

ORIGINAL

Efectos de la rehidratación en la condición física y técnica de jugadores de fútbol semiprofesionales

Antonella Cariolo^a, Juan del Coso^a, Francisco Manuel Argudo^{b,*}, Pablo José Borges-Hernández^b

^a Laboratorio de Fisiología del Ejercicio, Facultad de Educación y Salud, Universidad Camilo José Cela, Villanueva de la Cañada, Madrid, España

^b Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana, Facultad de Formación del Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España

Recibido el 29 de junio de 2018; aceptado el 12 de septiembre de 2018

PALABRAS CLAVE

Índice de sudoración;
Salto vertical;
Penalti

Resumen

Este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la rehidratación en la condición física y técnica de 12 jugadores de fútbol semiprofesionales ($21,14 \pm 1,69$ años) que se sometieron a un entrenamiento regular de fútbol (129 ± 7 min). Los participantes ingirieron agua *ad libitum* o se hidrataron de acuerdo con las recomendaciones estandarizadas. En cada sesión se midieron la temperatura, la altura máxima del salto vertical y la precisión en 4 lanzamientos de penalti, con estímulo visual y auditivo, antes y después de las sesiones de entrenamiento. La deshidratación lograda y la tasa de sudoración fueron mayores cuando los jugadores bebieron libremente, contra una rehidratación recomendada ($1,3 \pm 0,8$ vs. $0,5 \pm 0,6\%$; $p = 0,01$) ($730,3 \pm 275,6$ vs. $516,9 \pm 111,2$ ml/h; $p = 0,02$). En la temperatura timpánica de un solo movimiento en la sesión donde se programó la hidratación ($p = 0,06$ vs. $p < 0,01$) hubo interacción entre el tratamiento y el tiempo ($p = 0,01$). La altura del salto después del entrenamiento fue mayor que la inicial ($p < 0,01$) y también fue más alta que la del grupo *ad libitum* ($p = 0,04$). En el caso de los lanzamientos, hubo una diferencia significativa en la relación temporal del tratamiento ($p = 0,01$), lo que indica que la hidratación fue efectiva para reducir el número de errores. Estos datos indican que una deshidratación moderada podría afectar a la fuerza muscular de la pierna y reducir la precisión motora durante un lanzamiento simulado del penalti de fútbol.

© 2018 FUTBOL CLUB BARCELONA. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Sweating rate;
Vertical jump;
Penalty

Effects of rehydration on the physical and technical condition in soccer players

Abstract

This study aimed to determine the effect of rehydration on the physical condition and technique of twelve semi-professional soccer players (21.14 ± 1.69 years) underwent re-

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: quico.argudo@uam.es (F.M. Argudo).

gular soccer training (129 ± 7 min). On one occasion, participants ingest water ad libitum or were hydrated according to standardized recommendations. In each session, temperature, three maximum vertical jump height and accuracy were measured in a four penalty kick with auditory and visual stimulus, before and after the training sessions. The dehydration achieved and the rate of sweating was greater when the players drank freely at will against a recommended rehydration ($1.3 \pm 0.8\%$ vs. $0.5 \pm 0.6\%$, $P = .01$) (730.3 ± 275.6 vs. 516.9 ± 111.2 mL/h, $P = .02$). The tympanic temperature of a single movement in the session where the hydration scheduled ($P = .06$ vs. $P < .01$), in this case and there was interaction between the treatment and the time ($P < .01$). Jump height after training was higher than the initial ($P < .01$) and also higher than ad libitum group ($P = .04$). In the case of shots there was a significant difference in the time relationship of the treatment ($P = .01$), indicating that hydration was effective to reduce the number of errors. These data indicate that moderate dehydration could affect muscle strength of the leg and reduce motor accuracy during a simulated football penalty kick.

© 2018 FUTBOL CLUB BARCELONA. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

En los deportes de equipo, la competición y el entrenamiento pueden producir una pérdida significativa de fluidos y un consumo significativo de glucógeno muscular como consecuencia del gasto energético y la consiguiente producción de calor metabólico. En la mayoría de deportes de equipo, en el campo, se pueden observar índices medios de transpiración de 800-1.000 ml/h, pero las pérdidas que alcanzan el 150 o el 200% de estos índices también se pueden producir en condiciones climáticas húmedas, temperatura elevada o en determinados jugadores¹⁻⁵. La ingesta de líquidos que se incluye en las investigaciones oscila entre 200 y 1.400 ml/h y puede llegar del 10%⁶ hasta casi el 90% de las pérdidas por sudoración⁷. En general, los estudios describen déficits acumulados durante un partido de fútbol que oscilan entre el 1,5 y el 2% de la masa corporal; algunos jugadores incluso podrían superar estos niveles (es decir, 4-5%), mientras que otros pueden mantener un mejor estado de hidratación. Aunque el nivel medio de déficit de líquido acumulado durante una sesión parece moderado (< 2% de la masa corporal), los datos indican que los jugadores empiezan a entrenar o a competir con cierto nivel de deshidratación^{2,8,9}. En estas circunstancias es probable que incluso un déficit, de ligero a moderado, producido durante el partido pueda afectar al rendimiento.

Aunque las ocasiones de beber líquidos no son limitadas, muchos jugadores de deportes de equipo no consumen la cantidad de líquidos necesaria para equilibrar la pérdida de sudor^{1,3-5,8,9}. Las opciones y la disponibilidad de líquidos juegan un papel importante. En el caso de los futbolistas, suelen perder 2-2,5 kg de masa corporal cuando juegan en un ambiente caluroso (por ejemplo, > 30 °C)^{1,6} a causa de la limitada oportunidad de ingesta de líquidos durante un partido de fútbol: solo en el descanso de la media parte y durante las interrupciones del juego¹⁰. Además, se reconoció que los futbolistas bebían menos durante una sesión cuando el líquido estaba a temperatura ambiente que cuando el líquido estaba a temperatura fría². La temperatura ambiente influye en la ingesta de líquidos independientemente de las necesidades reales de beber. Se comparó el equilibrio de líquidos durante el entrenamiento en el mismo grupo de jugadores de fútbol en verano y en invierno, y se halló una pequeña diferencia en

el déficit de fluidos; dado que los índices de transpiración fueron inferiores con temperaturas frías, los jugadores también disminuyeron la ingesta de líquido¹.

La deshidratación progresiva experimentada por los futbolistas puede provocar un deterioro en la realización del juego porque la deshidratación produce fatiga que, a su vez, puede dificultar el funcionamiento motor¹¹ y cognitivo¹². Además de afectar al trabajo muscular, el déficit de líquidos se suma al efecto negativo del estado mental y de la concentración, que es un factor importante para determinar el resultado de los partidos⁵. Se ha descrito que una deshidratación importante (3,8% de la masa corporal, empleando diuréticos), a pesar de reducir la fuerza máxima isométrica, aumenta la altura del salto vertical, probablemente porque aumenta la fuerza de la pierna en proporción a la masa corporal¹³. Dar un salto para cabecear es una tarea altamente requerida durante un partido de fútbol. Una deshidratación considerable podría dar lugar a un gran salto de altura, aunque no se han descrito los efectos de la deshidratación moderada (< 3% de la masa corporal, más común en el fútbol) en el salto de altura vertical. La deshidratación sola (pérdida del 4% de la masa corporal) no afecta a la fuerza del músculo extensor de la rodilla medida durante la contracción isométrica máxima¹⁴. Ello sugiere que la deshidratación puede que no afecte la ejecución de un lanzamiento de penalti en el fútbol, porque depende en gran medida de la fuerza del extensor de la rodilla. La literatura no es concluyente en lo que se refiere a los efectos de la fatiga sobre el control motor, a pesar de existir estudios que sugieren que la agudeza del movimiento disminuye a causa de la fatiga muscular¹⁵. Con los controles centrales disminuidos los individuos tienden a disminuir la velocidad en que realizan una tarea para mantener el mismo nivel de precisión¹⁶. Todavía no está claro si el ejercicio en un ambiente caluroso que induce a la deshidratación puede disminuir el control central y si afecta a la agudeza o a la velocidad en una tarea como el logro de un lanzamiento de penalti en el juego del fútbol.

Este estudio tuvo por objetivo determinar si el estado de hidratación de un jugador de fútbol profesional afecta a su condición física, técnica y táctica. Concretamente, se revisaron los efectos del estado de hidratación en tareas físicas (salto vertical) y motoras (lanzamiento de penalti), estas últimas iniciadas por estímulos auditivos en comparación

con las motivadas por un estímulo que implica el reconocimiento de una señal visual y la toma de decisión antes del remate. El estado de hidratación se modificó mediante una situación que producía deshidratación (por ejemplo, el entrenamiento) y en la que los futbolistas se rehidrataron con agua *ad libitum* o según las recomendaciones nutricionales.

Método

Participantes

Doce jugadores de fútbol semiprofesionales, pertenecientes al equipo filial del Getafe C.F. S.A.D., participaron en este estudio ($21,14 \pm 1,69$ años, $177,54 \pm 4,43$ cm de altura, $71,0 \pm 4,3$ kg de peso). Antes de participar en el estudio, los jugadores y el personal técnico del equipo firmaron un formulario de consentimiento. Se descartaron los jugadores lesionados y los jugadores convocados en aquellos fines de semana por el equipo profesional del mismo club. El estudio siguió los principios y normas de la Declaración de Helsinki.

Diseño experimental

Se realizó una investigación experimental, descriptiva e intra-sujeto¹⁷ en la que cada participante actuaba como su propio control. Por lo tanto, cada participante recibió el tratamiento experimental (consumo de agua según las recomendaciones basadas en la medición previa del índice de sudoración) y participó en el grupo de control (ingesta de agua *ad libitum*). Antes y después de las sesiones de entrenamiento los jugadores ejecutaron 3 saltos verticales máximos, 4 lanzamientos de penalti con una señal auditiva (es decir, sin decisión) y 4 lanzamientos de penalti que dieron comienzo tras una indicación visual (es decir, con decisión). Las pruebas se hicieron siempre a la misma hora del día (10:00 a.m.) y se escalonaron 7 días para facilitar la recuperación. Además, las pruebas se realizaron 3 días después de la competición anterior para evitar la fatiga de los jugadores. Los jugadores recibieron instrucciones de comer y beber de forma similar en los días anteriores a las sesiones experimentales, además de excluir las bebidas alcohólicas de su dieta.

Procedimiento experimental

Esta investigación estuvo compuesta por un día de familiarización más 2 días de pruebas experimentales, que se desarrollaron de la siguiente manera:

Día de familiarización. Se presentó el estudio a los jugadores, se les pidió el consentimiento para participar y se les dieron las directrices sobre alimentación y otras consideraciones que debían tener presentes el día de las pruebas experimentales. Se tomaron las medidas antropométricas de longitud de la pierna (desde el trocánter mayor del fémur hasta la punta del pie en flexión plantar total) y altura de la pierna a 90° (desde el trocánter mayor del fémur y el suelo, con las rodillas dobladas a 90°), datos requeridos por la APP «My Jump» para valorar la distancia de empuje (diferencia entre la longitud de la pierna y la altura a 90°). También se hizo entrega de botellas de muestra de orina que tenían que llevar el día de la sesión programada, con la

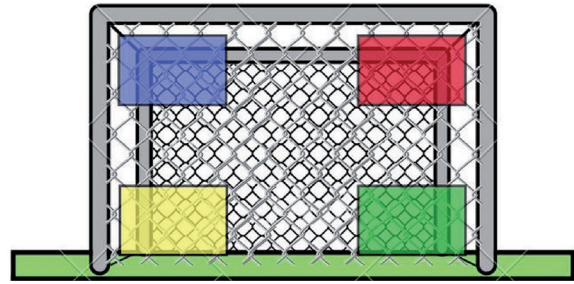


Figura 1 Representación gráfica de los postes de la portería de precisión de fútbol.

primera orina del día, ya que minimiza posibles alteraciones y maximiza la fiabilidad de la medición¹⁸. En este caso se utilizó como referencia la escala de color de la orina¹⁸. Además de pruebas piloto del salto vertical y valoración de lanzamientos a portería.

Primera sesión: índice de sudoración con hidratación *ad libitum*. Después de llegar al vestuario, antes del entrenamiento, se pidió a los jugadores que depositaran los frascos de orina en un contenedor. Entonces se les tomó la frecuencia cardíaca en reposo (S Health) y la temperatura timpánica. Se utilizó un termómetro timpánico de infrarrojos (EasyScan, FTX3 VERT) que se introdujo en el canal auditivo izquierdo 3 veces consecutivas y se hizo la media de la lectura de la temperatura timpánica. Se pesó a los participantes, en ropa interior, en una báscula electrónica (Tanita, BC-601) de una precisión de ± 100 g. Tras un calentamiento físico estándar (± 30 min), en una área preparada y acondicionada, llevaron a cabo una prueba de ejecución de fútbol que incluía el salto vertical y el lanzamiento de penaltis. Desde una posición de bipedestación con los pies separados a la misma distancia que la anchura de la cadera, se pidió a los participantes que doblaran lentamente las rodillas hasta que la cadera alcanzara una marca de flexión de rodilla de 90° y luego tenían que saltar tan arriba como les fuera posible. Ejecutaron 3 saltos verticales¹⁹, siempre con las manos en la cadera, para estabilizar la ayuda de la parte superior del cuerpo. Los saltos se alternaron en períodos de 30 segundos de descanso y de mantenerse en pie. El tiempo de vuelo se midió con una APP del sistema operativo IOS denominada «My Jump». Los jugadores realizaron 8 lanzamientos de penalti al poste de la portería, en donde había una red de retención¹⁹. Esta red tiene 4 áreas de precisión en las esquinas provistas de una red con bolsa para recoger las pelotas y con unas bandas con ganchos para fijar la red en los postes, es decir, solo se podía marcar un gol si los lanzamientos eran ejecutados correctamente en los ángulos de la portería según las indicaciones de cada caso. Los primeros cuatro penaltis se lanzaron con una señal auditiva procedente de un silbato, es decir, sin decisión, con la indicación que los dos primeros iban a la esquina superior derecha y los dos siguientes a la esquina superior izquierda, se les indicó que «estuvieran listos» y lanzaron el balón para marcar en cuanto oyeran el silbido. La realización fue registrada por equipos de vídeo que posteriormente se analizó con el software Kinovea. Después de estos 4 penaltis, y en las mismas condiciones, los 4 lanzamientos de penalti que se iniciaron con una señal visual, o sea con decisión, se re-

gistraron mediante tarjetas de colores, que correspondían a los colores marcados en cada esquina de la red de retención (fig. 1). Se les indicó que lanzaran el balón a la esquina correspondiente tan pronto como vieran la tarjeta de color. La realización del test duró aproximadamente 15 min.

Durante el entrenamiento los jugadores tenían a su disposición una botella de agua, identificada con su nombre y pesada previamente para conocer el volumen del líquido contenido. Además, se les indicó que solo podían beber de esta botella cada vez que quisieran hidratarse. En esta sesión, el consumo de agua fue *ad libitum*, es decir, a voluntad. Solo se controló la cantidad de agua consumida, sin dar ningún tipo de recomendación o comentario. Solo se les indicó que si querían enjuagarse la boca o utilizar el agua para refrescarse la piel, tenían que utilizar otras botellas. El ritmo de entrenamiento del fútbol se inició con una duración media de ± 134 min. Al mismo tiempo se midieron parámetros ambientales como la temperatura ($33,6 \pm 5,3$ °C) y la humedad relativa (20%) del campo de entrenamiento. Además de supervisar la ingesta de líquidos, se controlaron las botellas identificadas y se revisó el volumen restante en ellas, rellenándolas si era necesario y anotando el nuevo volumen añadido. Al final del entrenamiento se pidió a los jugadores que pasaran a tomarse nuevamente el peso corporal, utilizando el instrumento descrito anteriormente. Para tomar esta medición los jugadores tenían que ir en ropa interior y secarse el sudor producido por el entrenamiento. La temperatura timpánica y la frecuencia cardíaca se midieron de nuevo, utilizando los mismos instrumentos. Posteriormente se registró la percepción del esfuerzo con la escala de Borg¹⁹. Finalmente, y sin que los jugadores bebieran después de acabar el entrenamiento, se realizó una nueva ronda de pruebas de ejecución del fútbol, que incluía el salto vertical y el lanzamiento de penaltis, tal como se ha descrito más arriba.

Segunda sesión: índice de sudoración con la ingesta de agua recomendada. El protocolo a seguir durante esta sesión fue el mismo que el de primera sesión, con la única variante de manipulación de la hidratación durante el entrenamiento. Los jugadores se hidrataron según las recomendaciones de hidratación recibidas para cubrir la pérdida del 100% de sudor, que se calculó tomando como referencia los resultados del índice de sudoración de la primera sesión. Tal como se ha sugerido anteriormente, dada la considerable variabilidad en los índices de sudor entre individuos, se utilizó un programa de reposición de líquidos personalizado²⁰. En este caso, el entrenamiento del fútbol duró

± 124 min, con una temperatura ambiente a nivel de campo de $44,9 \pm 6,9$ °C y una humedad relativa del 20%.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando un análisis tipo ANOVA de 2 vías (estado de hidratación \times tiempo) de medidas repetidas. Las vías utilizadas para este análisis de la variancia fueron el preentrenamiento vs. el postentrenamiento y la comparación de la sesión 1 con hidratación *ad libitum* vs. la sesión 2 de hidratación recomendada. En algunas variables que se midieron una sola vez durante el entrenamiento se utilizó la prueba t de Student. La significación estadística se estableció en un nivel de significación de $p < 0,05$ para todos los análisis. Los datos se presentan como mediana \pm desviación estándar.

Resultados

La muestra de orina recogida antes del entrenamiento indicó que los jugadores llegaron a la sesión de entrenamiento con un estado de hidratación similar (tabla 1). El día que los jugadores bebieron agua *ad libitum* la deshidratación fue significativamente mayor que el día en que siguieron unas directrices de hidratación (tabla 1). No obstante, el consumo total de líquido no tuvo diferencias significativas entre las sesiones ($p = 0,79$). Por otra parte, el cálculo del índice de sudoración de cada sesión produjo una diferencia significativa entre ambas sesiones, con mayor sudoración el día que consumieron agua *ad libitum* vs. el día que consumieron el agua recomendada (tabla 1).

En el caso de la valoración de los signos vitales, se observó que la frecuencia cardíaca aumentó significativamente durante ambas sesiones. Los valores obtenidos antes de las sesiones de entrenamiento fueron similares, y en ambas sesiones los valores de la frecuencia cardíaca mostraron cambios significativos al valorar los valores postentrenamiento (tabla 2). Sin embargo, el día que los jugadores se hidrataron siguiendo las recomendaciones se incrementó significativamente su frecuencia cardíaca, en comparación con la sesión en la que tuvieron hidratación *ad libitum*. No hubo tratamiento \times interacción de tiempo en la variable de frecuencia cardíaca ($p = 0,39$).

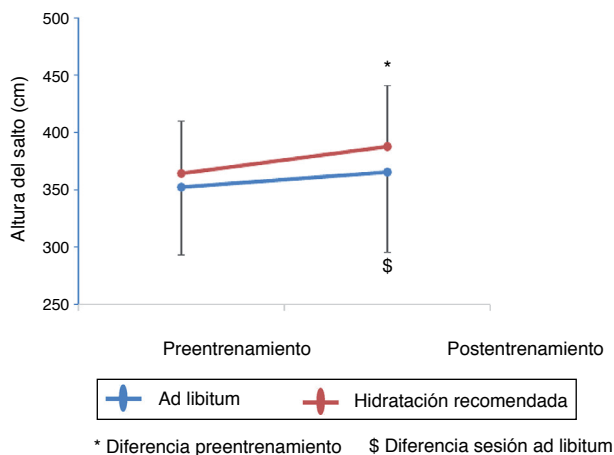
Por otra parte, la temperatura timpánica solo aumentó durante el entrenamiento en la sesión en la que se dieron recomendaciones de hidratación ($p < 0,01$), mientras que la

Tabla 1 Evaluación del estado de hidratación en función del tipo de hidratación considerada

Variable	Sesión	Valor	p
Test del color de la orina	<i>Ad libitum</i>	5,0 \pm 1,7 puntos	0,27
	Hidr. recomendada	5,8 \pm 1,1 puntos	
% de pérdida de peso corporal	<i>Ad libitum</i>	1,3 \pm 0,8%	0,01
	Hidr. recomendada	5,0 \pm 0,6%	
Consumo total de líquido	<i>Ad libitum</i>	1.029,6 \pm 554,7 cc	0,79
	Hidr. recomendada	985,2 \pm 221,9 cc	
Índice de sudoración	<i>Ad libitum</i>	730,3 \pm 275,6 cc/h	0,02
	Hidr. recomendada	516,9 \pm 112,2 cc/h	

Tabla 2 Evaluación de los signos vitales en función del tipo de hidratación y sesión considerada

Variable	Sesión	Preentrenamiento	Postentrenamiento	p
Frecuencia cardíaca	<i>Ad libitum</i>	62,3 ± 10,2 lpm	90,8 ± 10,2 lpm	< 0,01
	Hidr. recomendada	68,0 ± 16,0 lpm	101,3 ± 8,5 lpm	< 0,01
Temperatura timpánica	<i>Ad libitum</i>	35,6 ± 0,3 °C	35,3 ± 0,6 °C	0,07
	Hidr. recomendada	35,4 ± 0,4 °C	36,1 ± 0,2 °C	< 0,01

**Figura 2** Cambios de altura del salto vertical dependiendo del tipo de hidratación.

temperatura se mantuvo estable en la sesión con hidratación *ad libitum* ($p = 0,07$). No hubo diferencias entre las medidas previas en ambas sesiones, a diferencia de los valores de la temperatura timpánica obtenidos después de las sesiones de entrenamiento, en que los jugadores presentaron una temperatura más elevada después del entrenamiento con recomendaciones de hidratación en comparación con la sesión de hidratación *ad libitum* ($p < 0,01$). En este caso se produjo la interacción entre el tratamiento y el tiempo ($p < 0,01$) (tabla 2).

La altura del salto fue similar antes del entrenamiento en ambas sesiones ($p = 0,15$). Cuando los jugadores bebieron *ad libitum*, la altura del salto no varió después del entrenamiento ($p = 0,15$). Sin embargo, cuando los jugadores seguían las directrices de hidratación, la altura del salto postentrenamiento fue superior que la del inicio ($p = 0,01$) y también superior que en la situación de consumo de agua *ad libitum* ($p = 0,04$). No hubo interacción en la relación tratamiento × tiempo en la variable del salto vertical ($p = 0,42$, fig. 2).

La tabla 3 muestra la precisión del lanzamiento al poste de la portería. Tal como indican los datos, no hubo cambios en las pruebas experimentales con señal auditiva ni al comparar el preentrenamiento con el postentrenamiento ni al comparar la hidratación *ad libitum* y la recomendada. Por otro lado, en el caso de los lanzamientos a portería con una señal visual tampoco se produjeron cambios en las pruebas experimentales al comparar preentrenamiento y postentrenamiento, ni al comparar entre las dos sesiones de preentrenamiento, ni en las dos postentrenamiento. Sin embargo, hubo una diferencia significativa en la relación tratamiento/tiempo en los aciertos de los lanzamientos a portería con señal visual ($p = 0,01$). Cabe señalar que la escala de percepción del esfuerzo de Borg¹⁹ no presentó diferencias entre las dos sesiones de entrenamiento ($15,4 \pm 1,4$ puntos vs. $15,5 \pm 0,7$ puntos, $p = 0,79$).

Discusión

El hallazgo principal de este estudio evidencia que la deshidratación lograda y el índice de sudoración fueron mayores cuando los jugadores bebieron agua *ad libitum* en comparación con la rehidratación recomendada. Sin embargo, se observó un aumento en la altura del salto en el postentrenamiento y una disminución del número de errores en los lanzamientos a portería cuando los jugadores siguieron las directrices de hidratación.

En ambas sesiones los jugadores llegaron a entrenar con un estado de hidratación similar. Por otro lado, el cálculo del índice de sudoración en cada una de las sesiones arrojó una diferencia significativa entre ambas, siendo el día de más sudor el día en que se consumió agua *ad libitum*. En el caso de la valoración de los signos vitales, se observó que la frecuencia cardíaca aumentó significativamente en las dos sesiones, especialmente en la que se hidrataron siguiendo las recomendaciones recibidas. La temperatura timpánica tuvo diferencias significativas solo en el caso de la sesión en la que se dieron recomendaciones de hidratación, y en este caso sí hubo inte-

Tabla 3 Porcentaje de lanzamientos a portería dependiendo del tipo de hidratación y de la sesión considerada

Lanzamientos a portería	Sesión	Preentrenamiento	Postentrenamiento	p
Señal auditiva	<i>Ad libitum</i>	25 ± 26,1%	29,2 ± 23,4%	0,69
	Hidr. recomendada	33,3 ± 24,6%	22,9 ± 16,7%	0,21
Señal visual	<i>Ad libitum</i>	52,1 ± 22,5%	43,8 ± 15,5%	0,10
	Hidr. recomendada	37,5 ± 19,9%	50 ± 23,8%	0,49

racción entre el tratamiento y el tiempo. Es sabido que el índice de sudoración puede variar dependiendo de factores ambientales, como la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento u otros factores, como la intensidad del ejercicio, la condición física, la aclimatación al calor o el uso de ropa deportiva que facilite la transpiración del sudor a través de la piel⁹. Por tanto, es importante indicar que durante esta investigación la temperatura ambiental, a nivel del campo de juego, fue más elevada en la segunda sesión, es decir, el día que se dieron las recomendaciones de hidratación; en cambio, la humedad fue más elevada el día que se consumía agua *ad libitum*. Por otro lado, Ramos Jiménez et al.²¹ reportaron que, después de 90 min de ejercicio continuo (a una temperatura de 23 °C y 23% de humedad relativa) sin hidratación, los hombres tuvieron una pérdida de masa corporal ligeramente superior a la de las mujeres, mientras que al mantener un protocolo de hidratación personalizado dicho cambio no se manifestó y las respuestas fisiológicas fueron similares en ambos sexos. Además, encontraron que en este caso el grado de hidratación no alteró su rendimiento físico, sino los parámetros fisiológicos (temperatura, frecuencia cardíaca y presión arterial) independientemente del sexo²¹.

La pérdida de más del 2% de peso corporal después del esfuerzo puede afectar al rendimiento deportivo a causa de la disminución de líquidos corporales^{20,22,23}. Generar una pérdida del 2% del peso a causa de la deshidratación como consecuencia produce hipertermia, aumenta el trabajo del sistema cardiovascular y genera un aumento de la percepción del esfuerzo, la reducción del flujo sanguíneo y la alteración del metabolismo de la musculatura esquelética durante el ejercicio²⁴⁻²⁶. Por el contrario, Fritzsche et al.¹⁶ manifiestan que la ingesta de agua, por sí misma, atenúa la disminución de la fuerza neuromuscular producida por el ejercicio de intensidad moderada en un ambiente caluroso; más aún, si se añade un 6% de hidratos de carbono a este líquido, el efecto de la fuerza muscular es mayor.

El hecho de evitar la deshidratación de los jugadores mejoró la altura del salto y redujo el índice de errores en los penaltis con señal visual. Cuando los jugadores siguieron las directrices de hidratación, la altura del salto postentrenamiento fue superior a la del inicio y también superior en el salto en la situación de consumo de agua *ad libitum*. En cuanto a la precisión del lanzamiento a portería, no hubo cambios en las pruebas experimentales con señal auditiva, pero en el caso de los lanzamientos a portería con señal visual no hubo cambios en las pruebas experimentales entre el preentrenamiento y el postentrenamiento, pero sí hubo una diferencia significativa en la relación tratamiento × tiempo. Cabe señalar que la escala de percepción del esfuerzo¹⁹ no presentó diferencias entre las dos sesiones de entrenamiento. Estos datos juntos podrían indicar que una deshidratación moderada podría afectar a la fuerza muscular de la pierna y reducir la precisión motora durante el lanzamiento del penalti. Hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea el nivel de deshidratación, mayores serán la tensión fisiológica y la disminución del rendimiento en el ejercicio aeróbico²³.

La ejecución de una habilidad del fútbol (regate) se deteriora cuando los jugadores de fútbol adultos se deshidratan al entrenarse en un ambiente termoneutro²⁷, mientras que la fuerza percibida aumenta en comparación con el test de rehidratación. Como en los resultados obtenidos en este estudio,

las investigaciones mencionadas también hacen referencia al aumento del índice de error. La precisión del lanzamiento de penaltis se vio reducida por la fatiga inducida por la deshidratación, especialmente cuando se introdujo la variable de toma de decisiones. Este resultado se podría interpretar, teniendo en cuenta que la señal visual producía tiempos de respuesta más largos en contraposición con la señal auditiva, y parece que había habido tiempo suficiente para restablecer la precisión a pesar del estado de hidratación. El retraso en esta respuesta se puede explicar por el principio de intercambio de velocidad-precisión²⁸. Cuando la fatiga inducida por la deshidratación disminuye el control de las unidades motoras, tanto de velocidad como de precisión, se ve afectada la tarea motora. Al introducir dos componentes cognitivos en el penalti, como iniciadores de la respuesta del lanzamiento, y teniendo en cuenta que ambas señales, la auditiva a través de la propagación del sonido y la visual con la propagación de la luz, mediante tarjetas de colores, fueron mucho más rápidas que el tiempo de respuesta observado, ello podría sugerir que la naturaleza de la señal no fue un factor que afectara al tiempo de respuesta motora del lanzamiento. La deshidratación severa aumentó la altura del salto vertical en un 7%, probablemente debido más a una mayor reducción de la masa corporal (3,8% de pérdida de peso corporal) que a la fuerza de la pierna (aumento de la fuerza en proporción a la resistencia del peso²⁹). Aunque los jugadores que participaron en este estudio perdieron masa corporal, es decir, se deshidrataron en la primera sesión en la que la ingesta de agua era *ad libitum*, pero sin llegar al porcentaje de pérdida de peso corporal del estudio de Viitasalo²⁹ (1,3 ± 0,8 vs. 3,8%), también se observó una alteración en la variable de altura del salto vertical. Por su parte, en la investigación de Armstrong et al.³⁰ no se observaron diferencias significativas entre las distintas condiciones de hidratación en la altura del salto vertical, teniendo en cuenta que durante su intervención disminuyó la masa corporal en un 2,4 ± 0,4% y un 4,8 ± 0,4%, respectivamente, durante su intervención en hipohidratos en aproximadamente un 2,5% de la masa corporal, y en hipohidratos en aproximadamente un 5% de la masa corporal³⁰.

Todo ello nos lleva a pensar que el tratamiento realizado durante estas sesiones podría ser suficiente para provocar cambios en la sustitución de líquidos de los jugadores y, como consecuencia, en la deshidratación voluntaria durante la competición y, por tanto, en el rendimiento deportivo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos resultados positivos no implican un cambio de hábitos de estos jugadores y que, si no se aplican las estrategias propuestas, los jugadores pueden volver a sus patrones de hidratación habituales. Por lo tanto, entendemos que la supervisión en el campo y las actividades de suministro de líquidos durante estas sesiones deben formar parte de la práctica habitual durante el entrenamiento y la competición de un equipo profesional e insistir en la necesidad de controlar el máximo número de variables posibles que afecten al rendimiento deportivo. Debemos ser rigurosos, tanto durante el entrenamiento como en la competición, en lo que se refiere a la reposición de líquidos para evitar los posibles efectos negativos de la deshidratación³¹.

Debido a las condiciones climáticas y a la planificación de las sesiones, basadas en la temporada de fútbol, este estudio se vio limitado por tener lugar en días con distintas características de temperatura ambiental, y a pesar de que se pu-

dieron compensar de manera eficiente las pérdidas de sudor, sería interesante saber cómo habrían reaccionado si las condiciones meteorológicas hubieran sido similares. Además, la muestra era pequeña, por tratarse de un equipo filial, y los jugadores podían ser promocionados al equipo profesional, si era preciso, y participar en distintos entrenamientos, que figuran entre los parámetros de exclusión. Finalmente, durante las fechas planificadas para la realización de las pruebas se lesionaron dos jugadores del equipo y, por tanto, no pudieron participar en el entrenamiento regular.

Conclusiones

En conclusión, evitar la deshidratación mediante la recomendación de unas directrices personalizadas, basadas en la medición previa del ritmo de sudoración, mejoró la altura del salto y redujo el índice de error del lanzamiento de penaltis con señal visual, en comparación con la rehidratación *ad libitum*. La exactitud del lanzamiento de penaltis se vio reducida por la fatiga inducida por el estado de deshidratación, especialmente con la variable de toma de decisiones. Estos datos podrían indicar que una deshidratación moderada podría afectar a la fuerza muscular de la pierna y reducir la precisión motora durante la simulación de un lanzamiento de penalti en el fútbol. Además, los datos sugieren que utilizar la rehidratación de acuerdo con el estímulo de la sed puede no ser la mejor estrategia para evitar la disminución del rendimiento físico y técnico de los futbolistas.

Conflicto de intereses

Esta investigación solo ha sido financiada por las instituciones de los autores correspondientes. Los resultados se presentan de forma clara, honesta y sin fabricación, falsificación o manipulación inapropiada de los datos.

Bibliografía

- Broad EM, Burke LM, Cox GR, Heeley P, Riley M. Body weight changes and voluntary fluid intakes during training and competition sessions in team sports. *Int J Sport Nutr.* 1996;6:307-20.
- Godek SF, Godek JJ, Bartolozzi AR. Hydration status in college football players during consecutive days of twice a day pre-season practices. *Am J Sports Med.* 2005;33:843-51.
- Shirreff SM, Aragon-Vargas LF, Chamorro M, Maughan RM, Serratos L, Zachwieja JJ. The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat. *Int J Sports Med.* 2005;26:90-5.
- Stofan JR, Jachwieja JJ, Horswill CA, Murray R. Sweat and sodium losses during practice in professional football players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;34:5113.
- Stofan JR, Jachwieja JJ, Horswill CA, Murray R, Eichner ER, Anderson S. Sweat and sodium losses in NCAA football players: A precursor to heat cramps. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005;15:641-52.
- Mustafa KY, Mahmoud NE. Evaporative water loss in African soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 1979;19:181-3.
- Kirkendall DT. Effects of nutrition on performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:1370-4.
- Godek SF, Bartolozzi AR, Godek JJ. Sweat rate and fluid turnover in American football players compared with runners in a hot and humid environment. *Br J Sports Med.* 2005;39:205-11.
- Maughan RJ, Merson SJ, Broad NP, Shirreffs SM. Fluid and electrolyte balance in elite male football (soccer) players training in a cool environment. *J Sports Sci.* 2005;23:73-9.
- FIFA. Laws of the game. Zurich: Federation International de Football; 1995.
- Montain SJ, Smith SA, Mattot RP, Zientara GP, Jolesz FA, Sawka MN. Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: A 31P-MRS study. *J Appl Physiol.* 1998;84:1889-94.
- Cian C, Barraud PA, Melin B, Raphael C. Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *Int J Psychophysiol.* 2001;42:243-51.
- Greive JS, Staffey KS, Melrose DR, Narve MD, Knowlton RG. Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:284-8.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1985;50:273-82.
- Pedersen J, Lönn J, Hellström F, Djupsjöbacka M, Johansson H. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1047-52.
- Fritzschke RG, Switzer TW, Hodgkinson BJ, Lee SH, Martin JC, Coyle EF. Water and carbohydrate ingestion during prolonged exercise increase maximal neuromuscular power. *J Appl Physiol.* 2000;88:730-7.
- Montero I, León OG. A guide for naming research studies in Psychology. *Int J Clin Health Psychol.* 2007;7:847-62.
- Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, LaGasse KE, et al. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr.* 1994;4:265-79.
- Borg G. Simple rating methods for estimation of perceived exertion. *Phys Work Effort.* 1975:39-46.
- Sawka M, Burke L, Eichner E, Maughan R, Montain S, Stachenfeld N. American college of sport medicine position stand exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:377-90.
- Ramos-Jiménez A, Hernández-Torres R, Wall-Medrano A, Torres-Durán P, Juárez-Oropeza M, Vilorio M, et al. Respuestas fisiológicas asociadas al género e hidratación durante el spinning. *Nutr Hosp.* 2014;29:644-51.
- Maughan R, Whiting P, Davidson R. Estimation of plasma volume changes during marathon running. *Br J Sports Med.* 1985;19:138-41.
- Sawka M, Noakes T. Does dehydration impair exercise performance? *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1209-17.
- Bigard X, Sánchez H, Claveyrolas G, Martin S, Thimonier B, Arnaud M. Effects of dehydration and rehydration on EMG changes during fatiguing contractions. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1694-700.
- Casa D, Armstrong L, Hillman S, Montain S, Reiff R, Rich B, et al. National athletes trainers' association position stand: fluid replacement for athletes. *J Athl Train.* 2000;35:212-24.
- González-Alonso J, Calbet J, Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol.* 1998;15:895-905.
- McGregor SJ, Nicholas CW, Lakomy H, Williams C. The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *J Sports Sci.* 1999;17:895-903.
- Fitts PM. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *J Exp Psychol.* 1954;47:381-91.
- Viitasalo JT, Kyröläinen H, Bosco C, Alen M. Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *Int J Sports Med.* 1987;8:281-5.
- Armstrong LE, Kraemer WJ, Volek JS, Maresh CM, Judelson DA, Farrell MJ, et al. Effect of hydration state on strength power and resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1817-24.
- Barbero JC, Castagna C, Granda J. Deshidratación y reposición hídrica en jugadores de fútbol sala: efectos de un programa de intervención sobre la pérdida de líquidos durante la competición. *Eur J Hum Movement.* 2010;17:93-10