



ESTRATEGIAS DE INGESTA DE LÍQUIDOS PARA UNA ÓPTIMA HIDRATACIÓN Y RENDIMIENTO: CONSUMO PLANIFICADO VS. TOMAR SEGÚN LA SED

Robert W. Keneflick Ph.D. | División de Medicina Térmica y de Montaña | Instituto de Investigación del Ejército de EUA | Natick, MA

PUNTOS CLAVE

- En los humanos, la sed tiende a calmarse antes de que se alcance una rehidratación completa.
- Cuando las tasas de sudoración son altas y el consumo de líquido *ad libitum* no es suficiente para reponer las pérdidas por sudor, se produce una pérdida acumulada de agua corporal.
- Las pérdidas de masa corporal del 2% ó más tardan tiempo en alcanzarse.
- La deshidratación de más del 2% de la masa corporal se asocia con una alteración en la función termorreguladora, una tensión cardiovascular elevada y, en muchas condiciones, se afecta el rendimiento en el ejercicio aeróbico (por ej., más calor, mayor duración, mayor intensidad).
- Las circunstancias en las que el consumo planificado es óptimo incluyen: actividades de larga duración > 90 min, especialmente en el calor; ejercicio de alta intensidad con elevadas tasas de sudoración; ejercicio donde es importante el rendimiento o cuando se requiere una ingesta de carbohidratos de 1 g/min.
- Las circunstancias en que tomar según la sed puede ser suficiente incluyen: ejercicio de corta duración < 60 a 90 minutos; ejercicio en ambientes frescos; ejercicio de baja intensidad.
- **NUNCA** bebas tanto que te haga ganar peso.

INTRODUCCIÓN

Las dos escuelas de pensamiento más comunes con respecto a las mejores prácticas de ingesta de líquidos durante el ejercicio son el consumo planificado vs. tomar según la sed o la ingesta *ad libitum*. Ambas estrategias buscan prevenir la hidratación excesiva o insuficiente y mantener el rendimiento. Sin embargo, el éxito de cualquiera de las estrategias dependerá del contexto del evento (duración, intensidad y ambiente), las características del individuo (estado físico, estado de aclimatación) y los objetivos del sujeto que hace ejercicio, entrena o compete.

El *consumo planificado* se define como el uso de un plan de ingesta preestablecido. Esta estrategia se refiere a beber cantidades predeterminadas de líquidos con el fin de minimizar las pérdidas de fluidos. Dado que existe una variabilidad considerable en las tasas de sudoración y las concentraciones de electrolitos en el sudor entre los individuos, esta estrategia de consumo recomienda un programa personalizado de reposición de fluidos. Al beber para aproximarse a las pérdidas de sudor, dentro de $\pm 2\%$ de masa corporal (para prevenir la deshidratación y la ingesta excesiva), el objetivo de esta estrategia es atenuar el deterioro potencial del rendimiento físico, reducir la tensión cardiovascular y termorreguladora asociada con la deshidratación, disminuir el riesgo de complicaciones por calor (agotamiento por calor, golpe de calor) y prevenir la hiponatremia (Sawka et al., 2007).

La determinación de la tasa de sudoración puede lograrse midiendo los cambios agudos en la masa corporal (MC) antes e inmediatamente después del ejercicio. En ausencia de bebida, el cambio en la masa corporal se puede utilizar como una aproximación del volumen de sudor perdido (por ejemplo, 1 kg = 1 L); sin embargo, puede haber algunas pequeñas fuentes de error en esta suposición.

Beber según a la sed se ha usado indistintamente como "beber *ad libitum*" (Hew-Butler et al., 2006). "Beber *ad libitum*" se define como el consumo de líquido cuando y cuanto volumen se desee (Ormerod et al., 2003; Vokes, 1987). El objetivo de "beber obedeciendo a la sed" es utilizar el mecanismo innato de la sed para guiar el consumo de líquidos con el objetivo de prevenir el desarrollo de hiponatremia asociada al ejercicio y la deshidratación excesiva (Hew-Butler et al., 2015).

BALANCE DE LÍQUIDOS Y SED

El balance neto de agua corporal (pérdidas de fluidos = ganancias de líquidos) está regulado notablemente bien día a día, como resultado de la sed y el hambre, además del acceso *ad libitum* a los alimentos y bebidas (Institute of Medicine, 2005). Sin embargo, cuando las pérdidas de fluidos son mayores que la ingesta de líquidos, se produce deshidratación. Debido a que el agua corporal tiene una fluctuación diaria normal, la deshidratación se define como un déficit hídrico corporal mayor a esta fluctuación (Cheuvront & Keneflick, 2014) o cuando los déficits de agua corporal exceden dos desviaciones estándar en la variabilidad de la masa corporal normal (> 2% MC) (Adolph y Dill, 1938; Cheuvront et al., 2004). En reposo, este nivel de deshidratación es el umbral aproximado donde se producen acciones compensadoras que regulan los líquidos (conservación de fluidos en el riñón) y estimulan la adquisición de bebidas (sed) (> 2% MC) (Reeves et al., 1998; Shirreffs et al., 2004). Estas acciones compensatorias se desencadenan por las elevaciones de la osmolalidad plasmática y, en menor medida, por una reducción del volumen plasmático (Cheuvront et al., 2013; Cheuvront & Keneflick, 2014). Durante el ejercicio, particularmente en el calor, el volumen de plasma disminuye porque proporciona el líquido para el sudor, y como resultado, la osmolalidad del plasma (Posm) aumenta porque el sudor es hipotónico (pobre en sodio) en relación con el plasma. Es importante recordar que cuando se producen pérdidas totales de agua corporal durante el ejercicio debido a la sudoración termorreguladora, estas pérdidas ocurren en todos los compartimentos de líquidos. Un aumento

en la osmolalidad plasmática y extracelular extraerán fluido del espacio intracelular de modo que todos los compartimentos estén en equilibrio osmótico. Un aumento de ~2% en Posm (~6 mmol/kg) comúnmente se señala como un umbral osmótico para la conservación compensatoria del agua renal y la adquisición de agua (sed) que es equivalente a ~2% de pérdida de MC (1.4 L para 70 kg; Figura 1) (Cheuvront & Kenefick, 2014). La sensibilidad de los osmorreceptores en la regulación de la liberación de la hormona antidiurética y la estimulación de la sed se ve reforzada por pérdidas de volumen relativamente pequeñas. Sin embargo, la sed mediada por volumen requiere una pérdida mucho mayor (~10% del volumen sanguíneo, ~1 L) y las pérdidas de volumen plasmático son solo ~0.14 L con una pérdida de ~2% MC (Cheuvront et al., 2007).

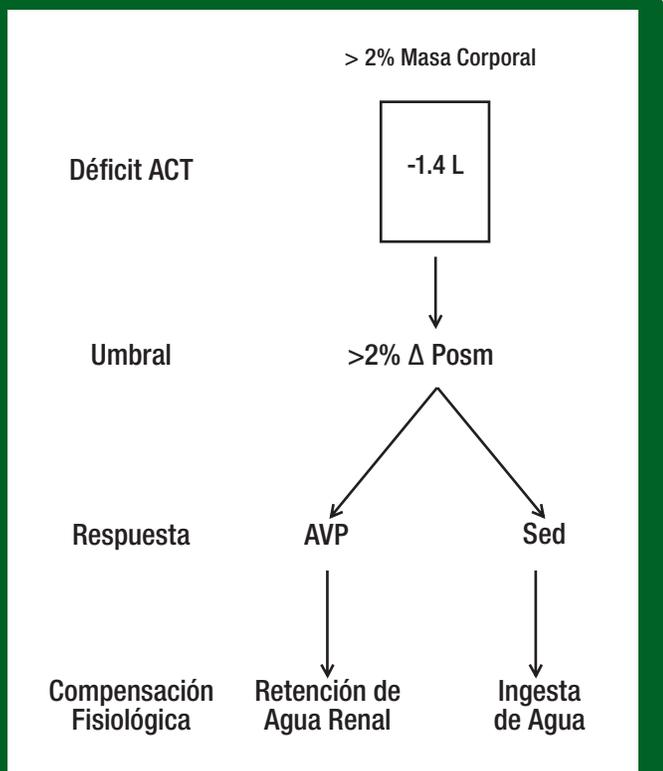


Figura 1. Regulación del balance de agua corporal en respuesta al déficit típico del ejercicio / la restricción de líquidos para un individuo de 70 kg. El esquema incluye la magnitud estimada de la deshidratación (2% de pérdida de masa corporal) requerida para estimular la respuesta osmótica-dependiente para la conservación y adquisición compensatoria del agua (sed). ACT, agua corporal total; Posm, osmolalidad plasmática; AVP, arginina vasopresina.

Un cambio en el ACT se equipara con un cambio en la masa corporal (1 L = 1 kg), por lo que la deshidratación se expresa como un porcentaje de la masa corporal de acuerdo con: $(\Delta \text{ masa corporal} / \text{ masa corporal inicial}) * 100$ o para este ejemplo, $(1.4 \text{ kg} / 70 \text{ kg}) * 100 = 2\%$.

Si bien la sensación de sed funciona adecuadamente en reposo (Greenleaf y Sargent, 1965), es menos sensible durante el ejercicio. Los mecanismos que estimulan la sed están sujetos a numerosas influencias (Greenleaf y Morimoto, 1996), y la sensibilidad a estas señales durante el ejercicio es probablemente diferente dado el estado fisiológico durante el ejercicio. Esto incluye la elevación de la frecuencia cardíaca y la respiración, la disminución del flujo sanguíneo renal y el volumen plasmático, y la elevación de la hormona antidiurética y otras hormonas reguladoras de fluidos.

Durante muchos años, se han reportado observaciones sobre la

insensibilidad de la sed en el mantenimiento del agua corporal total durante el ejercicio. Dill et al. (1933) observaron que cuando un hombre y un perro caminaron 32 km en un ambiente caluroso con disponibilidad de agua *ad libitum*, el perro mantuvo el equilibrio de peso mientras que el hombre perdió aproximadamente 3 kg. Se ha informado que durante los períodos en que la tasa de sudoración es alta (> 1.0 L/h), los humanos que practican el consumo *ad libitum* consumen significativamente menos líquidos (Adolph, 1947; Adolph y Dill, 1938; Greenleaf y Sargent, 1965; Greenleaf et al., 1983). Greenleaf y Sargent (1965) reportaron que cuando bebían *ad libitum*, los sujetos consumían aproximadamente la mitad de los líquidos perdidos durante el ejercicio en ambientes fríos y calientes. Incluso, sujetos que realizaron un medio maratón informaron que se sentían más sedientos cuando bebieron *ad libitum* en comparación con pruebas de ingesta programada (Dion et al., 2013). Cheuvront et al. (2007) examinaron los promedios de 14 estudios de maratón realizados en ambientes diferentes (10-28 °C), con corredores de un amplio rango de habilidades (2 h, 10 min a 4 h; Figura 2) y concluyeron que el consumo *ad libitum* comúnmente produce una deshidratación superior al 2% de pérdida de MC.

La sed también se alivia antes de que se logre la rehidratación completa (Greenleaf, 1992) ya que las señales orofaríngeas desencadenan la saciedad de la sed antes de que el volumen se restaure completamente (Bourque, 2008; Geelen et al., 1984; Rolls et al., 1980; Takamata et al. Thompson et al., 1987). Por ejemplo, Greenleaf y Sargent (1965) también informaron que después de los ensayos experimentales con acceso *ad libitum* al líquido, los sujetos informaron sentirse completamente recuperados y no tenían sed a pesar de tener un déficit hídrico de 4-5 L. Por último, es importante tener en cuenta que se reportó que la sensación de sed es menos sensible durante el ejercicio en personas mayores (Kenney y Chiu, 2001).

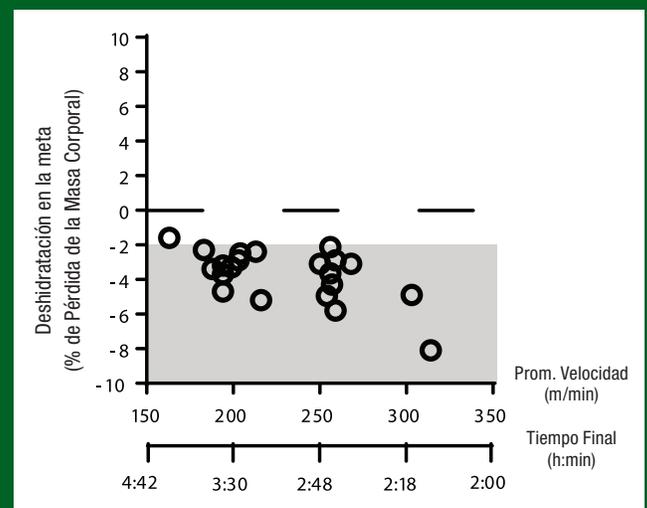


Figura 2. Nivel de deshidratación post carrera (eje y, % de pérdida de masa corporal) vs. velocidad de carrera promedio y tiempo de finalización de 42 km (eje x) cuando se bebe *ad libitum*. Adaptado de Cheuvront et al. (2007).

DESHIDRATACIÓN: RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y RENDIMIENTO EN EL EJERCICIO

La mayoría de las publicaciones científicas sobre rendimiento y deshidratación durante el ejercicio sugieren que la deshidratación aumenta la tensión fisiológica medida por las elevaciones de la temperatura central, la frecuencia cardíaca y las respuestas al esfuerzo percibido (Sawka y Coyle, 1999). Además, cuanto mayor es el déficit hídrico corporal, mayor

es el aumento en la tensión fisiológica (Adolph, 1947; Montain y Coyle, 1992; Montain et al., 1995; Sawka et al., 1985). También se ha reportado que la deshidratación reduce la tasa de sudoración a cualquier temperatura central del cuerpo, disminuye la pérdida de calor por evaporación (Sawka et al., 1985) y aumenta el almacenamiento de calor (Fortney et al., 1984). Además, debido a una reducción en el volumen plasmático circulante como resultado de la deshidratación, el ritmo cardíaco aumenta como consecuencia de una reducción en el volumen sistólico (Gonzalez-Alonso et al., 2000; Saltin, 1964). El estrés térmico combinado con la deshidratación exacerba aún más estas respuestas cardiovasculares porque crea una competencia entre la circulación central y periférica por un volumen sanguíneo limitado (Rowell, 1986) y una mayor tensión fisiológica para una determinada tarea de ejercicio (Montain y Coyle, 1992; Montain et al. 1995). Existe un consenso general en la bibliografía de que la deshidratación de $\geq 2\%$ de MC representa un umbral en el que el rendimiento o resistencia del ejercicio aeróbico se deteriora (Cheuvront & Kenefick, 2014; Cheuvront et al., 2010; Sawka, 1992; Sawka & Noakes, 2007; Sawka et al., 2007). En una revisión sobre ejercicios de resistencia y deshidratación que evaluó 34 estudios que incluyeron 60 observaciones por separado (Figura 3), 41/60 observaciones (68%) se vieron afectadas de manera significativa por una deshidratación $\geq 2\%$ MC (Cheuvront & Kenefick, 2014). Independientemente del significado estadístico, el número de observaciones que informaron una reducción en el rendimiento durante el ejercicio de resistencia con sujetos $\geq 2\%$ de pérdida de MC fue de 53/60 u 88%. Se recomiendan revisiones más exhaustivas para obtener detalles adicionales sobre el impacto de la deshidratación en las respuestas fisiológicas y el rendimiento durante el ejercicio (Cheuvront & Kenefick, 2014; Institute of Medicine, 2005; Mack & Nadel, 1996).

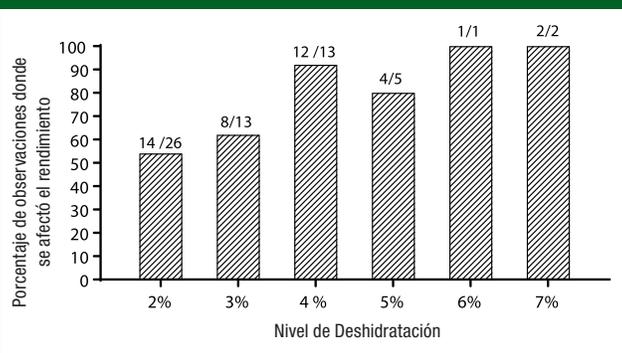


Figura 3. Revisión de 34 estudios sobre los efectos de la deshidratación en el rendimiento de ejercicios de resistencia. Las fracciones por encima de las barras representan el número de observaciones estadísticamente significativas ($P < 0.05$) (numerador) de las observaciones totales (denominador) a un nivel específico de deshidratación. 41 de 60 observaciones totales (68%) fueron significativamente ($P < 0.05$) afectadas por deshidratación $\geq 2\%$ de masa corporal. Adaptado de Cheuvront y Kenefick (2014).

Una crítica generalizada de los estudios revisados en relación a la deshidratación en ejercicios de resistencia, es que se llevaron a cabo en un laboratorio donde las condiciones difieren de las actividades al aire libre. Las críticas válidas de estas publicaciones científicas incluyen el logro de la deshidratación antes (en lugar de durante) el ejercicio y tasas de flujo de aire poco realistas. Sin embargo, una revisión de los estudios de deshidratación donde la pérdida de agua ocurrió durante el ejercicio reportó las mismas conclusiones (Cheuvront et al., 2003). En uno de los mejores ejemplos válidos de un estudio de campo en deporte de resistencia, Casa et al. (2010) examinaron el impacto de la deshidratación ($\sim 2\%$ de pérdida de MC) en el rendimiento de una carrera de trail y reportaron tiempos $\sim 5\%$

más lentos cuando los sujetos completaron la carrera deshidratados.

Es importante señalar que cuando se comienza el ejercicio en un estado de hidratación adecuado, la pérdida acumulada de líquido y el desarrollo posterior de sensaciones de sed puede tardar y dependerá de numerosos factores (por ejemplo, ambiente, intensidad y duración del ejercicio, tasa de sudoración). Para reforzar este punto, se pronosticaron pérdidas de sudor para dos corredores hipotéticos de tamaño corporal pequeño y grande en distancias de 5 km a 42 km (maratón) en condiciones templadas (22°C) y cálidas (30°C) (Kenefick & Cheuvront, 2012). Estas predicciones ilustran la variabilidad en las necesidades de líquidos para diferentes duraciones de ejercicio, intensidades, entornos y tamaños corporales. Las pérdidas de líquido se expresaron como el porcentaje de reducción en la masa corporal en relación con un umbral de pérdida del 2% durante la duración de cada evento (Figura 4 A, B). Lo que se puede observar es que para los tiempos de llegada típicos de la mayoría de corredores, las pérdidas de líquido son $< 2\%$ MC en distancias de hasta 21 km y no es hasta la distancia de maratón en condiciones de calor (30°C) que individuos más grandes (80 kg) pierden $> 2\%$ MC al final del evento (Figura 4 A). Para los corredores más rápidos y competitivos (Figura 4 B), las pérdidas de líquido son mayores tanto en los corredores pequeños como en los grandes y superan el 2% de pérdida de masa corporal en condiciones templadas y calurosas durante el maratón, pero están por debajo del 2% de pérdida de MC para las otras distancias (5-21 km). Estos modelos de estimaciones de pérdida son conservadores; sin embargo, ilustran que la reposición de líquidos se vuelve cada vez más crítica durante una mayor intensidad y un ejercicio prolongado, particularmente en temperaturas más cálidas.

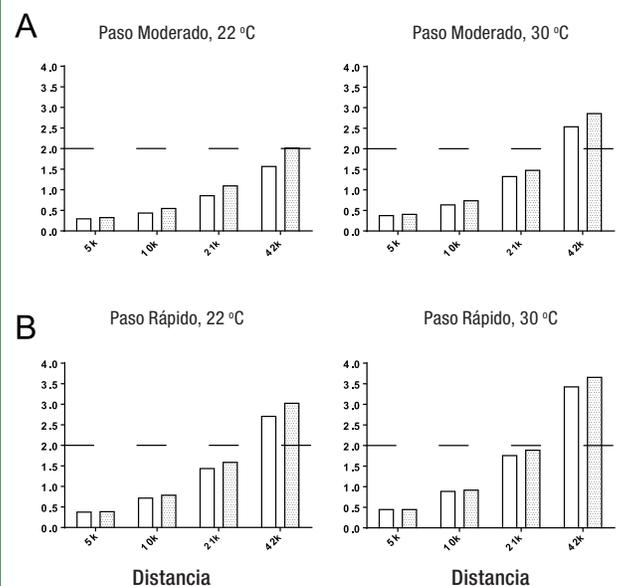


Figura 4. Predicción del porcentaje de pérdida en la masa corporal en carreras de calle según la tasa de sudoración para corredores de capacidad promedio de 60 kg (barras transparentes) y 80 kg (barras moteadas) (A) durante 5 km (25 min), 10 km (60 min), 21 km (130 min), y 42 km (270 min) y corredores de capacidad competitiva (B) durante 5 km (21 min), 10 km (43 min), 21 km (95 min) y 42 km (200 min). La línea punteada señala una pérdida de masa corporal del 2%. Las pérdidas suponen que no hay ingesta de líquidos. Adaptado de Kenefick y Cheuvront (2012).

INGESTA AD LIBITUM Y RENDIMIENTO

En general, los hallazgos de las publicaciones científicas *ad libitum* o tomar según la sed, apoyan la idea de que mantener el balance de líquidos dentro de $\pm 2\%$ MC depende del ambiente, la intensidad del ejercicio y la duración del evento. Los estudios *ad libitum* o tomar según la sed se realizaron a baja temperatura ambiental (Daries et al., 2000; Knechtel et al., 2010), durante eventos de dos horas o menos (Berkulo et al., 2016; Daries et al. 2000, Dion et al., 2013; Dugas et al., 2009), y cuando tienen una duración muy prolongada (ultraeventos) tienden a tener intensidades de ejercicio más bajas (Hoffman & Stuempfle, 2014; Hoffman et al., 2013; Knechtel et al., 2010). Muchos de los estudios *ad libitum* o tomar según la sed se realizaron en el campo o durante una competencia (en comparación con el laboratorio), donde hay un mayor flujo de aire, una mayor pérdida de calor por convección y, como resultado, una menor tensión cardiovascular y termorreguladora. También en la mayoría de los estudios de campo o competencias, los voluntarios comienzan el ejercicio en un estado de euhydratación y se deshidratan progresivamente durante el evento o prueba. Por lo tanto, es posible que no se logre $> 2\%$ de pérdida de MC hasta el final del evento, o que ésta no se alcance en el caso de eventos o pruebas más cortas. Además, existe una dificultad considerable para tomar mediciones precisas en el campo. Por ejemplo: masa corporal, ingesta de alimentos o líquidos, pérdidas de orina o heces.

Los estudios *ad libitum* o de ingesta según la sed que involucran carreras de resistencia (Daries et al., 2000), medio maratón (Dion et al., 2013) y maratón (Beis et al., 2012) han reportado una mayor tensión cardiovascular y termorreguladora (Dion et al. al., 2013), pero no hubo diferencias en el volumen plasmático ni en la osmolalidad (Daries et al., 2000), y no hubo diferencias en el rendimiento de carrera (Beis et al., 2012; Daries et al., 2000; Dion et al., 2013). Estudios con ciclistas que beben *ad libitum* han informado que las respuestas cardiovasculares (Berkulo et al., 2016), la termorregulación (Berkulo et al., 2016; Dugas et al., 2009) y el rendimiento (Berkulo et al., 2016; Dugas et al. 2009) no son diferentes a la ingesta de bebida planificada. Por el contrario, Bardis et al. (2017) compararon recientemente la ingesta *ad libitum* versus el consumo planificado durante una prueba de ciclismo de 30 km en condiciones de calor y concluyeron que igualar la ingesta de líquidos con las pérdidas por sudor proporcionaba una ventaja de rendimiento debido a una menor tensión termorreguladora y mayores respuestas de sudoración.

Los estudios con corredores de ultra distancias que examinan el consumo *ad libitum* han concluido que esta estrategia evitó la incidencia de hiponatremia (Knechtel et al., 2010), no afectó el rendimiento a pesar de las pérdidas de masa corporal $> 3\%$ (Hoffman y Stuempfle, 2014; Hoffman et al., 2013) y concluyeron que no se requiere beber más allá de la sed para mantener la hidratación durante los eventos de ultra resistencia. Cuando se realiza ejercicio de ultra resistencia (prueba que consiste en muchas horas o días), como se mencionó anteriormente, las actividades de estas distancias o duraciones pueden originar pérdidas importantes de masa que no son fluidos y movimientos que no están relacionados con el agua. Esto hace que sean difíciles de determinar e interpretar los cambios en la masa corporal, pérdida de fluidos, ingesta de alimentos o líquidos y pérdidas intestinales o de la vejiga.

CONCLUSIONES

Es lógico pensar que durante el ejercicio una estrategia de reposición de líquidos que mantenga el estado de hidratación dentro de $\pm 2\%$ MC sea exitosa en el mantenimiento del rendimiento fisiológico y la capacidad física. Como lo demuestran nuestras predicciones de necesidad de líquidos, la pérdida de 2% MC puede tardar en acumularse y dependerá del tamaño corporal, el ambiente, la intensidad del ejercicio y la duración

del evento. Por lo tanto, parece que existen condiciones en las que la ingesta *ad libitum* o tomar según la sed serán suficientes para satisfacer las necesidades, es decir, mantener el equilibrio de líquidos dentro de $\pm 2\%$ MC. Para las personas que están menos preocupadas con el rendimiento o realizan actividades a intensidades más bajas, particularmente en climas fríos, un plan de reposición de líquidos puede no ser tan importante porque las pérdidas de la MC pueden no acercarse al 2% . Estas condiciones incluyen actividades o competencias: de < 1 a 2 horas de duración; que son de menor intensidad de ejercicio; y ocurren en ambientes fríos o templados. Sin embargo, también hay condiciones donde el consumo programado es necesario para cumplir con las necesidades de líquidos y se requerirá emplear una estrategia de consumo programada individualizada para evitar posibles alteraciones termorreguladoras, cardiovasculares y del rendimiento durante el ejercicio (2% de pérdida de MC). Estas condiciones incluyen actividades o competencias que: tienen una duración mayor, > 90 min a 2 h; son de mayor intensidad; tener lugar en ambientes templados o cálidos; o donde se desea la ingesta de combustible a una velocidad particular (por ejemplo, 1 g de carbohidrato/min). Por lo tanto, una estrategia de consumo programado debe adaptarse para evitar pérdidas o ganancias de $\pm 2\%$ BM (Sawka et al., 2007). Es importante recordar que el "rendimiento" como se discutió en esta revisión se refiere a la capacidad de ejercicio aeróbico. El impacto de la deshidratación en el rendimiento deportivo en deportes de equipo es menos claro ya que estas actividades incluyen varios componentes además de resistencia aeróbica, funciones motoras y cognitivas (p. Ej., driblar, lanzar, pasar, apuntar), toma de decisiones y potencia anaeróbica o fuerza. Por lo tanto, el impacto de la deshidratación probablemente dependerá de la contribución relativa de los factores que comprenden la habilidad o tarea específica que se realiza, así como los sistemas de energía utilizados para llevarla a cabo (Chevront & Kenefick, 2014).

Como la práctica de la ingesta *ad libitum* o tomar según la sed parece reponer aproximadamente la mitad de las pérdidas de líquidos (Greenleaf y Sargent, 1965), esta estrategia podría tener éxito en la prevención de la hiponatremia. Sin embargo, los humanos consumen líquidos por razones diferentes a la sed o la reposición de líquidos y, aunque son raros, se han documentado casos de personas que han consumido líquidos "de acuerdo con la sed" pero bebieron demasiado y se volvieron hiponatrémicas (Hew-Butler et al., 2015). También es importante tener en cuenta que una ingesta excesiva generalmente ocurre cuando hay abundante acceso al agua u otro líquido hipotónico, que es común en eventos de mayor duración. Cuando consume líquido *ad libitum*, según la sed o si bebe líquidos de acuerdo a un programa predeterminado, nunca consume tanto líquido como para que gane peso.

APLICACIONES PRÁCTICAS

- El consumo planificado debe considerarse para: actividades de duración > 90 min, especialmente en el calor; ejercicio de alta intensidad; altas tasas de sudoración, ejercicio donde es importante el rendimiento; y cuando se desea una ingesta de carbohidratos de 1 g/min.
- Beber según la sed se debe considerar para: ejercicios de corta duración < 60 a 90 min; ejercicios en condiciones más frescas; ejercicios de baja intensidad.
- Las personas con altas tasas de sudoración o aquellas preocupadas por su rendimiento físico deberían determinar las tasas de sudoración en condiciones (intensidad de ejercicio, ritmo) y entornos similares a los previstos al competir y adaptar la bebida para evitar pérdidas de masa corporal $> 2\%$.
- **NUNCA** bebas tanto como para ganar peso.

AGRADECIMIENTOS

Las opiniones o afirmaciones contenidas en este documento son criterios personales del autor y no deben interpretarse como oficiales o que reflejen las opiniones del Ejército o del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América. El autor agradece a Karleigh Bradbury y Adam Luippold por la asistencia administrativa y al Dr. Samuel N. Cheuvront por la asistencia editorial. Aprobado para publicación pública: distribución ilimitada.

REFERENCIAS

- Adolph, E.F. (1947). *Physiology of Man in the Desert*. Interscience Publishers, Inc.
- Adolph, E.F., and D.B. Dill (1938). DB. Observations on water metabolism in the desert. *Am. J. Physiol.* 123:369-499.
- Bardis, C.N., S.A. Kavouras, J.D. Adams, N.D. Geladas, D.B. Panagiotakos, and L.S. Sidossis (2017). Prescribed drinking leads to better cycling performance than *ad libitum* drinking. *Med. Sci. Sports Exerc.* 49:1244-1251.
- Beis, L.Y., N. Wright-Whyte, B. Fudge, T. Noakes, and Y.P. Pitsiladis (2012). Drinking behaviors of elite male runners during marathon competition. *Clin. J. Sport Med.* 22:254-261.
- Berkulo, M.A., S. Bol, K. Levels, R.P. Lamberts, H.A. Daanen, and T.D. Noakes (2016). Ad-libitum drinking and performance during a 40-km cycling time trial in the heat. *Eur. J. Sport Sci.* 16:213-220.
- Bourque, C.W. (2008). Central mechanisms of osmosensation and systemic osmoregulation. *Nature Rev. Neurosci.* 9:519-531.
- Casa, D.J., R.L. Stearns, R.M. Lopez, M.S. Ganio, B.P. McDermott, S. Walker Yeargin, L.M. Yamamoto, S.M. Mazerolle, M.W. Roti, L.E. Armstrong, and C.M. Maresh (2010). Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *J. Athl. Train.* 45:147-156.
- Cheuvront, S.N., and R.W. Kenefick (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr. Physiol.* 4:257-285.
- Cheuvront, S.N., R. Carter, and M.N. Sawka (2003). Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr. Sports Med. Rep.* 2:202-208.
- Cheuvront, S.N., R. Carter III, S.J. Montain, and M.N. Sawka (2004). Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 14:532-540.
- Cheuvront, S.N., S.J. Montain, and M.N. Sawka (2007). Fluid replacement and performance during the marathon. *Sports Med.* 37:353-357.
- Cheuvront, S.N., R.W. Kenefick, S.J. Montain, and M.N. Sawka (2010). Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J. Appl. Physiol.* 109:1989-1995.
- Cheuvront, S.N., R.W. Kenefick, N. Charkoudian, and M.N. Sawka (2013). Physiologic basis for understanding quantitative dehydration assessment. *Am. J. Clin. Nutr.* 97:455-462.
- Daries, H.N., T.D. Noakes, S.C. Dennis (2000). Effect of fluid intake volume on 2-h running performances in a 25 degrees C environment. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:1783-1789.
- Dill, D.B., A.V. Hill, and H.T. Edwards (1933). Mechanisms for dissipating heat in man and dog. *Am. J. Physiol.* 104:36-43.
- Dion, T., F.A. Savoie, A. Asselin, C. Gariépy, and E.D. Goulet (2013). Half-marathon running performance is not improved by a rate of fluid intake above that dictated by thirst sensation in trained distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 113:3011-3020.
- Dugas, J.P., U. Oosthuizen, R. Tucker, and T.D. Noakes (2009). Rates of fluid ingestion alter pacing but not thermoregulatory responses during prolonged exercise in hot and humid conditions with appropriate convective cooling. *Eur. J. Appl. Physiol.* 105:69-80.
- Fortney, S.M., C.B. Wenger, J.R. Bove, and E.R. Nadel (1984). Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J. Appl. Physiol.* 57:1688-1695.
- Geelen, G., L.C. Keil, S.E. Kravik, C.E. Wade, T.N. Thrasher, P.R. Barnes, G. Pyka, C. Nesvig, and J.E. Greenleaf (1984). Inhibition of plasma vasopressin after drinking in dehydrated humans. *Am. J. Physiol.* 247:R968-R971.
- Gonzalez-Alonso, J., R. Mora-Rodriguez, and E.F. Coyle (2000). Stroke volume during exercise: interaction of environment and hydration. *Am. J. Physiol.* 278:H321-330.
- Greenleaf, J.E. (1992). Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:645-656.
- Greenleaf, J.E., and F. Sargent II (1965). Voluntary dehydration in man. *J. Appl. Physiol.* 20:719-724.
- Greenleaf, J.E., and T. Morimoto (1996). Mechanisms controlling fluid ingestion: thirst and drinking. In: P. Buskirk (ed.) *Boggy Fluid Balance: Exercise and Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 3-17.
- Greenleaf, J.E., P.J. Brock, L.C. Keil, and J.T. Morse (1983). Drinking and water balance during exercise and heat acclimation. *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol.* 54:414-419.
- Hew-Butler, T., J.G. Verbalis, and T.D. Noakes (2006). International Marathon Medical Directors A. Updated fluid recommendation: position statement from the International Marathon Medical Directors Association (IMMDA). *Clin. J. Sport Med.* 16:283-292.
- Hew-Butler, T., M.H. Rosner, S. Fowkes-Godek, J.P. Dugas, M.D. Hoffman, D.P. Lewis, R.J. Maughan, K.C. Miller, S.J. Montain, N.J. Rehrer, W.O. Roberts, I.R. Rogers, A.J. Siegel, K.J. Stuempfle, J.M. Winger, and J.G. Verbalis (2015). Statement of the third international exercise-associated hyponatremia consensus development conference. *Clin. J. Sport Med.* 25:303-320.
- Hoffman, M.D., and K.J. Stuempfle (2014). Hydration strategies, weight change and performance in a 161 km ultramarathon. *Res. Sports Med.* 22:213-225.
- Hoffman, M.D., T. Hew-Butler, and K.J. Stuempfle (2013). Exercise-associated hyponatremia and hydration status in 161-km ultramarathoners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 45:784-791.
- Institute of Medicine (2005). *Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate*. Washington, D.C. The National Academies Press.
- Kenefick, R.W., and S.N. Cheuvront (2012). Hydration for recreational sport and physical activity. *Nutr. Rev.* 70:S137-S142.
- Kenney, W.L., and P. Chiu (2001). Influence of age on thirst and fluid intake. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:1524-1532.
- Knechtel, B., O. Senn, R. Imoberdorf, I. Joleska, A. Wirth, P. Knechtle, and T. Rosemann (2010). Maintained total body water content and serum sodium concentrations despite body mass loss in female ultra-runners drinking *ad libitum* during a 100 km race. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 19:83-90.
- Mack, G.W., and E.R. Nadel (1996). Body fluid balance during heat stress in humans. In: MJ Fregly, and CM Blatteis (eds.) *Environmental Physiology*. New York; Oxford University Press, pp. 187-214.
- Montain, S.J., and E.F. Coyle (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.* 73:1340-1350.
- Montain, S.J., W.A. Latzka, and M.N. Sawka (1995). Control of thermoregulatory sweating is altered by hydration level and exercise intensity. *J. Appl. Physiol.* 79:1434-1439.
- Ormerod, J.K., T.A. Elliott, T.P. Scheett, J.L. VanHeest, L.E. Armstrong, and C.M. Maresh (2003). Drinking behavior and perception of thirst in untrained women during 6 weeks of heat acclimation and outdoor training. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 13:15-28.
- Reeves, W.B., D.G. Bichet, and T.E. Andreoli (1998). The posterior pituitary and water metabolism. In: J.D. Wilson, D.W. Foster, H.M. Kronenberg, and P.R. Larsen (eds.) *Williams Textbook of Endocrinology*. Philadelphia; WB Saunders Co., pp. 341-387.
- Rolls B.J., R.J. Wood, E.T. Rolls, H. Lind, W. Lind, and J.G. Ledingham (1980). Thirst following water deprivation in humans. *Am J Physiol.* 239(5):R476-82.
- Rowell, L.B. (1986). *Human Circulation: Regulation during Physical Stress*. New York; Oxford University Press, pp. 363-406.
- Saltin, B. (1964). Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J. Appl. Physiol.* 19:1125-1132.
- Sawka, M.N. (1992). Physiological consequences of hydration: exercise performance and thermoregulation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:657-670.
- Sawka, M.N., and E.F. Coyle (1999). Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 27:167-218.
- Sawka, M.N., and T.D. Noakes (2007). Does dehydration impair exercise performance? *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:1209-1217.
- Sawka, M.N., A.J. Young, R.P. Francesconi, S.R. Muza, and K.B. Pandolf (1985). Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol.* 59:1394-1401.
- Sawka, M.N., L.M. Burke, E.R. Eichner, R.J. Maughan, S.J. Montain, and N.S. Stachenfeld

(2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:377-390.

Shirreffs, S.M., S.J. Merson, S.M. Fraser, and D.T. Archer (2004). The effects of fluid restriction on hydration status and subjective feelings in man. *Br. J. Nutr.* 91:951-958.

Takamata, A., G.W. Mack, C.M. Gillen, A.C. Jozsi, and E.R. Nadel (1995). Osmoregulatory modulation of thermal sweating in humans: reflex effects of drinking. *Am. J. Physiol.* 268:R414-R422.

Thompson, C.J., J.M. Burd, and P.H. Baylis (1987). Acute suppression of plasma vasopressin and thirst after drinking in hypernatremic humans. *Am. J. Physiol.* 252:R1138-R1142.

Vokes T. (1987), Water homeostasis. *Ann. Rev. Nutr.* 7:383-406.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Robert W. Keneflic Ph.D. Fluid intake strategies for optimal hydration and performance: planned drinking vs drinking to thirst. *Sports Science Exchange* (2018) Vol. 29, No. 182, 1-6. por Pedro Reinaldo García M.Sc.