

## REPOSICIÓN HIDROELECTROLÍTICA EN SITUACIONES TÉRMICAS EXTREMAS

### HYDROELECTROLITIC REPLACEMENT IN EXTREME THERMAL SITUATIONS

#### INTRODUCCIÓN

En general podemos decir que son tres los factores que influyen notablemente en la reposición de fluidos e iones durante la realización de ejercicio físico en situaciones térmicas extremas:

1. Entrenamiento de la hidratación.
2. Tasa de vaciado gástrico.
3. Composición de la bebida de reposición.

#### Entrenamiento de la hidratación

Durante el ejercicio prolongado realizado en condiciones térmicas extremas, los deportistas incurren en niveles de deshidratación bastante acusados debido principalmente a las grandes pérdidas de agua a través del sudor (1-2 L/h)<sup>1-3</sup>.

Esta deshidratación progresiva causa alteraciones significativas de los sistemas cardiovascular, metabólico, termorregulador y endocrino, que a su vez pueden anticipar la aparición de la fatiga, ocasionar un golpe de calor o incluso causar la muerte. Más concretamente, **la hipertermia, el aumento de la frecuencia cardíaca y la disminución del gasto cardíaco durante el ejercicio prolongado en situaciones de estrés térmico, se correlacionan directamente con la magnitud de la deshidratación.** Estos efectos negativos de la deshidratación se manifiestan independientemente de la modalidad y de la intensidad

del ejercicio. Con la ingestión de un volumen de líquido equivalente a las pérdidas de agua por la sudoración se previene la deshidratación y, por lo tanto, se evitan estas alteraciones funcionales<sup>4-9</sup>.

La sed no es un mecanismo de control primario, sino más bien una señal de alerta que surge cuando ya se ha perdido cierta cantidad de agua. La ingesta de agua *ad libitum* durante el ejercicio, da como resultado un reemplazo incompleto de las pérdidas de agua corporal, así que a menos que se enfatice la hidratación forzada, ocurrirá cierta deshidratación durante el ejercicio en situaciones térmicas extremas<sup>10-12</sup>.

Desde un punto de vista estrictamente fisiológico, no cabe ninguna duda que el esquema más idóneo de reposición hídrica durante el ejercicio realizado en condiciones de calor ambiental elevado es aquél en el que se reponen completamente las pérdidas de agua provocadas por la sudoración (y, en eventos de larga duración, la excreción de orina). Sin embargo, desde un punto de vista competitivo, los atletas deben encontrar su régimen óptimo de reposición hídrica<sup>13,14</sup>.

Los beneficios fisiológicos de una reposición hídrica completa posibilitan una mayor velocidad de carrera durante la última parte de la competición. Sin embargo, la ingesta de grandes volúmenes de fluidos puede obligar a reducir la velocidad de carrera y provocar trastornos gastrointestinales<sup>15</sup>.

#### Raquel Blasco Redondo

Doctora en Medicina y Cirugía. Médico Especialista en Medicina Interna. Profesora Adjunta en Ciencias de la Salud de la Universidad Europea Miguel de Cervantes. Universidad Europea Miguel de Cervantes. Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León

#### CORRESPONDENCIA:

Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León  
Avda Real de Burgos s/n  
47071 Valladolid  
E-mail: rblasco@uemc.es / rblasco@saludcastillayleon.es

Aceptado: 11.06.2012 / Revisión nº 246

Para asegurar el máximo beneficio de la ingestión de grandes volúmenes de líquidos durante el ejercicio evitando sus desventajas, **los deportistas deben entrenar su capacidad de hidratación**, bebiendo durante sus entrenamientos, máxime si éstos se producen en la temporada de aclimatación a las situaciones de estrés térmico. Enfatizando en este punto, debemos recordar que la hipohidratación causa los mismos efectos que la deshidratación progresiva durante el ejercicio, de modo que los deportistas deben ingerir líquidos con frecuencia, para asegurar un estado de euhidratación, previamente al inicio del ejercicio<sup>16</sup>.

### Vaciado gástrico e hidratación

El balance hídrico durante el ejercicio no siempre es posible debido a que las tasas de sudoración exceden las tasas máximas de vaciado gástrico, lo cual a su vez limita la absorción del fluido. Sin embargo, en la mayoría de los casos el ritmo de ingesta de fluidos durante el ejercicio puede hacerse en pequeñas cantidades que pueden ser vaciadas del estómago y absorbidas en el intestino<sup>15</sup>.

El vaciado gástrico es maximizado cuando la cantidad de fluido en el estómago es alta. Sin embargo, esto se reduce con los fluidos hipertónicos o cuando la concentración de carbohidratos es mayor o igual al 8%. Pero aquellos fluidos que contengan del 4% al 8% de carbohidratos pueden ser vaciados con tasas de 1 L por hora cuando el volumen gástrico es mantenido por encima de los 600 mL<sup>17</sup>.

Los líquidos con mayor contenido energético tienen tasas más lentas de vaciamiento gástrico. Este patrón es el mismo durante el ejercicio que el que se observa en reposo. **El efecto negativo de un alto contenido energético sobre la tasa de vaciamiento gástrico es mucho mayor que el efecto de una alta osmolaridad.** El ejercicio de alta intensidad puede retardar e incluso detener el vaciado gástrico, pero el ejercicio a intensidades alrededor de 70 a 75%  $\text{VO}_2\text{max}$  tiene poco o ningún efecto sobre la tasa de vaciamiento

gástrico. La hipohidratación severa combinada con la hipertermia y el ejercicio intenso retarda el vaciado gástrico, aumentando así el riesgo de implazón gástrica, bazuqueo y posibles despenos diarreicos<sup>18</sup>.

La hipohidratación reduce la tasa de vaciado gástrico de los fluidos ingeridos durante el ejercicio físico realizado en situaciones de estrés térmico por lo tanto, comenzar la ingesta de fluidos durante las etapas tempranas de la actividad física que vaya a ser realizada a altas temperaturas, es importante no solo para minimizar la hipohidratación sino también para maximizar la biodisponibilidad de los fluidos ingeridos<sup>19</sup>.

### Composición de la bebida

Para ser fisiológicamente eficaz, la fórmula de la bebida debe evitar (o al menos reducir al mínimo) las limitaciones impuestas por la ingesta voluntaria, el vaciamiento gástrico y la absorción intestinal, al mismo tiempo que suministre fluido, carbohidratos y electrolitos en suficiente cantidad y con la suficiente rapidez como para provocar respuestas fisiológicas positivas que además beneficien el rendimiento<sup>20</sup>.

El ejercicio realizado a temperaturas extremas aumenta las demandas de hidratos de carbono (CHO) hasta en un 76%. Esto unido al conocimiento de que el equilibrio de CHO y electrolitos mantiene baja la frecuencia cardíaca, así como también los niveles de lactato sanguíneo del cuerpo, obligan a reponerlos de manera constante durante el proceso de hidratación<sup>6, 21</sup>.

La eficacia de la bebida en situaciones de estrés térmico está determinada en gran medida por la cantidad y el tipo de carbohidratos. Además de conferirle el nivel de dulzura que mejora la palatabilidad, los carbohidratos juegan otros papeles importantes. Si se usan los carbohidratos apropiados en la cantidad correcta, el efecto sobre el vaciamiento gástrico es mínimo pero se estimula intensamente la absorción de agua y electrolitos en el intestino delgado. Estas bebidas deben tener una mezcla de carbohidratos (por ejemplo, combinación de sacarosa, glucosa y fructosa)

con una concentración de alrededor de 60-70 g/L (esto es, en torno a un 6-7%)<sup>8,9,12,20</sup>.

Como comentábamos en la revisión previa (*Aclimatación al ejercicio físico en situaciones de estrés térmico*) a partir de los 37°C de temperatura en ambiente seco o de los 29°C en clima húmedo, el sujeto presenta dificultades fisiológicas de adaptación al esfuerzo y el mantenimiento de una actividad física prolongada provoca una disminución del rendimiento y unos requerimientos superiores tanto en agua como en electrolitos, incluso en individuos aclimatados. En estas situaciones de estrés térmico la pérdida de electrolitos, tanto por el sudor como por la orina, es superior en casi un 30%<sup>22</sup>.

Los electrolitos juegan un papel clave al mantener la ingesta de fluidos y promover la hidratación. Esta ingesta se llevará cabo suplementando la fórmula de la bebida de reposición hidroelectrolítica con una pequeña cantidad de cloruro de sodio. La absorción de sal hacia el flujo sanguíneo previene la caída temprana de la osmolaridad del plasma por debajo del umbral de la sed, de manera que ayuda a mantener el deseo de beber. Las bebidas deberán, por tanto, tener entre 110 y 125 mg de sodio por cada 250 ml<sup>8,9,12,20</sup>.

Por otro lado, ocasionalmente las condiciones medioambientales a veces no se conocen del todo hasta el mismo día de la competición; por ello, es adecuado que el deportista lleve consigo una amplia variedad de productos para prepararse bebidas con mayor (geles, colas) y menor concentración (bebidas con 4-5% de carbohidratos) e irse autoadministrando los fluidos acorde a sus necesidades.

Por último, es muy importante tener en cuenta que existen condiciones medioambientales caracterizadas por alta temperatura y humedad, junto a velocidad del aire escasa o inexistente, en las que no es posible, incluso para sujetos entrenados y aclimatados al calor, mantener un nivel constante de las funciones corporales a pesar

de estar bien hidratados. En tales condiciones, en las que la tasa de evaporación necesaria para mantener un equilibrio térmico excede la máxima capacidad de evaporación del entorno, se produce un incremento rápido de la temperatura corporal, hipertermia, y la única opción para salvaguardar la salud de los deportistas consiste en **reducir la producción de calor disminuyendo la intensidad del ejercicio**<sup>23,24</sup>.

## CONSIDERACIONES PRÁCTICAS EN SITUACIONES TÉRMICAS EXTREMAS: EL ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DEL EJERCICIO

### Recomendaciones para la ingesta de fluidos y electrolitos antes del ejercicio

Los atletas deben estar bien hidratados cuando comienzan el ejercicio. Una correcta hidratación antes del esfuerzo deportivo pasa por dietas blandas, en especial en las 24 horas previas, con preferencia de carbohidratos y frutas, que aporten energía, dejen poco residuo y no sean excesivamente termogénicas en su metabolismo<sup>8,9</sup>.

Además de beber cantidades generosas de líquidos en las 24 h previas a la sesión de ejercicio, la *National Athletic Trainers Association* (NATA) recomienda beber de 400 a 600 mL de fluidos 2-3 horas antes del ejercicio<sup>17</sup>. Dicha práctica debería optimizar el estatus de hidratación permitiendo suficiente tiempo para que cualquier exceso de fluido sea excretado como orina antes del comienzo del ejercicio<sup>25,26</sup>.

Debemos ser exigentes a la hora de controlar el estado de hidratación previo al esfuerzo. La mejor manera de controlar un aporte apropiado de agua durante una competición de larga duración o un ciclo de entrenamiento es el control del peso corporal. La disminución del peso del deportista suele ser por pérdida de agua. Un aporte de 2-2,5 l/día de agua puede ser insuficiente en ambientes muy calurosos, pudiendo llegar a necesitarse 4 l/día o más<sup>8,9</sup>.

La hidratación previa es especialmente importante en las pruebas de corta duración o ejercicio de entrenamiento de alta intensidad, en los que no es preciso y muchas veces es imposible hacer una hidratación durante los mismos. Esto evita lesiones que impidan la progresión de la preparación o el óptimo rendimiento durante la prueba.

Se han realizado numerosos estudios sobre la hiperhidratación previa al esfuerzo. Existe evidencia de que en individuos sanos, los riñones excretan cualquier exceso de agua, y por lo tanto **la ingesta en exceso de fluidos antes del ejercicio es inefectiva** para inducir una hiperhidratación pre-ejercicio<sup>27</sup>.

Por este motivo se han realizado trabajos con diferentes suplementaciones en orden a favorecer la retención hídrica intracelular, bien con la ingesta de soluciones salinas o con glicerol como posibles medios para minimizar la diuresis característica cuando un individuo euhidratado ingiere un exceso de agua<sup>28-30</sup>.

Se ha observado una hiperhidratación temporal cuando se ingieren bebidas con altas concentraciones (4100 mmol/L) de sodio. Pero existen graves problemas relacionados con el sabor y con la provocación de náuseas<sup>27,31</sup>.

El glicerol ha mostrado ser un efectivo agente para la hiperhidratación. Varios estudios han sugerido que la ingesta de 1.0-1.5 gramos de glicerol/kg de masa corporal, conjuntamente con grandes volúmenes de agua, pueden incrementar significativamente la retención de agua. Sin embargo, existen numerosos estudios acerca de los efectos secundarios de la ingesta de glicerol que convalidan claramente este método de hiperhidratación<sup>27,32</sup>.

Como resumen de este apartado podríamos decir que “si se mantiene la euhidratación durante el ejercicio en el calor entonces la hiperhidratación (pre-ejercicio) parece no tener una ventaja significativa. Sin embargo hay que enfatizar que *“la práctica de beber en las horas previas al ejercicio es efectiva para asegurar la euhidratación antes del ejercicio”*”.

## Recomendaciones para la ingesta de fluidos y electrolitos durante el ejercicio

En el momento actual existe una amplia gama de deportes y actividades físicas cada vez más exigentes en la duración y condiciones de práctica. Por otro lado, existen actividades como el montañismo y especialidades de fondo, ultrafondo y otras, que suponen un magnífico ejemplo de la importancia de una correcta reposición hidroelectrolítica, no solamente porque busquemos el máximo rendimiento deportivo, sino porque la pérdida de agua y minerales produce desajustes en el correcto funcionamiento de órganos y sistemas que ponen en riesgo la vida del practicante.

Durante la realización de una maratón, la reposición de fluidos suele ser difícil, ya que el ritmo de reposición hídrica necesario para compensar las pérdidas puede producir molestias digestivas. Si unimos esto a las dificultades de beber compitiendo, la mayoría de los estudios realizados en este área llegan, entre otras, a la conclusión de que la ingesta de agua puede estar comprometida, con un déficit de 0,5 a 1 l/h.

Hemos comentado en apartados previos que los atletas deberían intentar beber suficiente fluido como para mantener el balance hídrico, ya que incluso una deshidratación parcial puede comprometer el rendimiento. El comienzo de la fatiga durante ejercicios submáximos prolongados de alta intensidad está asociada con:

- a. La reducción, y hasta la depleción, del glucógeno muscular
- b. La reducción de la concentración de glucosa en sangre
- c. La deshidratación

La ingesta de fluidos con carbohidratos y electrolitos durante el ejercicio prolongado puede evitar la deshidratación, atenuar los efectos de la pérdida de fluidos sobre la función cardiovascular y el rendimiento durante el ejercicio y retrasar el comienzo de la fatiga.

La mejora en la capacidad de resistencia es una consecuencia de un efecto ahorrador de glucógeno. Los depósitos de glucógeno son limitados (10-12% del peso en el hígado y 1-1,5% del peso en los músculos), de modo que si conseguimos mantener los niveles de glucemia circulante gracias a un aporte exógeno de glucosa, se puede conseguir un ahorro de glucógeno muscular. De hecho, si se compara con la ingesta de agua sola, al añadir hidratos de carbono a una solución, consumiéndola a un ritmo de 1 g/min, se reduce la oxidación de glucosa en el hígado hasta un 30%<sup>33</sup>. En este sentido, está demostrado que el aporte de carbohidratos en las bebidas de rehidratación durante el esfuerzo mejora el rendimiento del deportista<sup>34</sup>.

Así, en estas pruebas, como en otras en las que no hay interrupciones, hay que beber tanto como se pueda, siempre que se pueda, y quedará a juicio del atleta el tiempo que se pueda perder comparado con el aumento de rendimiento al rehidratarse frecuentemente. En todas aquellas prácticas que permitan beber en descansos entre periodos de juego, o en las que sus propias características lo permitan, **hay que hacerlo constantemente**. De lo contrario el gasto cardíaco va a disminuir y se produce hipertermia con aumento de la frecuencia cardíaca y de la percepción de la dureza del esfuerzo<sup>35</sup>.

## Composición de la bebida

### *Carbohidratos orales (CHO)*

El ejercicio físico a elevadas temperaturas incrementa las necesidades de CHO en el músculo que trabaja hasta en un 76%. Por ello, la adición de un ligero porcentaje de carbohidratos (4-8%), en un flujo de ingesta de 1.200 ml/h de agua, mejora la absorción y permite reemplazar hasta un 80% del agua perdida por el sudor de forma más eficiente. Esta concentración de CHO está especialmente recomendada para eventos de ejercicio intenso que duran más de 1 hora. Aunque también son adecuadas para la hidratación en ejercicios que duren menos de 1 hora, por la facilitación que producen los CHO en la absor-

ción de agua y electrolitos a nivel del intestino delgado.

Los eventos que duran menos de una hora abarcan la mayoría de los deportes de conjunto, algunos eventos de ciclismo, y virtualmente la mayoría de las competiciones de atletismo, remo y natación. La intensidad del ejercicio podrá variar desde el 75% a más del 100% del  $VO_2$  máx. En muchos casos habrá poca oportunidad de ingerir líquidos, y la mayoría de los deportistas no sacrificarían el tiempo para ello. Además el vaciado gástrico está significativamente reducido a intensidades de esfuerzo mayores al 75% del  $VO_2$  máx.

Pese a todo, existen numerosos estudios que evidencian que la ingesta de soluciones a base de carbohidratos y electrolitos durante ejercicios intermitentes prolongados retrasan el agotamiento, de modo que deberemos encontrar el equilibrio ideal para administrárselas al deportista.

Tenemos que procurar que estas bebidas contengan una mezcla de carbohidratos (por ejemplo, combinación de sacarosa, glucosa y fructosa) con una concentración de alrededor de 60-70 g/L.

Por otro lado no debemos olvidar que los CHO mejoran la palatabilidad de la bebida, favoreciendo la apetencia de beber y que, como comentábamos antes, ejercen escaso, por no decir nulo efecto sobre el vaciado gástrico en concentraciones entre el 4-8%<sup>36</sup>.

### *Electrolitos*

En principio debería parecer que no hay necesidad fisiológica de reemplazar electrolitos durante una única sesión de ejercicio de duración moderada (menos de 1 hora), particularmente si el sodio estuvo presente en la comida previa. Sin embargo no debemos olvidar que en situaciones de estrés térmico la pérdida de electrolitos es superior en un 30% a la que acontece en situaciones de temperatura ambiental adecuada, incluso en individuos bien adaptados.

Por este motivo hay que mantener la osmolaridad plasmática por encima del umbral de la sed. Por lo tanto, es obligado incluir sodio en cantidades de 0,5 a 0,7 g/L (como mínimo 110 mgrs de sodio cada 250 cc de bebida) durante la realización de ejercicios de duración mayor a 1 hora.

Con respecto al ión potasio debemos de tener en cuenta que las pérdidas son mucho menores (4-8 mmol/L), tanto en el trabajo de resistencia como de fuerza. Esto, asociado a la hiperpotasemia observada en los esfuerzos físicos a una intensidad elevada, hace que su reposición no sea tan necesaria como la del ión sodio, al menos durante el tiempo que dura la ejecución del esfuerzo, aunque sí es conveniente que se incluya en las bebidas utilizadas para reponer las pérdidas una vez finalizada la actividad física, ya que el potasio favorece la retención de agua en el espacio intracelular, por lo ayuda a alcanzar la rehidratación adecuada<sup>37,38</sup>. Por tanto está indicada su reposición en el fluido para después del esfuerzo debiéndose de aportar entre 120-225 mgrs de K+/litro o lo que es lo mismo entre 2-6 mmol/litro<sup>20</sup>.

Debemos señalar que esta cantidad de sodio excede la cantidad característicamente disponible en bebidas comerciales.

La inclusión de sodio además previene la hiponatremia en personas susceptibles<sup>39</sup>. Aunque la mayoría de los atletas que beben más fluido del que pierden por el sudor excretan el exceso tanto por el sudor, como por la orina. No obstante, en algunas personas el fluido es retenido, y en ese caso si éste es hipoosmolar existe un riesgo potencial de padecer hiponatremia dilucional. Existen estudios que avalan el limitar la ingesta de fluidos para que no exceda la tasa de sudoración como medida para reducir el riesgo de hiponatremia<sup>40</sup>, pero el riesgo de hipo e incluso deshidratación es importante con las consideraciones que ya hemos realizado anteriormente.

### Ritmo de reposición

No parece fácil establecer el periodo de tiempo ideal entre ingestas para mantener una correcta

hidratación. En líneas generales, podemos decir que esto es una cuestión personal, pero sí se puede concluir que es importante beber agua abundantemente, siempre que se pueda. Si no se puede mantener el balance hídrico, se debería ingerir la máxima cantidad de líquido que pueda ser tolerado.

Las consideraciones más comúnmente aceptadas por la literatura especializada<sup>8,9,12,20</sup> para una correcta hidratación durante el esfuerzo de intensidad en condiciones de temperatura alta nos indican que la reposición óptima se debe de conseguir ingiriendo volúmenes entre 250 y 300 ml, a intervalos de 15 a 20 minutos a una temperatura fresca-fría entre (5-10°C) con un flujo de 1.000-1.500 ml/h y con una leve concentración del 6% de HC, moderadamente mineralizada y comenzando cuando empieza el ejercicio.

En estudios publicados sobre el ritmo de reposición hidroelectrolítica, se demuestra que la reposición del 80% de las pérdidas de fluido a través del sudor sólo causa un incremento pequeño de la temperatura corporal y de la frecuencia cardíaca así como una discreta disminución del volumen sistólico durante 2 horas de ejercicio moderado en el calor<sup>23</sup>.

Pero con la ingestión de un volumen de líquido igual al 100% de las pérdidas de agua a través del sudor se evitan por completo estas alteraciones funcionales durante el ejercicio en el calor, y el organismo se comporta de forma similar a como lo hace en un entorno con una temperatura ambiental de 22°C<sup>41-43</sup>. Este régimen forzado de reposición hídrica no causa ningún problema gastrointestinal ni produce un aumento del volumen de orina tras finalizar el ejercicio en los sujetos que ya están acostumbrados a beber volúmenes elevados de líquido durante las sesiones previas de familiarización<sup>44-45</sup>.

Es más, se evidencia que tras los ajustes iniciales propios de la transición de un estado de reposo al ejercicio, los sujetos mantienen unos niveles constantes de frecuencia cardíaca, volumen sistólico, gasto cardíaco, presión arterial media, temperatura corporal, flujo cutáneo y de con-

centración plasmática de catecolaminas, hasta el final de las 2 horas de ejercicio<sup>46</sup>.

Por lo tanto, pese a que desde un punto de vista estrictamente fisiológico, el régimen óptimo de reposición hídrica durante el ejercicio en el calor es aquel en el que se reponen por completo las pérdidas de agua a través del sudor, como ya hemos indicado antes, existen condiciones ambientales caracterizadas por alta temperatura y humedad, junto a velocidad del aire escasa o inexistente (>35°C a un 75-85% de humedad relativa) en las que no es posible, incluso para sujetos entrenados y aclimatados al calor, mantener la homeotermia a pesar de estar bien hidratados.

En esas condiciones la tasa de sudoración necesaria para mantener dentro de límites aceptables la temperatura central excede la máxima capacidad de evaporación del entorno. En estos casos, la única opción para salvaguardar la salud de los deportistas consiste en reducir la producción de calor disminuyendo la intensidad del esfuerzo<sup>47</sup>.

Con respecto a la reposición durante los períodos de reposo y recuperación, es imprescindible llevar a cabo las mismas medidas de reposición adaptada a los períodos de descanso, con la misma concentración e intentando en la medida de lo posible mantener el balance hídrico.

### *Niños*

Las pautas de ejercicio e hidratación para la actividad física en el calor están dirigidas, por lo general, a adultos activos. La pregunta de si son aplicables a niños sanos es importante, ya que estos grupos pueden entrenarse tanto como los adultos, y representan un gran segmento de la población deportiva.

Como se comentó en la revisión dedicada a la aclimatación, los niños están potencialmente en desventaja termorregulatoria dado que tienen una menor tasa de sudoración por unidad de superficie corporal y por glándula sudorípara, y un mayor aumento en la temperatura central conforme se deshidratan<sup>48</sup>. Además, a pesar de su menor tasa de sudoración, los niños se

pueden deshidratar tanto como los adultos y las consecuencias son más graves.

Cuando hay bebidas deportivas isotónicas y con sabor disponibles durante el ejercicio prolongado o después de éste, la ingesta voluntaria de los niños es más alta, por lo tanto, los entrenadores y los padres deben asegurarse de que haya oportunidades adecuadas para la ingesta de líquidos, así como de ofrecer bebidas con buena palatabilidad y animar a la ingesta de bebida antes, durante, y después del ejercicio. Aproximadamente 1.8-2 ml•kg cada 15 minutos con la misma composición que la bebida del adulto es suficiente para mantener la euhidratación en un niño sano que entrena a intensidad moderada en el calor. Debe considerarse una mayor ingesta para niños aclimatados, y para aquellos que viven en el trópico, que como consecuencia de su especial aclimatación (débito sudoral que ocasionalmente triplica al del individuo no aclimatado) que podrían sufrir de hipohidratación crónica<sup>48</sup>.

## **RECOMENDACIONES PARA LA INGESTA DE FLUIDOS Y ELECTROLITOS DESPUÉS DEL EJERCICIO**

Si bien durante el esfuerzo la ingesta de líquidos es el aspecto más importante, unido a una determinada ingesta de CHO de rápida asimilación, la hidratación postesfuerzo, al igual que la hidratación previa, debe formar parte de un plan integrado con la alimentación.

Es relativamente habitual la existencia de una importante pérdida de peso durante los campeonatos de larga duración y ésta se relaciona con una incorrecta hidratación, previa y durante el esfuerzo. Así, la etapa postesfuerzo tiene como finalidad compensar las pérdidas acumuladas y preparar al deportista para afrontar sus próximos compromisos en las mejores condiciones.

Conviene señalar que en las situaciones más extremas y con actividades mantenidas durante días las pérdidas pueden llegar a 10 l y los requerimientos totales pueden sobrepasar los 15 l/día.

Es precisa una reposición de entre el 150-200% del peso perdido durante una sesión de ejercicio para cubrir las pérdidas por sudoración más la producción de orina<sup>2,8,9</sup>.

La rehidratación postesfuerzo está influenciada fundamentalmente por el volumen y la composición del líquido consumido. La cantidad de fluido que ingiera el deportista va a variar dependiendo del sabor de la bebida y sus efectos sobre el mecanismo de la sed. La ingesta de alimentos sólidos, y la composición de éstos, también juega un papel importante, pero existen muchas circunstancias en las cuales se evita el consumo de alimentos sólidos entre sesiones de ejercicio o inmediatamente después del mismo, que obligan a desestimar la ingesta sólida<sup>49</sup>.

Debido a que la mayoría de las bebidas deportivas no contienen suficiente sodio como para optimizar el reemplazo de fluidos postejercicio, los atletas pueden mejorar su rehidratación consumiendo conjuntamente una comida que contenga sodio<sup>50</sup>.

Es imprescindible prestar atención a los electrolitos y minerales, especialmente el Na<sup>+</sup>, más abundante en el líquido extracelular, pero también el K<sup>+</sup> y Mg<sup>++</sup>. Por otro lado, las pérdidas basales (urinarias, digestivas y cutáneas) van a permanecer al menos 2 horas tras el esfuerzo. Así, la reposición hidrosalina debe cubrir la totalidad de las pérdidas y para ello pueden ser necesarios volúmenes de 1,5 o 2 veces, el perdido durante el esfuerzo<sup>49</sup>.

La inclusión de sodio en o con los fluidos consumidos post-ejercicio juega un papel fundamental en la retención del agua ya que reduce la diuresis que se produce cuando se consume agua común. El sodio ayuda al proceso de rehidratación manteniendo la osmolaridad del plasma y por lo tanto, el deseo de beber.

Como hemos comentado, es importante acompañar el agua ingerida de alimentos sólidos, ya que éstos aportan los oligoelementos necesarios para una correcta hidratación. Este planteamiento de una hidratación, dentro de la estrategia integral de nutrición del deportista en campeo-

natos de larga duración, donde muchas pruebas o muchos partidos se suceden en varios días, precisa contemplar la variedad en comidas y bebidas que aseguren los nutrientes y faciliten la ingesta de líquido. Hay que buscar una adecuada palatabilidad que invite a beber.

Dentro de las pautas de rehidratación postesfuerzo merece la pena resaltar el papel que pueden tener algunas bebidas de consumo social como los refrescos y la cerveza.

Con respecto a esta última, presenta una adecuada composición para la reposición hidroelectrolítica. Contiene un 94-96% de agua, dextrinomaltosa, oligoelementos y sustancias antioxidantes como la quercetina. No obstante, debemos prestar atención al grado alcohólico. Un alto consumo perdería las ventajas que aporta la hidratación, en aras de la naturaleza ergolítica del alcohol, unido al estímulo de la diuresis, depresión neuromuscular, depresión del SNC, etc. que conlleva<sup>51</sup>.

Otras bebidas no alcohólicas, como refrescos y otras, pueden ser contempladas para las fases de recuperación, evitando una alta gasificación con el fin de minimizar molestias digestivas. Muchas de ellas cumplen adecuadamente las recomendaciones del *Consenso sobre bebidas para el deportista del Grupo de Trabajo sobre nutrición en el deporte de la Federación Española de Medicina del Deporte* en donde se recomienda que las bebidas de reposición, utilizadas después del entrenamiento o la competición, deben tener un contenido calórico entre 300 kcal/1.000 ml y 350 kcal/1.000 ml, de las cuales al menos el 75% deben provenir de una mezcla de carbohidratos de alta carga glucémica como glucosa, sacarosa, maltodextrinas y fructosa<sup>20</sup>.

## A MODO DE RESUMEN

1. Los deportistas deben entrenar su capacidad de hidratación, bebiendo durante sus entrenamientos, máxime si éstos se producen en la temporada de aclimatación a las situaciones de estrés térmico.

2. En los trabajos físicos muy extremos, las pérdidas por sudor pueden llegar a los 50 ml/minuto. Dado que la máxima capacidad de absorción intestinal de agua es de 20-30 ml/minuto, es un desafío para el organismo del deportista sometido a temperaturas extremas, mantener el balance hídrico.
3. La práctica de beber en las horas previas al ejercicio es efectiva para asegurar la euhidratación antes del ejercicio. Una hiperhidratación anterior al ejercicio con 500 ml de líquido fresco, media hora antes de iniciar éste, puede ser una cantidad adecuada.
4. La ingesta de fluidos con carbohidratos y electrolitos durante el ejercicio prolongado puede evitar la deshidratación, atenuar los efectos de la pérdida de fluidos sobre la función cardiovascular y el rendimiento físico y retrasar el comienzo de la fatiga.
5. La adición de un ligero porcentaje (4-8%) de una mezcla de CHO en un flujo de ingesta de 1.200 ml/h de agua, (250-300 ml cada 15 minutos) mejora la absorción y permite reemplazar hasta un 80% el agua perdida en el esfuerzo. Concentraciones mayores retrasan el vaciamiento gástrico y dificultan la hidratación. Así mismo, los CHO son los que otorgan mejor palatabilidad a la bebida favoreciendo su toma voluntaria y facilitando así una correcta hidratación.
6. Hay que mantener la osmolaridad plasmática por encima del umbral de la sed. Por lo tanto es obligado incluir  $\text{Na}^+$  en cantidades de 0.5 a 0.7 g/L (como mínimo 110 mgrs de  $\text{Na}^+$  cada 250 cc de bebida) y de 120-225 mgrs de  $\text{K}^+$  que ayudan a compensar las pérdidas de electrolitos, favoreciendo además, la absorción de glucosa.
7. Debemos evitar las bebidas y sustancias diuréticas disueltas antes y durante el ejercicio, ya que pueden contribuir a la deshidratación.
8. La etapa postesfuerzo tiene como finalidad compensar las pérdidas acumuladas y preparar al deportista para afrontar sus próximos compromisos en las mejores condiciones de hidratación. Es precisa una reposición de entre el 150-200% del peso perdido durante una sesión de ejercicio para cubrir las pérdidas por sudoración más la producción de orina.
9. Es imprescindible prestar atención a los electrolitos y minerales, especialmente el  $\text{Na}^+$ , más abundante en el líquido extracelular, pero también el  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$ . Por otro lado, las pérdidas basales (urinarias, digestivas y cutáneas) van a permanecer al menos 2 horas tras el esfuerzo. Así, la reposición hidrosalina debe cubrir la totalidad de las pérdidas.
10. La inclusión de  $\text{Na}^+$  en o con los fluidos consumidos post ejercicio juega un papel fundamental en la retención del agua ya que reduce la diuresis que se produce cuando se consume agua común. El  $\text{Na}^+$  ayuda al proceso de rehidratación manteniendo la osmolaridad del plasma y por lo tanto, el deseo de beber.

## RESUMEN

Una correcta reposición hidroelectrolítica en situaciones de estrés térmico depende de 3 factores fundamentales:

**1. Entrenamiento de la hidratación:** Es habitual la deshidratación en el ejercicio prolongado bajo estrés térmico. En la competición, la ingesta de grandes volúmenes de fluidos obliga a reducir la velocidad del esfuerzo y origina alteraciones gastrointestinales. Se puede evitar entrenando la capacidad de hidratación, bebiendo durante las sesiones de entrenamiento, especialmente las realizadas en el periodo de aclimatación.

**2. Vaciamiento digestivo:** No siempre es posible un correcto balance hídrico durante el ejercicio debido a que las pérdidas por sudor pueden exceder la máxima capacidad de vaciado gástrico. Por ello, la ingesta de líquidos debe hacerse en pequeñas cantidades que se puedan vaciar correctamente desde el estómago y ser absorbidas

por el intestino. Fluidos que contengan entre un 4-8% de carbohidratos orales (CHO) se vacían al intestino en un flujo de 1L/hora, siempre que el contenido gástrico se mantenga en un volumen aproximado de 600 ml. La combinación de hipohidratación, hipertermia y ejercicio físico intenso ralentiza el vaciamiento gástrico y aumenta el riesgo de molestias digestivas, por tanto es importante comenzar el aporte hídrico en los primeros momentos del ejercicio.

**3. Composición de la bebida:** La fórmula de la bebida tiene que suministrar líquidos, CHO y electrolitos en suficiente cantidad y velocidad para originar las respuestas fisiológicas que mejoren el rendimiento. El ejercicio físico a temperaturas extremas incrementa las necesidades de CHO un 76%. La eficacia de la bebida viene determinada en gran parte por la cantidad y el tipo de CHO. La correcta cantidad de CHO favorece el vaciado gástrico y mejora la absorción de electrolitos en el intestino delgado. Debe contener una mezcla de diferentes CHO a una concentración de 60-70g/L (6-7%). En el estrés térmico la pérdida de electrolitos es un 30% más alta que en condiciones basales, incluso en individuos adaptados. Los electrolitos juegan un papel clave manteniendo la ingesta, favoreciendo la hidratación al prevenir la caída de la osmolaridad por debajo del umbral de la sed. Deben contener al menos 110-125 mg sodio/250 ml.

**Palabras clave:** Agotamiento por calor. Reposición hidroelectrolítica. Rendimiento. Euhidratación.

## SUMMARY

Proper hydroelectrolytic replacement under thermal stress depends very much on the three main factors.

**1. Training to hydration:** During prolonged exercise in heat stress, athletes incur in dehydration. From a competitive point of view, the intake of large volumes of fluid forces to reduce the

running speed of the race and causes gastrointestinal disorders. To avoid this, athletes should train their ability of hydration, by drinking during their trainings, especially in the season of acclimatization.

**2. Digestive-emptying:** The water balance during exercise is not always possible because the maximal sweat rates exceed the maximal gastric emptying rates. However, fluid intake during exercise can be done in small quantities that can be emptied from the stomach and absorbed in the intestine. Liquids containing 4-8% carbohydrate (CHO) can be emptied within 1L/hour rates when gastric volume is maintained above 600 ml. Hypohydration combined with hyperthermia and intense exercise slows gastric emptying and increases the risk of gastrointestinal discomfort, therefore, it is important to begin the fluid intake in the early stages of the exercise

**3. Composition of the drink:** The formula of the drink has to provide fluid, carbohydrate and electrolytes in sufficient quantity and speed to cause positive physiological responses which will improve as well the performance. The exercise carried out under extreme temperatures increases the demands of CHO up to 76%. The effectiveness of the drink in heat stress situations is largely determined by the amount and type of CHO. The correct amount of CHO, promote gastric emptying and stimulates water and electrolyte absorption in the small intestine. They should have a mixture of CHO at a concentration of 60-70g/L(6-7%). In the thermal stress, the loss of electrolytes is higher by almost 30% to less extreme situations, even in individuals acclimatized. Electrolytes play a key role in maintaining fluid intake and promote hydration and prevents early fall of plasma osmolality below the thirst threshold. Drinks should be 110-125 mg sodium/250 ml.

**Key words:** Heat exhaustion. Hydroelectrolytic replacement. Physical performance. Euhydration.

## B I B L I O G R A F Í A

1. **Bergeron, M. F.** Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *J Sci Med Sport* 2003;6:19-27.
2. **Chevront, S. N, R. Carter III, S. J. Montain, M. N. Sawka.** Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14:532-40.
3. **Godek SF, Bartolozzi AR, Godek JJ.** Sweat rate and fluid turnover in American football players compared with runners in a hot and humid environment. *Br J Sports Med* 2005;39:205-11.
4. **Hancock PA, Vasmatazidis I.** Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. *Int J Hyperthermia* 2003;19:355-72.
5. **Jacobs I.** The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate anaerobic test. *Int J Sports Med.* 1980;1:21-4.
6. **Below PR, Mora-Rodriguez R, Gonzalez-Alonso J.** Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:200-10.
7. **American Academy of Pediatrics.** Climatic Heat Stress and the Exercise Child and Adolescent. *Pediatrics* 2000;106:158-9.
8. **American College of Sports Medicine.** ACSM Position Stand on Exercise and Fluid Replacement. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:i-vii.
9. **American College of Sports Medicine.** Position Stand: Heat and cold illnesses during distance running. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:i-x.
10. **Rivera-Brown AM, Gutiérrez R, Gutiérrez JC, Frontera WR, Bar-Or O.** Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J Appl Physiol* 1999;86:78-84.
11. **Carter R. III, Chevront SN, Vernieuw CR, Sawka MN.** Hypohydration and prior heat-stress exacerbates decreases in cerebral blood flow velocity during standing. *Journal of Applied Physiology*, 2006;41:87-94.
12. **Casa DJ, Clarkson PM, Roberts WO.** American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements. *Curr. Sports Med. Rep.* 2005; 4:115-127.
13. **Kovacs EM, Schmahl RM, Senden JM, Brouns F.** Effect of high and low rates of fluid intake on post-exerciserehydration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2002;12:14-23.
14. **Noakes TD.** Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 1993;21:297-330.
15. **Gisolfi CV, Summers RW, Schedl HP, Bleiler TL, Opplinger RA.** Human intestinal water absorption: direct vs indirect measurements. *Am J Physiol* 1990;258:G216-22.
16. **Mc Lellan TM, Cheung SS, Lutzka WA, et al.** Effects of dehydration, hypohydration, and hyperhydration on tolerance during uncompensable heat stress. *Can J Appl Physiol* 1999;24:349-61.
17. **Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BSE, Roberts WO, Stone JA.** "National Athletic Trainers' Association Position Statement. Fluid replacement for athletes" *J. Athletic Training.* 2000;35(2):212-24.
18. **Leiper JB.** Gastric emptying and intestinal absorption of fluids, carbohydrates, and electrolytes. In: *Sports Drinks: Basic and Practical Aspects*, 2001;89-128.
19. **Barr SI, Costill DL.** Water: can the endurance athlete get too much of a good thing. *J Am Diet Assoc* 1998;89:1629-32.
20. **Grupo de Trabajo sobre nutrición en el deporte de la Federación Española de Medicina del Deporte.** Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de fluidos. Documento de Consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Arch Med Deporte.* 2008, XXV;126:245-58.
21. **Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL.** Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrates. *J Appl Physiol* 1986;61:165-72.
22. **Cheung SS, McLellan TM, Tenaglia S.** "The thermophysiology of uncompensable heat stress: Physiological manipulations and individuals characteristics" *Sports Med* 2000;29(5):329-59.
23. **Laursen PB.** Long distance triathlon: demands, preparation and performance. *J Hum Sport Exerc.* 2011;6(2):121-27.

24. Sulzer NU, Schweltnus MP, Noakes TD. Serum electrolytes in Ironman triathletes with exercise-associated muscle cramping. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:1081-5.
25. Levine BD, Thompson PD. Marathon maladies. *N Engl J Med.* 2005;352:1516-8.
26. Pilger A, Germadnik D, Formanek D, Zwick H, Winkler N, Rudiger HW. Habitual long-distance running does not enhance urinary excretion of 8-hydroxydeoxyguanosine. *Eur J Appl Physiol and Occup Physiol* 1997;75:467-9.
27. Rico-Sanz J, et al. Effects of hiperhydration on total body water, temperature regulation and performance of elite young soccer player in a warm climate. *Int J Sports Med.* 1999;17:85-91.
28. Rosner MH, Kirven J. Exercise-associated hyponatremia. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007;2:151-61.
29. Noakes TD, Sharwood K, Collins M, Perkins DR. The dipsomania of great distance: Water intoxication in an Ironman triathlete. *Br J Sports Med* 2004;38:E16.
30. Mountain SJ, Chevront SN, Sawka MN. Exercise associated hyponatremia: quantitative analysis for understand the aetiology. *J Sports Med* 2006;40:98-106.
31. Ray ML, Bryan MWR, Ruden TM, Baier SM, Sharp RL, King DS. Effect of sodium in a rehydration beverage when consumed as a fluid or meal. *J Appl Physiol* 1998;85:1329-36.
32. O'Brien C, Freund BJ, Young AJ, Sawka MN. Glycerol hyperhydration: physiological responses during cold air exposure. *J Appl Physiol* 2005;99:515-21.
33. Burke LM, Claassen A, Hawley JA, Noakes TD. Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *J Appl Physiol* 1998;85:2220-6.
34. Wagenmakers AJM, Brouns F, Saris WHM, Halliday D. Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in men. *J Appl Physiol* 1993;75:2774-80.
35. Shirreffs SM, Armstrong LE, Chevront SN. "Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition" *Journal of Sports Sciences*, 2004;22:57-63.
36. Green HJ, Duhamel TA, Foley KP, Ouyang J, Smith IC, Stewart RD. Glucose supplements increase human muscle in vitro Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity during prolonged exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2007;293:R354-362.
37. Sulzer NU, Schweltnus MP, Noakes TD. Serum electrolytes in Ironman triathletes with exercise-associated muscle cramping. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1081-5.
38. Maughan RJ, Leiper JB, Shirreffs SM. Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *Br J Sports Med* 1997;31:175-82.
39. Sawka M, Montain SJ. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *American Journal of Clinical Nutrition* 2000;72(2):564-72.
40. Vrigens DMG, Rehner NJ. Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. *J Appl Physiol.* 1999;86:1847-51.
41. Montain SJ, Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 1992;73(4):1340-50.
42. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodriguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol* 1995;79(5):1487-96.
43. Hamilton ML, Gonzalez-Alonso J, Montain SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevents cardiovascular drift. *J Appl Physiol* 1991;71:871 -7.
44. Schweltnus MP, Drew N, Collins M. Increased running speed and previous cramps rather than dehydration or serum sodium changes predict exercise-associated muscle cramping: a prospective cohort study in 210 Ironman triathletes. *Br J Sports Med.* 2010;9(6):142-51.
45. Wharam PC, Speedy DB, Noakes TD, Thompson JM, Reid SA, Holtzhausen LM. NSAID use increases the risk of developing hyponatremia during an Ironman triathlon. *Med Sci Sports Exerc.* 2006 Apr;38(4):618-22.
46. Hargraeves M, Dillo P, Angus D, Febbraio M. Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise. *J. Appl Physiol* 1995;80(1):363-6.
47. Sharwood KA, Collins M, Goedecke JH, Wilson G, Noakes TD. Weight changes, medical complications, and performance during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med.* 2004 Dec;38(6):718-24.

48. **Cerani J.** Termorregulación en el niño deportista. *Arch Med Deporte.* 1993;37:59-64.
49. **Borsheim E, Aarsland A, Wolfe RR.** Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14:255-71.
50. **Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB, Maughan RJ.** Post-exercise rehydration in man: Effects of volume consumed and drinks. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(10):1260-71.
51. **Ferreira SE, Mello MT, Oliveira ML.** Does the energy drink modify the effects of alcohol in a maximal effort test? *Alcohol Clin Exp Res* 2004 September; 28(9):1408-12.

## FE DE ERRATAS

En la bibliografía del DOCUMENTO DE CONSENSO DE LA FEDERACION ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE SOBRE AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES PARA LAS PERSONAS QUE REALIZAN EJERCICIO FÍSICO - *Archivos de Medicina del Deporte* 2012;29(Supl. 1)

Por error se ha omitido la siguiente cita bibliográfica:

**Palacios Gil-Antuñano N, Montalvo Zenarruzabeitia Z, Iglesias Gutiérrez E.** Actividad Física y Deporte. En: *Suplementación Nutricional*. Edición AFEPADI, Asociación de Empresas de Dietéticos y Complementos Alimenticios, 2011;119-37.

**Esta cita debería estar en la página 10 del documento y llevar el número 6, por lo que las siguientes citas serían todas un número más.**