siendo aquellos corredores con menor tiempo en meta, los que presentan un mayor incremento en los monocitos. Su número, que en reposo es normal en atletas, aumenta rápidamente en respuesta al ejercicio de corta y/o larga duración, estando la magnitud del aumento relacionada con la forma física, lo que explica dicha correlación²³.

Esta correlación con el tiempo en meta, junto con la encontrada con el cambio en el volumen corpuscular medio, no ha sido estudiada en anteriores estudios, a excepción del trabajo de Lippi *et al.*, en media maratón, donde no se mostró relación entre estas variables⁹.

Por último, destacar que estos datos pueden ser de ayuda a médicos y analistas para la interpretación de analíticas en deportistas de resistencia tras la realización de esfuerzos prolongados, más ajustados a la realidad que los valores de referencia indicados en las analíticas convencionales, basadas en población general.

Conclusiones

Como conclusión destacamos que tras la disputa de una maratón en ambiente caluroso los corredores sufrieron cambios significativos en variables hematológicas tanto de la serie roja, como de la blanca, excepto en los valores absolutos de basófilos.

Respecto al análisis realizado de la incidencia del tiempo de carrera, el nivel de entrenamiento y la experiencia deportiva, con los cambios en el hemograma, podemos reseñar que el tiempo en meta presentó correlación significativa con el cambio en el volumen corpuscular medio. Los corredores con mayor tiempo en meta fueron quienes más vieron reducido este parámetro al finalizar la carrera. El resto de variables hematológicas no mostraron relación significativa con la marca obtenida en la carrera.

El cambio producido en el volumen corpuscular medio también presentó correlación con el nivel de entrenamiento, siendo aquellos corredores que entrenan menos kilómetros semanales, quienes más ven reducida esta variable al finalizar la carrera. Estas relaciones pueden explicarse porque los corredores más lentos y menos entrenados sufren un mayor daño oxidativo, que a su vez provoca un mayor descenso del volumen corpuscular medio.

Respecto a los años de experiencia como corredores, no han mostrado ninguna correlación significativa con las modificaciones hematológicas, estudiadas tras la disputa de la maratón.

Agradecimientos

A MAPOMA y la organización del Rock'n'Roll Madrid Maratón de 2012 por las facilidades ofrecidas para la realización del estudio.

Bibliografía

1. Smith JE, 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. *Br J Sports Med.* 2004;38(3):292-4.
2. Reid SA, Speedy DB, Thompson JM, Noakes TD, Mulligan G, Page T, et al. Study of hematological and biochemical parameters in runners completing a standard marathon. *Clin J Sport Med.* 2004;14(6):344-53.
3. Kratz A, Lewandrowski KB, Siegel AJ, Chun KY, Flood JG, Van Cott EM, et al. Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers. *Am J Clin Pathol.* 2002;118(6):856-63.
4. Kratz A, Wood MJ, Siegel AJ, Hiers JR, Van Cott EM. Effects of marathon running on platelet activation markers: direct evidence for in vivo platelet activation. *Am J Clin Pathol.* 2006;125(2):296-300.
5. Sánchez-González J, Rivera-Cisneros A, Tovar JL. Asociación de las respuestas fisiológicas a los cambios metabólicos, en el ejercicio físico extenuante. *Cir Cir.* 2003;71:217-25.

6. Duca L, Da Ponte A, Cozzi M, Carbone A, Pomati M, Nava I, *et al.* Changes in erythropoiesis, iron metabolism and oxidative stress after half-marathon. *Intern Emerg Med.* 2006;1(1):30-4.
7. Uchakin PN, Gotovtseva E, Stray-Gundersen J. Immune and neuroendocrine alterations in marathon runners. *J Appl Res.* 2003;3(4):483-94.
8. Nuviala RJ, Lapieza MG, Anson JL, Castillo MC, Giner A. Efectos de una carrera de maratón sobre los parámetros hematológicos, minerales y elementos traza. / Effects of a marathon race on the hematological and mineral parameters and on trait elements. *Arch Med Deporte.* 1993;10(40):413-20.
9. Lippi G, Banfi G, Montagnana M, Salvagno GL, Schena F, Guidi GC. Acute variation of leucocytes counts following a half-marathon run. *Int J Lab Hematol.* 2010;32(1 Pt 2):117-21.
10. Remacha AF. Alteraciones eritroides en los corredores de largas distancias. / Erythroid modifications in long distance runners. / Alterations des erythrocytes chez les coureurs de fond. *Apunts Med Esport.* 1992;29(113):191-8.
11. Clemente V. Modificaciones de parámetros bioquímicos después de una maratón de montaña. *Mot Eur J Hum Mov.* 2011;27:75-83.
12. Miliás GA, Nomikos T, Fragopoulou E, Athanasopoulos S, Antonopoulou S. Effects of eccentric exercise-induced muscle injury on blood levels of platelet activating factor (PAF) and other inflammatory markers. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95(5-6):504-13.
13. Smith JA. Exercise, training and red blood cell turnover. *Sports medicine (Auckland, NZ).* 1995;19(1):9-31.
14. Branth S, Hambraeus L, Piehl-Aulin K, Essen-Gustavsson B, Akerfeldt T, Olsson R, *et al.* Metabolic stress-like condition can be induced by prolonged strenuous exercise in athletes. *Ups J Med Sci.* 2009;114(1):12-25.
15. Neubauer O, Reichhold S, Nersesyan A, König D, Wagner KH. Exercise-induced DNA damage: is there a relationship with inflammatory responses? *Exerc Immunol Rev.* 2008;14:51-72.
16. Coso JD, González-Millán C, Salinero JJ, Abián-Vicén J, Soriano L, Garde S, *et al.* Muscle damage and its relationship with muscle fatigue during a half-iron triathlon. *PlosOne.* 2012;7(8).
17. Henson DA, Nieman DC, Pistilli EE, Schilling B, Colacino A, Utter AC, *et al.* Influence of carbohydrate and age on lymphocyte function following a marathon. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14(3):308-22.
18. Bain BJ, Phillips D, Thomson K, Richardson D, Gabriel I. Investigation of the effect of marathon running on leucocyte counts of subjects of different ethnic origins: relevance to the aetiology of ethnic neutropenia. *Br J Haematol.* 2000;108(3):483-7.
19. Wu HJ, Chen KT, Shee BW, Chang HC, Huang YJ, Yang RS. Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. *World journal of gastroenterology: WJG.* 2004;10(18):2711-4.
20. Hanke AA, Staib A, Gorlinger K, Perrey M, Dirkmann D, Kienbaum P. Whole blood coagulation and platelet activation in the athlete: a comparison of marathon, triathlon and long distance cycling. *European journal of medical research.* 2010;15(2):59-65.
21. Waskiewicz Z, Klapinska B, Sadowska-Krepa E, Czuba M, Kempa K, Kimsa E, *et al.* Acute metabolic responses to a 24-h ultra-marathon race in male amateur runners. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1679-88.
22. Robson PJ, Bouic PJ, Myburgh KH. Antioxidant supplementation enhances neutrophil oxidative burst in trained runners following prolonged exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism.* 2003;13(3):369-81.
23. Córdova Martínez A. *Adaptaciones Inmunológicas.* En: Manonelles Marqueta P, editor. *Medicina y Fisiología del ciclismo.* Barcelona. Nexus Médica; 2009. p. 4-32.