

Módulo 4. Requerimientos de líquidos para el fútbol

Unidad 4.1 Una introducción a los líquidos y los electrolitos para el fútbol

Dr. Ian Rollo: Gatorade Sports Science Institute

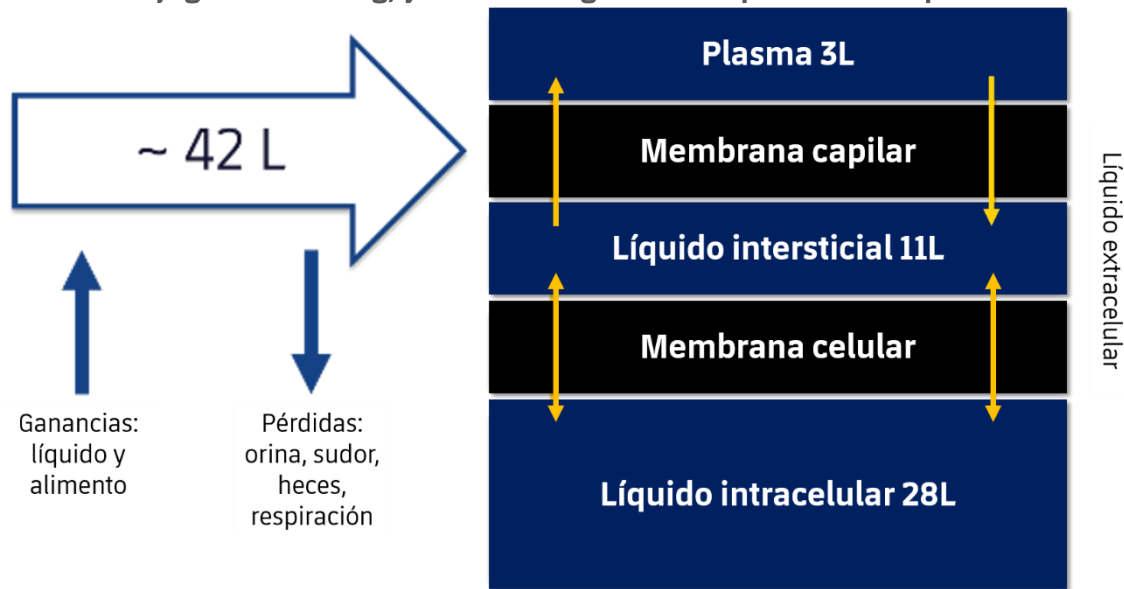
Todos los días, los cuerpos de los jugadores pierden agua, principalmente en forma de sudor, orina y pérdidas respiratorias, mientras que se incorpora agua a través de la ingesta de alimentos y líquidos en la dieta de los jugadores. Los riñones regulan el balance del agua ajustando la salida de orina. Si bien el contenido de agua corporal total es considerablemente constante, la renovación de agua puede ser muy alta en algunas condiciones, como cuando los jugadores entrenan o compiten en entornos calurosos. Para mantener el equilibrio hídrico, la ingesta de agua se debería ajustar para compensar las pérdidas de líquido diariamente (Armstrong et al., 1998; Cheuvront y Kenefick, 2014; Kavouras et al., 2012). En esta unidad, analizaremos la regulación de líquidos en el cuerpo del jugador antes de las recomendaciones específicas para el fútbol de la Unidad 2.

El agua en el cuerpo del jugador

El agua tiene numerosas funciones en el cuerpo del jugador. El agua actúa como solvente para materiales orgánicos e inorgánicos, proporciona un medio para reacciones bioquímicas y transporta solutos a lo largo del cuerpo entre diversos tejidos, suministrando nutrientes y eliminando desechos. El contenido de agua del cuerpo del jugador variará entre el 45 y el 75 % y dependerá de la composición corporal, la edad y el género. La variación del contenido de agua debido a la composición corporal se debe al músculo (masa libre de grasa). El músculo tiene un contenido de agua mucho mayor (aproximadamente entre un 70 y un 80 %) en comparación con el tejido graso (aproximadamente un 10 %) (L. B. Baker y Jeukendrup, 2014).

El agua corporal total del jugador se puede dividir en dos compartimentos: el agua intracelular y el agua extracelular. El compartimento intracelular representa aproximadamente entre un 55 y un 65 % del agua corporal total, mientras que el compartimento extracelular representa entre el 35 y el 45 % restante (L. B. Baker y Jeukendrup, 2014). El compartimento extracelular a su vez se puede dividir en los compartimentos de líquido intersticial y líquido intravascular (~7,5 % del agua corporal total). Como el agua es el principal componente del volumen vascular (el volumen de la sangre tiene aproximadamente entre un 35 y un 45 % de glóbulos rojos, y entre un 55 y un 65 % de agua [plasma]), la hidratación también desempeña un rol crítico en la función cardiovascular y la regulación de la temperatura corporal (L. B. Baker y Jeukendrup, 2014). La Figura 1 ilustra la distribución de líquido corporal en un jugador de 70 kg.

Figura 1: Compartimentos de líquido corporal que comprenden 42 L del agua corporal total en un jugador de 70 kg, y fuentes de ganancia o pérdida de líquido



Fuente: elaboración propia.

¿SABÍA QUE...?

El líquido intersticial es una capa fina de líquido que rodea las células del cuerpo.

Electrolitos

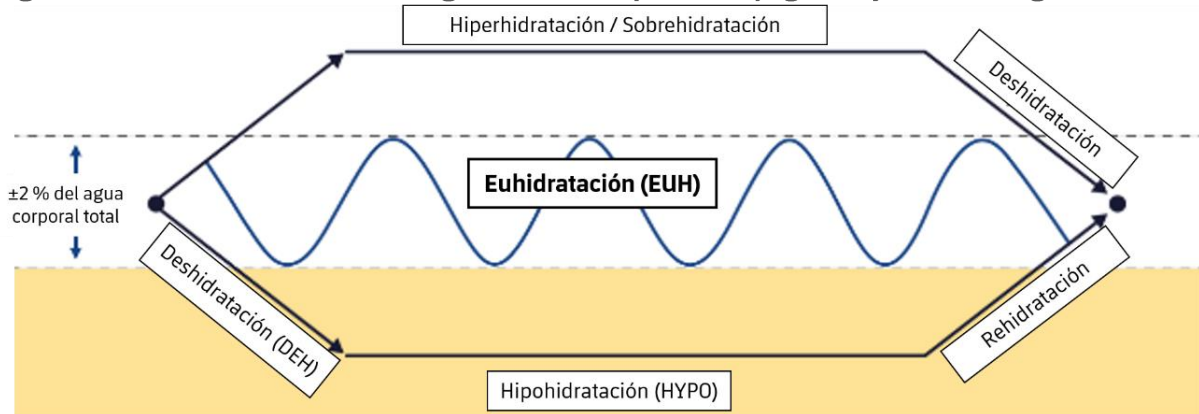
Un electrolito es una sustancia que produce una carga positiva o negativa cuando se disuelve en agua. El sodio, el potasio, el cloruro, el calcio, el magnesio y el fosfato son ejemplos de electrolitos. El sodio (un catión) y sus aniones asociados (cloruro y bicarbonato) constituyen los componentes más activos osmóticamente del líquido extracelular. En consecuencia, el balance de sodio tiene un rol importante en la determinación del volumen del compartimento del líquido extracelular y el movimiento del agua pasivo. El sodio logra esto controlando los gradientes osmóticos entre los espacios de agua intracelular y extracelular (L. B. Baker y Jeukendrup, 2014).

Los cationes más abundantes en el agua intracelular son el potasio y el magnesio. El desequilibrio del sodio y el potasio en todos los compartimentos se mantiene mediante la bomba de sodio-potasio. Todas las funciones celulares y las comunicaciones eléctricas en el cuerpo del jugador dependen de mantener la distribución de los electrolitos entre el líquido intra y extracelular.

¿SABÍA QUE...?

Los electrolitos pueden tener una carga positiva o negativa. Un electrolito que está cargado positivamente se llama catión, y un electrolito que está cargado negativamente se llama anión.

Figura 2: Fluctuación diaria del agua en el cuerpo de un jugador y terminología asociada



Fuente: elaboración propia.

Regulación de la temperatura

La contracción muscular es relativamente ineficiente, siendo convertida en calor entre un 70 y un 75 % de la energía. Por lo tanto, el ejercicio intenso está asociado con un alto nivel de producción de calor metabólico (Shirreffs et al., 2005). Por cada litro de oxígeno consumido durante el ejercicio se producen alrededor de 16 kJ (4 kcal) de calor, y solo se utilizan realmente unos 4 kJ (1 kcal) para realizar el trabajo mecánico. Durante el ejercicio específico del fútbol, el cuerpo del jugador almacena una parte de este calor, y se genera una elevación de la temperatura central (de 38 a 40 °C). Si este calor no se disipara, los jugadores pronto se sobrecalentarían y dejarían de hacer ejercicio (Shirreffs et al., 2005).

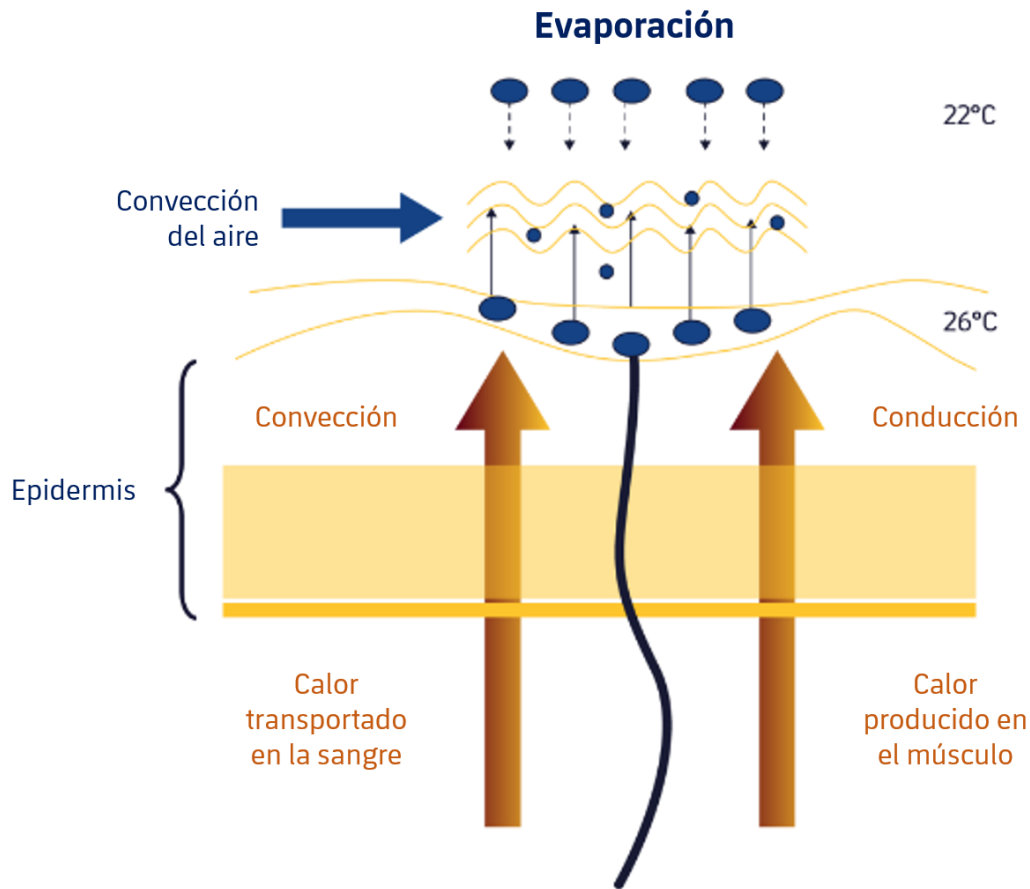
Los aumentos en la temperatura corporal son detectados por termorreceptores centrales y de la piel, y esta información sensorial es procesada por el hipotálamo para desencadenar respuestas adecuadas de los efectores.

Existen varios mecanismos para disipar el calor y mantener la temperatura corporal central en un rango relativamente estrecho tanto en reposo (de 36 a 38 °C) como durante el ejercicio (de 38 a 40 °C). Si bien la radiación y la convección (flujo sanguíneo de la piel) contribuyen, es la evaporación del sudor el mecanismo más efectivo para disipar el calor del cuerpo durante el ejercicio (Armstrong et al., 1997; Cheuvront y Kenefick, 2014). El sudor debe evaporarse de la superficie corporal para ejercer un efecto refrescante, eliminándose 2,4 MJ de calor del cuerpo mediante la evaporación de 1 L de sudor de la piel (Wenger, 1972). Si bien la sudoración es una manera muy efectiva de disipar el calor, puede causar hipohidratación si las pérdidas de sudor no se reponen (Cheuvront y Kenefick, 2014; Cheuvront, Kenefick, Charkoudian y Sawka, 2013). La hipohidratación tiene el potencial de impactar en el desempeño, lo que puede tener implicancias en el entrenamiento diario y en el desempeño durante el partido.

¿SABÍA QUE...?

El hipotálamo es una pequeña región ubicada en la base del cerebro. El hipotálamo es fundamental en la regulación de la temperatura corporal de los jugadores, pero también actúa para regular otras diversas funciones fisiológicas, incluida la liberación de hormonas, el apetito y las respuestas emocionales.

Figura 3: Resumen esquemático del proceso de pérdida de calor y la evaporación de sudor de la superficie de la piel para generar enfriamiento



Fuente: elaboración propia.

Deshidratación y desempeño en el ejercicio

A medida que el cuerpo del jugador llega progresivamente a un estado de hipohidratación, puede ocurrir una reducción en el flujo sanguíneo de la piel y en la tasa de sudor, lo que perjudica la capacidad para regular la temperatura corporal. Varios estudios han demostrado que una hipohidratación leve, equivalente a la pérdida del 2 % de la masa corporal (MC), puede ser suficiente para afectar el desempeño del ejercicio en algunas condiciones (ACSM, 2016). Además, con frecuencia se informa que pérdidas mayores de MC generarán mayores reducciones en el desempeño (L. B. Baker, Dougherty, Chow y Kenney, 2007; Sawka, Cheuvront y Kenefick, 2012), especialmente en condiciones de calor. Aunque los efectos perjudiciales de la hipohidratación en el desempeño son más pronunciados en condiciones de calor, dichos efectos también se han observado en condiciones de frío (Cheuvront, Carter, Castellani y Sawka, 2005). Otros han argumentado que el desempeño puede no verse afectado por una hipohidratación leve (Goulet, 2011). Es muy probable que haya diferencias individuales entre los jugadores con respecto a su capacidad para tolerar la hipohidratación. Por lo tanto, puede ser debatible el nivel exacto de hipohidratación que es aceptable en los jugadores de fútbol. Las pérdidas de sudor rara vez superan el 2% de la masa corporal previa al ejercicio durante el entrenamiento. Durante los partidos, las pérdidas de sudor pueden ser mayores, en especial cuando los

partidos se juegan a altas temperaturas. Según la literatura disponible, 2 % de hipohidratación parece ser una tolerancia práctica y segura para los jugadores de fútbol. Es importante notar que algunos jugadores pueden presentar un "riesgo" alto de hipohidratación, que se analizará en la Unidad 2.

PUNTO CLAVE

***La deshidratación es el proceso de perder agua corporal.
La hipohidratación es un déficit del agua corporal que está causado por una deshidratación aguda o crónica.***

Con hipohidratación en condiciones templadas, se han informado disminuciones tanto en la potencia aeróbica máxima (VO_2 máx.) como en la capacidad de resistencia (McConnell, Burge, Skinner, & Hargreaves, 1997), aunque no todos los estudios encontraron ese efecto (R. J. Maughan, Fenn, & Leiper, 1989; Robinson et al., 1995). Existen varias razones por las cuales la hipohidratación genera una disminución en el desempeño del ejercicio. La consecuencia más dramática de la hipertermia inducida por deshidratación (5 % de pérdida de la MC previa al ejercicio) durante el ejercicio en condiciones extremas (35 °C) es una reducción de entre un 25 y un 30 % en el volumen sistólico que generalmente no se logra con un aumento proporcional en la frecuencia cardíaca; esto produce una disminución en el gasto cardíaco y en la presión arterial (Gonzalez-Alonso, Mora-Rodriguez, Below, & Coyle, 1995). Además, durante el ejercicio en el calor, la dilatación de los vasos sanguíneos de la piel reduce la proporción del gasto cardíaco que se destina a la perfusión de los músculos que trabajan. Por lo tanto, llegar a un estado de hipohidratación significativa también perjudicará la capacidad del cuerpo del jugador para perder calor. Tanto la tasa de sudor como el flujo sanguíneo son más bajos con la misma temperatura central cuando el individuo está hipohidratado, en comparación con el individuo en un estado hidratado. Esto significa que la temperatura corporal aumenta más rápidamente durante el ejercicio cuando el cuerpo está hipohidratado, y esto normalmente viene acompañado de una mayor frecuencia cardíaca durante el ejercicio (Coyle & Gonzalez-Alonso, 2001; Montain & Coyle, 1992). Finalmente, el mayor aumento de la temperatura central durante el ejercicio en estado de hipohidratación se asocia con una mayor tasa de descomposición de glucógeno muscular (Hargreaves, Dillo, Angus, & Febbraio, 1996; Logan-Sprenger, Heigenhauser, Jones, & Spriet, 2015). El agotamiento de estas reservas también podría generar fatiga prematura y reducciones en la carrera de alta intensidad hacia el final de un partido de fútbol (Bendixsen et al., 2012). Además de los efectos de la hipohidratación en el desempeño de resistencia, también se reportaron efectos negativos en la percepción del esfuerzo, la coordinación y la función cognitiva (L. B. Baker, Conroy, & Kenney, 2007; Logan-Sprenger et al., 2015). Es probable que esto tenga un impacto en la habilidad y el proceso de toma de decisiones del jugador.

Anteriormente se pensaba que había menos probabilidades de que la fuerza muscular y el desempeño anaeróbico se vieran afectados por la hipohidratación (Ali & Williams, 2013; Chevront & Kenefick, 2014). Sin embargo, un metaanálisis reveló que es probable que la hipohidratación, o los factores vinculados con la deshidratación, estén asociados con disminuciones prácticamente importantes en la resistencia muscular, la fuerza, y la

potencia y la capacidad anaeróbicas (Savoie, Kenefick, Ely, Cheuvront, & Goulet, 2015). Se podría intuir que las reducciones en la masa corporal por deshidratación durante el ejercicio futbolístico podrían ser beneficiosas para la producción de fuerza y la altura del salto vertical (Viitasalo, Kyrolainen, Bosco, & Alen, 1987). Sin embargo, en un estudio, una reducción en la masa corporal del 2,5 % inducida por un diurético no tuvo efectos en el desempeño de sprints o la potencia (Watson et al., 2005). Asimismo, no hubo correlación entre la reducción de la masa corporal y la altura del salto vertical (Watson et al., 2005). Estos resultados sugieren que la hipohidratación no proporciona beneficios para las actividades con carga requeridas para el fútbol. Algunos han sostenido que los corredores "más veloces" pierden más masa corporal durante el ejercicio (Knechtle, Knechtle, Wirth, Alexander Rust, & Rosemann, 2012; Knechtle, Rust, Knechtle, & Rosemann, 2012; Rust, Knechtle, Knechtle, Wirth, & Rosemann, 2012). Si bien esto puede ser cierto, es importante comprender que los corredores más veloces tendrán mayores tasas de sudor. Además, estos son solo estudios de correlación que no muestran causalidad, e incluso es posible que haya cierta selección natural: aquellos que pueden tolerar mayores pérdidas de líquido son más competitivos.

El fútbol no solo requiere desempeño aeróbico, sino también un nivel continuo de competencia técnica y de destreza a lo largo del ejercicio (Harper, West, Stevenson y Russell, 2014; Russell y Kingsley, 2014). Owen, Kehoe y Oliver (2013) examinaron el efecto de la deshidratación en las destrezas futbolísticas (específicamente, pases y tiros) y el desempeño de la carrera de alta intensidad intermitente después del protocolo del test de carrera intermitente de Loughborough (LIST) de 90 minutos en un entorno templado (19 °C, 59 % de humedad relativa). A pesar de las diferencias en la ingesta de líquido (nada de líquido, a voluntad y volumen prescrito) y la hipohidratación (2,5 %, 1,1 % y 0,3 %, respectivamente), las destrezas futbolísticas y el desempeño en el ejercicio de alta intensidad intermitente fueron similares después del LIST (Owen, Kehoe y Oliver, 2013). Estos resultados se contrapusieron a los de McGregor y colaboradores (McGregor, Nicholas, Lakomy y Williams, 1999), que fueron los primeros en probar los efectos de la deshidratación en el desempeño específico del fútbol. En este estudio, las percepciones subjetivas de esfuerzo fueron mayores hacia el final de la prueba LIST de 90 minutos (de 13 a 20 °C, 57 % de humedad relativa [HR]) cuando no se proporcionó líquido a los jugadores (lo que generó una hipohidratación del 2,5 %) en comparación con cuando se proporcionó líquido (lo que generó una hipohidratación del 1,4 %). Asimismo, la hipohidratación del 2,5 % ralentizó el tiempo de sprint al final del LIST en comparación con la hipohidratación del 1,4 %. Este estudio también demostró que el desempeño de destrezas específicas del fútbol (específicamente, la destreza de driblar) disminuyó un 5 % después del LIST con respecto a los valores previos al test, con un 2,5 % de hipohidratación, pero se mantuvo cuando la hipohidratación se limitó a un 1,4 % de la masa corporal previa al ejercicio. Sin embargo, una hipohidratación del 2,5 % no afectó los puntajes de la prueba de concentración mental de los jugadores de fútbol al final del LIST (McGregor, Nicholas, Lakomy y Williams, 1999).

Morris, Nevill, Boobis, Macdonald y Williams (2005) informaron luego que la carrera de alta intensidad intermitente y prolongada de ir y volver en condiciones de calor (33 °C, 28 % HR) generaba una aparición más temprana del agotamiento en comparación con el ejercicio en un entorno moderado (17 °C, 63 % HR). Curiosamente, si bien se elevó el uso

de glucógeno muscular debido al estrés por calor, la baja concentración de glucógeno muscular no se informó como la causa del agotamiento más temprano. En cambio, la aparición del agotamiento se asoció con la hipertermia (Morris, Nevill, Boobis, Macdonald, & Williams, 2005). En apoyo a estos hallazgos, un estudio en donde los futbolistas tenían que realizar un protocolo de fútbol basado en una cinta de correr a 18 y 30 °C reveló que la distancia total recorrida y las distancias a sprint se redujeron significativamente cuando el ejercicio se realizó en el entorno caluroso (Aldous et al., 2015). Específicamente, la reducción de la distancia a sprint en condiciones de calor estuvo acompañada de una mayor frecuencia cardíaca y una temperatura central elevada (~0,4 °C) (Aldous et al., 2015). Por lo tanto, mantener la capacidad para termorregular y reducir la tasa de aumento de la temperatura central es beneficioso para el desempeño futbolístico. La importancia de la termorregulación para los jugadores de fútbol se exagera aún más en los partidos realizados en entornos templados que exceden los 90 minutos, es decir, en el tiempo adicional (Harper et al., 2014).

Curiosamente, es muy probable que los jugadores individuales puedan ser más o menos sensibles a la hipohidratación. La magnitud de la "fatiga/respuesta" del estrés por calor del ejercicio presenta una alta variación entre los individuos debido al estado de entrenamiento y aclimatación, que están influenciados por las variaciones genéticas/fenotípicas de rasgos favorables asociados con la tolerancia térmica innata y su adquisición (Horowitz, 2014; Nybo, Rasmussen, & Sawka, 2014).

Se han informado temperaturas musculares mayores en los cuádriceps y elevadas temperaturas centrales al jugar al fútbol en el calor, en comparación con entornos templados (Mohr & Krstrup, 2013).

Los individuos bien entrenados parecen tolerar temperaturas centrales mayores que las personas menos entrenadas (hasta 40,3 °C), y esto coincide con la prolongación del tiempo hasta el agotamiento durante el ejercicio de ritmo constante (Cheung, 2010; Sawka, Leon, Montain, & Sonna, 2011). Una teoría es que el grado de hipohidratación que puede tolerar el jugador puede ser un resultado del grado de hipohidratación al que el jugador se ha acostumbrado o que experimenta habitualmente. Algunas investigaciones en ciclismo demostraron que tan solo cuatro sesiones de familiarización, diseñadas para habituar al individuo al protocolo de deshidratación, atenuaron el descenso del desempeño observado con una hipohidratación del 2,4 % (Fleming & James, 2014). Sin embargo, es importante notar que el desempeño posterior a la habituación siguió siendo inferior que cuando el ejercicio se realizó estando hidratado. Curiosamente, no hubo mecanismos fisiológicos para explicar los resultados (es decir, la familiarización no atenuó la tensión cardiovascular), de modo que la ventaja probablemente fue resultado de la respuesta perceptual/psicológica mejorada (percepción subjetiva de esfuerzo [PSE]). Si bien este estudio se realizó en ciclismo y todavía falta completar la investigación específica del fútbol, se aconseja a los jugadores y entrenadores no permitir que la hipohidratación se convierta en la "norma" y que los jugadores se acostumbren a un desempeño continuo por debajo del óptimo.

Determinantes de la ingesta de líquido

El balance neto del agua corporal del jugador (pérdidas de líquido = ganancias de líquido) se regula considerablemente bien todos los días, como resultado de su sed y hambre

combinadas con el acceso a alimentos y bebidas. Sin embargo, cuando las pérdidas de líquido son mayores que la ingesta de líquidos, se produce la hipohidratación. Como el agua corporal del jugador tiene una fluctuación diaria normal, la hipohidratación puede definirse como un déficit de agua corporal mayor que la fluctuación diaria normal (Cheuvront & Kenefick, 2014). La hipohidratación también se puede definir como un cambio negativo en el agua corporal que excede el 2 por ciento de la variabilidad de masa corporal normal (Cheuvront & Kenefick, 2014).

Cuando un jugador de fútbol está en reposo, el nivel de umbral aproximado de hipohidratación donde se producen las acciones reguladoras de líquido compensatorio (conservación de líquido en el riñón) y el estímulo de adquisición de líquido (sed) es de aproximadamente $>2\%$ de su masa corporal (Shirreffs, Armstrong, & Cheuvront, 2004). Estas acciones compensatorias están desencadenadas por aumentos de la osmolalidad del plasma sanguíneo y, en menor medida, por una reducción en el volumen plasmático. Durante el ejercicio futbolístico, particularmente a altas temperaturas, el volumen plasmático disminuye porque proporciona el líquido para el sudor; y, como resultado, aumenta la osmolalidad del plasma porque el sudor tiene un bajo contenido de sodio en comparación con el plasma sanguíneo (Kenefick, 2018).

Es importante recordar que, cuando ocurren pérdidas de agua corporal total durante el ejercicio futbolístico debido a la sudoración termorreguladora, estas pérdidas son compartidas por todos los compartimentos de líquidos (Kenefick, 2018). Un aumento en el plasma y la osmolalidad extracelular extraerá líquido del espacio extracelular, de modo que todos los compartimentos estén en un equilibrio no osmótico. Un aumento del $\sim 2\%$ en la concentración de plasma generalmente se conoce como umbral osmótico para la retención de agua compensatoria en los riñones y la adquisición de agua (sed), que también es equivalente a una pérdida de MC del $\sim 2\%$. Estas pérdidas serían equivalentes a 1,4 L de líquido para un jugador de 70 kg.

Es importante notar que la producción de agua metabólica también puede contribuir a la ganancia de agua durante el ejercicio. El agua se produce como resultado del metabolismo aeróbico. La tasa de formación de agua depende principalmente del gasto energético y, en menor medida, del tipo de sustrato. El agua producida mediante el metabolismo se ha calculado en aproximadamente 250 a 350 mL por día para las personas sedentarias, y en hasta 500 a 600 mL por día para las personas físicamente activas (L. B. Baker & Jeukendrup, 2014). Finalmente, si bien son pequeñas, también es importante reconocer que fuentes diferentes al sudor (pérdida de masa metabólica del metabolismo del sustrato y pérdidas de agua respiratoria) pueden contribuir con las pérdidas de masa corporal durante el ejercicio (Cheuvront & Montain, 2017).

Tabla 1: Rango de contenido de agua para alimentos seleccionados

Porcentaje	Alimento
100%	Agua
90%-99%	Leche descremada, melón, fresas, sandía, lechuga, repollo, apio, espinaca, pickles, calabaza (cocida)
80%-89%	Jugo de frutas, manzanas, uvas, naranjas, zanahorias, brócoli (cocido), peras, piña
70%-79%	Banana, aguacate, queso cottage, ricota, papas (cocidas), maíz (cocido), camarones
60%-69%	Pastas, legumbres, salmón, helado, pechuga de pollo
50%-59%	Carne vacuna picada, perros calientes, queso feta, bife de lomo (cocido)
40%-49%	Pizza
30%-39%	Queso cheddar, bagels, pan
20%-29%	Salchicha tipo pepperoni, torta, galletas
10%-19%	Mantequilla, margarina, pasas de uva
1%-9%	Nueces, maní (tostado seco), galletitas con chips de chocolates, galletitas saladas, cereales, pretzels, tortillas para tacos, mantequilla de maní
0%	Aceites, azúcares

Fuente: (Popkin, D'Anci, & Rosenberg, 2010).

Monitorización del estado de hidratación

Suponiendo que el jugador está en un balance energético, el estadio de hidratación diario se puede calcular haciendo un seguimiento del peso corporal temprano en la mañana (medido al despertarse y después de evacuar), ya que los cambios agudos en el peso corporal generalmente reflejan cambios en el agua corporal (Thomas, Erdman, & Burke, 2016). El análisis de orina también puede ser un indicador útil del estadio de hidratación del jugador. La gravedad específica de la orina y la osmolalidad de la orina pueden utilizarse para estimar el estadio de hidratación midiendo la concentración de los solutos en la orina (Thomas et al., 2016). Idealmente, la muestra se debería obtener de una recolección a mitad del chorro de la primera orina de la mañana. Como guía, una gravedad específica de la orina de menos de 1,020, quizás de hasta 1,025 para representar la variabilidad individual, generalmente indica euhidratación. La osmolalidad de la orina refleja hipohidratación cuando es mayor de 900 mOsmol/kg, mientras que la euhidratación se considera como menor de 700 mOsmol/kg (Thomas et al., 2016).

Muy probablemente el método más fácil para que el jugador evalúe su estado de hidratación es el volumen y el color de su orina. Si se produce un gran volumen de orina y esta tiene color amarillo pálido, es muy probable que el jugador esté hidratado o que haya tomado suficiente líquido con sus comidas. Si la orina tiene un color muy oscuro (naranja oscuro/marrón), es probable que no haya tomado suficientes volúmenes de líquido después del último episodio de actividad futbolística o con su última comida. En este caso, la ingesta de líquido se debería ajustar correspondientemente (Unidad 2). De manera práctica, colocar recordatorios de "hidratación" o tablas de color de la orina (Armstrong et al., 2010) sobre los mingitorios en el baño de hombres o en los cubículos femeninos sirve como un "estímulo" al comportamiento para que los jugadores recuerden monitorizar su estado de hidratación. Asimismo, se recomienda la educación específica sobre la hidratación cerca de la pretemporada y durante los períodos en los que se deben jugar muchos partidos.

Resumen

- El agua representa aproximadamente entre un 55 y un 60 % de la masa corporal del jugador.
- El agua corporal total de un jugador fluctuará naturalmente a lo largo del día.
- El agua corporal total del jugador se puede dividir en agua intracelular y agua extracelular. El sodio es el principal electrolito presente en el agua extracelular.
- Durante el ejercicio se pierde líquido, ya que los jugadores sudan para mantener el cuerpo fresco.
- Las pérdidas de agua corporal de >2 % de la masa corporal previa al ejercicio pueden impactar de manera negativa en el desempeño del ejercicio.

Unidad 4.2 Líquidos y electrolitos para el fútbol

Todos los días, los cuerpos de los jugadores pierden agua en forma de sudor, orina y pérdidas respiratorias, mientras que se incorpora agua a través de la ingesta de alimentos y líquidos en la dieta de los jugadores (Unidad 1). Se ha demostrado que una hipohidratación con un valor ≥ 2 % del déficit de masa corporal perjudica el desempeño específico del fútbol, incluidas las destrezas para realizar sprints de alta intensidad intermitentes y driblar. A menudo se observa que los jugadores de fútbol comienzan una práctica o partido ya en un estado de deshidratación, probablemente como resultado de la deshidratación acumulativa del entrenamiento o los partidos previos. Por lo tanto, la ingesta de líquido diaria puede ser tan importante como las estrategias de ingesta de líquido durante la competición (presentamos un resumen de los dos escenarios, es decir, hábitos diarios y ejercicio). En esta unidad, analizaremos cómo los jugadores pueden educarse para evaluar su estado de hidratación y modificar la ingesta de líquido según las demandas del ejercicio y las condiciones ambientales.

Tasas de sudor del jugador

Las tasas de sudor varían enormemente entre los jugadores y están influenciadas principalmente por la intensidad del ejercicio, las condiciones ambientales y el estado de aclimatación (Duffield, McCall, Coutts, & Peiffer, 2012). Se ha informado que durante el entrenamiento y los partidos, las tasas de sudor varían de 0,5 L/h a 2,5 L/h (L. B. Baker, Barnes, Anderson, Passe, & Stofan, 2016; Shirreffs et al., 2005), y generalmente son menores en las jugadoras debido a la menor masa corporal y las menores tasas de trabajo absoluto (Kilding et al., 2009). Los mecanismos por los cuales la hipohidratación inducida por la sudoración podría perjudicar el desempeño futbolístico no se comprenden totalmente, pero podrían incluir tensión cardiovascular (Armstrong, Costill, & Fink, 1985), función cognitiva deficiente (Ganio et al., 2011), mayor percepción del esfuerzo (McGregor et al., 1999), reducción de la función física (Mohr & Krstrup, 2013) y reducción de las destrezas técnicas (McGregor et al., 1999). Por lo tanto, se les recomienda a los jugadores que beban suficiente líquido para evitar un déficit de pérdida de masa corporal previa al ejercicio de ≥ 2 % durante el ejercicio (Sawka et al., 2007). Por el contrario, es importante notar que los jugadores deben evitar las ganancias de masa corporal (hiperhidratación) durante el ejercicio.

Durante el entrenamiento y los partidos, los jugadores deberían estar atentos a ingerir una cantidad adecuada de carbohidratos (Módulo 1), mientras satisfacen las necesidades de líquido simultáneamente. Tanto la hidratación como la ingesta de carbohidratos requerirán especial atención en partidos en donde se juega tiempo adicional (2 tiempos de 15 minutos). Todas las estrategias nutricionales, incluida la hidratación, se deberían practicar en el entrenamiento y los partidos menores para permitir que se desarrollen protocolos individualizados y para identificar posibles efectos adversos en los jugadores. Este método también les brinda a los jugadores la oportunidad de adaptarse a la estrategia nutricional sin que tenga impacto en el desempeño en partidos de competición/importantes.

Métodos para monitorizar el equilibrio hídrico de los jugadores

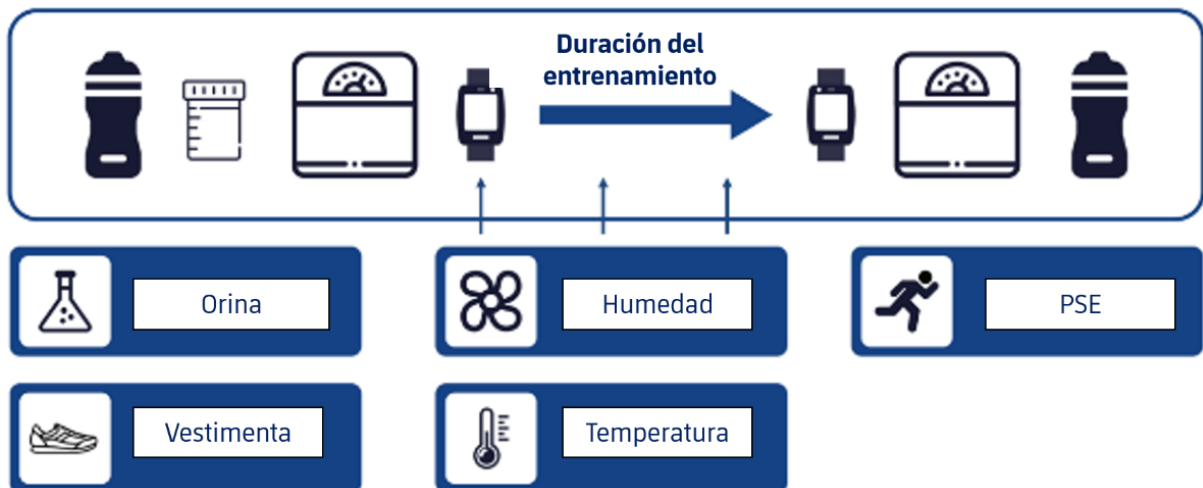
Es posible medir el equilibrio hídrico de los jugadores en el entrenamiento y los partidos. Adoptar este método como rutina informará a cada jugador sobre sus necesidades de líquido durante el ejercicio y a los entrenadores sobre el nivel de hipohidratación que está experimentando el jugador. Específicamente, la ingesta de líquido se puede registrar y usar para calcular la tasa de sudor del jugador (B. L. Baker, 2016).

Es importante notar que la ganancia de agua corporal ocurre a través de la producción de agua metabólica mediante la disociación del agua del glucógeno y el uso del sustrato (Unidad 1). En general, se admite que para la mayoría del ejercicio (~2 h o menos) la pérdida evaporativa de agua desde los pulmones a través de la respiración es insignificante, así como lo son los cambios en la masa metabólica, y puede ignorarse (Cheuvront & Montain, 2017; R. J. Maughan, Shirreffs, Merson, & Horswill, 2005). Para fines prácticos, se supone que 1 kg de pérdida de masa corporal de un jugador representa aproximadamente 1 L de pérdida de agua (R. J. Maughan, Shirreffs, & Leiper, 2007; R. J. Maughan, Watson, Evans, Broad, & Shirreffs, 2007). Por lo tanto, la pérdida de sudor se puede calcular a partir del cambio en la masa corporal de un jugador durante el ejercicio después de la corrección de la ingesta de líquido. La Figura 4 muestra el método para medir el equilibrio hídrico durante el ejercicio y se resume a continuación:

1. Recoger una muestra de orina previa al ejercicio (idealmente la primera de la mañana) de los jugadores. Estas muestras se pueden usar como indicador del estadio de hidratación de los jugadores, ya sea a través del análisis de la gravedad específica/osmolalidad de la orina o, de manera más simple, mediante el análisis del volumen y el color.
2. Antes de la medición de la MC, recomiende a los jugadores que vacíen la vejiga. Registre la MC de los jugadores (kg). Esto se puede realizar con los jugadores usando poca ropa (es decir, ropa interior) o desnudos, si hay privacidad.
3. Entregar a cada jugador una botella con bebida, que se debe pesar antes y después del ejercicio. Los cambios en la botella pesados en gramos representan el volumen de líquido ingerido en ml. Aconsejar a los jugadores que solo beban de su botella y que eviten echarse agua en la cara para refrescarse.
4. Durante el ejercicio, registrar la duración del ejercicio y las condiciones ambientales, y recoger, medir y registrar la orina que genere el jugador.
5. Después del ejercicio, asegurarse de que el jugador esté seco antes de registrar la medición final de masa corporal (kg). Un cambio en la masa corporal de 1 kg es equivalente a 1 L de pérdida de líquido.

La Figura 4 muestra un ejemplo de cómo calcular la tasa de sudor de un jugador. Este método permite capturar la respuesta de sudoración individual al entrenamiento y los partidos, y ayuda al nutricionista a identificar a aquellos jugadores con tasa de sudor "altas" y, por lo tanto, un mayor riesgo de hipohidratación significativa.

Figura 4: Descripción general del método de equilibrio hídrico



Fuente: elaboración propia.

Figura 5: Cálculo de la tasa de sudor del jugador y ejemplo de trabajo

Pérdida de sudor (L)=
 PÉRDIDA DE MASA CORPORAL (kg) + INGESTA DE LÍQUIDO – VOLUMEN DE ORINA

Tasa de sudor (L/h)=
 PÉRDIDA DE SUDOR (L) / DURACIÓN (h)

Pérdida de sudor (L)=
 PÉRDIDA DE MASA CORPORAL (kg) + INGESTA DE LÍQUIDO – VOLUMEN DE ORINA= 2,0L

1,5
500ml/1000
0ml/1000

Tasa de sudor (L/h)=
 PÉRDIDA DE SUDOR (L) / DURACIÓN (h)= ~1,3 L/h

2,0
1,5 (90ml)

Fuente: elaboración propia.

Análisis del sudor

El sudor es hipotónico, pero contiene electrolitos (Unidad 1). Los principales electrolitos que se encuentran en el sudor son el sodio (Na⁺) y el cloruro (Cl⁻); conjuntamente, estos iones forman la sal (cloruro de sodio). El análisis de la composición del sudor permite determinar la cantidad de cloruro de sodio perdido durante el ejercicio y medir las diferencias entre los jugadores individuales. La reposición del cloruro de sodio posterior al ejercicio es importante para realizar una rehidratación completa y rápida, como se detalla a

continuación (Shirreffs, Taylor, Leiper, & Maughan, 1996). Se han descrito detalladamente los datos completos del protocolo de recolección y análisis del sudor (L. B. Baker, Stofan, Hamilton, & Horswill, 2009). En resumen, los parches absorbentes se cubren con una película adhesiva que mantiene el parche en el lugar y evita la evaporación del sudor. Los parches se deberían colocar en la superficie de la piel después del lavado con agua desionizada y el secado con una compresa de gasa estéril. Los parches permanecen en el lugar durante el ejercicio y se quitan inmediatamente después del ejercicio, o antes si se empapan.

Existen distintos métodos para analizar la composición de electrolitos del sudor (L. B. Baker et al., 2009). Históricamente, este análisis se ha realizado en laboratorios, y ha sido relativamente lento y costoso. De manera reciente, se ha validado un método de campo que cumple con las técnicas de laboratorio del estándar de oro y que permite el análisis rápido de la composición del sudor (L. B. Baker et al., 2009). Después de quitar los parches de la piel, se pueden colocar inmediatamente en el cilindro de una jeringa de 5 mL usando pinzas estériles. Luego se presiona el émbolo de la jeringa para comprimir el parche, y el sudor expulsado se recoge en un tubo esterilizado. Las muestras de sudor se pueden analizar inmediatamente usando un analizador inalámbrico compacto que emplea tecnología de electrodo selectivo de iones (Horiba B-722) para obtener mediciones de la concentración de sodio. Las pérdidas de electrolitos en el sudor (g) deberían normalizarse, y las pérdidas del cuerpo entero se deberían calcular a partir de la concentración de electrolitos en el sudor, el peso molecular del electrolito y la pérdida de sudor total del jugador (L. B. Baker et al., 2016; L. B. Baker et al., 2014).

Ingesta de líquido

Para mantener el balance del agua, la ingesta de líquido debe compensar la pérdida de líquido que ocurre durante el entrenamiento, los partidos y la vida diaria. La ingesta de líquido generalmente depende de las sensaciones de sed, pero la sed (o la falta de sed) también puede ser ignorada mediante el control consciente (Sawka & Greenleaf, 1992). Sin embargo, es importante notar que se ha informado que la sed es un indicador deficiente de los requerimientos de líquido o el grado de hipohidratación durante el ejercicio (McKenna & Thompson, 1998). Como se analizó anteriormente, incluso un grado leve de hipohidratación puede ser suficiente para perjudicar el desempeño del ejercicio, especialmente durante el ejercicio en condiciones de calor (Cheuvront & Kenefick, 2014). En estudios que investigan las tasas de sudor en el fútbol profesional, los líquidos han estado disponibles libremente. Esos estudios que han informado el volumen de líquido ingerido voluntariamente han mostrado que la ingesta de bebidas fue altamente variable entre los jugadores del mismo equipo, y además se vio afectada por las condiciones ambientales (R. J. Maughan & Shirreffs, 2007a, 2007b). Maughan et al. (2005) tabularon resultados de cinco estudios que investigaron la pérdida y la ingesta de líquido en jugadores de fútbol de sexo masculino de élite a temperaturas que oscilaban entre los 5 °C y los 32 °C, y encontraron que la ingesta a voluntad varió de 423 a 1401 ml (R. J. Maughan, Watson, et al., 2007). Lamentablemente, no es habitual que se informe qué volumen de la ingesta de líquido era agua y qué volumen era una bebida con carbohidratos. Esto es interesante porque se ha informado que la ingesta habitual de carbohidratos proporcionada en combinación con líquido, generalmente a través de bebidas con electrolitos y carbohidratos, influye de manera positiva en varios aspectos del desempeño específico del fútbol ((I Rollo, 2014; Russell & Kingsley, 2014) y los resultados asociados con el desempeño del deporte de equipo (L. B. Baker, Rollo, Stein, & Jeukendrup, 2015; Williams & Rollo, 2015).

¿SABÍA QUE...?

El término 'a voluntad' simplemente significa seleccionado por uno mismo o elegido libremente.

Pérdida de líquido

Se ha informado que la pérdida de líquido en los futbolistas profesionales varía considerablemente entre los jugadores, incluso en respuesta a la misma sesión de ejercicio (Aragón-Vargas, Moncada-Jiménez, Hernández-Elizondo, Barrenechea C, & Monge-Alvarado, 2009). Los dos determinantes principales de la tasa a la cual el líquido se pierde como consecuencia de la sudoración (tasa de sudor) son la intensidad del ejercicio y las condiciones ambientales (Hawley, Dennis, & Noakes, 1994; R. J. Maughan, Watson, et al., 2007). La tasa de sudor está determinada principalmente por la producción de calor metabólico, que es directamente proporcional a la intensidad absoluta del ejercicio. El estrés por calor del entorno está determinado por la temperatura ambiente, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar. De estos factores, la temperatura ambiente y la humedad relativa se consideran los más importantes. Una temperatura ambiente alta aumenta el flujo sanguíneo de la piel, y la humedad alta comprometerá seriamente la pérdida evaporativa de sudor. En lugar de evaporarse, el sudor generalmente goteará de la piel en dichas condiciones, lo que disminuye la efectividad de la pérdida de calor a través de esta ruta.

El fútbol se practica y se juega en una variedad de condiciones ambientales. En Barcelona, durante la misma temporada competitiva, los jugadores entrenan y compiten en distintas condiciones ambientales que varían de tiempo fresco en los meses de invierno (temperatura de globo y bulbo húmedo [WBGT] de 15 ± 7 °C, 66 ± 6 % HR, enero de 2015) a muy caluroso en el verano (WBGT $\geq 29 \pm 1$ °C, 52 ± 7 % HR, julio de 2014). Se ha informado que la tasa de sudor media de los jugadores profesionales que entrenaban en temperaturas ambiente altas ($32,3 \pm 3$ °C) era de $1,46 \pm 0,24$ L/h (rango de 1,12-2,09 L/h), y el nivel de hipohidratación promedio correspondiente fue de $1,59 \pm 0,61$ % de la masa corporal previa al ejercicio (rango de 0,71-3,16 %) (Shirreffs et al., 2005). Si bien se ha informado que las pérdidas de sudor promedio son menores ($1,13 \pm 0,30$ L/h, rango de 0,71-1,77 L/h) cuando se entrena en temperaturas bajas ($5,1 \pm 0,7$ °C), los jugadores aún experimentarán niveles de hipohidratación significativos: $1,62 \pm 0,55$ % (rango de 0,87 a 2,55 %) (R. J. Maughan et al., 2005).

Las jugadoras generalmente tienen tasas de sudor menores que sus contrapartes masculinas debido a que el tamaño de su cuerpo es más pequeño y tienen menos masa muscular que contribuye a la producción de calor metabólico durante el ejercicio (Cheuvront, Haymes, & Sawka, 2002). Debido a las menores pérdidas de líquido y electrolitos en las jugadoras, algunos estudios han sugerido que es improbable que la hidratación requiera especial consideración en este grupo (Kilding et al., 2009). Sin embargo, según nuestra experiencia, la respuesta de sudor de las jugadoras variará considerablemente entre las jugadoras en respuesta a la misma sesión de entrenamiento. Además, es un desafío para las jugadoras beber grandes volúmenes de líquido antes y durante la recuperación del ejercicio. Por lo tanto, se necesitan más investigación y conocimientos para optimizar las prácticas de hidratación de esta población de élite.

De acuerdo con nuestra experiencia, cuando el líquido está fácilmente disponible y los jugadores tienen acceso habitual, como en el entrenamiento, dichos jugadores beben

volúmenes suficientes para evitar pérdidas de masa corporal de más del 2 % en relación con los valores de masa corporal previos al ejercicio. Estas observaciones se extienden a los casos en que los jugadores realizaron el entrenamiento con distintas intensidades y en distintas condiciones ambientales (I. Rollo et al., 2016). Sin embargo, los mayores desafíos para el equilibrio hídrico ocurren durante los partidos, especialmente en condiciones de calor, ya que las tasas de sudor (pérdidas de agua) pueden aumentar drásticamente. Las tasas de sudor altas combinadas con oportunidades limitadas para beber durante los partidos de competición generalmente hacen que los jugadores experimenten una hipohidratación considerable (>2 % de MC).

Estrategias para la ingesta de líquido

La ingesta de líquido durante los entrenamientos y partidos puede ayudar a mantener el volumen plasmático y prevenir los efectos adversos de la deshidratación en el desempeño técnico y de resistencia. Cuando hay poco tiempo entre dos sesiones de entrenamiento, la rehidratación rápida es esencial, y se tienen que emplear regímenes de bebida para optimizar la entrega de líquidos. Como tales, las estrategias para la reposición de líquidos antes, durante y después del ejercicio futbolístico se analizarán en las siguientes secciones.

Ingesta de líquidos antes del entrenamiento y los partidos

El objetivo del jugador debería ser comenzar hidratado el entrenamiento y los partidos. Generalmente, hay tiempo suficiente, es decir ≥ 8 h entre las sesiones de entrenamiento o los partidos, para que el jugador consuma volúmenes suficientes de líquido con las comidas para lograr esto. Sin embargo, durante los partidos, el jugador puede incurrir en pérdidas de líquido significativas y, por lo tanto, pueden ser necesarias estrategias de hidratación más estructuradas. Una estrategia de hidratación efectiva previa al ejercicio ayudará a asegurar que cualquier déficit de líquido previo que el jugador haya experimentado por el ejercicio o el viaje se rectifique antes de volver a participar en la actividad específica del fútbol.

Como guía para asegurar la hidratación adecuada previa al ejercicio, se les recomienda a los jugadores que beban un volumen de líquido específico para su masa corporal. Específicamente, al menos cuatro horas antes del ejercicio, los jugadores deberían beber gradualmente de 5 a 7 ml de líquido por kg de masa corporal. En los días de los partidos, esto se puede completar con su comida final antes del partido, mientras que en los días de entrenamiento estos volúmenes se deberían ingerir con el desayuno. El consumo de líquido con las comidas con pequeñas cantidades de sodio o alimentos que contengan sodio ayudará a estimular la sed y la retención del líquido ingerido (R. J. Maughan y Leiper, 1995). Tomar líquidos aproximadamente cuatro horas antes del ejercicio brinda tiempo suficiente para eliminar la orina antes de que los jugadores realicen la actividad. Además, se evita que los jugadores tomen demasiado líquido inmediatamente antes del ejercicio, lo que aumenta el riesgo de que se sientan hinchados y experimenten molestias gastrointestinales.

En una situación en la que el jugador no produzca orina o haya un bajo volumen de orina y esta tenga color oscuro, se pueden aconsejar unos 3 a 5 ml adicionales de líquido por kg

de masa corporal aproximadamente 2 horas antes del ejercicio. Es importante notar que la ingesta de líquido es, por supuesto, autorregulada por el jugador. Por lo tanto, deben incluirse programas de educación adecuados dentro del club para que los jugadores puedan identificar las señales de hipohidratación por sí mismos y modificar adecuadamente su conducta respecto a la bebida.

Ingesta de líquidos durante el entrenamiento y los partidos

Para evitar una hipohidratación importante durante el partido o el entrenamiento, se deben ingerir líquidos. Al medir la masa corporal de manera regular antes y después del ejercicio, es posible construir un perfil de pérdidas de líquido en respuesta a las sesiones específicas del fútbol, es decir, entrenamiento/partidos, y las condiciones (temperaturas y humedad más altas/bajas). La recolección de datos suficientes a lo largo del tiempo permitirá hacer predicciones de las pérdidas de líquido basadas en la intensidad del ejercicio y el pronóstico del tiempo.

Es probable que la ingesta de líquido beneficie al jugador cuando el ejercicio es de más de 30 a 60 minutos, pero parece ser menos beneficiosa durante el ejercicio extenuante de menos de 30 minutos de duración. Durante dicho ejercicio de alta intensidad, el vaciamiento gástrico se inhibe y es más probable que la bebida cause molestia gastrointestinal sin beneficios para el desempeño. Los grandes volúmenes de líquido son difíciles, sino imposibles, de ingerir, e incluso un litro puede sentirse bastante incómodo en el estómago "no entrenado" (Murray, 2006). Por lo tanto, en estas circunstancias, no se aconseja o es prácticamente imposible que las ingestas de líquido compensen las pérdidas de sudor durante el ejercicio. Otro factor que puede hacer difícil la ingesta de grandes cantidades de líquido es el hecho de que en los partidos las oportunidades para beber se limitan a antes del partido, en el entretiempo y durante los recesos no programados del juego (L. B. Baker et al., 2016; Gleeson, 1998).

Se debería evitar la ingesta excesiva de agua, ya que esto se ha asociado con hiponatremia (bajo sodio plasmático). Si bien hasta la fecha y según el conocimiento del autor no se han informado casos de hiponatremia en los jugadores de fútbol, la educación sobre los volúmenes adecuados de líquido que se deben ingerir (con base en las tasas de sudor en combinación con las pocas oportunidades para beber que existen en el entrenamiento y los días del partido) debería evitar el problema de beber en exceso. Por lo tanto, como guía, los jugadores deberían apuntar a minimizar las pérdidas de líquido durante el ejercicio de una hora o más a menos del 2 % de la masa corporal inicial (suponiendo que el jugador comenzó en un estado de euhidratación).

Al enfrentarse con las directrices de ingesta de líquidos, algunos jugadores pueden sentirse abrumados por los volúmenes sugeridos. Si el régimen de bebidas actual de un jugador está en claro contraste con las recomendaciones, es aconsejable trabajar hacia las metas de ingesta de líquido con el tiempo. Específicamente, no introduzca grandes cambios de una vez. Beber antes del ejercicio puede convertirse en una rutina diaria, incrementando el volumen gradualmente. Durante el ejercicio, suele ser difícil tolerar los volúmenes de líquido necesarios para evitar una hipohidratación considerable. Sin embargo, el volumen de líquido que es tolerable se puede entrenar y aumentar bebiendo con frecuencia en el entrenamiento (Lambert et al., 2008). El entrenamiento de la ingesta

de líquidos acostumbrará a los jugadores a la sensación de ejercitar con líquido en el estómago, mientras ayuda a optimizar la entrega de carbohidratos si se eligen bebidas deportivas (A. E. Jeukendrup, 2011). También les brinda a los jugadores la oportunidad de experimentar con distintos volúmenes y sabores para determinar el volumen de ingesta de líquido que pueden tolerar y las formulaciones a las que se adaptan mejor.

Tipo de líquido

Numerosos estudios han demostrado que la ingesta de agua "regular" durante el ejercicio prolongado es efectiva para mejorar el desempeño (para consultar una revisión, vea (Shirreffs & Sawka, 2011). Sin embargo, la ingesta de líquido durante el ejercicio también ofrece la oportunidad de proporcionar cierto combustible en forma de carbohidratos (Módulo 1). El tipo y la composición de la bebida consumida durante el ejercicio deberían ser específicos para la sesión de ejercicios, así como las metas de cada jugador individual (Impey et al., 2016; A. Jeukendrup, 2014). Por lo tanto, durante el partido, cuando el "desempeño" es el objetivo, el agregado de carbohidratos a las bebidas consumidas tendrá un efecto adicional e independiente en comparación con el agua en el desempeño del ejercicio (Below, Mora-Rodriguez, Gonzalez-Alonso, & Coyle, 1995; Nicholas, Williams, Lakomy, Phillips, & Nowitz, 1995; Williams & Rollo, 2015).

Las bebidas para la reposición de líquidos y energía durante el ejercicio deberían: 1) tener buen sabor, 2) no causar molestias gastrointestinales, 3) vaciarse del estómago y absorberse en el intestino rápidamente, 4) proporcionar energía en forma de carbohidratos y una fuente de electrolitos. Es por este motivo que las bebidas deportivas generalmente están disponibles en una variedad de sabores (para satisfacer el paladar del jugador) y contienen tres ingredientes principales: agua, carbohidratos y sodio. El agua y los carbohidratos proporcionan líquido y energía respectivamente, mientras que el sodio se incluye para ayudar a la absorción y la retención del agua (R.J. Maughan & Murray, 2001).

Tanto los carbohidratos como el líquido son importantes. El suministro de una forma concentrada de carbohidratos puede ralentizar el vaciamiento gástrico y reducir la absorción de agua. Por lo tanto, generalmente se recomienda combinar la ingesta de geles, masticables y otros sólidos con el agua. Si los contenidos del estómago están demasiado concentrados, el agua puede ser extraída del líquido intersticial y el plasma y llevada al lumen del intestino delgado mediante ósmosis, por lo cual la entrega de líquido será menos efectiva (Gisolfi, Summers, Schedl, & Bleiler, 1992). El hecho de que esto sea un problema depende de los objetivos para la hidratación y la entrega de carbohidratos. Se debe resaltar que el agregado de sodio y otros electrolitos a las bebidas deportivas es para aumentar la palatabilidad, mantener la sed (y, por lo tanto, promover la ingesta de líquido), ayudar a prevenir la hiponatremia y aumentar la tasa de captación de agua, más que para reemplazar las pérdidas de electrolitos mediante la sudoración. El reemplazo de los electrolitos perdidos en el sudor durante el ejercicio futbolístico (~90 minutos) puede esperar normalmente hasta el período de recuperación posterior al ejercicio, a menos que el jugador transpire de manera particularmente abundante y salada, o la duración del ejercicio sea prolongada y ocurra en condiciones de calor (L. B. Baker et al., 2016).

Rehidratación posterior al entrenamiento y los partidos

La rehidratación es una parte importante del proceso de recuperación posterior al ejercicio. Después del ejercicio, es necesaria la ingesta de carbohidratos, líquido y electrolitos para reponer los reservorios glucogénicos agotados y la rehidratación respectivamente (Shirreffs et al., 1996). Si los jugadores han acumulado un déficit de masa corporal (es decir, están hipohidratados), su objetivo debe ser reemplazar completamente las pérdidas de líquido y electrolitos antes de iniciar la siguiente sesión de entrenamiento o partido. En la mayoría de los casos, alcanza con que los jugadores beban según la sed que sientan, ya que hay mucho tiempo para restituir el equilibrio hídrico antes de la siguiente sesión de entrenamiento.

Si la hipohidratación es severa (>5 % de la MC) o se necesita una rehidratación rápida (p. ej., <24 h antes del siguiente entrenamiento o partido, o sesiones de entrenamiento doble de pretemporada), la reposición de líquido y electrolitos en el período posterior al ejercicio adquiere mayor importancia. Los principales factores que influyen en la efectividad de la rehidratación posterior al ejercicio son el volumen y la composición del líquido consumido.

La recomendación es beber ~1,5 L de líquido por cada kilogramo de déficit de masa corporal (Shirreffs & Sawka, 2011). Esto se debe a que parte del líquido ingerido será excretado en la orina, y los estudios indican que es necesaria la ingesta de 150 % o más de la pérdida de peso para lograr la hidratación normal en las 6 horas posteriores al ejercicio (Shirreffs & Maughan, 2000). En la mayoría de las demás situaciones, el agua y el sodio se pueden obtener a través de las prácticas normales de alimentación y bebida sin urgencia.

El agua simple no es la bebida de rehidratación ideal posterior al ejercicio, cuando es necesaria una restitución rápida y completa del equilibrio hídrico corporal y toda la ingesta es en forma líquida (Snell, Ward, Kandaswami, & Stohs, 2010).

La ingesta de agua sola en el período posterior al ejercicio genera una caída rápida de la concentración del sodio plasmático y la osmolalidad del plasma. Estos cambios tienen el efecto de reducir el estímulo para beber y aumentar la salida de orina, y ambas cosas retrasarán el proceso de rehidratación. El volumen plasmático se restituye más rápida y completamente en el período posterior al ejercicio si se agrega cloruro de sodio (77 mmol/L o 450 mg/L) al agua consumida (R. J. Maughan & Leiper, 1995; Snell et al., 2010). Esta concentración de sodio es similar al límite superior de la concentración de sodio encontrada en el sudor, pero es considerablemente mayor a la concentración de sodio de muchas bebidas deportivas comercialmente disponibles, que generalmente contienen entre 10 y 25 mmol/L (60 y 150 mg/L). Por lo tanto, se recomienda tomar una bebida que contenga sodio o ingerir un alimento que contenga sodio con líquidos después del ejercicio (R. J. Maughan, Leiper, & Shirreffs, 1996; Shirreffs & Sawka, 2011).

Se supone que el agregado de potasio en la bebida consumida después del ejercicio mejorará el reemplazo de agua intracelular y, en consecuencia, promoverá la rehidratación. Sin embargo, existe poca evidencia experimental para respaldar esto. La bebida de rehidratación también debería contener carbohidratos (glucosa o polímeros de glucosa), porque la presencia de glucosa también estimulará la absorción de líquido en los intestinos y mejorará el sabor de la bebida. Después del ejercicio, la captación de

glucosa en el músculo para la resíntesis de glucógeno también debería promover la rehidratación intracelular (Gisolfi, Lambert, & Summers, 2001; Gisolfi et al., 1992). Por lo tanto, el líquido en el momento posterior al ejercicio se puede combinar con la ingesta de proteína y carbohidratos, que también son necesarios para la recuperación y la adaptación del jugador (Hobson & James, 2015; Ivy, 2001; James, Clayton, & Evans, 2011; James et al., 2013).

Tabla 2: Directrices sobre los líquidos

Ocasión	Objetivos	Principio
Ingesta diaria	Ajustar a los niveles diarios de actividad física	El líquido se puede ingerir a través de bebidas, frutas y vegetales
Antes del ejercicio	5-7 ml/kg de MC	Beber 3 o 4 antes del ejercicio
Durante el ejercicio	Ingesta habitual de líquido	Basar la ingesta en las pérdidas de líquido individuales y ajustar de acuerdo con la intensidad del ejercicio y las condiciones ambientales
Posterior al ejercicio	Si es necesaria una rehidratación rápida, se debe beber 150 % de las pérdidas de MC en las 5 horas posteriores al partido. Evitar el alcohol (no más de 1 unidad)	Reemplazar las pérdidas de líquido como consecuencia de la sudoración durante el ejercicio. El agregado de sodio a la bebida de recuperación ayudará a retener líquidos y mantener el impulso de beber

Fuente: elaboración propia.

Las recomendaciones sobre los líquidos deberían ajustarse según las tasas de sudor individuales, las intensidades específicas del entrenamiento y las condiciones ambientales. Se requiere retroinformación del desempeño en el entrenamiento o la competición. Las necesidades de líquido aumentarán durante el entrenamiento y los partidos en entornos más calurosos.

Resumen

- Los jugadores deberían apuntar a comenzar el entrenamiento y los partidos euhidratados.
- La pérdida de líquido de los jugadores durante el entrenamiento y los partidos se puede monitorizar y registrar.
- Hay una gran variación en las tasas de sudor de cada jugador, incluso en respuesta a la misma sesión de entrenamiento o partido.
- La ingesta de líquido se debería modificar de acuerdo a cada jugador, la intensidad o el ejercicio, y las condiciones ambientales.
- Se debería enseñar a los jugadores sobre las necesidades de líquido y la manera de monitorizar su estadio de hidratación.

Exención de responsabilidad: Ian Rollo trabaja en el Gatorade Sports Science Institute, una división de PepsiCo, Inc. Las perspectivas que se expresan en este curso corresponden a los autores y no necesariamente reflejan la postura ni la política de PepsiCo, Inc.

Referencias

- ACSM.** (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Can J Diet Pract Res*, 77(1), 54. doi:10.3148/cjdpr-2015-047
- Aldous, J. W.; Christmas, B. C.; Akubat, I.; Dascombe, B.; Abt, G.; y Taylor, L.** (2015). Hot and Hypoxic Environments Inhibit Simulated Soccer Performance and Exacerbate Performance Decrements When Combined. *Front Physiol*, 6, 421. doi:10.3389/fphys.2015.00421
- Ali, A. y Williams, C.** (2013). Isokinetic and isometric muscle function of the knee extensors and flexors during simulated soccer activity: effect of exercise and dehydration. *J Sports Sci*, 31(8), 907-916. doi:10.1080/02640414.2012.753635
- Aragón-Vargas, L. F.; Moncada-Jiménez, J.; Hernández-Elizondo, J.; Barrenechea C, A.; y Monge-Alvarado, A.** (2009). Evaluation of pre-game hydration status, heat stress, and fluid balance during professional soccer competition in the heat. *European Journal of Sport Science*, 9(5), 269-276.
- Armstrong, L. E.; Costill, D. L.; y Fink, W. J.** (1985). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 17(4), 456-461.
- Armstrong, L. E.; Maresh, C. M.; Gabaree, C. V.; Hoffman, J. R.; Kavouras, S. A.; Kenefick, R. W.; . . .; Ahlquist, L. E.** (1997). Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake. *J Appl Physiol* (1985), 82(6), 2028-2035.
- Armstrong, L. E.; Pumerantz, A. C.; Fiala, K. A.; Roti, M. W.; Kavouras, S. A.; Casa, D. J.; y Maresh, C. M.** (2010). Human hydration indices: acute and longitudinal reference values. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 20(2), 145-153.
- Armstrong, L. E.; Soto, J. A.; Hacker, F. T., Jr.; Casa, D. J.; Kavouras, S. A.; y Maresh, C. M.** (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr*, 8(4), 345-355.
- Baker, B. L.** (2016). SWEAT TESTING METHODOLOGY IN THE FIELD: CHALLENGES AND BEST PRACTICES. *Sports Science Exchange*, 28(161), 1-6.
- Baker, L. B.; Barnes, K. A.; Anderson, M. L.; Passe, D. H.; y Stofan, J. R.** (2016). Normative data for regional sweat sodium concentration and whole-body sweating rate in athletes. *J Sports Sci*, 34(4), 358-368. doi:10.1080/02640414.2015.1055291
- Baker, L. B.; Conroy, D. E.; y Kenney, W. L.** (2007). Dehydration impairs vigilance-related attention in male basketball players. *Med Sci Sports Exerc*, 39(6), 976-983. doi:10.1097/mss.0b013e3180471ff2
- Baker, L. B.; Dougherty, K. A.; Chow, M.; y Kenney, W. L.** (2007). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med Sci Sports Exerc*, 39(7), 1114-1123. doi:10.1249/mss.0b013e3180574b02
- Baker, L. B., y Jeukendrup, A. E.** (2014). Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Compr Physiol*, 4(2), 575-620. doi:10.1002/cphy.c130014
- Baker, L. B.; Rollo, I.; Stein, K. W.; y Jeukendrup, A. E.** (2015). Acute Effects of Carbohydrate Supplementation on Intermittent Sports Performance. *Nutrients*, 7(7), 5733-5763. doi:10.3390/nu7075249
- Baker, L. B.; Stofan, J. R.; Hamilton, A. A.; y Horswill, C. A.** (2009). Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. *J Appl Physiol*, 107(3), 887-895.

- Baker, L. B.; Ungaro, C. T.; Barnes, K. A.; Nuccio, R. P.; Reimel, A. J.; y Stofan, J. R.** (2014). Validity and reliability of a field technique for sweat Na⁺ and K⁺ analysis during exercise in a hot-humid environment. *Physiol Rep*, 2(5), e12007. doi:10.14814/phy2.12007
- Below, P. R.; Mora-Rodriguez, R.; Gonzalez-Alonso, J.; y Coyle, E. F.** (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 27(2), 200-210.
- Bendixsen, M.; Bischoff, R.; Randers, M. B.; Mohr, M.; Rollo, I.; Suetta, C.; . . . ; Krstrup, P.** (2012). The Copenhagen Soccer Test: physiological response and fatigue development. *Med Sci Sports Exerc*, 44(8), 1595-1603. doi:10.1249/MSS.0b013e31824cc23b
- Cheung, S. S.** (2010). Interconnections between thermal perception and exercise capacity in the heat. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 3, 53-59. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01209.x
- Cheuvront, S. N.; Carter, R., 3rd; Castellani, J. W.; y Sawka, M. N.** (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *J Appl Physiol* (1985), 99(5), 1972-1976. doi:10.1152/jappphysiol.00329.2005
- Cheuvront, S. N.; Fraser, C. G.; Kenefick, R. W.; Ely, B. R.; y Sawka, M. N.** (2011). Reference change values for monitoring dehydration. *Clin Chem Lab Med*, 49(6), 1033-1037. doi:10.1515/CCLM.2011.170
- Cheuvront, S. N.; Haymes, E. M.; y Sawka, M. N.** (2002). Comparison of sweat loss estimates for women during prolonged high-intensity running. *Med Sci Sports Exerc*, 34(8), 1344-1350.
- Cheuvront, S. N. y Kenefick, R. W.** (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol*, 4(1), 257-285. doi:10.1002/cphy.c130017
- Cheuvront, S. N.; Kenefick, R. W.; Charkoudian, N.; y Sawka, M. N.** (2013). Physiologic basis for understanding quantitative dehydration assessment. *Am J Clin Nutr*, 97(3), 455-462. doi:10.3945/ajcn.112.044172
- Cheuvront, S. N. y Montain, S. J.** (2017). Myths and methodologies: Making sense of exercise mass and water balance. *Exp Physiol*, 102(9), 1047-1053. doi:10.1113/EP086284
- Coyle, E. F. y Gonzalez-Alonso, J.** (2001). Cardiovascular drift during prolonged exercise: new perspectives. *Exerc Sport Sci Rev*, 29(2), 88-92.
- Duffield, R.; McCall, A.; Coutts, A. J.; y Peiffer, J. J.** (2012). Hydration, sweat and thermoregulatory responses to professional football training in the heat. *J Sports Sci*, 30(10), 957-965. doi:10.1080/02640414.2012.689432
- Eklom, B.** (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Med*, 3(1), 50-60.
- Fleming, J. y James, L. J.** (2014). Repeated familiarisation with hypohydration attenuates the performance decrement caused by hypohydration during treadmill running. *Appl Physiol Nutr Metab*, 39(2), 124-129. doi:10.1139/apnm-2013-0044
- Ganio, M. S.; Armstrong, L. E.; Casa, D. J.; McDermott, B. P.; Lee, E. C.; Yamamoto, L. M.; . . . ; Lieberman, H. R.** (2011). Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. *Br J Nutr*, 106(10), 1535-1543. doi:10.1017/S0007114511002005
- Gisolfi, C. V.; Lambert, G. P.; y Summers, R. W.** (2001). Intestinal fluid absorption during exercise: role of sport drink osmolality and [Na⁺]. *Med Sci Sports Exerc*, 33(6), 907-915.
- Gisolfi, C. V.; Summers, R. W.; Schedl, H. P.; y Bleiler, T. L.** (1992). Intestinal water absorption from select carbohydrate solutions in humans. *Journal of Applied Physiology*, 73(5), 2142-2150.
- Gleeson, M.** (1998). Temperature regulation during exercise. *Int J Sports Med*, 19 Suppl 2, S96-99. doi:10.1055/s-2007-971967

- Gonzalez-Alonso, J.; Mora-Rodriguez, R.; Below, P. R.; y Coyle, E. F.** (1995). Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol*, 79(5), 1487-1496.
- Goulet, E. D.** (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *Br J Sports Med*, 45(14), 1149-1156. doi:10.1136/bjism.2010.077966
- Hargreaves, M.; Dillo, P.; Angus, D.; y Febbraio, M.** (1996). Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(1), 363-366.
- Harper, L. D.; West, D. J.; Stevenson, E.; y Russell, M.** (2014). Technical performance reduces during the extra-time period of professional soccer match-play. *PLoS One*, 9(10), e110995. doi:10.1371/journal.pone.0110995
- Hawley, J. A.; Dennis, S. C.; y Noakes, T. D.** (1994). Carbohydrate, fluid, and electrolyte requirements of the soccer player: a review. *Int J Sport Nutr*, 4(3), 221-236.
- Hobson, R. y James, L.** (2015). The addition of whey protein to a carbohydrate-electrolyte drink does not influence post-exercise rehydration. *J Sports Sci*, 33(1), 77-84. doi:10.1080/02640414.2014.925570
- Horowitz, M.** (2014). Heat acclimation, epigenetics, and cytoprotection memory. *Compr Physiol*, 4(1), 199-230. doi:10.1002/cphy.c130025
- Impey, S. G.; Hammond, K. M.; Shepherd, S. O.; Sharples, A. P.; Stewart, C.; Limb, M.; . . . ;
- Morton, J. P.** (2016). Fuel for the work required: a practical approach to amalgamating train-low paradigms for endurance athletes. *Physiol Rep*, 4(10). doi:10.14814/phy2.12803
- Ivy, J. L.** (2001). Dietary strategies to promote glycogen synthesis after exercise. *Can J Appl Physiol*, 26 Suppl, S236-245.
- James, L. J.; Clayton, D.; y Evans, G. H.** (2011). Effect of milk protein addition to a carbohydrate-electrolyte rehydration solution ingested after exercise in the heat. *Br J Nutr*, 105(3), 393-399. doi:10.1017/S0007114510003545
- James, L. J.; Evans, G. H.; Madin, J.; Scott, D.; Stepney, M.; Harris, R.; . . . ; Clayton, D. J.** (2013). Effect of varying the concentrations of carbohydrate and milk protein in rehydration solutions ingested after exercise in the heat. *Br J Nutr*, 110(7), 1285-1291. doi:10.1017/S0007114513000536
- Jeukendrup, A.** (2014). A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med*, 44 Suppl 1, S25-33. doi:10.1007/s40279-014-0148-z
- Jeukendrup, A. E.** (2011). Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *J Sports Sci*, 29 Suppl 1, S91-99. doi:10.1080/02640414.2011.610348
- Kavouras, S. A.; Arnaoutis, G.; Makrillos, M.; Garagouni, C.; Nikolaou, E.; Chira, O.; . . . ; Sidossis, L. S.** (2012). Educational intervention on water intake improves hydration status and enhances exercise performance in athletic youth. *Scand J Med Sci Sports*, 22(5), 684-689. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01296.x
- Kenefick, R.** (2018). Fluid Intake Strategies for Optimal Hydration and Performance: Planned Drinking vs. Drinking to Thirst. *Sports Science Exchange*, 29, (182), 1-6.
- Kilding, A. E.; Tunstall, H.; Wraith, E.; Good, M.; Gammon, C.; y Smith, C.** (2009). Sweat rate and sweat electrolyte composition in international female soccer players during game specific training. *Int J Sports Med*, 30(6), 443-447. doi:10.1055/s-0028-1105945
- Knechtle, B.; Knechtle, P.; Wirth, A.; Alexander Rust, C.; y Rosemann, T.** (2012). A faster running speed is associated with a greater body weight loss in 100-km ultra-marathoners. *J Sports Sci*, 30(11), 1131-1140. doi:10.1080/02640414.2012.692479

Knechtle, B.; Rust, C. A.; Knechtle, P.; y Rosemann, T. (2012). Does Muscle Mass Affect Running Times in Male Long-distance Master Runners? *Asian J Sports Med*, 3(4), 247-256.

Lambert, G. P.; Lang, J.; Bull, A.; Eckerson, J.; Lanspa, S.; y O'Brien, J. (2008). Fluid tolerance while running: effect of repeated trials. *Int J Sports Med*, 29(11), 878-882. doi:10.1055/s-2008-1038620

Logan-Sprenger, H. M.; Heigenhauser, G. J.; Jones, G. L.; y Spriet, L. L. (2015). The effect of dehydration on muscle metabolism and time trial performance during prolonged cycling in males. *Physiol Rep*, 3(8). doi:10.14814/phy2.12483

Maughan, R. J.; Fenn, C. E.; y Leiper, J. B. (1989). Effects of fluid, electrolyte and substrate ingestion on endurance capacity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 58(5), 481-486.

Maughan, R. J. y Leiper, J. B. (1995). Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 71(4), 311-319.

Maughan, R. J.; Leiper, J. B.; y Shirreffs, S. M. (1996). Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: effects of food and fluid intake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(3-4), 317-325.

Maughan, R. J. y Murray, R. (2001). *Nutrition in Exercise and Sports Sciences: Sports drinks. Basic sciences and practical aspects.*

Maughan, R. J. y Shirreffs, S. M. (2007a). Nutrition and hydration concerns of the female football player. *Br J Sports Med*, 41 Suppl 1, i60-63. doi:10.1136/bjism.2007.036475

Maughan, R. J. y Shirreffs, S. M. (2007b). Nutrition for soccer players. *Curr Sports Med Rep*, 6(5), 279-280.

Maughan, R. J.; Shirreffs, S. M.; y Leiper, J. B. (2007). Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J Sports Sci*, 25(7), 797-804. doi:10.1080/02640410600875143

Maughan, R. J.; Shirreffs, S. M.; Merson, S. J.; y Horswill, C. A. (2005). Fluid and electrolyte balance in elite male football (soccer) players training in a cool environment. *J Sports Sci*, 23(1), 73-79.

Maughan, R. J.; Watson, P.; Evans, G. H.; Broad, N.; y Shirreffs, S. M. (2007). Water balance and salt losses in competitive football. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 17(6), 583-594.

McConell, G. K.; Burge, C. M.; Skinner, S. L.; y Hargreaves, M. (1997). Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand*, 160(2), 149-156.

McGregor, S. J.; Nicholas, C.; W.; Lakomy, H. W.; y Williams, C. (1999). The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a football skill. *J Sports Sci*, 17(11), 895-903.

McKenna, K. y Thompson, C. (1998). Osmoregulation in clinical disorders of thirst appreciation. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 49(2), 139-152.

Mohr, M. y Krstrup, P. (2013). Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games. *J Strength Cond Res*, 27(3), 683-689. doi:10.1097/JSC.0b013e31825c3266

Montain, S. J. y Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol*, 73(4), 1340-1350.

Morris, J. G.; Nevill, M. E.; Boobis, L. H.; Macdonald, I. A.; y Williams, C. (2005). Muscle metabolism, temperature, and function during prolonged, intermittent, high-intensity running in air temperatures of 33 degrees and 17 degrees C. *Int J Sports Med*, 26(10), 805-814. doi:10.1055/s-2005-837448

Murray, R. (2006). Training the gut for competition. *Curr Sports Med Rep*, 5(3), 161-164.

- Nicholas, C. W.; Williams, C.; Lakomy, H. K.; Phillips, G.; y Nowitz, A.** (1995). Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high-intensity shuttle running. *J Sports Sci*, 13(4), 283-290.
- Nybo, L.; Rasmussen, P.; y Sawka, M. N.** (2014). Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Compr Physiol*, 4(2), 657-689. doi:10.1002/cphy.c130012
- Owen, J. A.; Kehoe, S. J.; y Oliver, S. J.** (2013). Influence of fluid intake on soccer performance in a temperate environment. *J Sports Sci*, 31(1), 1-10. doi:10.1080/02640414.2012.720701
- Popkin, B. M.; D'Anci, K. E.; y Rosenberg, I. H.** (2010). Water, hydration, and health. *Nutr Rev*, 68(8), 439-458. doi:10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x
- Robinson, T. A.; Hawley, J. A.; Palmer, G. S.; Wilson, G. R.; Gray, D. A.; Noakes, T. D.; y Dennis, S. C.** (1995). Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 71(2-3), 153-160.
- Rollo, I.** (2014). Carbohydrate: the football fuel. *Sports Science Exchange*, 27(127), 1-8.
- Rollo, I.; JM., C.; RK., R.; AE., J.; MA., L.; y D., M.** (2016). The sweating response and fluid intake of elite professional football players during training at different exercise intensities in hot and cool environments. Abstract presented at European College of Sports Sciences.
- Russell, M. y Kingsley, M.** (2014). The efficacy of acute nutritional interventions on soccer skill performance. *Sports Med*, 44(7), 957-970. doi:10.1007/s40279-014-0184-8
- Rust, C. A.; Knechtle, B.; Knechtle, P.; Wirth, A.; y Rosemann, T.** (2012). Body mass change and ultraendurance performance: a decrease in body mass is associated with an increased running speed in male 100-km ultramarathoners. *J Strength Cond Res*, 26(6), 1505-1516. doi:10.1519/JSC.0b013e318231a7b5
- Savoie, F. A.; Kenefick, R. W.; Ely, B. R.; Chevront, S. N.; y Goulet, E. D.** (2015). Effect of Hypohydration on Muscle Endurance, Strength, Anaerobic Power and Capacity and Vertical Jumping Ability: A Meta-Analysis. *Sports Med*, 45(8), 1207-1227. doi:10.1007/s40279-015-0349-0
- Sawka, M. N.; Burke, L. M.; Eichner, E. R.; Maughan, R. J.; Montain, S. J.; y Stachenfeld, N. S.** (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 377-390. doi:10.1249/mss.0b013e31802ca597
- Sawka, M. N.; Chevront, S. N.; y Kenefick, R. W.** (2012). High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Exp Physiol*, 97(3), 327-332. doi:10.1113/expphysiol.2011.061002
- Sawka, M. N. y Greenleaf, J. E.** (1992). Current concepts concerning thirst, dehydration, and fluid replacement: overview. *Med Sci Sports Exerc*, 24(6), 643-644.
- Sawka, M. N.; Leon, L. R.; Montain, S. J.; y Sonna, L. A.** (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr Physiol*, 1(4), 1883-1928. doi:10.1002/cphy.c100082
- Shirreffs, S. M.; Aragon-Vargas, L. F.; Chamorro, M.; Maughan, R. J.; Serratos, L.; y Zachwieja, J. J.** (2005). The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat. *Int J Sports Med*, 26(2), 90-95.
- Shirreffs, S. M.; Armstrong, L. E.; y Chevront, S. N.** (2004). Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *J Sports Sci*, 22(1), 57-63. doi:10.1080/0264041031000140572
- Shirreffs, S. M. y Maughan, R. J.** (2000). Rehydration and recovery of fluid balance after exercise. *Exerc Sport Sci Rev*, 28(1), 27-32.

- Shirreffs, S. M. y Sawka, M. N.** (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *J Sports Sci*, 29 Suppl 1, S39-46. doi:10.1080/02640414.2011.614269
- Shirreffs, S. M.; Taylor, A. J.; Leiper, J. B.; y Maughan, R. J.** (1996). Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc*, 28(10), 1260-1271.
- Snell, P. G.; Ward, R.; Kandaswami, C.; y Stohs, S. J.** (2010). Comparative effects of selected non-caffeinated rehydration sports drinks on short-term performance following moderate dehydration. *J Int Soc Sports Nutr*, 7, 28. doi:10.1186/1550-2783-7-28
- Thomas, D. T.; Erdman, K. A.; y Burke, L. M.** (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet*, 116(3), 501-528. doi:10.1016/j.jand.2015.12.006
- Viitasalo, J. T.; Kyrolainen, H.; Bosco, C.; y Alen, M.** (1987). Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *Int J Sports Med*, 8(4), 281-285. doi:10.1055/s-2008-1025670
- Watson, G.; Judelson, D. A.; Armstrong, L. E.; Yeargin, S. W.; Casa, D. J.; y Maresh, C. M.** (2005). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive sprint and power performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(7), 1168-1174.
- Wenger, C. B.** (1972). Heat of evaporation of sweat: thermodynamic considerations. *J Appl Physiol*, 32(4), 456-459. doi:10.1152/jappl.1972.32.4.456
- Williams, C. y Rollo, I.** (2015). Carbohydrate Nutrition and Team Sport Performance. *Sports Med*, 45 Suppl 1, S13-22. doi:10.1007/s40279-015-0399-3