

## Hiponatremia en esfuerzos de ultraresistencia: efectos sobre la salud y el rendimiento

*Francisco B. Ortega Porcel, Jonatan Ruiz Ruiz, Manuel J. Castillo Garzón, Angel Gutiérrez Sainz*

Unidad de Fisiología del Ejercicio y Evaluación de la Forma Física. Departamento de Fisiología Médica.  
Facultad de Medicina. Universidad de Granada, Granada-España

**RESUMEN.** La deshidratación es uno de los principales enemigos de los deportes de resistencia. Sin embargo, la ingesta excesiva de líquido con el objetivo de evitar dicha deshidratación, ha provocado en los últimos años numerosos casos de hiponatremia, especialmente en esfuerzos de extrema duración. La hiponatremia se define como la presentación de concentraciones de sodio en plasma por debajo de 135 mmol/L. Representa la primera causa de enfermedad severa en deportes de ultraresistencia, a lo que ha sido asociado numerosos casos de muerte súbita. Las extremadas exigencias físicas de este tipo de deportes de creciente popularidad, junto con el peligro potencial que supone para la salud del deportista, nos ha conducido al estudio profundo de las causas, consecuencias, factores asociados, abordaje terapéutico y prevención de la hiponatremia, tanto desde un punto de vista científico como práctico. La ingesta de la cantidad adecuada de líquido se presenta como el método más importante para prevenir su aparición. No está clara la cantidad idónea y/o necesidad de una suplementación de sodio en la bebida para evitar el desarrollo de hiponatremia y mejorar el rendimiento deportivo en pruebas de ultraresistencia. No obstante, parece ser que esta suplementación sólo sería útil en aquellos individuos que ingirieron una excesiva cantidad de líquido. **Palabras clave:** Hiponatremia, sobrehidratación, sodio, ultraresistencia.

**SUMMARY.** *Hyponatremia in ultraendurance exercises. Effects on health and performance.* Dehydration is one of the main problems associated to endurance sports. In order to avoid the negative effects of dehydration athletes tend to drink well above their current needs. The negative effect of drinking too much fluid is hyponatremia. Hyponatremia is defined as a plasma sodium concentration lower than 135 mmol/L. Hyponatremia is the first cause of severe illness in ultraendurance sports and has been associated with sudden death. In this article, we analyze the causes, consequences, associated factors, therapeutic treatment and prevention of ultraendurance sports-associated hyponatremia. It is concluded that an adequate fluid ingestion is the best method to avoid hyponatremia. There is not conclusive data about the amount and necessity of sodium supplementation to avoid hyponatremia. However, it might be that it is not necessary to ingest additional sodium to prevent the development of hyponatremia in athletes who only partially replace their fluid losses during prolonged exercise.

**Key words:** Hyponatremia, overhydration, sodium, ultraendurance sports.

### INTRODUCCION

En ejercicios de larga duración se producen importantes pérdidas hídricas por sudor y respiración. En estas condiciones es preciso hidratarse adecuadamente y no hacerlo entraña riesgos para la salud y disminuye el rendimiento físico-deportivo. Siendo conscientes de ello, los deportistas ingieren importantes cantidades de agua que, a veces, exceden las propias necesidades. En estos casos se puede producir hemodilución, una de cuyas consecuencias es la hiponatremia. Recientemente, los medios de comunicación se han hecho eco de esta problemática (Tabla 1).

Se denominan deportes de ultraresistencia a aquellos que implican esfuerzos físicos superiores a las 6 horas de duración (1-4). Entre los principales factores limitantes del rendimiento en estos deportes aparecen el agotamiento del glucógeno, el

desequilibrio hídrico y electrolítico y factores cardiovasculares. Además, en las pruebas plurideportivas de ultraresistencia (i.e. triatlón: natación, carrera a pie y bicicleta) la fatiga acumulada de una modalidad sobre otra puede ser un factor determinante en el resultado final (5). Para completar una prueba de Ironman (3,8 km natación, 180 km en bicicleta, 42,2 km corriendo), se emplean entre 8 y 17 horas, produciéndose un gasto energético de entre 8500 y 11500 kcal (6). En una prueba de ultramaratón de 161 km, la ingesta de agua es de 16,6-33,1 litros de agua y de sodio es de 23,2 g sodio (3). En otras pruebas de ultradistancia desarrolladas en ambientes cálidos, las pérdidas de líquidos por sudor llegan hasta 2 litros/h (7).

Es bien sabido que un correcto equilibrio hídrico y electrolítico resulta crítico para el mantenimiento de la salud y para optimizar el rendimiento deportivo durante el ejercicio

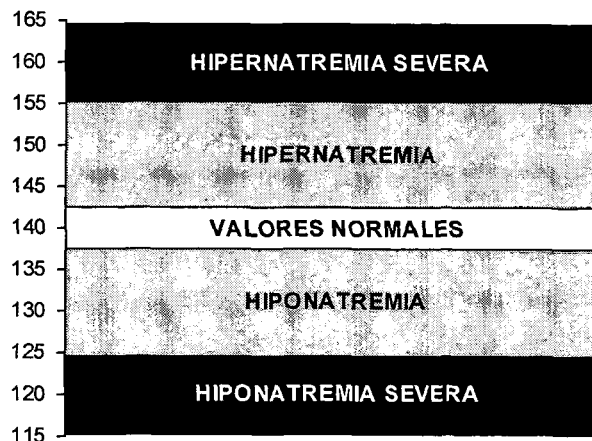
(8-11). La hiponatremia se define como la presentación de concentraciones de sodio plasmáticas por debajo de 135 mEq/L o mmol/L (1,12,13), siendo su rango de valores normales 138-142 mmol/L (14) (Figura 1). Esta alteración se ha observado repetidamente en esfuerzos físicos que superan las 6 horas de duración (1-4). Así, durante el Ironman de Hawai la hiponatremia constituyó el principal desajuste electrolítico encontrado (12,5). Aparentemente, y bajo una perspectiva estrictamente fisiológica, existe una contradicción intrínseca entre deshidratación e hiponatremia. Esto es, si existe deshidratación se debería producir hemoconcentración y, en consecuencia, hipernatremia. Sin embargo, la realidad sobre el terreno pone de manifiesto esta contradicción. La hiponatremia es más común de lo que pudiera parecer. Su carácter asintomático (13,16) así como el hecho de que no sea algo fisiológicamente esperable dificulta su detección, lo que puede poner en peligro la salud de los deportistas. Aunque la hiponatremia se suele asociar a esfuerzos de ultraresistencia (4), su aparición también puede darse en otros deportes de menor duración (2-4 h) (i.e. maratón, triatlón, entrenamiento militar) (16,18-21). Incluso se han encontrado casos de hiponatremia asociados a ejercicio físico inespecífico de baja a moderada intensidad y duración (22), si bien su prevalencia es mínima.

**TABLA 1**  
Repercusión mediática acerca de la sobrehidratación y consecuente hiponatremia

Fuente	Fecha	Título
The New York Times	02 / 11 / 1999	"When Too Much Water Hurts a Runner"
El Mundo	06 / 11 / 1999	"Maratón: Demasiada agua puede perjudicar"
The New York Times	07 / 11 / 1999	"Thirsty? Not So Fast"
El Mundo	05 / 02 / 2000	"Hiponatremia: El peligro de beber demasiada agua"
The New York Times	16 / 05 / 2000	"VITAL SIGNS: SAFETY, When Excess Water Can Kill a Runner"
The Times	28 / 03 / 2003	"Do you need a good drink?"

En cualquier caso, concentraciones de sodio por debajo de los valores fisiológicos representan la primera causa de enfermedad severa que acompaña a los deportes de ultraresistencia (4) y han sido asociadas a numerosos casos de muerte súbita (1,2,18,19,23-25). Las extremadas exigencias físicas de este tipo de deportes de creciente popularidad, junto con el peligro potencial que supone para la salud del deportista, precisa de un estudio profundo de las causas, consecuencias, factores asociados, abordaje terapéutico y prevención desde un punto de vista científico y práctico.

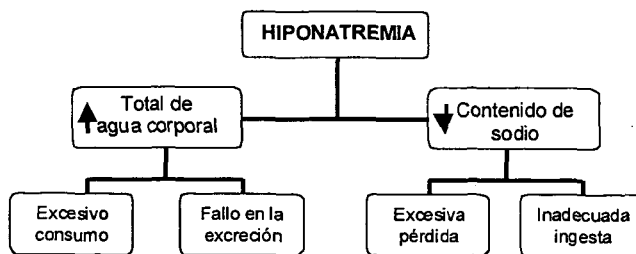
**FIGURA 1**  
Concentración de sodio plasmático. El eje de ordenadas está expresado en mmol/



**Causas de hiponatremia**

La hiponatremia se define y caracteriza por la presentación de concentraciones circulantes de sodio por debajo del límite inferior de normalidad (< 135 mEq/l). Esto puede deberse a un exceso de líquido extracelular, a una cantidad insuficiente de soluto (sodio), o a una combinación de ambos (Figura 2).

**FIGURA 2**  
Factores que contribuyen al desarrollo de hiponatremia asociada al ejercicio (1)



**Exceso de líquidos extracelulares**

La sobrecarga hídrica puede ser debida a un excesivo consumo de líquidos y/o a deficiencias de excreción en situaciones de hipervolemia. En primer lugar, la famosa frase mitificada de "bebe tanto como puedas", basada en que la sensación de sed es menor a las necesidades de hidratación, ha demostrado ser un peligro potencial en las pruebas de ultraresistencia. Una ingesta desproporcionada de líquido puede conllevar a un estado de hipervolemia y, en consecuencia, a un estado de hiponatremia. En segundo lugar,

el exceso de líquido extracelular puede ser debido a un deficiente funcionamiento del aparato excretor, no siendo éste capaz de eliminar la suficiente cantidad de agua y produciéndose por tanto hemodilución e hiponatremia. Se postula que uno de los posibles factores causantes de esta disfunción es el ejercicio. El ejercicio aumenta la actividad simpático-renal y activa el sistema renina-angiotensina, lo que reduce la tasa de filtración glomerular y el flujo de orina. Esto puede limitar la función renal para compensar el desequilibrio producido por la ingesta y pérdida de sodio y agua, lo que puede incrementar el riesgo de desarrollar hiponatremia. Otra hipótesis alternativa, se inclina por una inapropiada secreción de hormona antidiurética (ADH) durante la sobrecarga hídrica (22,26). Sin embargo, estudios más recientes no han encontrado una clara asociación entre las concentraciones de ADH y las de sodio en pruebas de ultraresistencia (12,27,28).

#### **Déficit de sodio**

Se pueden establecer dos grupos de factores que pueden determinar, juntos o por separado, un bajo contenido de sodio: 1) una excesiva pérdida de electrolitos; 2) una inadecuada ingesta de sodio. 1) La pérdida excesiva de sodio puede ser determinada por sudoración excesiva y prolongada, provocada por las altas temperaturas, una inadecuada aclimatación y/o estado de forma física del deportista, la existencia de alguna variante del gen CFTR (cystic fibrosis transmembrane conductance regulator), o por una combinación de estos factores. El CFTR es un gen defectuoso que provoca un mal transporte de sodio y cloruro a través de las membranas celulares del epitelio (29). Se cree que alguna mutación de este gen puede afectar a la predisposición de algunos individuos para desarrollar hiponatremia (1). 2) Un bajo contenido de sodio en plasma, también puede ser debido a un reemplazo inadecuado de este soluto, causada por el consumo de bebidas y/o comidas sin sodio o con bajo contenido en él. Ambas teorías, han intentado explicar el desarrollo de la hiponatremia, pero hasta la fecha no se disponen evidencias científicas que demuestren que en ausencia de sobrecarga de líquido extracelular se desarrolle hiponatremia. Igualmente, no se dispone de suficientes datos en la literatura científica que corroboren la teoría de una hiponatremia producida por excesiva pérdida de sodio por sudor. Por ello, parece lógico centrarse en los factores que producen una hipervolemia.

#### **Factores que producen una hipervolemia**

Diversos estudios han puesto de manifiesto la relación inversa existente entre la variación del peso corporal y las concentraciones de sodio pre- y post-carrera, de modo que tanto los atletas que menos peso perdieron como los que tuvieron ganancia ponderal, mostraron una disminución en

las concentraciones de sodio plasmáticas (4,12,15,27,30-32). En contradicción con los resultados obtenidos en deportes de menor duración, este tipo de esfuerzos se asocian a un incremento de volumen plasmático y una disminución de hematocrito (3,27,30,33). La causa de todo ello podría deberse a una excesiva ingesta y/o una inadecuada eliminación de fluidos. Stuempfle y et al (3) encontraron casos de hiponatremia en aquellos sujetos que se hiperhidrataron durante un ultramaratón. También se observó una mayor cantidad de agua ingerida por parte de los sujetos hiponatémicos respecto a los normonatémicos, si bien estas diferencias no llegaron a ser significativas. No obstante, aunque la ingesta de líquidos fue mayor en los atletas que desarrollaron hiponatremia, el exceso era relativamente modesto lo que hace pensar en la posibilidad de que los atletas que sufren hiponatremia tengan, además, un deterioro de la capacidad renal para excretar fluidos (4).

Se ha estudiado el funcionamiento renal inmediatamente después de haber padecido un estado hiponatémico en una prueba de ultraresistencia. Los resultados mostraron que el grupo de sujetos que presentó hiponatremia podía haber padecido una retención hídrica durante el ejercicio, dado que tras finalizar el mismo (durante las siguientes 12 horas) tuvo una tasa de excreción de líquido mayor que la presentada por el grupo normonatémico (27). A posteriori, los autores se plantearon si la retención de líquido era un problema inherente a los sujetos o bien si se trataba de un desajuste temporal provocado por el ejercicio o por el propio desequilibrio hidro-electrolítico. Para ello provocaron una sobrecarga hídrica en reposo a ambos grupos de sujetos. Los resultados no encontraron ninguna característica fisiopatológica inherente al sujeto que explicara el desarrollo de hiponatremia como respuesta a una sobrecarga hídrica durante ejercicio prolongado (32).

#### **Conclusión sobre la etiopatogenia**

La hiponatremia en esfuerzos de ultraresistencia es algo fisiológicamente inesperado pero frecuente. Desde su descripción en 1985, las dos teorías expuestas con anterioridad han intentado explicar su etiopatogenia. Si retrocedemos unos años, se observa que el término hiponatremia es totalmente desconocido antes de 1981, tiempo durante el cual los atletas fueron animados a no beber durante el ejercicio (35). Como resultado, todas las carreras de maratón y ultraresistencia completadas concluyeron, sin excepción, con estados de deshidratación e hipernatremia. Como consecuencia, se difundió la idea de que debía beberse tanto como se pudiese durante el ejercicio de resistencia. La consecuencia de este movimiento ha sido el incremento de casos de hiponatremia en los deportes de ultraresistencia en los últimos años. Así, en los dos últimos años ha habido una proliferación de estudios con el objetivo de conocer más a

fondo los mecanismos que provocan esta condición. Parece ser que la sobrecarga hídrica o hiperhidratación es la principal causa de la aparición de hiponatremia asociada a esfuerzos de larga duración, lo que puede suponer una amenaza potencial para la salud de los atletas.

### Signos, síntomas y consecuencias

Con independencia de la teoría que fundamente la aparición de una situación hiponatrémica, ésta se produce por una disminución en la concentración de sodio extracelular. En un intento de aumentar la concentración de sodio extracelular para alcanzar los valores fisiológicos, se produce un tránsito de fluidos desde el espacio extracelular al intracelular, con el consecuente edema celular. Si este edema se produce de forma rápida puede acarrear diversas complicaciones: convulsiones, pérdida de conocimiento, coma, edema pulmonar y cerebral (18,19,24,36), alteraciones del sistema nervioso central, paro cardiorrespiratorio y muerte (1,25,34). Afortunadamente, no es frecuente llegar a tales consecuencias. Los signos y síntomas más comunes en esta patología son: desorientación, confusión, descoordinación, mareos, náuseas, vómitos, diarreas, debilidad muscular, agotamiento, estado mental alterado y dolor de cabeza (1,3,12,24). Para una rápida y eficaz actuación, es de vital importancia que el personal sanitario implicado en pruebas de ultraresistencia conozca el cuadro típico de la hiponatremia (Tabla 2).

TABLA 2

Signos, síntomas y complicaciones que se pueden derivar de la hiponatremia, y factores que favorecen su aparición

Signos y síntomas leves	Graves complicaciones	Factores de riesgo
Desorientación	Convulsiones	Portadores del gen CFTR 1
Confusión	Alteraciones del sistema nervioso central	Sexo femenino
Descoordinación	Pérdida de conocimiento	Personas de menor tamaño
Mareos	Coma	Personas menos entrenadas
Náuseas	Edema pulmonar	Personas entrenadas que durante la prueba trabajen a una intensidad por debajo de su potencial
Vómitos	Edema cerebral	Raza blanca
Diarreas	Parada cardiorrespiratoria	Consumo de AINE 2
Debilidad muscular	Muerte	Clima (?)
Agotamiento general		Edad (?)
Estado mental alterado		
Dolor de cabeza		

<sup>1</sup> Cystic fibrosis transmembrane conductance regulator

<sup>2</sup> Anti-inflamatorios no esteroideos

(?) No hay suficiente información para afirmar que sea un factor de riesgo

### Factores que favorecen la aparición de hiponatremia

La hiponatremia es una alteración electrolítica que obedece a diferentes causas y puede verse favorecida por los siguientes factores (Tabla 2):

#### Factores genéticos

Los avances en ingeniería genética que se están produciendo en los últimos años han permitido la detección de una mutación en el gen CFTR procedente del cromosoma 7 que provoca un mal transporte de sodio y cloruro a través de las membranas celulares del epitelio. El gen CFTR parece ser el responsable de una enfermedad hereditaria incurable llamada fibrosis quística, siendo la enfermedad genética más común en la raza blanca (29). Se conocen más de 800 mutaciones del CFTR, de las cuales se cree que algunas pueden afectar a la predisposición que poseen algunas personas para desarrollar hiponatremia. Por tanto, cabe la posibilidad de que exista una población de riesgo genéticamente determinada para padecer hiponatremia. Sin embargo, para el esclarecimiento de esta hipótesis se requiere de una investigación más precisa y rigurosa.

#### Diferencias entre géneros

La posibilidad o predisposición fisiológica a sufrir hiponatremia en esfuerzos prolongados no es igual para hombres que para mujeres. En este sentido, diversos estudios han llegado a la conclusión de que las mujeres presentan mayor predisposición para desarrollar hiponatremia tras una prueba de ultraresistencia (3,12,17,34). Esto puede ser debido a que las mujeres poseen un tamaño corporal (expresado en peso y talla) inferior a los hombres, por lo que necesitarían ingerir menos líquido para provocar hipervolemia, y en consecuencia, llevar el sodio plasmático a valores de hiponatremia (3). En relación con lo anterior, el volumen sanguíneo total se encuentra directamente relacionado con la masa muscular del individuo, lo cual aumentaría la predisposición de las mujeres para desarrollar hiponatremia, puesto que de forma genérica poseen una menor masa muscular que los hombres y por tanto menor volumen plasmático. Por último, es bien sabido que la progesterona favorece la retención hídrica con lo que también podría contribuir a la hiponatremia.

#### Diferencias raciales

El Ejército estadounidense ha sufrido una media de 19 hospitalizaciones por año entre 1989 y 1999 debidas a hiponatremia producidas durante sus entrenamientos habituales. Resulta especialmente llamativo que el 75% de de los casos ocurrieron en soldados de piel blanca, los cuales comprenden sólo el 63% del Ejército de los Estados Unidos (36). Estos resultados parecen indicar que la raza blanca es más propensa que otras a padecer hiponatremia. Son

necesarios más estudios que corroboren esta hipótesis.

### Diferencias en función de la edad

No hemos encontrado ningún estudio que informe sobre la predisposición y/o posibilidad de sufrir hiponatremia en diferentes grupos de edad. No obstante hay que tener presente que este tipo de pruebas suelen ser realizadas por personas jóvenes, lo cual dificulta la realización de estudios comparativos entre diferentes edades en situaciones reales de competición y por tanto la obtención de conclusiones al respecto.

### Diferencias antropométricas

Dentro de individuos del mismo género, aquellos que poseen menor tamaño corporal pueden parecer, a priori, más propensos a sufrir hiponatremia. El motivo puede ser el mismo que el expuesto para las mujeres: necesitan consumir menos líquido que individuos más grandes y con mayor masa muscular, para llevar el sodio en plasma a concentraciones de hiponatremia (3,27).

### Nivel de actividad y/o condición física

Existen evidencias que indican que aquellas personas que obtienen peores marcas en carreras de maratón o aquellos sujetos que se encuentran al comienzo de un período de entrenamiento de resistencia son más propensas a desarrollar hiponatremia (17,24). Todo ello parece situar al nivel de condición física como un importante factor de riesgo a tener en cuenta. Mayers et al. (37) se muestran a favor de esta postura y añaden que también aquellos atletas más entrenados, que por cualquier motivo, disminuyen su ritmo potencial de carrera, tendrán más posibilidades de desarrollar hiponatremia. La explicación a este hecho se basa en que aunque la intensidad de la prueba es directamente proporcional al ritmo de sudoración (determinado por el ritmo metabólico, que es menor al disminuir la velocidad), una menor velocidad de carrera permite una mayor posibilidad de ingerir líquidos, sumado a que el vaciado gástrico y la absorción intestinal se ven favorecidos por una menor intensidad en el ejercicio (38). Otra justificación alternativa puede ser que el nivel de aptitud física y la aclimatación influyan en la pérdida de sodio, lo que podría aumentar las pérdidas en los no entrenados hasta 100 mmol/L, mientras que en personas entrenadas sería de 10 mmol/L (39).

### Consumo de fármacos

Las personas que están consumiendo anti-inflamatorios no esteroideos (AINES) poseen un mayor riesgo de desarrollar hiponatremia durante el transcurso o al final de una prueba de ultraresistencia (17). Hasta el momento no ha sido descrito con precisión el mecanismo fisiológico responsable de la hiponatremia como causa del consumo estos fármacos.

Diversos estudios han constatado los desequilibrios electrolíticos que se producen a causa de la administración de diuréticos. En concreto se puede producir disminución de potasio y sodio. En determinados grupos de población, ancianos y especialmente mujeres, se han producido casos de hiponatremia severa causada por el uso de estos fármacos (40,41). Por otro lado, se conoce el uso incontrolado e ilegal de diuréticos en modalidades deportivas con categorías por peso corporal. En estas circunstancias, el uso de estos fármacos constituye un factor de riesgo para hiponatremia. Tras revisar la literatura publicada hasta el momento, no hemos encontrado ningún estudio que informe de la existencia de cuadros hiponatémicos este tipo de deportes. Ello puede deberse a que se trata de esfuerzos de corta duración y elevada intensidad, situación poco favorable para alcanzar estados de sobrecarga hídrica (reducción de absorción intestinal, incremento de sudoración, etc.) que provoquen hiponatremia.

### Clima

Por su idiosincrasia y características, los deportes de ultraresistencia, especialmente los de triatlón ultradistancia, han sido comúnmente desarrollados en ambientes cálidos, por ello la mayoría de los estudios publicados hasta la fecha han sido llevados a cabo bajo estas condiciones climatológicas (1,2,4,5,7,12,13,15-22,24-28,30-33,36,37,). Sin embargo, surge la necesidad de hallar cuales son las condiciones ambientales que favorecen y provocan un mayor número de casos de hiponatremia en los atletas que disputan pruebas de extrema duración. Los resultados de O'Brian et al (24) mostraron cómo el 85% de las hospitalizaciones por hiponatremia asociada a ejercicio de los soldados del ejército americano ocurrieron entre los meses de mayo y septiembre, produciéndose el mayor número de casos durante el mes de julio. Según estos resultados, el estrés térmico podría ser considerado como el factor etiológico de la hiponatremia. Igualmente, podría existir un factor psicológico que incita a los sujetos a ingerir grandes cantidades de líquido para evitar las consecuencias de la deshidratación e hipertermia asociada a elevadas temperaturas, lo que resultaría en una trampa fatal (18,19,25,43). Por otro lado, Stuempfle et al. (3) encontraron que el 44% de los participantes en un ultramaratón de 161 km a bajas temperaturas acabaron con hiponatremia. Este es uno de los porcentajes más elevados de sujetos participantes en pruebas de ultraresistencia que han acabado con hiponatremia, de ahí que se crea que ésta podría venir ocasionada como resultado común en esfuerzos de ultraresistencia. Esto podría verse agravado por las condiciones de frío extremo. No obstante, con las evidencias disponibles hasta el momento, resulta imposible formular una conclusión acerca de cómo afecta el clima al desarrollo de hiponatremia asociada a ejercicio de ultraresistencia. Son necesarios más estudios para poder corroborar una u otra hipótesis.

### Hiponatremia y rendimiento deportivo

Recientemente no se ha encontrado una asociación directa entre la pérdida de peso por deshidratación y el rendimiento en una prueba de ultraresistencia (31). No obstante, sí hubo una correlación negativa entre las concentraciones de sodio plasmático al finalizar la prueba y el tiempo total empleado en desarrollar la carrera, independientemente de que los atletas mostraran o no síntomas de hiponatremia. Sin embargo, otros autores no han conseguido establecer relación alguna entre estas variables (3). Debido a la escasa información al respecto, son necesarios más estudios que permitan explicar cómo influyen las concentraciones de sodio plasmáticas en el rendimiento deportivo.

### Corrección de la hiponatremia

El personal sanitario que acude a pruebas de ultraresistencia debe tener en consideración la alta presencia de casos de hiponatremia en esfuerzos de larga duración, y admitir la posibilidad de que aquellas personas que requieren cuidados sanitarios pueden encontrarse tanto deshidratados como sobrehidratados (24). El porcentaje de casos de hiponatremia entre los atletas que sufren colapsos era del 10% en 1990 (44), y se cree que este porcentaje es mucho mayor en la actualidad. En los últimos años la deshidratación ha preocupado enormemente a entrenadores y fisiólogos: Para prevenirla, se incita a los deportistas a ingerir grandes cantidades de agua, ignorándose la existencia y riesgo de producir justamente la situación contraria a la pretendida: sobrehidratación, y con ella hiponatremia. Así, el axioma "diagnosticar antes de tratar" surge como razonable respuesta a la administración de líquidos vía intravenosa. Esta práctica ha sido utilizada como tratamiento casi automático ante la mayoría de las complicaciones que se producen en esfuerzos de larga duración al "suponer" que la deshidratación es la "única" causa posible de estos desequilibrios (37,45). En 1995, Noakes afirmó que todos los atletas que sufren colapso asociado a ejercicio debían ser tratados con terapia de líquidos intravenosa (46). Las consecuencias de introducir una importante cantidad de líquido en una persona que presente un estado hiponatémico pueden ser catastróficas, pudiendo producir daños neurológicos irreversibles e incluso la muerte. Los servicios sanitarios deberían disponer obligatoriamente de los medios y material necesario que permita realizar un rápido diagnóstico de la concentración de sodio en plasma (Tabla 3). Por otro lado, en pacientes con historial de hiponatremia severa en esfuerzos prolongados, se plantea la posibilidad de utilizar una infusión intravenosa de solución salina hipertónica (3% de cloruro sódico) (43). Este es un tratamiento clínico relativamente novedoso que está siendo usado en línea de meta para casos de hiponatremia severa. Davis et al. (17), estudiaron durante un año y hasta el siguiente maratón a atletas que habían sufrido hiponatremia. Sus

resultados demuestran que la utilización de una solución salina hipertónica (3% de sodio) durante una maratón parece ser un método seguro y eficaz en la corrección de las concentraciones de sodio, lo que podría evitar las complicaciones asociadas a hiponatremia. Otros autores coinciden en la utilidad de su uso, pero sólo en casos de hiponatremia aguda (43,47). Los mismos autores advierten de la importancia de no administrar mucha cantidad de sodio en poco tiempo, puesto que un aumento súbito de la concentración de sodio plasmático puede provocar mielinolisis pontina central, lo que puede inhibir la conducción del impulso nervioso (13,48). Noakes (49) advierte que el ritmo de administración de la solución salina hipertónica (3% cloruro sódico) no debe exceder los 50mL/h.

TABLA 3  
Corrección de hiponatremia

La terapia de líquido intravenoso está indicada *sólo* cuando el paciente:

- Muestre claros signos clínicos de deshidratación (p.e., sequedad en la membranas mucosas, incapacidad para escupir, ojos hundidos)
- Tiene deshidratación que causa signos de inestabilidad cardiovascular o problemas médicos derivados
- No puede ser tratado con rehidratación oral
- Está inconsciente y tiene una concentración de sodio plasmático superior a 130mmol/L

Indicaciones para terapia de líquido intravenoso tras colapso asociado a ejercicio (12).

### Recomendaciones prácticas para pruebas de ultraresistencia

#### A) Ingesta de líquidos (Tabla 4a)

Durante la práctica deportiva intensa una pérdida relativa de peso corporal del 6 al 10%, puede causar una importante reducción del rendimiento y serias consecuencias para la salud (19,44,50). Los cambios de masa corporal durante una prueba de larga duración vienen provocados, principalmente, por la pérdida de agua en forma de sudor y respiración (51). Por ello, finalizar la carrera con un peso similar al inicial, supuestamente para asegurar que no se produzca deshidratación, es una extendida recomendación en el mundo del deporte. Esta creencia es especialmente extendida y no menos equívoca en el caso de los esfuerzos de ultraresistencia. Es sabido que durante el desarrollo de la prueba se puede producir una pérdida de masa corporal de hasta 2 kg no procedente de la pérdida de líquido y que incluye pérdida de masa grasa, glucógeno muscular y agua almacenada con éste (4,27,30,33,52). Ésta es una apreciación de vital importancia. Aquellos sujetos que se hidraten lo

suficiente como para mantener la constancia de su peso durante un ejercicio de ultraresistencia, pueden estar realmente sobrehidratados en 2 litros (3). La frase "bebe tanto como puedas" podría considerarse culpable de un gran número de casos de hiponatremia, como resultado de una excesiva ingesta de fluidos. Esta idea debería ser eliminada. Es necesario conocer el porcentaje y/o posibilidades y consecuencias de la hiperhidratación, especialmente durante pruebas de ultraresistencia (24). La mayoría de los autores coinciden en que la cantidad de agua ingerida actualmente suele ser excesiva y que es necesario restringir la ingesta de líquidos, cuando se prevean ejercicios de larga duración (1,18,19,24,25,53). Por otro lado, de forma genérica, se aconseja a las mujeres y a los hombres de menor masa corporal tomar menos líquido que los de mayor tamaño, y ello por dos motivos: 1) porque poseen menor ritmo de sudoración; 2) porque al poseer menor tamaño corporal, es necesaria menos cantidad de agua para llevar el sodio a concentraciones hiponatrémicas (3). Por otro lado, se recomienda a los triatletas de ultradistancia que sean especialmente cautos en la ingesta de líquido durante la sección de bicicleta, ya que por sus características permite beber mayor cantidad de líquido que durante la sección de carrera (889 vs 632 mL/h), siendo sus pérdidas hídricas considerablemente menores (808 vs 1,021 mL/h) (31).

Existen pocos datos acerca de las cantidades de líquido que deben ser ingeridas durante una prueba de ultraresistencia. Siguiendo las recomendaciones del ACSM (American College of Sports Medicine), se deberían beber entre 0.600 y 1.200 litros de agua por hora de ejercicio en esfuerzos de más de una hora (54). Estas cantidades

extrapoladas a un ultramaratón con tiempo medio final de 27.6 horas, supondría haber consumido 16.6-33.1 litros de agua a final de la prueba (3). Estas recomendaciones fueron establecidas con esfuerzos de menor duración que las competiciones de ultraresistencia, por lo que pueden no ser recomendables para una prueba de estas características (55), especialmente los valores máximos de dicho rango (30) y si el esfuerzo se desarrolla en ambientes fríos (Stuempfle et al, 2003). Rogers et al (52) informan que los atletas que participaron en un triatlón de 21km en canoa, 97 km en bicicleta y 42 km corriendo, ingirieron una media de 0.737 L/hora. En otro estudio, liderado por Fallon (56), se registraron las cantidades de líquido ingeridas durante un ultramaratón de 100 km, obteniendo una ingesta media de 0.540L/hora. Una mayor ingesta de líquido fue observada en un ultramaratón de 160 km desarrollado en ambiente extremadamente caluroso, donde los participantes ingirieron una media de 0.700 L/hora y finalizaron la carrera con un incremento de volumen plasmático del 12% (57). En otro estudio realizado en similares condiciones, el mismo autor observó que aquellos sujetos que sufrieron algún tipo de alteración mental (confusión y descoordinación) habían ingerido significativamente más líquido, hidratos de carbono y kilocalorías en general, que los deportistas sin sintomatología mental (58).

Actualmente no se dispone de información concluyente acerca de las cantidades de líquido idóneas a ingerir en pruebas de ultraresistencia. Es necesario establecer unas guías u orientaciones respecto a la ingesta hídrica específica en esfuerzos de ultraresistencia que permitan disminuir el riesgo de sufrir hiponatremia.

TABLA 4a  
Estudios sobre ingesta de líquido en esfuerzos de ultraresistencia en relación con el desarrollo de hiponatremia

Autor (Año)	Deporte /Tipo de ejercicio	Cantidad ingerida	Conclusiones
Ingesta de líquido			
Murray (1996) <sup>54</sup>	Cualquier ejercicio de más de 1 hora	0.600-1.200 L/hora	La ingesta de líquido recomendada para cualquier deporte de resistencia de más de 1 hora es (0.6 – 1.2 L/hora).
Speedy et al (2001) <sup>50</sup>	Triatlón Ironman	Sección carrera (0.632 L/h). Sección bicicleta (0.889 L/hora)	En concordancia con la pérdidas hídricas de la sección de carrera y bicicleta (1.021 vs 0.808 L/hora), se recomienda ingerir más líquido en la primera y menos en la segunda.
Stuempfle et al (2002) <sup>3</sup>	Ultramaratón de 161 km (carrera o bicicleta) en ambiente frío.	Grupo Normonatémico(0.400 L/h) Grupo Hiponatémico (0.500 L/h)	Los sujetos sufrieron hiponatremia ingirieron más líquido que el resto, si bien estas diferencias no fueron significativas.
Glance et al (2002) <sup>57</sup>	Ultramaratón 160 km (carrera)	0.700 L/hora	El volumen plasmático se incrementó un 12%.
Stuempfle et al (2003) <sup>63</sup>	Ultramaratón 161 km (carrera o bici o ski) en ambiente frío	0.300 L/hora	La [Na <sup>+</sup> ] disminuyó debido a la sobrecarga hídrica producida por excesiva ingesta de líquido. Las recomendaciones actuales de 0.5-1 L/hora, son demasiado altas para eventos de ultraresistencia desarrollados en ambientes fríos.
Hew et al (2003) <sup>64</sup>	Maratón (42km).		La ingesta excesiva de líquido y un mayor tiempo de llegada a meta fueron los principales factores de riesgo para el desarrollo de hiponatremia.

[Na<sup>+</sup>] Concentración de sodio en plasma

### B) Ingesta de sodio (Tabla 4b)

Stuempfle et al (3) observaron que los sujetos que terminaron ultramaratón de 161 km en condiciones hiponatremicas consumieron menos sodio que sus compañeros normonatremicos, aunque estas diferencias no llegaron a ser significativas. Similares resultados se obtuvieron en otro estudio (59), en el cual se observó que administrando cantidades de 50 y 100 mEq/L de sodio durante una prueba en bicicleta de 4 horas de duración, se conseguía mantener mejor las concentraciones de sodio en plasma que ingiriendo una disolución con 5 mEq/L de sodio, aunque las diferencias tampoco fueron significativas. En el mismo trabajo se encontró que a partir de las 3 horas de ejercicio se producía un aumento significativo en la osmolalidad por la ingesta de disoluciones con 50 y 100 mEq/L de sodio. Esto es un dato importante teniendo en cuenta que la hipo-osmolalidad es una condición que aparece fuertemente ligada a la hiponatremia en esfuerzos de ultraresistencia. Todo parece indicar que una apropiada ingesta de sodio puede reducir el número de casos de hiponatremia (1,3), pero son necesarias más investigaciones para corroborar dicha hipótesis. En este caso, es necesario determinar la cantidad óptima que debe ser ingerida, puesto que existen evidencias de que ingerir elevadas cantidades de sodio durante el ejercicio puede reducir el ritmo de producción de orina (59), lo cual dificultaría la estabilización del equilibrio electrolítico. También ha sido demostrado que la inclusión de sodio en las bebidas deportivas

mejora su palatabilidad (60) e incita a aumentar la ingesta de líquido (61). En ambos casos, la suplementación de sodio estaría produciendo el efecto contrario al pretendido.

Recientemente se ha estudiado la influencia de la suplementación con cloruro sódico sobre el peso corporal, concentración de sodio en plasma, volumen plasmático y prevención de la hiponatremia (62). Los sujetos que ingirieron una media de 6,3 g de sodio durante toda la prueba, (0,5 g sodio/h) no sufrieron hiponatremia, en contraste con la mayoría de los últimos estudios realizados en deportes de ultraresistencia (1-5,12,15-17,23,24,27,30-34,36,53). Por otro lado, no se observó ninguna diferencia significativa en la concentración de sodio plasmático entre el grupo suplementado y el grupo control, lo cual no sorprende a los autores, pues afirman que no es necesaria una ingesta adicional de sodio para prevenir el desarrollo de hiponatremia en atletas que sólo reemplazan parcialmente sus pérdidas de fluidos durante un ejercicio prolongado. Sin embargo, la suplementación de sodio es necesaria para prevenir casos de "intoxicación de agua" (estado hipervolemia provocado por la excesiva ingesta de líquido vía oral) o hiperhidratación asociada al ejercicio. En conclusión, la ingesta de sodio en pruebas de ultraresistencia sólo resultaría útil y efectiva en aquellos casos en los que se pudiera beber más líquido del conveniente. No obstante, son necesarios más estudios en esta línea que refuercen esta hipótesis.

**TABLA 4b**  
Estudios sobre ingesta de sodio en esfuerzos de ultraresistencia en relación con el desarrollo de hiponatremia

Autor (Año)	Deporte /Tipo de ejercicio	Cantidad ingerida	Conclusiones
Ingesta de sodio			
Vrijens y Rehrer (1999) <sup>65</sup>	3 horas en cicloergómetro (55% VO <sub>2</sub> max)	Ingesta de líquido ajustada a pérdidas hídricas individuales. Dos grupos: control (agua destilada), experimental (Gatorade = 18 mmol/L de sodio).	La ingesta de bebidas sin sodio disminuye la [Na <sup>+</sup> ] en esfuerzos prolongados desarrollados en ambientes calurosos. Se recomienda consumir bebidas con sodio para el mantenimiento de las [Na <sup>+</sup> ].
Sanders et al (2001) <sup>59</sup>	Prueba en cicloergómetro (4 horas)	50-100 mEq/L de sodio (3.8 L ingeridos)	Cuando la ingesta de líquido iguala las pérdidas por sudoración, ingerir sodio a estas cantidades incrementa ligeramente la osmolalidad.
Speedy et al (2002) <sup>62</sup>	Triatlón Ironman	Dos grupos: control (sólo agua), experimental (0.5 g/hora de sodio)	No diferencias significativas entre grupo suplementado y control. Concluyen que sólo es necesario suplementar cuando previamente se ha ingerido demasiado líquido.
Glance et al (2002) <sup>57</sup>	Ultramaratón 160 km (carrera)	0.6 g/hora	La [Na <sup>+</sup> ] disminuyó significativamente (43-40mmol/L). Se observó una relación inversa entre [Na <sup>+</sup> ] e ingesta de líquido y pérdida de peso corporal.
Stuempfle et al (2002) <sup>3</sup>	Ultramaratón de 161 km (carrera o bicicleta)	Grupo Normonatremico (298 mg/hora) Grupo Hiponatremico (235 mg/hora)	Los sujetos sufrieron hiponatremia ingirieron menos sodio que el resto, si bien estas diferencias no fueron significativas.
Twerenbold et al (2003) <sup>66</sup>	4 horas de carrera (pista 400m)	Tres grupos (ingirieron 1L/hora de líquido): control (sólo agua), baja [Na <sup>+</sup> ] (0.410 g/L), alta [Na <sup>+</sup> ] (0.680 g/L).	La suplementación con sodio de al menos 0.680 g/h en mujeres con en estado de sobrecarga hídrica (causa del desarrollo de hiponatremia) resulta efectiva para mantener la [Na <sup>+</sup> ].

[Na<sup>+</sup>]. Concentración de sodio en plasma

## CONCLUSION

El rendimiento físico y mental, así como la salud los deportistas puede verse seriamente deteriorada durante el ejercicio físico y la actividad deportiva como causa de deshidratación corporal, pero las características específicas de los esfuerzos de ultraresistencia obligan a la comunidad deportiva a considerar la posibilidad de que pueda producirse también la consecuencia opuesta a la deshidratación, sobrehidratación.

La sobrecarga hídrica, como consecuencia de una excesiva ingesta de líquido, parece la principal causa de aparición de hiponatremia asociada a esfuerzos de larga duración. Esto supone una amenaza potencial para la salud de los atletas. La ingesta de la cantidad adecuada de líquido se presenta por tanto como el método más importante para prevenir la aparición de hiponatremia. La aplicación de programas educativos que incluyan una apropiada ingesta de líquidos y reemplazamiento de las pérdidas electrolíticas, pueden ser una estrategia efectiva para prevenir y/o tratar la hiponatremia sintomática.

Se necesitan más investigaciones que permitan establecer unos patrones de hidratación específicos para los esfuerzos de ultradistancia y dilucidar la eficacia y/o necesidad de una suplementación de sodio para evitar el desarrollo de hiponatremia y mejorar el rendimiento deportivo.

## REFERENCIAS

1. Montain SJ, Sawka MN, Wenger CB. Hyponatremia associated with exercise: risk factors and pathogenesis. *Exerc Sports Sci. Rev* 2001;29:113-17.
2. Speedy DB, Rogers I, Safih S, Foley B. Hyponatremia and seizures in an ultradistance triathlete. *Emerg Med* 2000;18:41-4.
3. Stuemple KJ, Lehmann DR, Case HS, Bailey S, Hughes SL, McKenzie J, et al. Hyponatremia in a cold weather ultraendurance race. *Alaska Med* 2002;44:51-5.
4. Speedy DB, Rogers IR, Noakes TD, Thompson JM, Guirey J, Safih S, et al. Diagnosis and prevention of hyponatremia at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med* 2000;10:52-8.
5. Laursen P, Rhodes E. Factors affecting performance in an ultraendurance triathlon. *Sports Med* 2001;31:195-209.
6. Kreider RB. Physiological considerations of ultraendurance performance. *Int J Sports Nutrition* 1991;1:3-27.
7. Coyle EF. Fluid and carbohydrate replacement during exercise how much and why? *Sports Sci Exchange* 1994;7:3-50.
8. Rehrer N. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med* 2001;31:701-15.
9. Ruiz JR, Mesa JLM, Mula FJ, Castillo MJ, Gutiérrez A. Hidratación y rendimiento: pautas para una elusión efectiva de la deshidratación por ejercicio. *Apunts, Educación Física y Deportes (Esp)* 2003; 70: 26-33.
10. González-Gross M, Gutiérrez A, Ruiz-Ruiz J, Mesa JL, Castillo MJ. La nutrición en la práctica deportiva: Adaptación de la pirámide nutricional a las características de la dieta del deportista. *Arch Latinoamer Nutr* 2001;51: 321-331.
11. Gutiérrez A, Mesa JLM, Ruiz JR, Chiroso JL, Castillo MJ. Sauna-induced rapid weight loss decreases explosive power in women but not in men. *Int J Sport Med* 2003;24:518-22.
12. Speedy DB, Noakes TD, Rogers IR, Thompson JM, Campbell RG, Kuttner JA, et al. Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:809-15.
13. Celi M, D'erasmo E, Letizia C. L'iposodiemia nella pratica clinica. *Recenti prog med* 2002;93:373-6.
14. Kumar S, Berl T. Sodium. *Lancet* 1998;352:220-8.
15. O'Toole ML, Douglas PS, Laird RH, Hiller WDB. Fluid and electrolyte status in athletes receiving medical care at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med* 1995;5:116-22.
16. Hsieh M, Roth R, Davis DL, Larrabee H, Callaway CW. Hyponatremia in runners requiring on-site medical treatment at a single marathon. *Med. Sci. Sports Exerc* 2002;34:185-9.
17. Davis DP, Videen JS, Marino A, Vilke GM, Dunford JV, Van Camp SP, et al. Exercise-associated hyponatremia in marathon runners: a two-year experience. *J Emerg Med* 2001;21:47-57.
18. Gardner JW, Gutmann FD. Fatal water intoxication of an Army trainee during urine drug testing. *Mil Med* 2002;167:435-7.
19. Gardner JW. Death by water intoxication. *Mil Med* 2002;167:432-4.
20. Hiller WDB: Dehydration and Hyponatremia during triathlons. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21 Suppl 1:219-21.
21. Nokes TD: The hyponatremia of exercise. *Int J Sport Nutr* 1992;2:205-28.
22. Zelingher J, Putterman C, Ilan Y, Dann EJ, Zveibil F, Shvil Y, et al. Case series: hyponatremia associated with moderate exercise. *Am J Med Sci* 1996;311:86-91.
23. Speedy DB, Noakes TD, Holtzhausen L. Exercise-Associated Collapse: Postural Hypotension, or Something Deadlier? *Phys Sportsmed* 2003;31(3).
24. O'Brien KK, Montain SJ, Corr WP, Sawka MN, Knapik JJ, Craig SC. Hyponatremia associated with overhydration in U.S. Army trainees. *Mil Med* 2001;166:405-10.
25. Garigan TP, Ristedt DE. Death from hyponatremia as a result of acute water intoxication in an Army basic trainee. *Mil Med* 1999;164:234-8.
26. Barry D, Mink BD. Hyponatremia or Hype? *Phys Sportsmed* 2001;29(7).
27. Speedy DB. Exercise-induced hyponatremia in ultradistance triathletes is caused by inappropriate fluid retention. *Clin J Sport Med* 2000;10:272-8.
28. Armstrong LE, Curtis WC, Hubbard RW, Francesconi RP, Moore R, Askew EW. Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in heat. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25: 543-9.
29. Ratjen F, Doring G. Cystic fibrosis. *Lancet* 2003;361:681-9.
30. Speedy DB, Noakes TD, Kimber NE, Rogers IR, Thompson JM, Boswell DR, et al. Fluid Balance During and After an Ironman Triathlon. *Clin J Sport Med* 2001;11:44-50.
31. Sharwood K, Collins M, Goedecke J, Wilson G, Noakes T. Weight changes, sodium levels, and performance in the South African Ironman triathlon. *Clin J Sport Med* 2002;12: 391-9.

32. Speedy DB, Noakes TD, Boswell T, Thompson JM, Tehrer N, Boswell DR. Response to a fluid load in athletes with a history of exercise induced hyponatremia. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1434-42.
33. Speedy DB, Noakes TD, Rogers IR, Hellemans I, Kimber NE, Boswell DR, et al. A prospective study of exercise-associated hyponatremia in two ultradistance triathletes. *Clin J Sport Med* 2000;10:136-41.
34. Speedy DB, Noakes TD, Schneider C: Exercise-associated hyponatremia: a review. *Emerg Med* 2001;13:17-27.
35. Noakes TD. Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 1993;21:297-330.
36. USACHPPM. Overhydration and hyponatremia among active duty soldiers, 1997-1999. *Med. Surveillance Monthly Rep* 2000;6:9-11.
37. Mayers LB, Noakes TD: A guide to treating ironman triathletes at the finish line. *Phys Sportsmed* 2000;28(8).
38. Leiper JB, Broad NP, Maughan RJ. Effect of intermittent high-intensity exercise on gastric emptying in man. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1270-8.
39. Marins JC, Dantas EH, Navarro SZ. Variaciones del sodio y potasio plasmáticos durante el ejercicio físico: Factores asociados. *Apunts, Educación Física y Deportes* 2001;62:48-55.
40. Chow KM, Szeto CC, Wong TY, Leung CB, Li PK. Risk factors for thiazide-induced hyponatraemia. *QJM* 2003;96:911-7.
41. Sharabi Y, Illan R, Kamari Y, Cohen H, Nadler M, Messerli FH, Grossman E. Diuretic induced hyponatraemia in elderly hypertensive women. *J Hum Hypertens* 2002;16:631-5.
43. Flinn SD, Sherer RJ. Seizure after exercise in the heat: recognizing life-threatening hyponatremia. *Phys Sportsmed* 2000;28(9).
44. Noakes TD; Norman RJ; Buck RH; Godlonton J; Stevenson K; Pittaway D. The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22: 165-70.
45. Noakes TD. Hyponatremia in distance athletes: pulling the IV on the 'dehydration myth.' *Phys Sportsmed* 2000;28(9).
46. Noakes TD. Dehydration during exercise: what are the real dangers? *Clin J Sport Med* 1995;5:123-8.
47. Ayus JC, Varon J, Arieff AI. Hyponatremia, cerebral edema, and noncardiogenic pulmonary edema in marathon runners. *Ann Intern Med* 2000;132:711-4.
48. Lampl C, Yazdi K. Central pontine myelinolysis. *Eur Neurol* 2002;47:3-10.
49. Noakes TD: Fluid and electrolyte disturbances in heat illness. *Int J Sports Med* 1998;19 Suppl 1:146-9.
50. Naghii MR. The significance of water in sport and weight control. *Nutr Health* 2000;14: 127-32.
51. Armstrong LE, Epstein Y. Fluid-Electrolyte Balance During Labor and Exercise: Concepts and Misconceptions. *Int J Sport Nutr* 1999;9:1-12.
52. Rogers G, Goodman C, Rosen C. Water budget during ultraendurance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:1477-81.
53. Noakes TD. Hyponatremia in distance runners: fluid and sodium balance during exercise. *Current Sports Medicine Reports* 2002;4:197-207.
54. Murray B. Fluid replacement: The American College of Sports Med position stand. *Sports Sci Exch* 1996;9:1-5.
55. Speedy DB. The drinking athlete. *The New Zealand Journal of Sports Medicine* 1996;24:33-4.
56. Fallon KE, Broad E, Thompson MW, Reull PA. Nutritional and fluid intake in a 100-km ultramarathon. *Int J Sport Nutrition* 1998;8:24-35.
57. Glace B, Murphy C, McHugh M. Food intake and electrolyte status of ultramarathoners competing in extreme heat. *J Am Coll Nutr* 2002;21:553-9.
58. Glace B, Murphy C, McHugh M. Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2002;12:414-27.
59. Sanders B, Noakes TD, Dennis SC. Sodium replacement and fluid shifts during prolonged exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2001;84:419-25.
60. Gisolfi CV. Ejercicio, absorción intestinal y rehidratación en el deporte. *Archivos de Medicina del Deporte (Esp)* 1994;10:195-200.
61. Shirreffs SM, Maughan RJ. Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses. *Am J Physiol* 1998;274:868-75.
62. Speedy DB, Thompson JM, Rodgers I, Collins M, Sharwood K. Oral salt supplementation during ultradistance exercise. *Clin J Sport Med* 2002;12:279-84.
63. Stuempfle KJ, Lehmann DR, Case HS, Hughes SL, Evans D. Change in serum sodium concentration during a cold weather ultradistance race. *Clin J Sport Med* 2003;13:171-5.
64. Hew TD, Chorley JN, Cianca JC, Divine JG. The incidence, risk factors, and clinical manifestations of hyponatremia in marathon runners. *Clin J Sport Med* 2003;13:41-7.
65. Vrijens DMJ, Rehrer NJ. Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. *J Appl Physiol* 1999;86:1847-51.
66. Twerenbold R, Knechtle B, Kakebeke TH, Eser P, Muller G, von Arx P, Knecht H. Effects of different sodium concentrations in replacement fluids during prolonged exercise in women. *Br J Sports Med.* 2003;37:300-3.

Recibido: 22-05-2003

Aceptado: 31-05-2004