

# Hidratación-deshidratación y rendimiento deportivo

R. SEGURA, C. JAVIERRE, M.<sup>a</sup> A. LIZARRAGA, J.L. VENTURA

## Introducción

Como resultado de cualquier tipo de actividad metabólica el organismo genera, como "subproducto" natural de aquélla, una cierta cantidad de calor. En situación de reposo, un individuo adulto, sano, genera alrededor de una kilocaloría por kilogramo de peso y hora, cantidad que refleja tanto la actividad metabólica como el gasto energético implicados en mantener en buen estado las distintas estructuras y el adecuado funcionamiento del organismo en su conjunto. En el músculo en reposo la actividad metabólica, y por tanto la producción de calor, es baja (del orden de  $0,01 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ); en cambio, durante la realización de un ejercicio físico, la actividad metabólica aumenta notablemente y la producción de calor puede llegar a incrementarse hasta más de cien veces, en función de la intensidad del mismo (alrededor de  $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

El efecto que una determinada cantidad de calor posee sobre la temperatura de cualquier sistema, incluido el corporal, depende en primer lugar de la masa y de la naturaleza de las sustancias presentes en el mismo. En el caso del músculo esquelético, el calor producido durante la realización de un ejercicio intenso ( $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) daría lugar a un incremento de casi  $2^\circ\text{C}$  por minuto si el líquido constituyente fuera petróleo o aceite; en cambio, da lugar a un incremento de tan sólo un poco más de  $1^\circ\text{C}$  por minuto gracias a la presencia del agua, que es el constituyente básico del músculo. El agua es una de las sustancias que muestra mayor capacidad para "absorber" calor, aspecto que se refleja en el valor 1 de su calor específico (lo que significa que un gramo de agua requerirá un aporte de una cantidad de calor igual a una caloría para incrementar en un grado su temperatura); en el caso del tejido muscular, que contiene otros constituyentes además del agua, el valor del calor específico es de 0,83.

Sin embargo, la temperatura del músculo aumentaría a pesar de este efecto "amortiguador" del agua (aunque, ciertamente, de manera mucho más lenta de lo que lo haría si el tejido estuviera constituido por otro tipo de líquido), llegando a alcanzar valores peligrosos e incompatibles con la vida (a los cinco minutos la temperatura sería de  $42^\circ\text{C}$ , a los doce minutos de unos  $50^\circ\text{C}$ , y a la media hora se acercaría a los  $70^\circ\text{C}$ ), si no existieran otros mecanismos de compensación de la temperatura.

El primer mecanismo que pone en marcha el organismo para evitar el incremento "local" de la temperatura es la distribución de la carga térmica generada entre toda la masa corporal. Si suponemos que en un determinado ejercicio participan unos 20 kg de músculo a una intensidad tal que generan  $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , la distribución de las 20 kilocalorías producidas por minuto entre los 70 o 75 kg de masa corporal total permite que el incremento de la temperatura corporal sea tan sólo de unas pocas décimas de grado por minuto. Este reparto o "redistribución" por toda la masa corporal del calor generado en un punto es posible gracias a las propiedades de la sangre (constituida fundamentalmente por agua) y a las características funcionales del sistema cardiovascular, que permiten a aquélla "captar" calor en los puntos con mayor actividad metabólica y "cederlo" a las zonas o tejidos más fríos (o, si se prefiere, menos calientes), especialmente aquellos situados en la superficie corporal, como la piel o la mucosa que recubre las vías del aparato respiratorio. Así, se evita que el calor generado en un músculo en actividad provoque el "sobrecalentamiento" del mismo gracias al moderado "calentamiento" de todo el organismo en su conjunto.

No obstante, de no existir una serie de mecanismos que permiten la disipación del calor hacia el medio ambiente, el calor se iría acumulando si el esfuerzo físico se prolongara durante un cierto tiempo, y la sobrecarga térmica que esto comporta determinaría que la temperatura corporal se incrementara a razón de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  cada cuatro o cinco minutos. Esta pérdida o disipación compensatoria tiene lugar a través de cuatro tipos de procesos, implicados de manera desigual en el mantenimiento de la temperatura corporal en función de las circunstancias y de la intensidad del esfuerzo realizado. Estos procesos permiten la pérdida de calor por conducción (por contacto directo del cuerpo con el medio que le rodea, sea éste agua, aire, el suelo...), por convección (por renovación o desplazamiento, natural o forzado, del medio que rodea al organismo), por radiación (debido a la emisión de radiación electromagnética de tipo infrarrojo) y por evaporación (con el paso a la fase de vapor de una mayor o menor cantidad de agua presente en la superficie corporal).

## Evaporación de agua y pérdida de calor

Los mecanismos de pérdida de calor por conducción, convección y radiación presentan una capacidad limitada y son de tipo bidireccional, dependiendo el sentido del flujo de la diferencia de temperatura y/o de la intensidad de la radiación entre la superficie corporal y el medio ambiente. Debido a ello, la capacidad de estos procesos para disipar el calor se va reduciendo progresivamente con el aumento de la temperatura ambiental, hasta alcanzar un límite a partir del cual se invierte el sentido del flujo; así, por ejemplo, en un ambiente soleado y con una temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , el organismo no sólo no perderá calor sino que, por el contrario, lo ganará.

En estas circunstancias, del mismo modo que cuando aumenta la producción "endógena" de calor, el ritmo de disipación por medio de los mecanismos descritos

no es suficiente, por lo que adquiere un especial protagonismo un nuevo proceso, muy útil y eficaz: la pérdida de calor por evaporación de agua. Por cada litro de agua que se evapora a nivel de la piel o de las mucosas del aparato respiratorio se pierden alrededor de 600 kcal, lo que representa más de la tercera parte del calor generado, en reposo, durante un día entero (fig. 3-1).

Cuando se incrementa la actividad metabólica (p. ej., durante la realización de un ejercicio físico) y/o aumenta la temperatura del medio ambiente por encima de un valor crítico, se estimula la secreción de sudor (una disolución acuosa muy diluida) sobre la mayor parte de la superficie cutánea. En el hombre en reposo, desnudo, la secreción de sudor empieza cuando la temperatura ambiente alcanza valores cercanos a los 30 °C aumentando rápidamente de intensidad a medida que ésta se eleva.

Un aspecto fundamental a tener en cuenta es que el agua debe pasar al estado de vapor (debe "evaporarse") para poder actuar como "refrigerante". La energía térmica captada de las estructuras subyacentes se emplea para vencer las fuerzas de atracción existentes entre las distintas moléculas de agua y conseguir que éstas adquieran la energía suficiente para escapar al estado de vapor, lo que explica que para que este sistema de regulación resulte eficaz es preciso que el sudor segregado a nivel de la

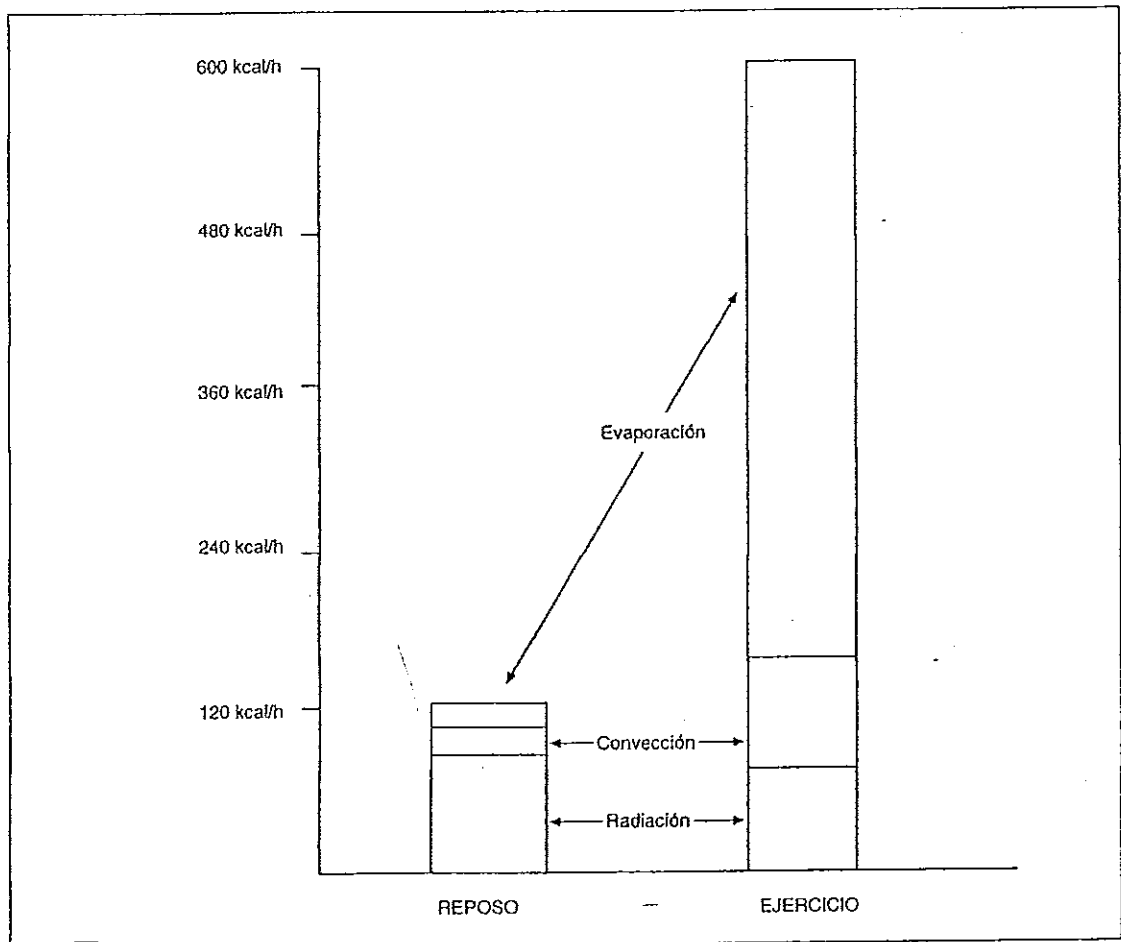


Figura 3-1. Proporción de calor disipado a través de distintos mecanismos en reposo y durante el ejercicio.

piel no fluya inútilmente por la superficie de la misma y gotee fuera del cuerpo sino que realmente debe evaporarse.

Un simple cálculo nos permitirá comprobar que es posible disipar grandes cantidades de calor por medio de la evaporación de agua (siempre que la humedad relativa del aire no sea excesivamente elevada). Así, si un jugador genera durante un partido de fútbol unas 1.500 kcal, puede llegar a perder (asumiendo que todo el calor se disipe a través de la evaporación del agua presente en la secreción sudorípara) unos 3,5 l de agua, sin contar el volumen eliminado con el goteo del sudor. En un ambiente caluroso, o en una pista cerrada e intensamente iluminada, la pérdida de líquido por parte de un jugador de baloncesto o de balonmano puede ser aún más marcada. En climas húmedos la tolerancia al calor se reduce considerablemente, hasta el punto que cuando el aire está saturado de vapor de agua, una temperatura de 30-32 °C se hace rápidamente intolerable (fig. 3-2).

Durante una competición o una sesión de entrenamiento un deportista puede llegar a perder una cantidad considerable de líquido (fundamentalmente agua) en función de la humedad relativa y la temperatura del aire, y también dependiendo del equipo utilizado. Así, por ejemplo, durante la realización de un ejercicio físico de una hora y media de duración, un sujeto pierde alrededor de 1,5 kg de peso (a expensas fundamentalmente del agua evaporada) cuando la temperatura del ambiente

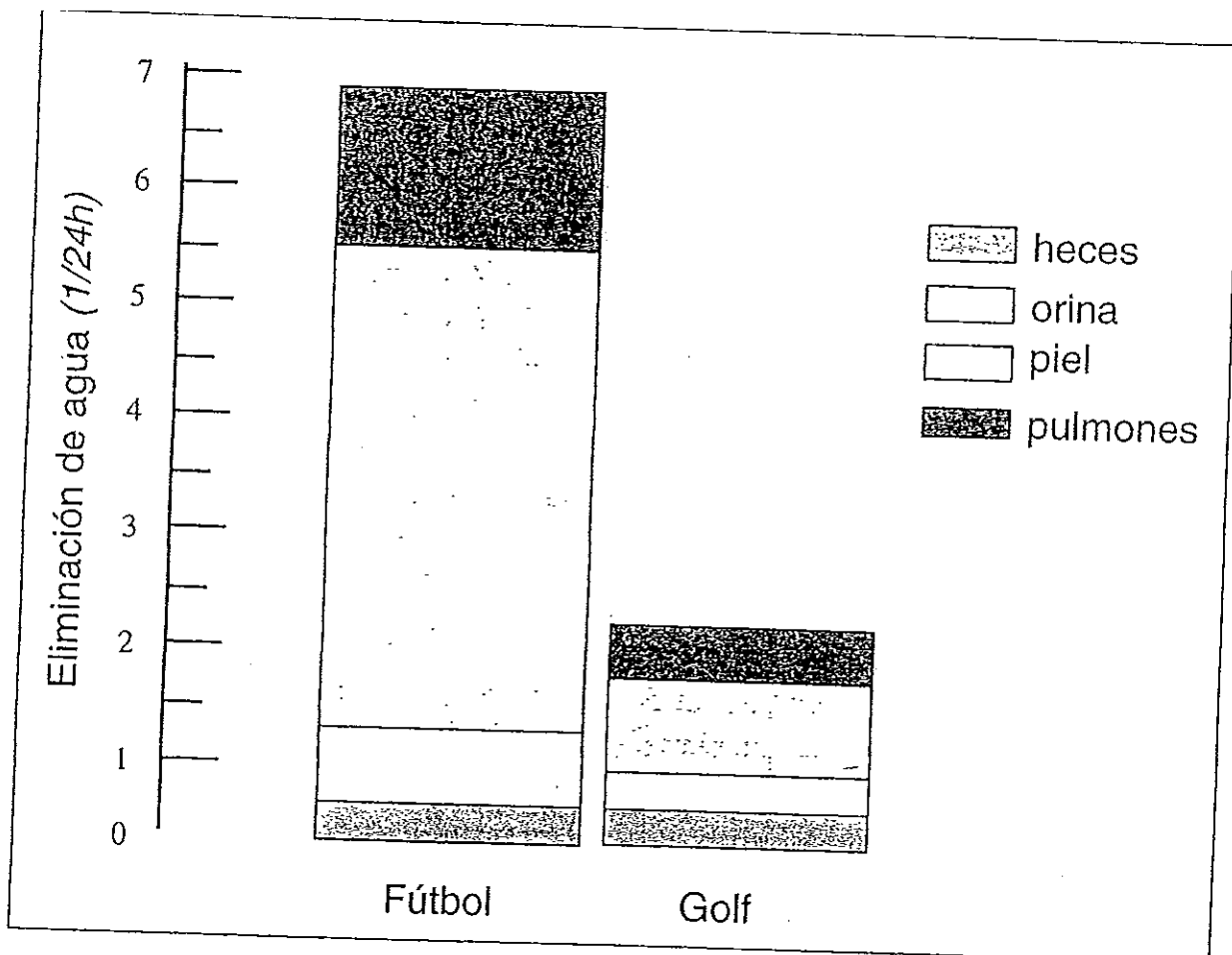


Figura 3-2. Variación en el volumen de pérdida de agua de los diferentes tejidos según el tipo de actividad física realizada.

es de unos 20 °C y el grado de humedad relativa del aire es de un 40%; el mismo sujeto, realizando el mismo tipo de ejercicio y con idéntica duración, pierde casi 3 kg de peso cuando la temperatura ambiental es de 30 °C y el grado de humedad relativa del aire supera el 80%.

La "eficacia" de las glándulas sudoríparas mejora con el entrenamiento. Algunos autores han puesto de manifiesto que, como resultado de la práctica regular de ejercicio físico, por cada grado que aumenta la temperatura corporal se incrementa la cantidad de sudor segregado y a la vez se reduce el umbral térmico para conseguir la activación de las citadas glándulas. Estos cambios o adaptaciones obedecen a una hipertrofia de las glándulas sudoríparas asociada a un incremento en el grado o actividad de la inervación colinérgica, lo que las hace más sensibles y eficaces en su respuesta a las órdenes que provienen de los centros termorreguladores [1].

Para unas determinadas condiciones ambientales, la transpiración (que es el principal determinante de la pérdida de agua) estará condicionada fundamentalmente por el gasto energético global. A su vez, en las actividades que implican un desplazamiento del cuerpo (como la carrera, un partido de fútbol, etc.), el gasto metabólico guardará relación con la velocidad alcanzada y el peso de la masa desplazada (el peso corporal). Así, un sujeto pesado que corra a baja velocidad podrá transpirar (y perder agua) al mismo ritmo que un individuo delgado que se desplace a una velocidad sustancialmente mayor.

## Deshidratación y rendimiento deportivo

La pérdida de agua lleva a una situación de déficit acuoso conocida como "deshidratación", la cual comporta una notable reducción en la capacidad de trabajo, en la resistencia a la fatiga, de la potencia máxima, de la velocidad de reacción, del grado de coordinación, etc. Si bien la deshidratación afecta a distintos procesos, resultan más alterados aquellos relacionados con la dinámica del sistema cardiovascular (y con el mantenimiento de la temperatura corporal) (fig. 3-3).

Como resultado de la deshidratación se reduce el volumen plasmático y en consecuencia, el volumen total de sangre disponible por el organismo, a la vez que se incrementa la viscosidad de la sangre y la resistencia al flujo de la misma. Todo ello da lugar a un menor retorno venoso hacia el corazón, a un menor grado de llenado de los ventrículos cardíacos y, en última instancia, a la expulsión de un menor volumen de sangre con cada contracción o sístole cardíaca (menor volumen sistólico), el cual puede llegar a experimentar una reducción del orden del 30-35% (en función del grado de deshidratación experimentado). A pesar que el corazón intenta compensar este menor volumen de expulsión en cada latido por medio de un incremento en la frecuencia cardíaca, el volumen de sangre propulsado cada minuto (o gasto cardíaco) va reduciéndose progresivamente, y con ello el rendimiento deportivo [2].

Ciertos estudios llevados a cabo manipulando el contenido en agua del orga-

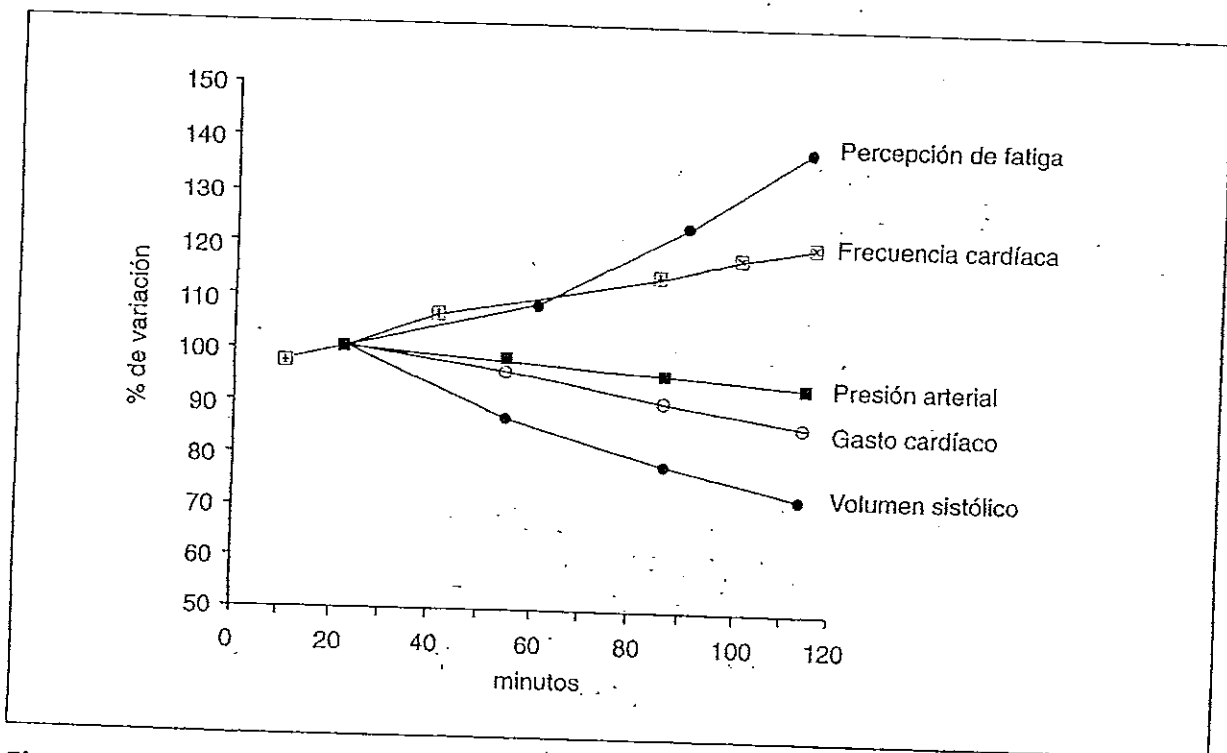


Figura 3-3. Variaciones observadas en distintos parámetros a lo largo de 120 min de ejercicio realizado a una intensidad del 63% del  $\text{VO}_2$  máx y a una temperatura ambiente de 35 °C, y con un grado de deshidratación progresiva que, al final del ejercicio, comportó una reducción del 5% en el peso corporal.

nismo (y en consecuencia el volumen de sangre disponible en un momento dado por el deportista) han permitido observar los distintos efectos producidos por una situación de deshidratación, en comparación con los observados cuando el sistema cardiovascular dispone de mayor volumen de sangre a expensas de un incremento en el volumen de plasma. En uno de los citados experimentos se incrementó el volumen total de sangre un 8,5% por encima del valor basal por medio de la infusión de albúmina (una proteína del plasma capaz de retener gran cantidad de agua); alcanzado este punto, los sujetos realizaron un ejercicio de tipo aeróbico, de intensidad moderada, en un ambiente cálido. Los mismos sujetos realizaron el mismo tipo de ejercicio en condiciones basales o control (sin ningún tipo de manipulación), y después de experimentar una reducción de un 9,2% en el volumen total de sangre disponible (inducida por la administración previa de un diurético) [3] (tabla 3-1).

En comparación con la situación normal —que servía de punto de referencia o control—, el volumen de sangre expulsado por el corazón en cada latido se incrementó en un 11,5% después de la expansión del volumen plasmático, y en cambio se redujo en un 16% tras la deshidratación inducida por el diurético; el gasto cardíaco aumentó casi un 10% en la primera situación, mientras que se redujo en un 14% (aproximadamente) cuando el ejercicio se realizó en las condiciones de la segunda. La frecuencia cardíaca alcanzada, que en el ejercicio realizado en condiciones basales fue de 153 latidos/min, disminuyó ligeramente (a 150 latidos/min) cuando el esfuerzo se llevó a cabo después de incrementar el volumen de plasma (a pesar del in-

Tabla 3-1. Temperatura corporal, volumen sistólico y gasto cardíaco al final de un ejercicio de 30 min de duración e intensidad moderada

Situación	Temperatura (°C)	Volumen sistólico (ml)	Gasto cardíaco (l/min)
Control	36,7-38,6	106	16,2
↑ volemia (8,5%)	36,7-38,3	118	17,8
↓ volemia (9,2%)	36,7-38,9	89	13,9

cremento experimentado en el gasto cardíaco), mientras que aumentó también ligeramente (hasta los 156 latidos/min) cuando el ejercicio se llevó a cabo con un volumen de plasma "contraído" (aun con un gasto cardíaco inferior al de las otras dos situaciones).

En uno de los numerosos trabajos llevados a cabo para estudiar el efecto de la deshidratación, se pudo comprobar que cuando los sujetos participaron en una prueba de 5.000 m o de 10.000 m con un grado insuficiente de hidratación (tras inducirse por medio de un diurético la correspondiente reducción en el contenido total de agua del organismo), la velocidad de carrera se redujo un 6-7% en comparación con la que los mismos sujetos mostraron cuando estaban bien hidratados.

La reducción en el rendimiento deportivo ya se observa cuando la pérdida de agua representa tan sólo el 2% del peso corporal (alrededor de 1,5 l), alcanzándose un 25-35% de merma en el rendimiento cuando la pérdida es del 5% (unos 3,5 l). Pérdidas por encima de estos porcentajes (del orden del 8-10%), que pueden presentarse cuando se trabaja o se ejercita en un ambiente húmedo y caluroso, comportan un elevado riesgo de colapso circulatorio. En cualquier caso, basta con una pérdida rápida del orden del 1% para que se afecte la capacidad de trabajo o la resistencia del sujeto; en contraposición, cuando la pérdida de líquido tiene lugar lentamente, el organismo llega a tolerar relativamente bien reducciones en el contenido de agua de hasta un 3-4% del peso corporal (fig. 3-4).

La reducción en el rendimiento deportivo inducida por la deshidratación es más marcada cuando el ejercicio se lleva a cabo en un ambiente cálido o caluroso que cuando se realiza en un ambiente templado o fresco. Algunos autores han observado que el estrés térmico, por sí mismo, reduce en un 7% aproximadamente la potencia aeróbica máxima en deportistas bien hidratados. Ello es debido a que en las citadas condiciones es necesario desplazar un mayor volumen de sangre hacia la piel con objeto de incrementar la disipación del calor adicional, lo que se hace en detrimento del riego sanguíneo de los músculos y las zonas profundas (centrales) del organismo, con lo cual se limita la capacidad de trabajo del sujeto [4].

El estrés térmico ambiental y la deshidratación actúan de forma paralela e independiente, reduciendo el flujo de sangre a los músculos y limitando la cantidad de oxígeno disponible para las células musculares durante los esfuerzos de máxima in-

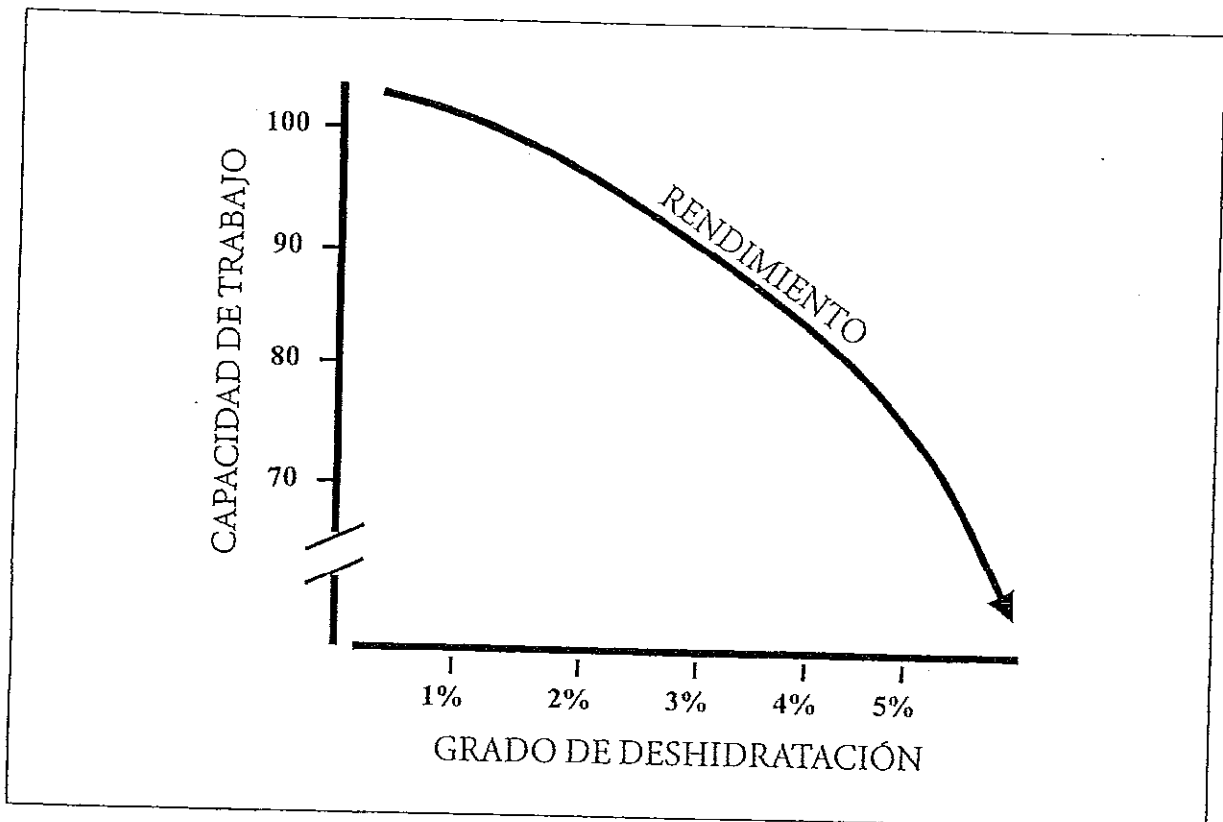


Figura 3-4. Representación gráfica de la pérdida de rendimiento deportivo inducida por la deshidratación.

tensidad. Cuando la reducción en el volumen de sangre expulsado por el corazón en cada minuto afecta al flujo cerebral (en parte debido a una caída de la presión arterial), el deportista puede notar una sensación como de vacío mental o ligero mareo, desorientación y, eventualmente, pérdida de conciencia. Por otra parte, la deshidratación da lugar a un efecto de concentración del plasma (al disminuir el volumen de agua de la sangre), con un aumento en la tonicidad o concentración de partículas disueltas en el mismo que hace que se incremente el umbral necesario para estimular la secreción del sudor y aumentar el flujo de sangre por los vasos de la piel. De hecho, es posible comprobar cómo a medida que aumenta el grado de deshidratación se reduce el ritmo de secreción del sudor y, en consecuencia, el de disipación del calor, con una tendencia al aumento progresivo de la temperatura corporal media que se incrementa a razón de  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  aproximadamente por cada 1% de pérdida de peso corporal provocada por la deshidratación [5].

En conjunto, la deshidratación da lugar a una serie de alteraciones que repercuten sobre la percepción del esfuerzo que se está llevando a cabo, de tal manera que el deportista (ciclista, corredor de fondo, futbolista...) nota que el trabajo a realizar es cada vez más "duro", molesto e incluso penoso cuando no se restituye adecuada y oportuna-mente el líquido perdido [6]. El grado de percepción del esfuerzo guarda relación, a su vez, con el incremento en la frecuencia cardíaca que se produce en estas circunstancias, al intentar compensar —sin éxito— la reducción en el volumen de sangre expulsado en cada sístole (o latido cardíaco) con un aumento en el número de latidos por minuto (o



frecuencia cardíaca). Por otra parte, y ésta es la alteración más peligrosa, la deshidratación comporta una menor eficacia de los procesos implicados en la termorregulación, con un progresivo aumento de la temperatura corporal que supone una sobrecarga adicional para el sistema cardiovascular y la entrada en un círculo vicioso que es necesario romper cuanto antes. De aquí la importancia de asegurar un buen nivel de hidratación antes, durante y después de un partido, una prueba o una competición (fig. 3-5) [7].

## Rehidratación y recuperación de la condición física

El agua es el nutriente más esencial, y el cuerpo la requiere continuamente y en cantidades importantes. Un aporte adecuado de agua es fundamental para la realización de procesos de tipo energético, para la eliminación de productos de desecho del metabolismo, y para la regulación térmica y el mantenimiento de una temperatura corporal adecuada, especialmente durante un ejercicio físico. La deshidratación determina una disminución en la resistencia física, y un notable incremento en el riesgo de lesiones y de alteraciones en general producidas por el calor.

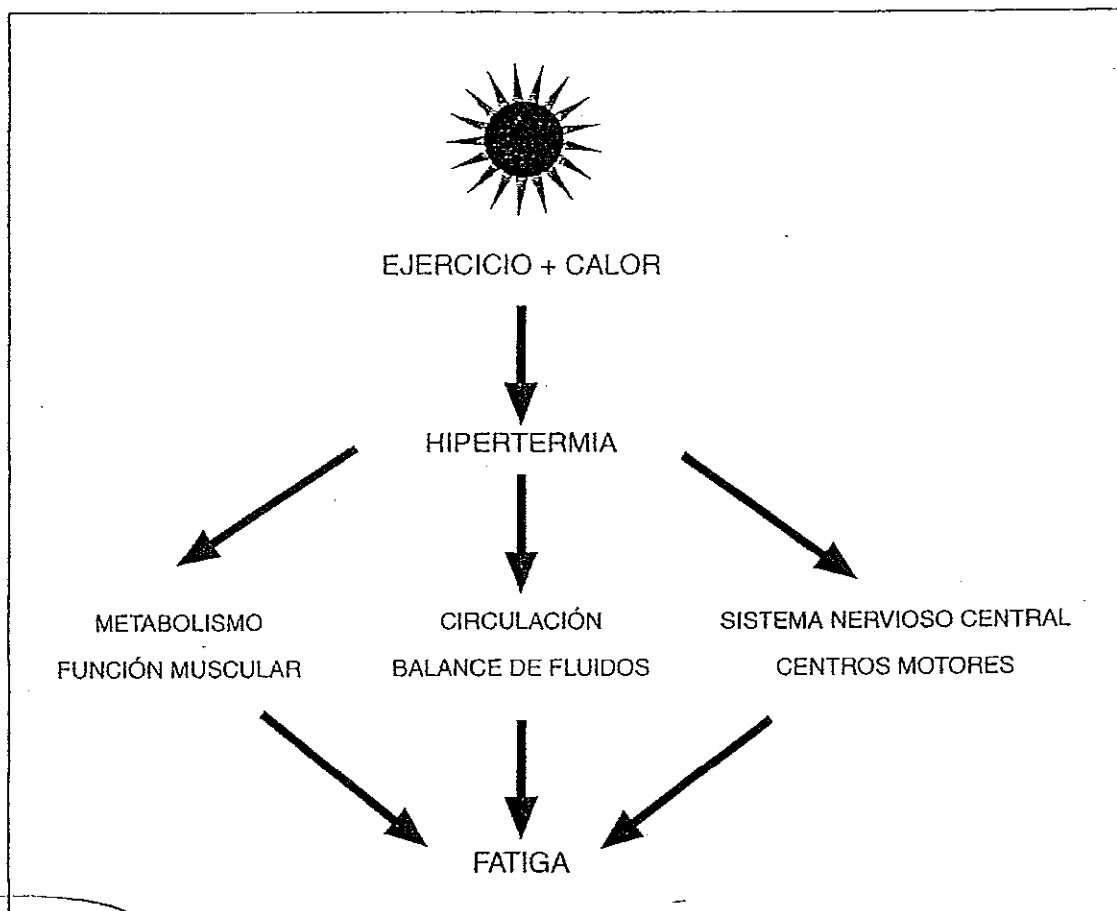


Figura 3-5. Esquema de las repercusiones de la hipertermia en los distintos sistemas y funciones implicados en la aparición de la fatiga.

El agua es el nutriente al que se presta habitualmente menos atención. Sorprende comprobar cómo los deportistas, y los propios entrenadores, no valoran la importancia que la adecuada reposición de líquido posee en el rendimiento deportivo. Una situación de deshidratación puede arruinar una competición y poner en peligro la salud del deportista si no se corrige rápidamente. Carece de todo fundamento, si bien cuenta todavía con numerosos adeptos, la idea que un buen atleta debe beber poco antes de una competición. No es correcto pretender dominar o reducir la secreción de sudor mediante la disminución en la ingesta de líquido, dado que se puede conseguir, justamente, el efecto contrario: para el mismo grado de esfuerzo, los deportistas que beben más sudan menos, ya que el sistema circulatorio dispone de mayor volumen de sangre para pasar a través de los vasos sanguíneos de la piel (donde se produce la transferencia o disipación del calor hacia el ambiente), y con ello tiene menos necesidad de recurrir a la transpiración y a la evaporación del agua contenida en dicha secreción como medio de refrigeración del organismo.

Es necesario beber antes, durante y después de un ejercicio físico de una cierta duración e intensidad.

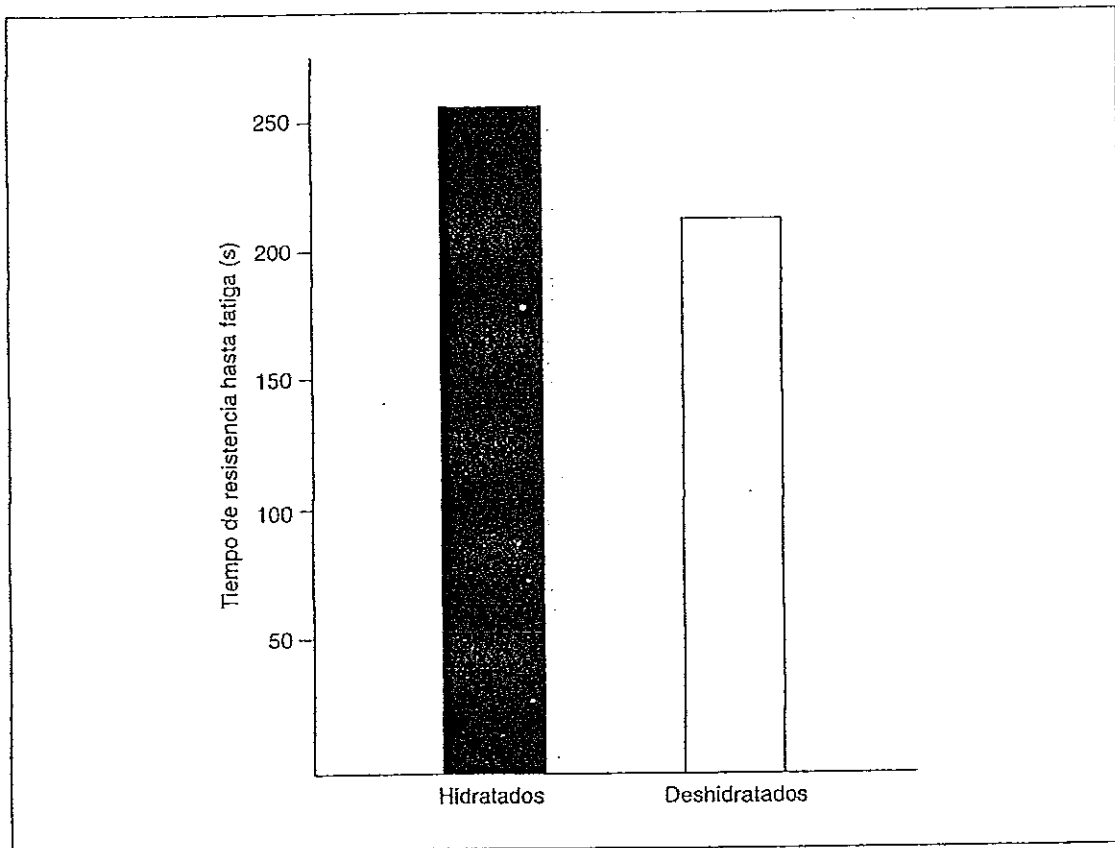
### Ingesta de líquido antes del ejercicio

Como norma general, es recomendable ingerir entre 0,5-1 l de líquido en forma de alguna de las bebidas disponibles alrededor de una hora antes del entrenamiento o prueba atlética, con objeto de asegurar el grado óptimo de hidratación y dar tiempo a eliminar el exceso de líquido antes de iniciar el correspondiente ejercicio. Los sujetos que ingieren líquido una hora antes del ejercicio muestran una frecuencia cardíaca más baja y un menor incremento en la temperatura corporal media durante la realización del esfuerzo. En estas condiciones, el organismo está sometido a una menor sobrecarga y el sujeto tiene la sensación de que, para el mismo trabajo, el esfuerzo físico realizado es menor y más llevadero.

Antes de la competición y/o el entrenamiento (especialmente en ambientes calurosos) es conveniente ingerir de 400 a 600 ml de agua o de una bebida refrescante entre media hora y una hora antes de iniciar la actividad deportiva. Esta maniobra, conocida como hiperhidratación, contribuye a incrementar la capacidad térmica del organismo y, en consecuencia, a disminuir la sobrecarga que el estrés térmico impone sobre el sistema cardiovascular (fig. 3-6).

### Reposición de líquido durante el ejercicio

En condiciones ideales, todo deportista debería mantener a lo largo de un partido, de una carrera, etc. un grado óptimo de nutrición a base de ingerir la cantidad adecuada de líquido, con la frecuencia y en la cuantía requeridas en cada caso. De esta forma, se podría reducir a un mínimo el riesgo de deshidratación, por pequeña que ésta fuera, y rendir al máximo nivel.



**Figura 3-6** Tiempo de resistencia en un grupo de sujetos con distinto grado de deshidratación (extensión repetida de la rodilla contra carga fija a 37 contracciones/min).

La ingestión de líquido antes o durante la realización de un esfuerzo físico prolongado no sólo atenúa los efectos sobre el funcionamiento del sistema cardiovascular y sobre los sistemas de control de la temperatura corporal inducidos por la deshidratación, sino que afecta también a distintos aspectos del metabolismo muscular que influyen sobre el rendimiento deportivo.

↳ Cuando durante la realización de un ejercicio se ingiere agua (o una bebida refrescante) a intervalos regulares, se observa que los músculos consumen una menor cantidad de glucógeno y a la vez generan una menor cantidad de ácido láctico. En condiciones de deshidratación la temperatura corporal se incrementa y esto, junto con el incremento en la concentración de adrenalina del plasma que se produce en estas circunstancias, da lugar a un mayor grado de movilización y utilización del glucógeno muscular. Con una adecuada hidratación, tanto los niveles de adrenalina como los de noradrenalina del plasma son más bajos, y a la vez también es menor el consumo de glucógeno muscular. Asimismo, cuando el individuo está bien hidratado, es posible que el mantenimiento de unos niveles más elevados de gasto cardíaco permita un mayor flujo de sangre a través del correspondiente territorio muscular, con lo que mejoraría la utilización de los sustratos energéticos y el suministro de oxígeno a las distintas células musculares (con el consiguiente ahorro en el glucógeno muscular) (tabla 3-2).

Durante el ejercicio, es necesario ingerir de 90 a 180 ml de líquido cada diez o quince minutos (en función de la intensidad del esfuerzo) con objeto de compensar las pérdidas experimentadas por la transpiración y mantener el adecuado volumen de sangre. La ingesta de volúmenes mayores comporta un cierto grado de sobrecarga para el sistema gastrointestinal y en muchos casos hace que el deportista se sienta incómodo al obligarle a trabajar con la sensación de tener el estómago lleno. A este respecto, conviene recordar que las bebidas frescas (a una temperatura de 8-12 °C) abandonan el estómago y pasan al intestino delgado (donde se absorbe la mayor parte del agua) más rápidamente que las calientes [8].

Sin embargo, conseguir dicho objetivo resulta difícil a veces, ya que el reglamento de algunos deportes limita la posibilidad de ingerir líquido en los periodos de descanso; en otras ocasiones el atleta no dispone del suministro adecuado en el punto o momento deseados; y en muchos otros casos el propio deportista no está suficientemente convencido de la importancia que para su actividad posee una buena hidratación. Numerosos estudios ponen de manifiesto que la respuesta del sistema cardiovascular, la dinámica de los procesos que controlan la temperatura corporal y, en conjunto, el rendimiento deportivo alcanzan su nivel óptimo cuando se restituye el 80% (como mínimo) del líquido perdido a lo largo del ejercicio físico.

### Reposición de líquido después del ejercicio

Restituir lo más rápidamente posible el líquido que se ha perdido durante un partido o una carrera puede ser decisivo para asegurar la adecuada recuperación entre el final de una etapa y la inmediata posterior, entre un partido y la subsiguiente sesión de entrenamiento.

**Tabla 3-2** Cambios experimentados en diversos parámetros durante la realización de un ejercicio físico de dos horas de duración, a una intensidad del 70% del consumo máximo de oxígeno

	ANTES DEL EJERCICIO		AL FINALIZAR EL EJERCICIO	
	Sin ingesta de agua	Con ingesta de agua	Sin ingesta de agua	Con ingesta de agua
Masa corporal (kg)	72,7 ± 3,4	72,4 ± 3,6	70,6 ± 3,2	72,6 ± 3,5
% de cambio	-	-	-2,9 ± 0,2	+0,2 ± 0,1
Frecuencia cardíaca (latidos/min)	-	-	155 ± 4	144 ± 3
Temperatura rectal (°C)	36,7 ± 0,1	36,7 ± 0,2	38,6 ± 0,2	38,0 ± 0,2
[Lactato] en músculo	5,1 ± 0,7	5,2 ± 0,4	6,9 ± 0,2	4,9 ± 0,4
[Glucógeno] en músculo*	587 ± 34	615 ± 24	207 ± 51	297 ± 4,9
Reducción del glucógeno muscular*	-	-	-380	-318

\*(en mmol/kg de músculo seco)

Algunos deportistas se entrenan más de una vez al día y la mayoría lo hacen diariamente, lo que exige una restitución lo más rápida posible del estado corporal adecuado para poder entrenar o competir de nuevo en condiciones óptimas. Entre otros aspectos, es necesario compensar el volumen de líquido perdido con el sudor, y además es preciso aportar una cantidad suplementaria (equivalente al 50% de aquél), ya que durante el período de competición y el de recuperación el deportista está eliminando también agua a través de la orina.

## Deshidratación "voluntaria" y rendimiento deportivo

El hombre es el único animal que restringe voluntariamente la ingesta de líquido y por tanto no repone adecuadamente el agua perdida durante un esfuerzo físico o en una exposición a un estrés térmico. Es preciso animar y educar a los deportistas para que beban mayor cantidad de agua de la apetecida, especialmente cuando la actividad física desarrollada es de una cierta duración. El principal inconveniente que hay que superar es la falta de sed. La sed no constituye una señal o un estímulo adecuado para valorar la cantidad de líquido a reponer, por lo que es necesario regular la ingesta de una forma más "cerebral", teniendo en cuenta la dinámica del esfuerzo realizado o a realizar, no confiándola a la sensación (de presentación tardía) de sed (fig. 3-7).

En un estudio llevado a cabo en Puerto Rico (donde el grado de humedad y la temperatura ambiente son elevados) en un grupo de futbolistas, se pudo observar el efecto de dejar al gusto de cada uno el volumen de líquido ingerido durante y des-

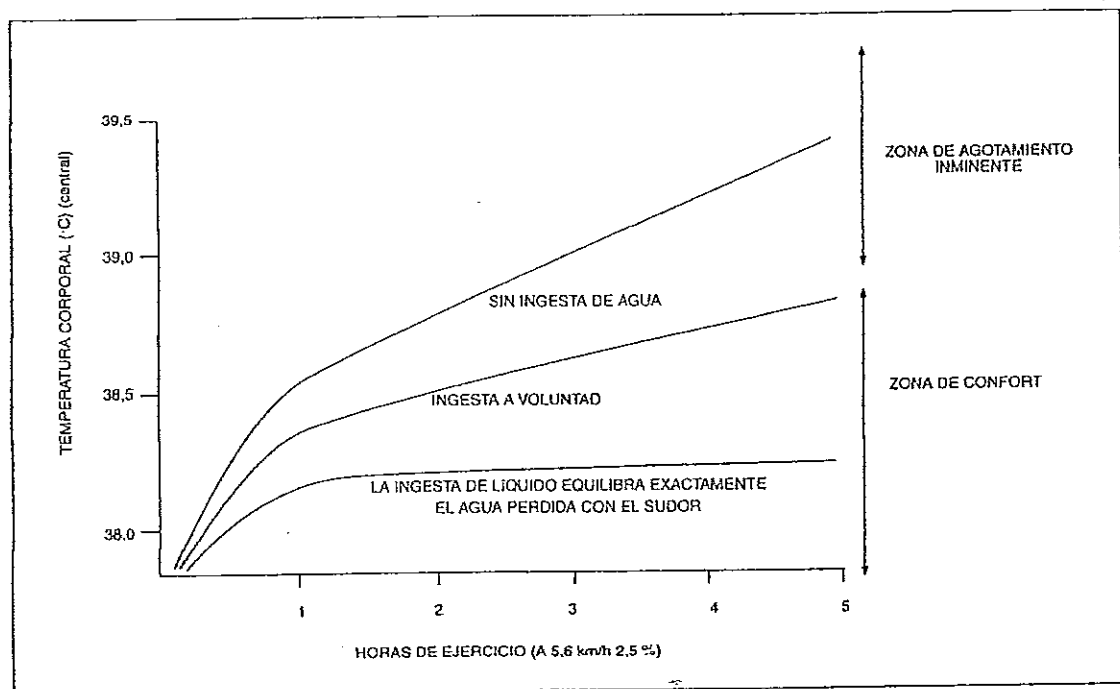


Figura 3-7. Repercusión del grado de hidratación en la temperatura corporal y el rendimiento físico en tres grupos de deportistas con distintos regímenes de reposición de líquidos.

pués de los entrenamientos. Cuando los jugadores ingirieron la cantidad de líquido que estimaron necesaria (con una ingesta media diaria de 2,7 l de agua), se comprobó que al cabo de una semana de entrenamiento los distintos componentes del equipo mostraban un contenido total de agua que era 1,1 kg inferior, en promedio, al que presentaron los mismos sujetos cuando se les obligó a beber, por término medio, 4,6 l al día. Este ejemplo pone de manifiesto que la ingesta voluntaria de líquido resulta insuficiente para satisfacer las necesidades del deportista, determinando que éste ya se halle en situación de deshidratación antes de iniciar las sesiones de entrenamiento o la competición [9].

Esta discrepancia entre la cantidad de líquido perdido y el volumen restituido (conocida como deshidratación voluntaria) está condicionada en parte por el hecho que el centro de la sed, ubicado en el hipotálamo, no reacciona hasta que la pérdida de agua alcanza aproximadamente el 2% del peso corporal. Por esta razón, es necesario tomar conciencia de esta limitación y educar al deportista para un cambio de comportamiento, más racional, que le lleve a la ingesta voluntaria (menos instintiva) de líquido mucho antes que aparezca la sensación de sed. Desde hace muchos años se sabe que los individuos que trabajan en un ambiente cálido, y que por tanto sudan profusamente, no llegan a reponer (de forma sistemática) más que las dos terceras partes del líquido perdido, aun cuando tengan a su disposición toda el agua que deseen.

Con objeto de verificar el grado de deshidratación experimentado a lo largo de un partido o de una prueba atlética, es importante determinar el peso del jugador o del atleta (preferiblemente desnudo) antes y después de la competición o de la sesión de entrenamiento. El entrenador y el preparador físico deben estar informados acerca de todo deportista que muestre una pérdida de más del 2% del peso corporal al finalizar la competición o la sesión de entrenamiento, dado que este grado de reducción en la masa corporal total indica que el correspondiente sujeto ha bebido, antes y durante la realización del esfuerzo físico, menos de lo que le corresponde [1].

El control de peso como medio para valorar el grado de deshidratación experimentado sirve para instruir al propio atleta en la valoración de la cantidad de agua o líquidos que debe ingerir en cada sesión de entrenamiento, partido o prueba con el fin de compensar el volumen perdido por el sudor. Cuando se produce una merma o reducción importante en el contenido de agua del organismo como resultado de una abundante y profusa transpiración, se tarda mucho tiempo en recuperar el equilibrio hídrico, con lo que el sujeto estará por debajo de sus condiciones físicas.

Es necesario habituarse a la ingesta de líquido durante los entrenamientos. Muchos atletas beben solamente el día de la competición (y aún en cantidad insuficiente), ignorando que los accidentes o perturbaciones de tipo térmico se pueden presentar igualmente durante los entrenamientos y que la capacidad de respuesta o de reacción del organismo solamente se puede valorar cuando se está en las mismas condiciones que se esperan el día del partido o de la correspondiente prueba [10].

## ¿Qué tipo de bebida hay que tomar?

Al ingerir una bebida o un refresco se pretende cubrir dos objetivos: por una parte, reponer el líquido perdido o una fracción del que previsiblemente se va a perder, y por otra aprovechar la ocasión para suministrar una cierta cantidad de hidratos de carbono y electrólitos a modo de suplemento de los que ya posee el propio organismo. A pesar de que algunas organizaciones de gran prestigio en el mundo del deporte, como el American College of Sports Medicine, preconizaban hace algunos años la ingesta de agua sola como la bebida ideal para esfuerzos de duración prolongada, la evidencia científica actual sugiere que la presencia de pequeñas cantidades de azúcar y de sal en estas bebidas contribuye a mejorar la eficacia de las mismas y a aumentar la velocidad de reposición del líquido perdido (fig. 3-8).

El tipo de bebida a consumir dependerá, en parte, de la rapidez con que se requieran sus efectos, y esto estará condicionado, en gran medida, por la velocidad con que se evacuará la bebida desde el estómago hacia el intestino delgado y por el ritmo con que será absorbida por las células de la pared intestinal.

La velocidad de evacuación o vaciamiento gástrico de una determinada preparación o bebida depende, entre otros factores, de la concentración de sustancias disueltas en ella, de su contenido calórico, de la naturaleza de las sustancias presentes en la misma, del volumen total de líquido, etc. En general, cuanto mayor es la riqueza calórica de una bebida o de un alimento, más lentamente abandona el estómago.

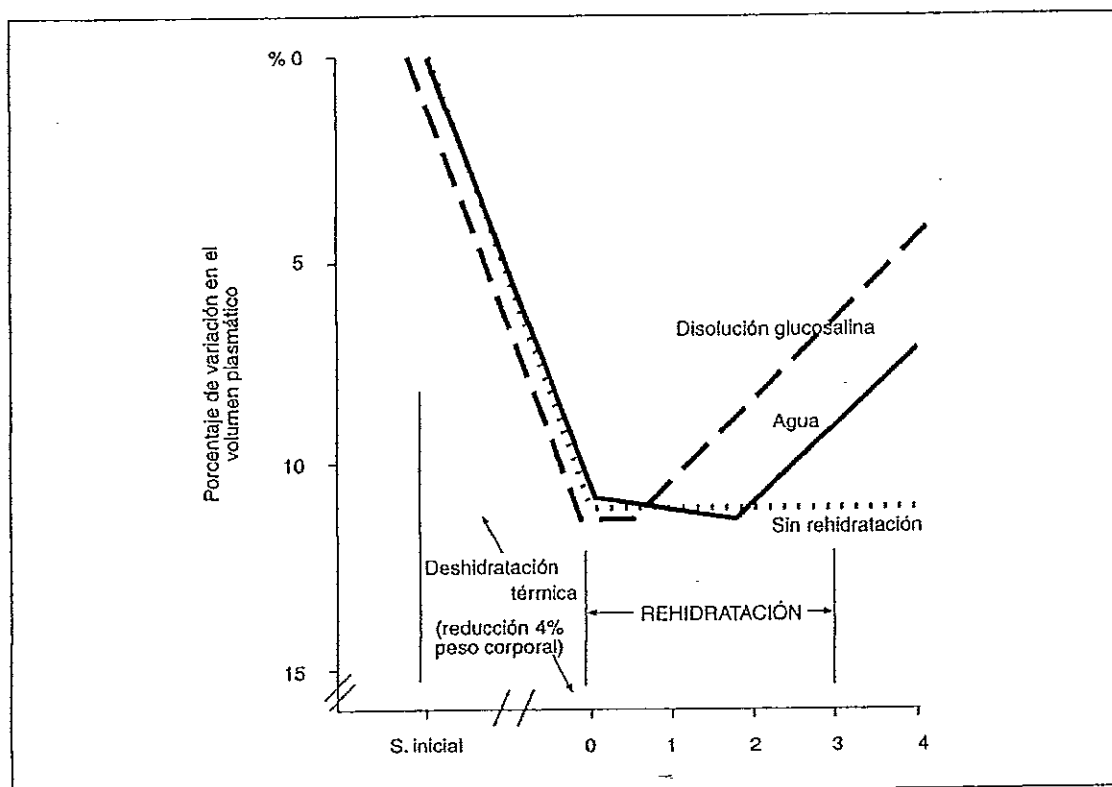


Figura 3-8. Cambios en el volumen de plasma durante la rehidratación con distintos tipos de bebidas.

La bebida a utilizar puede contener entre un 5% y un 10% de azúcar, si lo que se desea es contribuir a aumentar la resistencia física durante la realización de esfuerzos prolongados. Investigaciones llevadas a cabo hace algunos años sugerían que la concentración de glucosa, sacarosa o fructosa en este tipo de bebidas no debía superar el 2,5% si se deseaba conseguir que su velocidad de absorción fuera óptima; sin embargo, estos trabajos solamente tenían en cuenta el tiempo de evacuación o vaciado gástrico, que ocupa una parte del tiempo transcurrido entre la ingesta de la bebida y la absorción de sus componentes. Si se considera todo el proceso, se puede comprobar que los azúcares presentes en las disoluciones con concentraciones superiores de hidratos de carbono pueden ser absorbidos con la misma (o superior) rapidez que las disoluciones más diluidas. Así, a pesar de que las disoluciones más concentradas pasan al intestino delgado con mayor lentitud que las diluidas, la cantidad total de azúcar transferido y absorbido por unidad de tiempo es mayor en las primeras [11].

Conviene recordar que la ingesta de hidratos de carbono durante el ejercicio es beneficiosa cuando el esfuerzo a realizar se prolonga por un espacio de tiempo superior a una hora (por término medio) con una intensidad entre moderada y alta. En general, un deportista bien entrenado acostumbra a disponer de suficiente cantidad de glucógeno muscular y glucosa en sangre (procedente del hígado) como para realizar un ejercicio de alta intensidad por espacio de una hora y media sin ningún aporte adicional de hidratos de carbono. Otra situación es la del deportista aficionado o el individuo que practica ejercicio físico como medio para mejorar su salud y mantenerse en forma; en este caso, la ingesta de hidratos de carbono puede ayudar a superar las molestias y limitaciones (en parte de origen central) asociadas al esfuerzo, y permitir un tiempo de ejercicio más prolongado.

En cualquier caso, el tipo y la concentración óptima de hidratos de carbono en la bebida dependerán de los objetivos que se desee alcanzar. Cuando la concentración de azúcar es muy alta, el vaciamiento gástrico es más lento, con lo que se retrasa la disponibilidad de líquido para ser absorbido por el intestino delgado; incluso, si la concentración es excesivamente elevada, puede pasar agua desde la sangre al intestino con el objetivo de "diluir" el contenido y con ello facilitar su absorción, lo que puede agravar el estado de deshidratación.

Entre los minerales, el único componente que debe añadirse al líquido de bebida (y siempre en pequeñas cantidades) es el sodio, habitualmente en forma de sal común (o cloruro sódico). El sodio es necesario en el intestino delgado para la absorción de la glucosa, lo que facilita, a su vez, la absorción del agua. Por otra parte, los propios iones de sodio incrementan la absorción de agua y contribuyen a mantener el volumen de líquido presente en el espacio extracelular.

La mayoría de refrescos comerciales poseen un bajo contenido en sodio (1-2 mmol/l), mientras que las bebidas "energéticas" para deportistas habitualmente contienen sodio a concentraciones del orden de 10-25 mmol/l (23-57,5 mg%). (Los preparados para corregir por vía oral la situación de deshidratación que padecen los



individuos afectos de diarrea poseen una concentración en sodio aún más elevada). La presencia de sodio en una cierta concentración favorece la absorción del agua y la glucosa, pero confiere un especial sabor a la bebida, por lo que se debe intentar conseguir un equilibrio entre eficacia y palatabilidad, llegando a un compromiso en la cantidad de sal añadida. Asimismo, se pueden reponer también, con la correspondiente bebida, otros nutrientes como el potasio, el magnesio, vitaminas, etc. en pequeñas cantidades, con objeto de acelerar el ritmo de recuperación del deportista [12].

La ingesta de bebidas con un cierto contenido en sales es necesaria para conseguir una rápida y adecuada rehidratación una vez finalizado el partido, la competición, la sesión de entrenamiento, etc., especialmente cuando dicha actividad está previsto realizarla de nuevo al cabo de pocas horas. Si el líquido de bebida no contiene sodio (o su cantidad es poca), a medida que se vaya absorbiendo el agua se reducirá la osmolaridad (la concentración en partículas osmóticamente activas, fundamentalmente de sodio) del plasma, lo que favorecerá la producción de orina (a través de cambios de carácter hormonal) y con ello la eliminación de una gran parte del agua absorbida.

## Conclusión

A modo de conclusión, podemos decir que para evitar o prevenir los problemas inducidos por la pérdida de agua durante un ejercicio físico, y las consiguientes repercusiones sobre los sistemas de control de la temperatura corporal, la dinámica del sistema cardiovascular, y los procesos de suministro y obtención de energía a nivel de los distintos músculos es necesario:

- Ingerir agua conteniendo pequeñas cantidades de azúcar y de sal antes, durante y al finalizar las sesiones de entrenamiento y la competición.
- Protegerse de la radiación solar siempre que sea posible, con objeto de evitar el aporte adicional de energía térmica y la correspondiente sobrecarga para los sistemas corporales de disipación del calor.
- Utilizar equipo o ropa ligera y suelta que permita la libre circulación del aire y facilite la refrigeración de la superficie corporal.
- Desprenderse lo antes posible de la ropa mojada, ya que ésta dificulta la transferencia o disipación del calor hacia el medio ambiente y reduce la capacidad de refrigeración de la piel.

## BIBLIOGRAFÍA

1. 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.

2. Coyle EF. Cardiovascular drift during prolonged exercise and the effects of dehydration. *Int J Sports Med* 1998; 19: S121-S124.
3. Hargreaves M, Dillo P, Angus D, Febbraio M. Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1996; 80: 363-366.
4. Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA, Dennis SC. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int J Sports Med* 1994; 15: 392-398.
5. Hamilton MT, González-Alonso J, Montain SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevents cardiovascular drift. *J Appl Physiol* 1991; 71: 871-877.
6. Montain SJ, Smith SA, Mattot RP, Zientara GP, Jolesz A, Sawka MN. Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a <sup>31</sup>P-MRS study. *J Appl Physiol* 1998; 84: 1889-1894.
7. Segura-Cardona R. Ejercicio físico y fatiga. *Monografías Médicas JANO* 1989; 3: 39-52.
8. Noakes TD. Fluid replacement during exercise. *Exerc Sportys Sci Rev* 1993; 21: 297-330.
9. Maughan RJ, Leiper JB. Fluid replacement requirements in soccer. *J Sports Sci* 1994; 12: S29-S34.
10. Montain SJ, Coyle EF. Influence of the timing of fluid ingestion on temperature regulation during exercise. *J Appl Physiol* 1993; 75: 688-695.
11. Maughan RJ. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. *J Sports Sci* 1991; 9: 117-142.
12. 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; 3: 175-182.