



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## UltraPirineu 2017: características de los corredores de élite y de no élite y efectos sobre la salud de una maratón de montaña: estudio piloto Serialmed-UP

Joan Carles Trullàs<sup>a,b,c,\*</sup>, Emma Roca<sup>c,d</sup>, Albert Guillermo<sup>c</sup>, Llorenç Bové<sup>c</sup>, Jordi Gibert<sup>c,e</sup>

<sup>a</sup> Servei de Medicina Interna, Hospital d'Olot, Olot, Girona, España

<sup>b</sup> Departament de Ciències Mèdiques, Universitat de Girona, Girona, España

<sup>c</sup> Serialmed LAB, S.L., España

<sup>d</sup> Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España

<sup>e</sup> Unitat de Medicina i Traumatologia de l'Esport, COT CAT, Àptima Centre Clínic, España

Recibido el 22 de febrero de 2018; aceptado el 16 de mayo de 2018

### PALABRAS CLAVE

Correr;  
Resistencia física;  
Ejercicio

### Resumen

**Introducción:** El número de participantes en carreras de larga distancia ha aumentado, así como el interés por conocer sus efectos sobre la salud. El objetivo principal es analizar las características de los corredores de una maratón de montaña, sus efectos sobre la salud y si existen diferencias entre corredores de élite y de no élite.

**Métodos:** Serialmed-UP es un estudio piloto, observacional, de cohortes, prospectivo que se llevó a cabo en la Marató UltraPirineu 2017. Se realizó una encuesta sobre hábitos de salud, alimentarios y de entrenamiento a corredores de no élite. Se midieron variables clínicas y analíticas antes y después de la carrera. Se realizó un estudio descriptivo y comparativo entre resultados antes y después de la carrera, entre corredores de élite y de no élite.

**Resultados:** Participaron 29 corredores: 22 de no élite y 7 de élite. Los de no élite fueron sobre todo hombres de una media de edad de 39 años, con buena salud cardiovascular (90,9% con revisiones médicas recientes), con alta carga de entrenamientos (asesoramiento profesional en un 72,7%) y buenos hábitos alimentarios (asesoramiento en un 54,5%). Antes de la carrera no había alteraciones clínicas ni analíticas, pero un 33,3% presentaban alteraciones en el ECG. Los resultados más destacables poscarrera fueron pérdida de peso (3% del peso corporal), insuficiencia renal aguda (66,7%) y alteraciones del sodio (44%), siendo más significativas en los corredores de no élite.

**Conclusiones:** Las carreras de larga distancia tienen repercusión en la salud de los corredores, sobre todo en los de no élite. Se precisa más investigación para poder ofrecer recomendaciones personalizadas basadas en la evidencia científica.

© 2018 FC Barcelona. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jctv5153@comg.cat. (J.C. Trullàs)

**KEYWORDS**

Running;  
Physical endurance;  
Exercise

## UltraPirineu 2017: Characteristics of elite and non-elite runners and effects on health of a mountain marathon: Serialmed-UP pilot study

**Abstract**

**Introduction:** There is an increase in the number of participants in long distance races as well as the interest in knowing their effects on health. Our main objective is to analyze the characteristics of mountain marathon runner, its effects on health and whether there are differences between elite and non-elite runners.

**Methods:** The Serialmed-UP is a pilot, observational (cohort) prospective study carried out at the UltraPirineu Marathon 2017. A survey of health, nutrition and training habits was carried out among non-elite runners. Clinical and analytical variables were measured before and after the race. A descriptive and comparative study was performed between results before and after the race and among elite and non-elite runners.

**Results:** Twenty-nine runners participated in the study, 22 non-elite and 7 elite. The non-elite were mostly men with a median age of 39 years-old, with good cardiovascular health (90.9% with recent medical check-ups), with a high load of training (professional counseling in 72.7%) and good eating habits (counseling in 54.5%). Before the race, there were no clinical or analytical alterations but 33.3% had alterations in the ECG. The most notable findings after the race were weight loss (3% of body weight), acute renal failure (66.7%) and alterations in sodium (44%), being these alterations more significant in non-elite runners.

**Conclusions:** Long distance races have an impact on runners' health, especially among non-elite runners. We need more research in order to offer personalized recommendations based on scientific evidence.

© 2018 FC Barcelona. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

La prescripción de ejercicio físico se ha demostrado útil para prevenir la mortalidad por causa cardiovascular y no cardiovascular. Para obtener estos beneficios, es recomendable realizar ejercicio aeróbico moderado, durante un mínimo de 30 min, 5 días por semana, o ejercicio intenso durante un mínimo de 20 min, 3 días por semana. El ejercicio físico también puede comportar lesiones y riesgos, pero globalmente el beneficio supera al riesgo<sup>1</sup>.

En los últimos años se ha incrementado el número de personas que corren, y a su vez los que lo hacen en largas distancias, como maratones y ultramaratones. En muchas ocasiones la cantidad y la intensidad de los entrenamientos y las competiciones superan de largo las recomendaciones para mantener un buen estado de salud<sup>2</sup>. De forma paralela ha ido creciendo cierta inquietud para conocer cuáles son los límites para hacer deporte y si todos tienen los mismos<sup>3</sup>. Por este motivo crece el interés por conocer cuáles son los efectos en la salud del deporte de gran duración y alta intensidad, y si existe un límite por encima del cual los efectos perjudiciales pueden superar a los efectos beneficiosos de la práctica de ejercicio físico.

Serialmed-UP es un estudio piloto que tiene como objetivo principal analizar las características de un grupo de corredores en una maratón de montaña, los efectos inmediatos de la carrera sobre su salud y si existen diferencias entre corredores de élite y de no élite. El objetivo secundario es explorar si la puesta en práctica de medidas de salud durante la carrera es útil para mejorar la concienciación y

la preparación de los corredores para evitar futuros riesgos sobre su salud.

## Material y métodos

### Diseño y ámbito del estudio

Serialmed-UP es un estudio observacional, de cohortes y prospectivo. Serialmed LAB S.L. es una empresa que tiene como objetivo principal investigar sobre los efectos del deporte en la salud y promocionar hábitos de vida saludable<sup>4</sup>. El ámbito del estudio fue la maratón de montaña UltraPirineu (UP), que se llevó a cabo en el término de Bellver de Cerdanya (Lleida, España) el 23 de septiembre de 2017. La modalidad de maratón consistió en completar 45 km por la montaña con un desnivel positivo de 2.400 metros<sup>5</sup>.

### Selección de participantes y recogida de datos

Para seleccionar a los participantes se envió un correo electrónico a los corredores (a través de la organización) explicándoles el estudio piloto e invitándoles a participar de forma voluntaria. La recogida de datos para el estudio se dividió en dos partes. En primer lugar, unas semanas antes de la carrera se envió por correo electrónico una encuesta en la que se preguntaba sobre hábitos de salud, alimentarios y de entrenamiento. En una segunda parte se registraron medidas clínicas y analíticas la tarde anterior a la carrera (precarrera) e inmediatamente después de la llegada a la meta (poscarrera) dentro de un intervalo máximo de

15 min. La sistemática de recogida de datos se realizó de la manera siguiente: primero determinar el peso en báscula calibrada (en pantalón corto y calcetines y antes de beber líquidos), seguido de la determinación de la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en sedestación en una butaca y finalmente la realización de un electrocardiograma (ECG) en reposo y una extracción de sangre venosa en posición de decúbito en una camilla.

### Variabes del estudio

La encuesta enviada por correo electrónico en la primera parte del estudio incluyó las siguientes variables: demográficas, antropométricas, historia médica y factores de riesgo cardiovascular, hábitos de entrenamiento y hábitos nutricionales. Dentro de los hábitos nutricionales se valoró el grado de adherencia a la dieta mediterránea por ser actualmente la dieta con un mayor beneficio para la prevención primaria de enfermedades cardiovasculares. Se utilizó el test Predimed, un instrumento validado formado por un conjunto de 14 preguntas breves que permite obtener una puntuación entre 0 y 14 puntos y que clasifica el grado de adherencia en bajo (< 7 puntos), intermedio (7-10 puntos) o alto (10-14 puntos)<sup>6</sup>.

Las variables que se recogieron en la segunda parte del estudio (pre y poscarrera) fueron las siguientes: variables clínicas (peso, presión arterial, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno), ECG en reposo y variables analíticas (hemoglobina, hematocrito, gasometría venosa, glucosa, creatinina, lactato, sodio, potasio, calcio iónico y cloro). Para las determinaciones analíticas se utilizó el sistema «epoc Host2<sup>®</sup>» de Alere<sup>™</sup>, que permite la obtención inmediata de resultados sin necesidad de procesar y transportar las muestras de sangre<sup>7</sup>. Se consideró insuficiencia renal aguda todo incremento en la concentración sérica de creatinina igual o superior a 0,3 mg/dl (o un incremento igual o superior al 50% de su valor basal) entre el valor pre y poscarrera<sup>8</sup>.

Los voluntarios que participaron en el estudio leyeron y firmaron un consentimiento informado antes de iniciarlo.

### Metodología estadística

Se analizó si las variables cuantitativas seguían una distribución normal mediante el test de Shapiro-Wilk. Las variables cuantitativas se expresan en media y rango intercuartílico y las variables cualitativas en número y porcentaje. Para comparar las variables cualitativas se utilizó la prueba de chi cuadrado de Pearson. Para comparar las variables cuantitativas se utilizó el test de la t de Student para muestras independientes y para comparar las variables cuantitativas pre y poscarrera el test de la t de Student para muestras aparejadas. Para realizar estas comparaciones en caso de distribución no normal se utilizaron test no paramétricos, como la U de Mann-Whitney. La significación estadística se consideró cuando el valor de p era inferior a 0,05.

### Resultados

Participaron en el estudio Serialmed-UP un total de 29 corredores: 22 de no élite y 7 de élite. En la primera parte del

estudio (encuesta) participaron los 22 corredores no élite y en la segunda parte del estudio (medidas pre y poscarrera) participaron 18 corredores no élite y 7 de élite. Se pudo obtener análisis de sangre de 9 corredores: 6 de no élite y 3 de élite.

En la tabla 1 se presentan de forma detallada los resultados de la primera parte del estudio con las características de los corredores de no élite. En resumen, existe una mayor participación de hombres, con una media de edad de casi 40 años y con un buen estado de salud cardiovascular, a pesar de que el 4,5% son fumadores activos y el 36,4% son exfumadores. La mayoría de participantes se habían sometido a una revisión médica y a exploraciones complementarias en el curso de los dos últimos años. Referente al entrenamiento, la mayoría llevan años practicando deporte, entrenan un elevado número de días por semana y de forma también frecuente reciben asesoramiento profesional. Las disciplinas de entrenamiento son variadas, siendo la más frecuente correr. Finalmente, en cuanto a los hábitos nutricionales, más del 50% reciben asesoramiento profesional, y en una proporción elevada la adherencia a la dieta mediterránea es intermedia o alta.

En la tabla 2 se describen los resultados de las medidas antes y después de la carrera, así como la comparación entre los corredores de élite y los de no élite. De forma global podemos ver que no hay alteraciones significativas en las variables clínicas y determinaciones analíticas antes de la carrera. Las alteraciones más relevantes han sido las siguientes: un tercio de los participantes tenían alguna alteración en el ECG antes de la carrera (sobre todo bloque incompleto de rama derecha [BIRD] del haz de His), 4 casos (44%) presentaron alteraciones del sodio después de la carrera (sobre todo hipernatremia) y hasta dos tercios tenían criterios de insuficiencia renal aguda. Por otro lado, se observa que la mayoría de corredores pierden peso durante la carrera y la magnitud de esta pérdida de peso es cercana al 3% del peso corporal. Al comparar estos resultados entre los corredores de élite y los de no élite hemos encontrado algunas diferencias (no todas ellas con significación estadística), entre las que destacamos: los corredores de élite son más jóvenes, han completado la carrera de forma más rápida, pesan menos y pierden menos peso durante la carrera. Por lo que se refiere a las constantes, los corredores de élite tenían, antes de la carrera, cifras más altas de saturación y más bajas de presión arterial y de frecuencia cardíaca respecto a los de no élite, y en cuanto al ECG, los de élite tenían una mayor proporción de BIRD. También se han encontrado algunas diferencias analíticas (no todas ellas con significación estadística), teniendo los de élite valores más altos de lactato basal y valores más bajos de calcio iónico, hemoglobina, hematocrito y glucosa.

Al comparar los resultados antes y después de la carrera (tabla 3) observamos que todos los corredores presentan una pérdida de peso significativa, un descenso de la saturación de oxígeno y un incremento de la frecuencia cardíaca. Referente a los valores analíticos, también se observan algunos cambios, siendo los más significativos la subida de potasio, de lactato y de creatinina. También hay un incremento de hemoglobina y hematocrito que no alcanza significación estadística. Cuando se analizan las diferencias antes y después de la carrera estratificando los resultados en

**Tabla 1** Resultados descriptivos de la encuesta a los corredores de no élite

<i>Variable<sup>a</sup></i>	
Número de participantes	22
<i>Datos demográficos</i>	
Sexo masculino	18 (81,8%)
Edad (años)	39,2 (7,9)
Altura (m)	1,7 (0,1)
<i>Tabaquismo</i>	
Fumador activo	1 (4,5%)
Exfumador	8 (36,4%)
No ha fumado nunca	13 (59,1%)
<i>Factores de riesgo cardiovascular</i>	
Hipertensión arterial	1 (4,5%)
Diabetes mellitus	0 (0%)
Hipercolesterolemia	1 (4,5%)
Antecedentes cardiovasculares en familiares	7 (31,8%)
<i>Revisión médica</i>	
En los últimos dos años	20 (90,9%)
Electrocardiograma	19 (86,4%)
Prueba de esfuerzo	19 (86,4%)
Ecocardiograma	9 (40,9%)
Espirometría	9 (40,9%)
Análisis de sangre	13 (59,1%)
<i>Entrenamiento</i>	
Más de 10 años practicando deporte	13 (59,1%)
Entre 2 y 10 años practicando deporte	9 (40,9%)
Días de entrenamiento semanal	5,5 (1,0)
Horas de entrenamiento semanal	12,0 (7,2)
Asesoramiento profesional	16 (72,7%)
<i>Disciplinas</i>	
Natación	5 (22,7%)
Running	20 (90,9%)
Ciclismo	12 (54,5%)
Triatlón	2 (9,1%)
Gimnasia	9 (40,9%)
Fútbol, balonmano o baloncesto	3 (13,6%)
Tenis o pádel	3 (13,6%)
<i>Nutrición</i>	
Asesoramiento nutricional	12 (54,5%)
Suplementos nutricionales	14 (63,6%)
Líquidos en entrenamiento (agua/isotónico)	13 (59,1%)
Adherencia a la dieta mediterránea (puntuación) <sup>b</sup>	9,0 (2,0)
Adherencia: baja/intermedia/alta <sup>b</sup>	1 (4,5%)/ 18 (81,8%)/ 3 (13,6%)

<sup>a</sup> Las variables cuantitativas se presentan en mediana y rango intercuartílico y las cualitativas en número y porcentaje.

<sup>b</sup> El test Predimed consta de 14 preguntas breves que permiten obtener una puntuación entre 0 y 14 puntos y que clasifica el grado de adherencia en bajo (< 7 puntos), intermedio (7-10 puntos) o alto (10-14 puntos).

corredores de élite y de no élite también se observan algunas diferencias relevantes. Así, la pérdida de peso y el incremento del lactato y de creatinina solo alcanza significación estadística en los corredores de no élite. Por el contrario, el incremento de potasio después de la carrera solo es significativo en los de élite.

## Discusión

Serialmed-UP es un estudio piloto que ha incluido a 29 corredores de maratón de montaña que ha permitido analizar, por una parte, sus hábitos de salud, entrenamiento y alimentación, y por otra, las alteraciones inmediatas sobre su salud, pudiendo analizar finalmente la existencia de diferencias entre deportistas de élite y de no élite.

Los corredores de no élite son de una edad cercana a los 40 años y globalmente presentan un buen estado de salud, buenos hábitos alimentarios y de entrenamiento. Tampoco presentan alteraciones en las variables basales analizadas el día anterior a la carrera. Este hecho es positivo y debería ser una constante en todos los corredores de no élite que quieran participar en una maratón de montaña. Es probable que estos resultados no sean generalizables al resto de corredores de no élite. Es posible que la participación voluntaria en el estudio haya podido seleccionar a los individuos con una preocupación mayor por su estado de salud y, en consecuencia, con mejores hábitos. Sería deseable poder analizar a un número mayor de corredores de no élite (escogidos de forma aleatoria y no voluntaria) para valorar si se reproducen los mismos resultados.

El hecho de que la gran mayoría de participantes se hayan sometido a una revisión médico-deportiva en los últimos dos años<sup>9</sup> pone de manifiesto su sensibilidad para con la seguridad deportiva y puede facilitar la decisión de los organizadores de pruebas deportivas a recomendar o incluso exigir certificados de aptitud deportiva para participar en los eventos competitivos.

En las determinaciones basales antes de la carrera hay una elevada proporción (cerca de un 30%) de atletas que presentaban BIRD en el ECG, siendo más frecuente en los de élite que en los de no élite. El bloque completo de rama derecha es una alteración electrocardiográfica que se presenta especialmente en individuos de edad más avanzada (por encima de los 50 años) y es infrecuente por debajo de los 30 años (prevalencia estimada del 0,2%)<sup>10</sup>. Por el contrario, el BIRD se encuentra con más frecuencia en individuos sanos y más jóvenes, con estimaciones de prevalencia en algunos estudios de hasta el 13,5%<sup>11</sup>. La presencia de BIRD en atletas se ha descrito con frecuencia (entre un 9 y un 24% según las series), y junto con la repolarización precoz y la bradicardia sinusal se considera una alteración benigna y un marcador de la adaptación fisiológica y estructural al ejercicio físico intenso<sup>12-14</sup>.

En cuanto al peso, cerca del 90% de participantes perdieron algo de peso después de la carrera, siendo más frecuente en los de no élite, a pesar de que esta diferencia no alcanza significación estadística. El porcentaje de peso corporal perdido es cercano al 3% y también es más frecuente en los de no élite. La deshidratación (pérdida superior al 2% del peso corporal en agua) puede degradar el rendimiento

**Tabla 2** Resultados descriptivos de las mediciones antes y después de la carrera y resultados comparativos entre corredores de élite y de no élite

VARIABLES <sup>a</sup>	Total	Élite	No élite	p
<b>Número</b>	25	7 (28%)	18 (72%)	
<b>Datos demográficos</b>				
Sexo masculino	21 (84%)	5 (71,4%)	16 (88,9%)	0,29
Edad (años)	37,3 (12,2)	30,8 (15,2)	37,5 (9,6)	0,23
<b>Tiempo de carrera</b>				
<i>Finisher</i>	23 (92%)	6 (85,4%)	17 (94,4%)	0,47
Tiempo de carrera (horas)	6,2 (2,1)	4,6 (1,5)	6,3 (1,3)	< 0,001
Velocidad (km/h)	7,3 (2,5)	10,9 (2,8)	7,1 (1,5)	< 0,001
<b>Peso, n = 19</b>				
Peso precarrera (kg)	69,4 (14,2)	60,0 (16,0)	72,0 (12,7)	0,001
Peso poscarrera (kg)	66,9 (12,8)	56,7 (12,6)	71,7 (8,7)	0,001
Diferencia de peso (kg)	-1,9 (1,4)	-1,5 (1,8)	-2,1 (1,5)	0,32
Pérdida de peso	17 (89%)	5 (83,3%)	12 (92,3%)	0,55
% de pérdida de peso	-2,8 (1,9)	-2,7 (3,3)	-3,0 (1,9)	0,78
<b>Constantes</b>				
Saturación oxígeno (%) precarrera	98 (2)	99 (1)	98 (1)	0,003
Saturación oxígeno (%) poscarrera	96 (4)	95 (5)	96 (4)	0,37
Pulsaciones (ppm) precarrera	64 (16)	58 (10)	72 (16)	0,05
Pulsaciones (ppm) poscarrera	97 (19)	93 (8)	103 (21)	0,25
PA sistólica (mmHg) precarrera	128 (10)	122 (17)	128 (14)	0,02
PA sistólica (mmHg) poscarrera	110 (15)	116 (16)	110 (22)	1,00
PA diastólica (mmHg) precarrera	79 (13)	74 (12)	81 (17)	0,44
PA diastólica (mmHg) poscarrera	75 (12)	76 (14)	75 (14)	0,64
<b>Electrocardiograma, n = 21</b>				
Normal	14 (66,7%)	3 (42,9%)	11 (78,6%)	0,11
Bloqueo incompleto rama derecha	6 (28,6%)	4 (57,1%)	2 (14,3%)	
Sobrecarga ventricular	1 (4,8%)	0 (0%)	1 (7,1%)	
<b>Análisis de sangre, n = 9</b>				
pH precarrera	7,36 (0,02)	7,36 (0,03)	7,36 (0,03)	1,00
pH poscarrera	7,38 (0,03)	7,38 (0,03)	7,38 (0,03)	0,50
pCO <sub>2</sub> precarrera (mmHg)	51,7 (5,1)	51,6 (2,5)	52,4 (6,3)	0,79
pCO <sub>2</sub> poscarrera (mmHg)	40,6 (7,1)	44,2 (5,1)	40,4 (5,6)	0,74
pO <sub>2</sub> precarrera (mmHg)	25,6 (6,1)	22,7 (1,6)	27,5 (6,8)	0,18
pO <sub>2</sub> poscarrera (mmHg)	25,4 (14,3)	25,2 (16,9)	25,8 (9,7)	0,61
HCO <sub>3</sub> precarrera (mmol/l)	29,4 (1,0)	29,2 (1,2)	29,6 (1,6)	0,13
HCO <sub>3</sub> poscarrera (mmol/l)	25,3 (2,9)	26,5 (1,5)	24,8 (6,5)	0,55
Na <sup>+</sup> precarrera (mmol/l)	141 (2)	141 (0)	141 (4)	0,41
Na <sup>+</sup> poscarrera (mmol/l)	142 (6)	142 (4,5)	142 (7)	0,75
Hiponatremia poscarrera	1 (11%)	0 (0%)	1 (16,7%)	0,45
Hipernatremia poscarrera	3 (33%)	1 (33,3%)	2 (33,3%)	1,00
K <sup>+</sup> precarrera (mmol/l)	3,9 (0,6)	3,8 (0,2)	4,1 (0,7)	0,51
K <sup>+</sup> poscarrera (mmol/l)	4,7 (0,4)	4,6 (0,2)	4,7 (0,6)	0,95
Ca <sup>+</sup> precarrera (mmol/l)	1,1 (0,07)	1,1 (0,03)	1,2 (0,05)	0,005
Ca <sup>+</sup> poscarrera (mmol/l)	1,2 (0,06)	1,1 (0,02)	1,2 (0,07)	0,035
Cloro precarrera (mmol/l)	103 (4)	105 (1,5)	102 (4)	0,15
Cloro poscarrera (mmol/l)	106 (4)	105 (1,5)	106 (5)	0,81
Hematocrito precarrera	44 (6)	41 (4)	44 (5)	0,36
Hematocrito poscarrera	46 (8)	40 (6,5)	47 (5)	0,38
Hemoglobina precarrera	14,9 (2,0)	13,8 (1,4)	15,2 (1,6)	0,27
Hemoglobina poscarrera	15,6 (2,8)	13,7 (2,1)	16,0 (1,9)	0,39

**Tabla 2** (Continuación)

VARIABLES <sup>a</sup>	Total	Élite	No élite	p
Glucosa precarrera (mg/dl)	95 (14)	85 (16,5)	96 (13)	0,06
Glucosa poscarrera (mg/dl)	90 (49)	90 (13)	89 (75)	0,63
Lactato precarrera (mg/dl)	0,9 (0,6)	1,4 (0,28)	0,9 (0,3)	0,04
Lactato poscarrera (mg/dl)	2,6 (0,7)	2,3 (0,72)	2,7 (1,0)	0,22
Creatinina precarrera (mg/dl)	0,9 (0,3)	0,8 (0,1)	0,9 (0,3)	0,13
Creatinina poscarrera (mg/dl)	1,5 (0,6)	1,2 (0,6)	1,6 (0,8)	0,39
Insuficiencia renal aguda <sup>b</sup>	6 (66,7%)	2 (66,7%)	4 (66,7%)	1,00

Ca+: calcio; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: bicarbonato; K+: potasio; Na+: sodio; PA: presión arterial; pCO<sub>2</sub>: presión parcial de dióxido de carbono; pO<sub>2</sub>: presión parcial de oxígeno.

<sup>a</sup> Las variables cuantitativas se presentan en mediana y rango intercuartílico y las cualitativas en número y porcentaje.

<sup>b</sup> Se define insuficiencia renal aguda como un incremento en la concentración sérica de creatinina igual o superior a 0,3 mg/dl (o un incremento igual o superior al 50% del su valor basal) entre el valor pre y poscarrera.

del ejercicio aeróbico, sobre todo en ambientes calurosos. A más deshidratación hay más esfuerzo fisiológico y menor rendimiento en el ejercicio aeróbico. El descenso del agua corporal total disponible hace disminuir el volumen total, el volumen sistólico y el gasto cardíaco<sup>15</sup>. La deshidratación (ya sea hipo, hiper o isotónica) puede comportar síntomas ya a partir del 1% de pérdida de peso corporal (malestar, debilidad muscular, etc.) e incluso puede comportar la muerte cuando este porcentaje es del 8-10%. La sed no es un indicador de deshidratación totalmente fiable, ya que aparece cuando la pérdida de peso es del 1-3%; los corredores deberían conocer este hecho y beber a pesar de no tener sed durante la carrera<sup>16</sup>.

Una gran proporción de corredores ha presentado alteraciones en la función renal y en los electrolitos después de la carrera: dos tercios elevación de la creatinina con criterios de insuficiencia renal aguda y un 44% alteraciones en el sodio, especialmente hipernatremia. Estas alteraciones son frecuentes y están bien descritas en la literatura, y se ha sugerido que en algunas ocasiones ya están presentes antes de empezar la competición<sup>17</sup>. En este estudio ningún participante tenía alterada la función renal ni la natremia el día antes de la carrera, lo cual indica que son alteraciones directamente relacionadas con el ejercicio físico. Normalmente esta disfunción renal es de causa prerrenal y secundaria a una depleción de volumen por una hidratación subóptima. El ascenso de los valores de hemoglobina después de la carrera (aunque sin significación estadística) como medida de hemoconcentración confirmaría esta hipótesis. Sin embargo, también se ha descrito la posibilidad de insuficiencia renal en ausencia de depleción de volumen y se ha propuesto que el ejercicio físico extenuante puede comportar alteraciones sistémicas, incluyendo un estado inflamatorio que *per se* podría ocasionar daño a la nefrona<sup>18</sup>. Muchas de las alteraciones bioquímicas que se han descrito en relación con el ejercicio físico son asintomáticas y transitorias, pero se desconoce si a largo plazo pueden tener alguna consecuencia deletérea para la salud<sup>19-22</sup>. Sería deseable conocer cuál es el tiempo de recuperación de las alteraciones pos-

carrera y poder recomendar cuándo se puede volver a entrenar y/o competir.

Es importante observar que la mayoría de diferencias entre los valores pre y poscarrera alcanzan significación estadística solo en los corredores de no élite, destacando su pérdida de peso, el ascenso de la creatinina y el ascenso del lactato, incluso cuando los niveles basales (precarrera) de lactato son más elevados en los de élite. La concentración sanguínea de lactato es un marcador de la intensidad del ejercicio<sup>23</sup>, y es posible que los corredores de élite tengan una musculatura más adaptada a correr y un aclaramiento de lactato mucho más desarrollado, lo que podría explicar que el incremento de lactato poscarrera sea inferior en comparación con los de no élite.

También observamos que en los corredores de no élite hay un descenso de la glucosa y una hemoconcentración (ascenso de hemoglobina y de hematocrito), sin alcanzar estos dos hallazgos significación estadística. Así, los corredores de no élite, a pesar de tener unas características basales aparentemente conservadas (estado de salud, entrenamiento y alimentación) tienen más alteraciones poscarrera que los de élite. Es probable que el nivel de entrenamiento, de alimentación y de descanso, y el hecho de precisar mucho más tiempo para completar la carrera que los de élite, contribuyan, en parte, a estos resultados.

Los resultados del estudio Serialmed-UP permiten plantear la aplicabilidad práctica de un modelo de trabajo en el que se pueda unir asistencia e investigación. La asistencia implicaría el análisis de hábitos de salud y entrenamiento del deportista con la posibilidad de hacer recomendaciones inmediatas. La investigación, mediante la obtención, la acumulación y el análisis de datos sobre los efectos del deporte de resistencia en la salud, permitiría hacer recomendaciones a los deportistas (de élite y de no élite) basadas en la evidencia científica. Una percepción subjetiva pero positiva de este estudio (tanto por parte de los corredores como de los investigadores) ha sido tener los resultados de forma inmediata, lo cual ha permitido hacer recomendaciones también de forma

**Tabla 3** Resultados comparativos de las mediciones antes (pre) y después (post) de la carrera

Variable <sup>a</sup>		Global	p	Élite	p	No élite	p
Peso (kg)	pre	69,4 (13,2)	< 0,001	58,3 (12,5)	0,056	72,5 (10,2)	< 0,001
	post	66,9 (12,8)		56,7 (12,6)		71,7 (8,7)	
Saturación oxígeno (%)	pre	98 (2)	0,001	99 (1)	0,02	98 (1)	0,02
	post	96 (4)		95 (5)		96 (4)	
Pulsaciones (ppm)	pre	64 (16)	< 0,001	58 (10)	< 0,001	72 (16)	< 0,001
	post	97 (19)		93 (8)		103 (21)	
PA sistólica (mmHg)	pre	128 (10)	0,48	122 (17)	0,15	128 (14)	0,46
	post	110 (15)		116 (16)		110 (22)	
PA diastólica (mmHg)	pre	79 (13)	0,05	74 (12)	0,79	81 (17)	0,03
	post	75 (12)		76 (14)		75 (14)	
pH	pre	7,36 (0,02)	0,06	7,36 (0)	0,21	7,35 (0,03)	0,25
	post	7,38 (0,03)		7,38 (0,03)		7,38 (0,03)	
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	pre	51,7 (5,1)	0,001	51,6 (2,5)	0,043	52,4 (6,3)	0,008
	post	40,6 (7,1)		44,2 (5,1)		40,4 (5,6)	
pO <sub>2</sub> (mmHg)	pre	25,6 (6,1)	0,001	22,7 (1,6)	0,02	27,5 (6,8)	0,02
	post	25,4 (14,3)		25,2 (16,9)		25,8 (9,7)	
HCO <sub>3</sub> (mmol/l)	pre	29,4 (1,0)	0,17	29,2 (1,2)	0,03	29,6 (1,6)	0,38
	post	25,3 (2,9)		26,5 (1,4)		24,8 (6,5)	
Na <sup>+</sup> (mmol/l)	pre	141 (2)	0,50	141 (0)	0,43	141 (4)	0,84
	post	142 (6)		142 (4,5)		142 (7)	
K <sup>+</sup> (mmol/l)	pre	3,9 (0,6)	0,006	3,8 (0,2)	0,04	4,1 (0,7)	0,07
	post	4,7 (0,4)		4,6 (0,2)		4,7 (0,6)	
Ca <sup>+</sup> iónico (mmol/l)	pre	1,1 (0,07)	0,36	1,1 (0,03)	0,59	1,2 (0,05)	0,56
	post	1,2 (0,06)		1,1 (0,03)		1,2 (0,07)	
Cloro (mmol/l)	pre	103 (4)	0,13	105 (1,4)	0,53	102 (4)	0,17
	post	106 (4)		105 (1,5)		106 (5)	
Hematocrito	pre	44 (6)	0,18	41 (4)	0,73	44 (5)	0,21
	post	46 (8)		40 (6,5)		47 (5)	
Hemoglobina	pre	14,9 (2)	0,14	13,8 (1,4)	0,51	15,2 (1,6)	0,23
	post	15,6 (2,8)		13,7 (2,1)		16,0 (1,9)	
Glucosa (mg/dl)	pre	95 (14)	0,55	85 (16,5)	0,41	96 (13)	0,75
	post	90 (49)		90 (13)		89 (75)	
Lactato (mg/dl)	pre	0,96 (0,6)	0,006	1,41 (0,28)	0,40	0,90 (0,3)	0,007
	post	2,58 (0,7)		2,27 (0,72)		2,69 (0,9)	
Creatinina (mg/dl)	pre	0,97 (0,3)	0,013	0,83 (0,09)	0,20	0,98 (0,3)	0,05
	post	1,49 (0,7)		1,23 (0,57)		1,58 (0,7)	

Ca<sup>+</sup>: calcio; HCO<sub>3</sub>: bicarbonato; K<sup>+</sup>: potasio; Na<sup>+</sup>: sodio; PA: presión arterial; pCO<sub>2</sub>: presión parcial de dióxido de carbono; pO<sub>2</sub>: presión parcial de oxígeno.

<sup>a</sup> Las variables cuantitativas se presentan en mediana y rango intercuartílico.

inmediata. En caso de detectar alteraciones significativas en parámetros clínicos y/o analíticos antes de la carrera obligaría a recomendar no participar en la competición. El hecho de detectar alteraciones en las valoraciones poscarrera (como ha sucedido en el estudio) nos ha permitido hacer recomendaciones *in situ* para llevar a cabo los días siguientes (reposo, hidratación, repetir un nuevo análisis a los pocos días, mejorar la dieta o el entrenamiento, etc.) y para futuras competiciones (como por ejemplo mejorar la hidratación durante la carrera).

Somos conscientes de que el estudio Serialmed-UP tiene limitaciones. En primer lugar, el tamaño de la muestra analizada es pequeño y no permite generalizar los hallazgos. Además, es probable que no haya permitido de-

mostrar más diferencias estadísticamente significativas al comparar algunas variables, cuando en realidad debe haberlas. Por otro lado, la selección de participantes se ha hecho de forma voluntaria y no aleatorizada entre todos los corredores de la carrera, contribuyendo seguramente a un determinado sesgo en la selección. Es probable que los que decidieron participar de forma voluntaria en el estudio tengan unas características diferentes (motivación y hábitos) de los que no quisieron participar.

En conclusión, ante el incremento de participantes de no élite en carreras de larga distancia y resistencia, es necesario avanzar en el conocimiento de los potenciales efectos sobre la salud, para poder así ofrecer recomendaciones basadas en la evidencia científica.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

## Agradecimientos

A la organización de la UltraPirineu por ofrecer todas las facilidades para llevar a cabo el estudio, así como a todos los corredores que de forma voluntaria han participado en él.

## Bibliografía

- Subirats Bayego E, Subirats Vila G, Soteras Martínez I. Exercise prescription: Indications, dosage and side effects. *Med Clin (Barc)*. 2012;138:18-24.
- Schmied C. 'Paracelcus' rediscovered: Searching for the right dose of physical training. *Open Heart*. 2014;1:e000027.
- Parker-Pope T. Are marathons safe? *The New York Times* [consultado 20 Oct 2009]. Disponible en: <http://well.blogs.nytimes.com/2009/10/20/are-marathons-safe>
- Serialmed LAB, S.L. Disponible en: <http://serialmed.com>
- UltraPirineu 2017. Disponible en: <https://livetrail.net/histo/ultrapirineu>
- Estruch R, Ros E, Salas-Salvadó J, Covas MI, Corella D, Arós F, et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. *N Engl J Med*. 2013;368:1279-90.
- Alere™. Disponible en: <https://www.alere.com/es/home/area-of-interest/cardiovascular/blood-gases.html>
- Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO). Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Kidney Int Suppl*. 2012;2:1-138.
- Consideracions per als professionals de la salut sobre l'avaluació del risc cardiovascular prèviament a la pràctica esportiva. Document de consens. Generalitat de Catalunya. Departament de Salut. Novembre de 2014.
- Rotman M, Triebwasser JH. A clinical and follow-up study of right and left bundle branch block. *Circulation*. 1975;51:477.
- Kobza R, Cuculi F, Abächerli R, Toggweiler S, Suter Y, Frey F, et al. Twelve-lead electrocardiography in the young: Physiologic and pathologic abnormalities. *Heart Rhythm*. 2012;9:2018.
- Kim JH, Noseworthy PA, McCarty D, Yared K, Weiner R, Wang F, et al. Significance of electrocardiographic right bundle branch block in trained athletes. *Am J Cardiol*. 2011;107:9-1083.
- Malhotra VK, Singh N, Bishnoi RS, Chadha DS, Bhardwaj P, Madan H, et al. The prevalence of abnormal ECG in trained sportsmen. *Med J Armed Forces India*. 2015;71:324-9.
- Drezner JA, Ackerman MJ, Anderson J, Ashley E, Asplund CA, Baggish AL, et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: The 'Seattle Criteria'. *Br J Sports Med*. 2013;47:122-4.
- Wall BA, Watson G, Peiffer JJ, Abbiss CR, Siegel R, Laursen PB. Current hydration guidelines are erroneous: Dehydration does not impair exercise performance in the heat. *Br J Sports Med*. 2015;49:1077-83.
- Nutrición. En: Enric Subirats Bayego, director. Manual de Medicina de Montaña y del Medio Natural basado en la evidencia. Sección I. Capítulo 2. Páginas 15-37. Editorial Médica Panamericana, Madrid; 2017.
- 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;3:145-51.
- McCullough PA, Chinnaiyan KM, Gallagher MJ, Colar JM, Geddes T, Gold JM, et al. Changes in renal markers and acute kidney injury after marathon running. *Nephrology (Carlton)*. 2011;16:194-9.
- 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;32:117-21.
- Lippi G, Schena F, Dipalo M, Montagnana M, Salvagno GL, Aloe R, et al. Troponin I measured with a high sensitivity immunoassay is significantly increased after a half marathon run. *Scand J Clin Lab Invest*. 2012;72:467-70.
- Lippi G, Schena F, Montagnana M, Salvagno GL, Banfi G, Guidi GC. Significant variation of traditional markers of liver injury after a half-marathon run. *Eur J Intern Med*. 2011;22:e36-8.
- Kupchak BR, Volk BM, Kunces LJ, Kraemer WJ, Hoffman MD, Phinney SD, et al. Alterations in coagulatory and fibrinolytic systems following an ultra-marathon. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113:2705-12.
- Cairns SP. Lactic acid and exercise performance: Culprit or friend? *Sports Med*. 2006;36:279-91.