

ARTÍCULO ORIGINAL

Plan de hidratación, efectos sobre la densidad urinaria y la Capacidad Aeróbica en un equipo femenino de fútbol

Hydration plan, effect on urinary density and Aerobic Capacity in a women's soccer team

Rivera Cisneros Antonio E,* Sánchez González Jorge Manuel,†
Padilla Estrada Katya,§ Olivares Benigno,§ López Ortiz María M,§
Villa O Valentín,§ Portillo Gallo Jorge,¶ Ortiz C Wendy A,|| Ishida-Gutiérrez Cecilia,*
Murguía Cánovas Gabriela,‡‡ Franco S Rafael,§§ Martínez Favela Raúl A,¶¶
Hernández Murillo Camilo R,† Lara M Yesenia,‡‡
Vargas Gloria,* Noriega Itze,* Martínez V Karen R*

Palabras clave:

Densidad urinaria, capacidad aeróbica, hidratación, ejercicio físico, fútbol.

Keywords:

Urinary density, aerobic capacity, hydration, physical exercise, soccer.

* Decano de ciencias de la salud, Universidad del Fútbol y Ciencias Aplicadas al Deporte. Pachuca, Hidalgo.

† Director del Instituto Nacional del Aprendizaje de Habilidades para la Investigación de las Ciencias, A.C. Zapopan, Jalisco.

§ Universidad de Guanajuato. México.

RESUMEN

Introducción: Durante el ejercicio físico ocurre la pérdida de agua en el compartimento intracelular a través del sudor y la orina, lo cual lleva a la deshidratación. La deshidratación genera diferentes cambios fisiológicos, y dependiendo el grado de la misma, se puede ver afectado el rendimiento físico, como el deterioro de la capacidad aeróbica en los deportistas. **Material y métodos:** Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, simple ciego, para evaluar el efecto de un plan de hidratación, sobre la capacidad aeróbica en el equipo Club León Femenil. Participaron 23 jugadoras de entre 14 y 27 años, quedaron 12 en el grupo con hidratación personalizada (HP) y 11 en el grupo con hidratación convencional (HC). Al grupo con HP se le proporcionó un plan de hidratación personalizado durante el partido, además de una bebida rehidratante. En el grupo con HC no hubo plan de hidratación personalizado y las participantes tomaron agua natural a libre demanda (*ad libitum*). Se evaluaron en ambos grupos: el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), mediante la prueba de «Course Navette», al inicio y al final del estudio. También se determinó el estado de hidratación antes del entrenamiento, mediante la densidad urinaria (gravedad específica) en la orina y después del entrenamiento se evaluó el estado de hidratación a través de la variación de pérdida porcentual de peso. Las pruebas se realizaron al inicio y al final del entrenamiento. **Resultados:** La capacidad aeróbica aumentó significativamente en el grupo con HP con valor de $p < 0.001$. El estado de hidratación antes

ABSTRACT

Introduction: During physical exercise, the loss of water occurs in the intracellular space, through sweat and urine and with this, dehydration occurs. Dehydration generates different physiological changes in the body, and depending on its degree, physical performance can be affected well, including the decrease of aerobic capacity in athletes. **Material and methods:** This was randomized, single-blind clinical trial study. The purpose was to evaluate the effect of a personalized hydration guide on aerobic capacity in the Club Leon women's team. **Results:** Twenty three players between 14 and 27 years old participated, 12 were in the group with personalized hydration (PH) and 11 in the other group with conventional hydration (CH). The group with PH was given a personalized hydration guide during training, in addition to a rehydrating drink during training. In the group with CH there was no personalized hydration guide, and the participants drank plain water (*ad libitum*). In both groups, the maximum oxygen consumption (VO_2 max) was evaluated by the «Course Navette» test, at the beginning and at the end of the study. The hydration status was also determined before training, using the specific gravity of urine, and after the training, the hydration status was evaluated, through the variation of percentage loss of weight. All the tests were evaluated at the beginning and at the end of the study. The aerobic capacity increased significantly in the group with PH with a value of $p < 0.001$. The hydration status before



Citar como: Rivera CAE, Sánchez GJM, Padilla EK, Olivares B, López OMM, Villa OV et al. Plan de hidratación, efectos sobre la densidad urinaria y la Capacidad Aeróbica en un equipo femenino de fútbol. Rev Mex Patol Clin Med Lab. 2021; 68 (2): 80-89. <https://dx.doi.org/10.35366/103344>

¶ Laboratorio Clínico, Hospital Star Médica Chihuahua. México.

|| Club León Femenil. Guanajuato.

** Laboratorio de Farmacoepidemiología, Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

‡‡ Rectoría Universidad del Fútbol. Pachuca. Hidalgo.

§§ Instituto NIDIAC, Durango, Durango.

¶¶ Cardiología Intervencionista, Torreón, Coahuila.

Correspondencia:
Jorge M Sánchez González

Instituto Nacional del Aprendizaje de Habilidades para la Investigación de las Ciencias, A.C. Zapopan, Jalisco.
E-mail: juevesm@gmail.com

Recibido: 28/07/21

Aceptado: 06/08/21

de su entrenamiento fue más adecuado significativamente en el grupo con HP ($p < 0.005$). El estado de hidratación posterior al entrenamiento mejoró en ambos grupos de forma significativa, $p < 0.02$ en el grupo con HP y $p < 0.05$ en el grupo con HC.

Conclusiones: Un plan de hidratación personalizado puede mejorar la capacidad aeróbica. El estado de hidratación de los participantes antes y después del entrenamiento mejoró significativamente.

*their training improved significantly in the group with PH ($p < 0.005$). After-training hydration status improved significantly in both groups ($p < 0.02$) in the group with PH and $p < 0.05$ in the group with CH. **Conclusion:** A personalized hydration guide can improve aerobic capacity. The hydration status of the participants before and after training condition was significantly improved.*

INTRODUCCIÓN

Aunque el contenido de agua en el cuerpo varía de un individuo a otro, se mantiene constante en los diferentes tejidos. El músculo y corazón tienen el mayor contenido de agua (aproximadamente 75%). Todo el sistema mantiene el balance hídrico diario.¹ La pérdida de agua por sudoración en una persona sedentaria es aproximadamente de 600 mL por día; sin embargo, durante el ejercicio es la principal vía de pérdida de líquido, se han reportado hasta 2 a 3 litros por cada hora de ejercicio, lo que induce la sed.²⁻⁴

En condiciones normales, se requieren alrededor de 2.5 litros de agua por día para un adulto sedentario en un ambiente normal.⁵ Aunque esta cantidad puede variar dependiendo de las condiciones climáticas, el tamaño corporal y la cantidad y tipo de alimento que consuma en la dieta. En condiciones basales, el contenido del agua permanece relativamente estable y la pérdida del líquido es equivalente al consumo. Sin embargo, cuando se realiza ejercicio, y en condiciones ambientales extremas, es más complejo el balance de líquidos. Según las recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM), si el evento tarda más de una hora, el líquido debe tener entre 4 y 8% de carbohidratos, además de entre 0.5 y 0.7 gr de sodio por litro de agua.⁵

A través de la producción de orina, son regulados los niveles de agua corporal y es también un vehículo para la eliminación de productos de desecho del organismo. Se requiere eliminar una cantidad mínima de 20 a 50 mL de orina por hora. La producción de orina de un adulto normal generalmente es de 1 a 3 litros por día.⁶ En casos de hipohidratación, la glándula pituitaria libera la hormona antidiurética o vasopresina (ADH), induciendo resorción de

agua. Aún con cambios de 1% de osmolalidad del plasma, se estimula la secreción de ADH, así como la disminución de 5 a 10% del volumen sanguíneo y la presión. La aldosterona activa el sistema renina-angiotensina, aumentando la resorción de sodio y agua. Por disminución del volumen sanguíneo o del líquido extracelular se incrementa la renina a través de angiotensina renal, induciendo un aumento de la secreción de aldosterona.⁷

La deshidratación incrementa la tensión fisiológica, como lo determinan las respuestas de temperatura central, percepción del esfuerzo durante el estrés del ejercicio en calor y la frecuencia cardíaca.⁸ Por cada 1% de pérdida de peso corporal secundario a deshidratación, la frecuencia cardíaca aumenta de cinco a ocho palpitations por minuto y el gasto cardíaco disminuye significativamente, al mismo tiempo la temperatura aumenta 0.2 a 0.3 °C. Por lo tanto, la deshidratación produce fatiga temprana e hipertermia, reduciendo la capacidad de tolerar la tensión al calor.⁸ Existen bebidas que ayudan a recuperar la hidratación, su sabor y contenido de sodio llevan al deportista a beber más en comparación con el agua sola, y ayudan a mantener el balance de líquidos. Las bebidas deportivas con concentración de 4 a 8% de hidratos de carbono se vacían del estómago a la misma velocidad que el agua sola, son útiles para actividades mayores a una hora.⁹

La medida más importante para obtener la capacidad aeróbica es mediante el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$), es el método de referencia y uno de los indicadores más utilizados de potencia aeróbica y el metabolismo.^{10,11} La fatiga que se presenta al final del ejercicio prolongado afecta el rendimiento con pérdida de 2% de peso corporal. Clarkson demostró que la pérdida de 1.5 a 2% de masa corporal redujo el rendimiento en carreras de

distancia de 1,500 m, 5,000 m y 10,000 m al disminuir la velocidad sobre todo en las últimas etapas de las carreras, y los efectos adversos fueron más evidentes en las carreras más largas.¹² El aumento de la tensión cardiovascular ocurre por la hipertermia y reducción del volumen sanguíneo, el metabolismo del músculo y la función neurológica.¹³ Se ha observado que la deshidratación aumenta el uso del contenido de glucógeno muscular durante el ejercicio continuo, lo cual también podría afectar el rendimiento.¹⁴

La magnitud de la disminución del rendimiento durante el ejercicio de resistencia se relaciona con el estrés por calor y la duración del ejercicio, Cheuvront y Kenefick¹⁵ afirmaron que los atletas que participaron en ejercicios de resistencia con duración menor a 90 minutos en clima templado de 20 °C a 21 °C pueden tolerar niveles de deshidratación de 1 a 2% del peso corporal sin afectar su rendimiento; sin embargo, si el ejercicio dura más de 90 minutos a ésta misma temperatura, los deportistas llegan a niveles de deshidratación de 2% o más, afectando rendimiento en ejercicio de resistencia. En climas cálidos de 31 °C a 32 °C, la tasa de sudoración es mayor y por lo tanto se puede llegar a una deshidratación de 2% en 60 minutos de ejercicio intenso.¹⁵ En un metaanálisis de 2018 realizado en el American College of Sports Medicine, encontraron que, a pesar de la variabilidad entre los niveles de deshidratación de cada deportista, el rendimiento cognitivo se vio afectado en tareas que involucran atención, función ejecutiva y habilidades motoras, cuando los déficits hídricos superan 2% de pérdida de masa corporal.¹⁶

No existe un consenso que defina cuál es la mejor forma de medir la deshidratación, se ha visto que las formas más precisas son los métodos de dilución del agua corporal total, así como las mediciones de osmolalidad en plasma. Empero, las pruebas de sangre como método de medición para la deshidratación resultan muy poco prácticas durante los entrenamientos de campo, ya que implican mucho tiempo, son costosas y requieren de personal entrenado.¹⁷

Oppliger y Bartok¹⁸ realizaron un estudio en relación a la deshidratación, encontrando que medir el peso antes y después de una prueba física permite diagnosticar deshidratación isotónica, hipertónica e hipotónica, además accesible, precisa y no invasiva.¹⁷ También se cuenta con evidencia de que la masa corporal puede ser un indicador fisiológico suficientemente estable para monitorear el balance diario de líquidos, aún durante periodos largos (una a dos semanas). Sawka y colegas describieron que la vigilancia de cambios en el peso, además de calcular las pérdidas de sudor, es útil como herramienta educativa

para los atletas.¹⁹ Otro método considerado sencillo, práctico y confiable para determinar el estado de hidratación es la concentración de orina. Los indicadores urinarios de la deshidratación incluyen una disminución en el volumen de orina, con una gravedad específica (GE) o densidad urinaria (DU) de la orina elevada, que implica una osmolalidad de la orina elevada, y un color de orina oscuro. Una DU mayor a 1.020 así como una osmolalidad mayor a 500 mOsm/L indican deshidratación.¹⁷ El ACSM y el National Athletic Trainers Association (NATA) ha publicado recomendaciones para mantener un adecuado estado de hidratación de manera personalizada. Se debe considerar el peso, clima, horas de ejercicio y tipo de entrenamiento.¹⁹ Los atletas todavía son susceptibles a desinformación y no tienen el conocimiento suficiente para mantener una adecuada hidratación.²⁰

Pocos estudios son específicos sobre la evaluación de los conocimientos con relación a la hidratación de deportistas, y los relacionados a conocimientos de nutrición son deficientes.²¹ Datson y colegas reportaron la importancia de medir el VO_2 máx en las jugadoras y encontraron que el promedio del consumo máximo de oxígeno en las jugadoras de fútbol de élite internacional varía de 47 a 57 ml/kg/min.²² Bangsbo describió cómo aproximadamente de 80 a 90% de la energía total durante un partido de fútbol se deriva del metabolismo aeróbico, cerca del umbral anaeróbico.²³ Carling describió que jugadores con mayor VO_2 máx realizan mayor número de carreras y participan más a menudo en jugadas decisivas,²⁴ y pueden correr a una mayor intensidad y mayores distancias antes que el agotamiento del glucógeno requiera una reducción en la intensidad.²⁵ Helgerud utilizó un diseño de intervención para comparar a jugadores de élite menores de 18 años sometidos a entrenamiento con intervalos de 4 × 4 min a 90-95% de la frecuencia cardiaca máxima. Se demostró que existe una relación entre el VO_2 máx promedio y la clasificación del equipo.²⁵

Basado en lo mencionado anteriormente, un aumento del conocimiento en temas de hidratación adecuada podría mejorar actitudes y comportamientos en términos de estado de hidratación, disminuir riesgos a la salud, y contribuir a un buen rendimiento físico de las jugadoras. Según las reglas del fútbol, y en general en los deportes en equipo, tienen muy pocos minutos para hidratarse durante los entrenamientos y partidos. Debido a que el fútbol femenino se empezó a practicar mucho tiempo después que el fútbol varonil, hay muy poca información sobre cambios fisiológicos en equipos de fútbol femenino de élite. El estudio pretende dilucidar cuál es el efecto de un plan de hidratación sobre la capacidad aeróbica en un equipo élite femenino de fútbol.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó ensayo clínico y ciego simple en mujeres jugadoras del equipo femenino de fútbol de primera división del Club León, con edades entre 14 y 27 años, quienes aceptaron consentimiento informado o el asentimiento de participación por padres o tutores.

Se calculó un tamaño de muestra de 11 participantes en el grupo control sin hidratación conducida (HC) y 12 participantes en el grupo de estudio con hidratación personalizada (HP), empleando la fórmula para dos proporciones. Considerando un α unilateral de 0.05, una β de 0.20 y potencia de 0.8. Se agregó una pérdida de 20%, quedando un total de 23 participantes (Figura 1), asignándose mediante tablas de números aleatorios un pareamiento según su edad en dos grupos. Grupo HP: se le proporcionó un plan de hidratación personalizado, en cuanto a los mililitros que debían tomar de líquidos en función de su peso y pérdidas por sudor. Grupo HC: plan de hidratación convencional, se realizó monitoreo semanal de su estado de hidratación a través de las mediciones de peso y gravedad específica, sin retroalimentación de

sus resultados. Se les aplicó un cuestionario estandarizado y validado por ACSM y NATA sobre hidratación en deportistas. Se realizaron mediciones intermedias a la basal y final para monitoreo del estado de hidratación y obtención estandarizada de tasas de sudoración promedio.

Se colectaron 100 mL de orina de las pacientes en condiciones estandarizadas para medir la densidad urinaria (DU) o (Gravedad específica) de acuerdo con las instrucciones del fabricante, por duplicado en refractómetro de orina digital portátil (Atago Uricon UG-1 D20; rango de 1,000 a 1,080; precisión ± 0.001). La clasificación de hidratación de DU se consideró > 1.020 como deshidratación, y ≤ 1.020 hidratación adecuada. Se realizó control al momento de recolección de orina con el fin de controlar la variable deshidratación, considerando previo consumo de alcohol, refrescos, café, diuréticos, antibióticos para infecciones de vías urinarias, vitaminas del complejo B, estado del periodo menstrual. Se obtuvo el peso corporal estandarizado para obtener estado de hidratación pre y postentrenamiento mediante báscula Tanita UM-061 con una precisión de 50 g y calibrada por triplicado. Así como la tasa de sudoración peso perdido

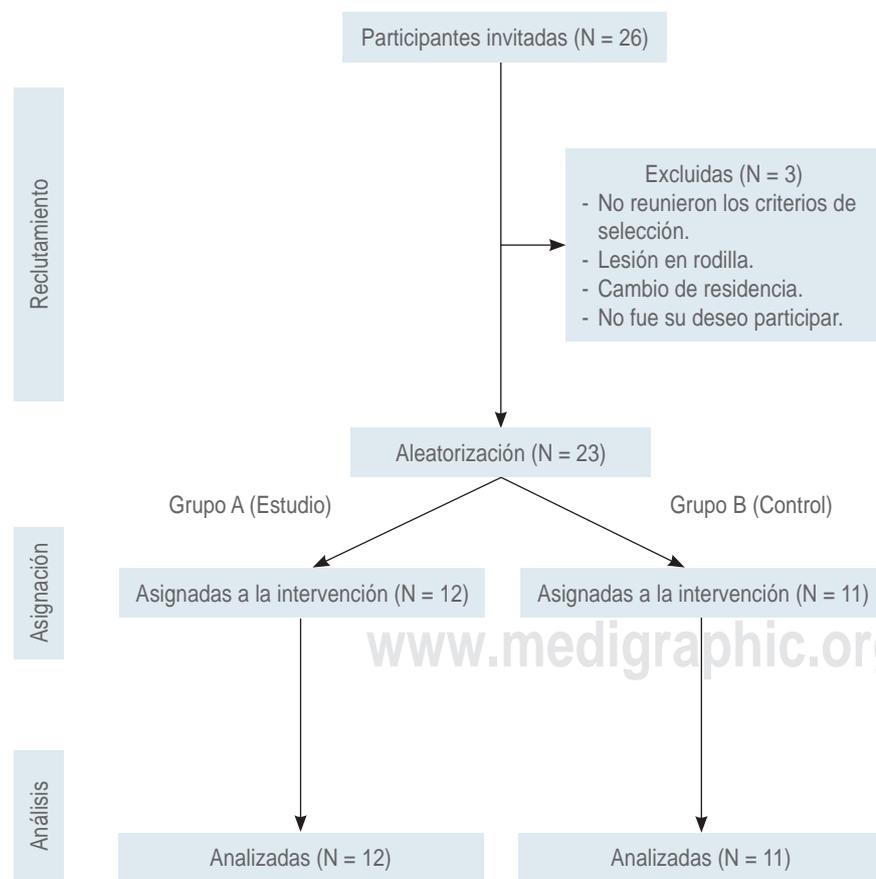


Figura 1:

Aleatorización y seguimiento de las participantes. CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials) diagrama de flujo del proceso de las participantes durante las fases del ensayo aleatorizado.

Tabla 1: Características generales de la muestra (N = 23).

	Grupo		p
	HC (N = 11)	HP (N = 12)	
Edad (años)	20.5 ± 3.7	20.5 ± 3.2	0.97
Peso (kg)	58.5 ± 5.0	55.0 ± 4.4	0.10
IMC (peso/talla ²)	22.1 ± 2.1	21.04 ± 1.4	0.16
Porcentaje de grasa	16.5 ± 1.8	17.2 ± 2.7	0.20
Porcentaje de músculo	38.20 ± 2.3	38.1 ± 2.6	0.07
VO ₂ máx (mL/kg/min)	49.9 ± 3.5	50.1 ± 3.5	0.84
Velocidad (km/h)	11.8 ± 0.59	11.8 ± 0.57	0.84
Densidad urinaria previa	1.027 ± 0.004	1.025 ± 0.004	0.36
Encuesta sobre conocimiento de hidratación	7.70 ± 1.2	7.73 ± 0.9	0.10

Se realizó prueba t, para muestras relacionadas. Media ± desviación estándar. p > 0.05.

HC = hidratación convencional; HP = hidratación personalizada; IMC = índice de masa corporal; VO₂máx = consumo máximo de oxígeno.

+ líquido ingerido – orina/minutos actividad. Para el porcentaje del cambio en el estado de hidratación se utilizó la ecuación: [(Peso corporal antes del entrenamiento (kg) - Peso corporal después del entrenamiento (kg))/Peso corporal antes del entrenamiento (kg)] × 100. Para la obtención de la VO₂máx, se realizó la Prueba de Course Navette a las 23 participantes por 60 minutos, los registros se sustituyeron en la fórmula (5,857* velocidad (km/h) - 19.458), de Leger y Lambert. Se registraron temperatura y humedad relativa por medio de un sensor de humedad/temperatura un termohigrómetro HM16 Beurer, la precisión del sensor fue de ± 3,0. Los datos se registraron al inicio y al final del entrenamiento. Con base en el resultado de cada participante, se les otorgaron planes de hidratación personalizados con las pautas del American College of Sports Medicine.

Se realizó prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar normalidad entre la muestra; para observar la diferencia de cambio comparando las mediciones basales y las finales, entre los grupos, se realizó una prueba t para muestras relacionadas en las variables cuantitativas, y χ^2 para las variables cualitativas. Se realizó un análisis de reducción de riesgo y número necesario a tratar (NNT), considerando un valor de significancia estadística p ≤ 0.05, utilizando el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS

Las características generales de ambos grupos de la muestra (n = 23) se aprecian en la [Tabla 1](#). La densidad urinaria previa al entrenamiento 1.025 (± 0.004) para el grupo HP y de 1.027 (± 0.004) para el grupo HC. La encuesta sobre conocimientos de hidratación que resultó en ambos

grupos una X de calificación fue de 7.7. Las variables con mayores diferencias fueron el peso y la densidad urinaria; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas (p > 0.05) entre las características de los dos grupos, esto nos indica que los grupos fueron homogéneos en sus características basales. Se encontró que el VO₂máx disminuyó en 42% en los deportistas que estaban deshidratados. El promedio de la temperatura y la humedad relativa fue de 24.5 °C, 57.5% HR en la medición basal y de 26.2 °C, 47% HR en la medición final, en la [Tabla 2](#) se muestran resultados de mediciones pre y post de las variables principales, basales y finales. Se realizó una prueba t para muestras relacionadas y se encontró que el VO₂máx del grupo con HP aumentó de forma significativa (p = 0.00) 49.9 mL/kg/min (± 3.5) a 51.4 mL/kg/min (± 2.8), en el grupo con HC también aumentó de 50.1 mL/kg/min (± 3.5) a 51.5 mL/kg/min (± 3.5) mL/kg/min; sin embargo, la diferencia no fue estadísticamente significativa (p ≥ 0.06) También se pueden observar estos cambios en la [Figura 2](#).

Una vez obtenido el VO₂máx, se obtuvo la velocidad recorrida. La tendencia de los resultados fue la misma ya que son variables directamente proporcionales. En el grupo con HP la velocidad, aumentó significativamente (p = 0.00) de 11.8 km/h (± 0.59) a 12.15 km/h (± 0.55), en el grupo con HC, no fue significativo el incremento (p = 0.26), comenzaron en 11.89 km/h (± 0.57) y terminaron en 12.16 km/h (16 ± 0.58). Con la prueba χ^2 para medir la variable VO₂máx en la intervención final, se categorizó la variable como *mejoró*, *no mejoró*. Sin embargo, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el VO₂máx comparando ambos grupos $\chi^2 = 1.05$, y p = 0.2 ([Figura 3](#)).

Con respecto a la deshidratación pre y postentrenamiento en ambos grupos, se encontró que 90% de las participantes comenzaban a entrenar en niveles de deshidratación al inicio del estudio, 11 (91.6%) en el grupo HP y 10 (90.9%) en el grupo con HC. Posterior al plan de hidratación personalizado: en el grupo con HP (grupo intervención) había disminuido el número de participantes con deshidratación a cinco (41.6%), y en el grupo con hidratación convencional, permaneció igual que cuando comenzó el estudio con 10 (90.9%). Valor de χ^2 6.13 y un valor de $p = 0.019$. El grupo de intervención presentó mejoría de 50%, en cuanto a la medición del estado de hidratación antes del entrenamiento (*Figura 4*).

En cuanto al estado de hidratación postentrenamiento, en las mediciones basales terminaron de entrenar en deshidratación, esto quiere decir que perdieron más de 1% de su peso corporal, en el grupo con HP, siete (58.3%) y nueve (81.8%) en grupo con HC. Para la prueba final, se observó una mejoría en ambos grupos de forma estadísticamente significativa. En el grupo con HP terminaron en deshidratación dos (16.6%) y con una mejoría de 41.7%; en el grupo con HC terminaron con deshidratación cinco (45.4%), con una mejoría de 36.4% (*Figura 5*).

El análisis de riesgo mostró que la intervención mejoró 45%; IC 95%, (7 a 83) la capacidad aeróbica (VO_2 máx). En el grupo de intervención con hidratación personalizada mejoraron nueve participantes 75%, IC 95%, (7 a 43); y en el grupo con hidratación convencional, mejoraron seis participantes 55%, IC 95%, (25 a 66). Para que al menos una jugadora mejore su capacidad aeróbica, se

requiere tratar a cinco participantes con un plan de hidratación, NNT = 5, IC 95%, (2 a 6). Al evaluar el plan de hidratación con respecto al estado de hidratación de las participantes antes del entrenamiento, se encontró que la intervención reduce en 54% el riesgo de presentar deshidratación, IC 95%, (8 a 77) la deshidratación, en el grupo con hidratación personalizada mejoraron siete participantes, 59% IC 95%, (22 a 62). En el grupo con hidratación convencional, mejoró solo una participante 9% IC 95%, (79 a 100). Para evitar al menos un caso de deshidratación, se requiere tratar a tres participantes con un plan de hidratación NNT = 3, IC 95%, (2 a 7).

DISCUSIÓN

La hidratación adecuada es un tema muy importante para el buen funcionamiento del ser humano, así como para los atletas de alto rendimiento. El objetivo es si un plan de hidratación podía modificar en el grupo de intervención con hidratación personalizada (HP) la capacidad aeróbica (VO_2 máx); con respecto al grupo control, demostró un cambio estadísticamente significativo en el grupo con HP $p < 0.05$; sin embargo, cuando se hizo el análisis de forma cualitativa (χ^2), no se observó un cambio significativo. El grupo con HP corrió 11.88 km/h, mientras que el grupo con HC corrió 11.84 km/h. Se observó una diferencia de cuatro centésimas entre un grupo y otro que, si bien es pequeña, esta diferencia sí puede tener un impacto en el rendimiento del deportista, específicamente hablando en un partido de 90 minutos puede ser determinante para

Tabla 2: Diferencia de medias en las mediciones basales y finales.

	Mediciones basales	Mediciones finales	Diferencia de medias	Intervalos de confianza	p
VO_2 máx (mL/kg/min)					
HP (N = 12)	49.9 ± 3.5	51.4 ± 2.8	1.51	0.55-2.48	0.00
HC (N = 11)	50.1 ± 3.5	51.5 ± 3.5	1.32	0.08-2.74	0.06
Velocidad (km/h)					
HP (N = 12)	11.84 ± 0.59	12.15 ± 0.55	0.30	0.10-0.51	0.00
HC (N = 11)	11.89 ± 0.57	12.16 ± 0.58	0.20	0.10-0.42	0.07
DU (mg/dL)					
HP (N = 12)	1.027 ± 0.004	1.020 ± 0.003	0.01	0.00-0.00	0.00
HC (N = 11)	1.025 ± 0.004	1.028 ± 0.006	0.00	0.000-0.06	0.08
Pérdida de peso (%)					
HP (N = 12)	1.6 ± 1.2	-0.14 ± 2.2	1.46	0.27-3.31	0.02
HC (N = 11)	2.2 ± 0.95	0.76 ± 0.53	1.44	0.68-2.19	0.00

Se realizó una prueba t, para muestras relacionadas. Los valores son presentados con media ± desviación estándar. $p > 0.05$
 HP = hidratación personalizada; HC = hidratación convencional; DU = densidad urinaria; VO_2 máx = consumo máximo de oxígeno

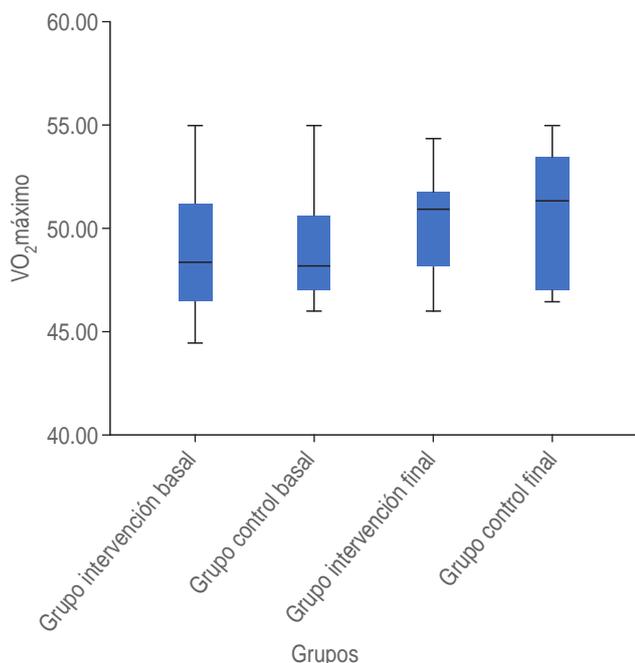


Figura 2: Diferencia de medianas pre y post en la medida de VO_2 máx.

Se observan los valores de las medianas y los rangos intercuartiles. VO_2 máx (mL/kg/min) en ambos grupos: basales y finales. ($p = 0.00$) grupo de estudio, y ($p = 0.06$) en control.

una jugada decisiva. Como lo describieron Helgerud y colegas,²⁵ los jugadores con mayores niveles de VO_2 máx realizan el mayor número de carreras y participan más a menudo en jugadas decisivas durante un juego, que aquellos con valores más bajos de VO_2 máx. En otras investigaciones, en las cuales se realizaron las pruebas de capacidad aeróbica después de mínimo una hora de entrenamiento, se encontró disminución en el VO_2 máx de 4%, Yashida y colegas de 6%, Cheuvront y Kenefick de 7% cuando los deportistas se encontraban deshidratados. Cheuvront y Kenefick afirmaron que los atletas que participaron en ejercicios de resistencia con una duración menor a 90 minutos en climas templados (20 °C a 21 °C) pueden por lo regular tolerar niveles de deshidratación de 1 a 2% del peso corporal sin afectar en grado significativo su rendimiento; sin embargo, si el ejercicio dura más de 90 minutos a ésta misma temperatura, los deportistas pueden alcanzar niveles de deshidratación de 2% o más, lo que puede afectar en gran medida su rendimiento en el ejercicio de resistencia.¹⁵

En esta publicación se observaron valores de VO_2 máx de 49.9 ± 3.5 a 51.4 ± 3.5 mL/kg/min, estos valores se encuentran dentro de los rangos que se mencionan en una revisión sistemática en futbolistas europeas de

élite reportada por N. Datson y colegas con valores de 49.5 ± 1 a 57.6 ± 1 mL/kg/min.²² Las diferencias en el VO_2 máx pueden ser muy diversas, desde el fenotipo del deportista, estado de hidratación, temperatura ambiental, condición física, tipo y duración de entrenamiento, los cuales son factores que influyen en la medición de la capacidad aeróbica.²⁶

Al evaluar el estado de hidratación preentrenamiento basal, se encontró que 90% (25 °C/57% HR) de las jugadoras comenzaban a entrenar en estados de deshidratación. En otros estudios encontraron los siguientes valores: en Canadá, Gibson y colegas encontraron valores de 45% (10 °C/68.5% HR) de deshidratación en futbolistas mujeres de categorías menores.²⁷ En varias pruebas realizadas por el Instituto Gatorade en diferentes equipos de fútbol varonil en Latinoamérica y Europa encontraron que de 62 a 89% de los jugadores comienzan a entrenar con valores de deshidratación.²⁸ Estos valores son muy similares al presente estudio. Esto sugiere que los directivos de los equipos no le han dado la importancia necesaria a realizar pruebas de monitorización en el estado de hidratación de los jugadores antes de comenzar a entrenar o antes de competir en un partido. En esta investigación se observó en la prueba final una mejoría de 50% en la hidratación antes de entrenar, en el grupo con hidratación personalizada, si bien es una mejoría elevada ($p < 0.00$), falta aún mucho más por hacer, porque en términos ideales 100% de los jugadores deberían comenzar en estados de hidratación adecuados.

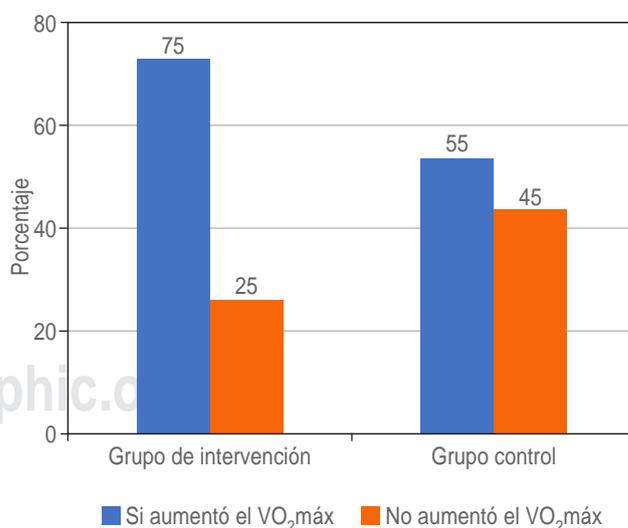


Figura 3: Medición cualitativa del VO_2 máx.

Prueba χ^2 , para observar cambios de forma cualitativa en el VO_2 máx. El valor de $\chi^2 = 1.05$, y $p = 0.20$

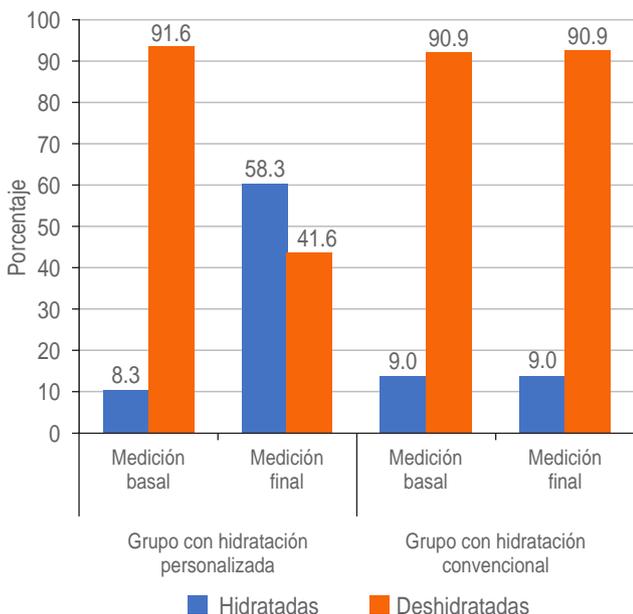


Figura 4: Estado de hidratación preentrenamiento medido con densidad urinaria.

Prueba χ^2 , para observar cambios en las variables cualitativas, se comparó la medida de la densidad urinaria. Los resultados se expresan en porcentaje con y sin deshidratación en ambos grupos. $\chi^2 = 6.13$ y un valor de $p = 0.019$.

Si bien uno de los métodos más precisos descritos para obtener el estado de hidratación es obtener el volumen plasmático, es complicado obtener las muestras de sangre en el campo. Se ha visto que la mayoría de los estudios que realizan para medir estos parámetros utilizan las mismas pruebas que en el presente estudio; la diferencia en el cambio de peso y la gravedad específica son rápidas y fáciles de aplicar en el campo y no invasivas.¹⁷

En cuanto a la deshidratación después del entrenamiento, el promedio de la pérdida de peso basal en ambos grupos fue de 1.7 L, que representa 1.8% de su peso corporal (25.5 °C/55 HR). Mientras que en otros estudios en fútbol femenino, se encontraron pérdidas menores de 0.5 L (10 °C/73 HR) en Nueva Zelanda²⁷ y 0.69 L (10 °C/68.5% HR) en Canadá.²⁸ Hay que recordar que la temperatura y la humedad relativa son variables que impactan directamente en la pérdida de sudor, particularmente si la temperatura ambiental está por encima de los 25 °C.²⁹ En el presente estudio las temperaturas al promedio fueron de 24.5 °C, con este valor se estandarizó la variable temperatura, con mismos horarios de entrenamiento. Estas temperaturas representan diferencias de 15.5 °C y 15% del grupo HR, con respecto a los estudios en Nueva Zelanda y Canadá, lo cual sugiere que en esta publicación las jugadoras perdieron mayor cantidad de

líquido de sudor en promedio, que en los lugares con temperaturas más bajas.

En la medición final, la pérdida de litros por sudor (deshidratación postentrenamiento) mejoró significativamente con $p < 0.05$ en ambos grupos. La media fue de 0.9 L en el grupo con HP y de 1.2 L en el grupo con HC. No se esperaba que hubiera mejoría en el grupo con HC. Los resultados nos indican que las participantes mejoraron la ingesta de líquidos durante los entrenamientos y al finalizar los mismos, donde pudo haber influido el efecto Pigmalión, pero no se evaluó. En un estudio observacional, realizado a 500 deportistas, en el Instituto de Gatorade se encontró que en el caso de los futbolistas hombres y mujeres, pierden en promedio 0.9 litros de sudor por hora 28 °C,³⁰ esta pérdida es la misma que tuvieron las participantes del presente estudio del grupo con HP en la medición final.

Según las recomendaciones de la OMS, para medir adherencia a un tratamiento,³¹ lo ideal es combinar herramientas de aprendizaje con mediciones objetivas, como por ejemplo tomas de peso, sangre y orina. En este estudio se realizaron dos de las mediciones (peso y orina) una vez por semana, con el recordatorio de 24 horas se encontró un apego de 54% de las participantes, y con las mediciones de orina y peso, se encontró un apego de 56%, considerando las tres mediciones obtuvieron

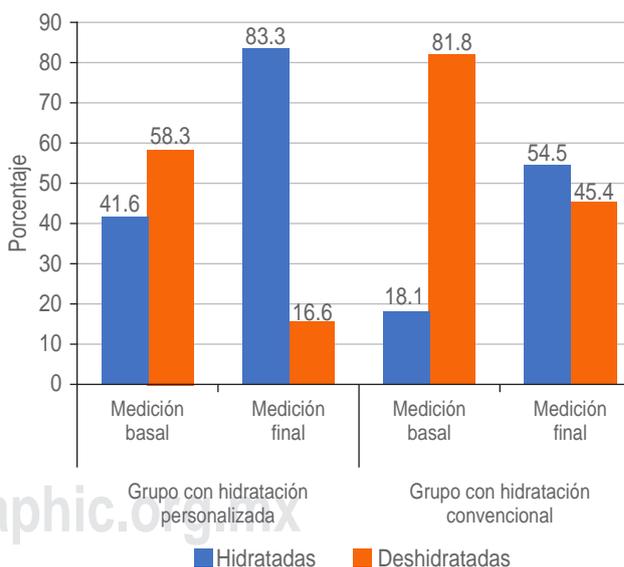


Figura 5: Estado de hidratación postentrenamiento medido con la variación del porcentaje de la pérdida de peso.

Prueba χ^2 , para observar cambios en las variables cualitativas, se comparó la medida de la pérdida del porcentaje de peso. Los resultados se expresan en porcentaje con y sin deshidratación en ambos grupos. $\chi^2 = 2.24$ y de $p = 0.14$. Las barras rojas indican la pérdida mayor a un 1% de su peso.

una media de 55.2% de adherencia a la intervención,³¹ 75% respondieron haber sentido una mejoría, y sus respuestas abiertas fueron en relación a los entrenamientos y partidos.

Sobre el cuestionario de conocimientos de hidratación, realizado al inicio del estudio, se observó que en promedio ambos grupos obtuvieron una puntuación de 77 sobre 100, y sólo 8% de las participantes obtuvieron todas las respuestas correctas, muy similar a los estudios de Gibson y colegas con (9%)²⁷ y al de Phillip E (5.8%).²¹

CONCLUSIÓN

En la actualidad, la mayoría de los equipos de fútbol en nuestro país brindan poca o nula información sobre educación en hidratación. Parte de la intervención consistió en darles a conocer los beneficios de una adecuada hidratación, y las consecuencias fisiológicas de una deshidratación. La mayoría de los estudios en términos de hidratación en deportistas son de tipo observacional descriptivo, transversales o de intervención, pero no comparativos.

Este ensayo clínico, aún con sus limitantes, será de referencia para futuros estudios. Aporta sobre la relación entre las variables principales estudiadas.^{32,33}

Se destaca la utilidad del refractómetro urinario portátil para determinar la DU y evaluar o inferir el estado de hidratación, un método accesible de precisión, de bajo costo que aporta datos duros en el campo de práctica, en adición al peso estandarizado, para un buen control. En este estudio, al comparar dos grupos bajo las mismas condiciones físicas y ambientales, brinda información base para futuros estudios, y orientar para ajustar las guías de hidratación para poblaciones específicas, como es el caso de equipos de fútbol. Los datos presentados indican que la intervención del plan de hidratación mejoró significativamente la medida de la capacidad aeróbica en términos cuantitativos; sin embargo, en términos cualitativos no hubo una diferencia estadísticamente significativa, y clínicamente la diferencia fue muy pequeña. Así también se resalta que, a nivel de la sociedad, se deberá recomendar a los ejercitantes recreacionales un plan de hidratación, para mejorar la capacidad aeróbica durante sus prácticas rutinarias y prevenir daños.

REFERENCIAS

- Williams M. Dietary supplements and sports performance: herbals. *J Int Soc Sports Nutr.* 2006; 3 (1): 1-6.
- Benardot D. *Advance Sports Nutrition.* Second edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006.
- Petróczi A, Naughton DP, Mazanov J, Holloway A, Bingham J. Performance enhancement with supplements: incongruence between rationale and practice. *J Int Soc Sports Nutr.* 2007; 4; 19. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17997853>
- Nicholas C. Legal nutritional supplements during a sporting event. *Essays Biochem.* 2008; 44: 45-61. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18384282>
- Birchard K. Past, present, and future of drug abuse at the Olympics. *Lancet.* 2000; 356 (9234): 1008. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11041409>
- Powers SK, DeRuisseau KC, Quindry J, Hamilton KL. Dietary antioxidants and exercise. *J Sports Sci.* 2004; 22 (1): 81-94. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14971435>
- Girard Eberle S. *Endurance Sports Nutrition.* 2nd edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2007.
- DeLee J, Drez D, Miller M. *Orthopedics Sports Medicine: Principles and Practice.* Philadelphia: Elsevier; 2010.
- Clapp AJ, Bishop PA, Smith JF, Mansfield ER. Effects of carbohydrate-electrolyte content of beverages on voluntary hydration in a simulated industrial environment. *AIHAJ.* 2000; 61 (5): 692-699. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11071421>
- Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27 (9): 1292-1301. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8531628>
- Heyward HV. *Evaluación de la aptitud física y Prescripción del Ejercicio.* 5ta edición. Madrid, España: Médica Panamericana; 2008.
- Clarkson PM. Antioxidants and physical performance. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1995; 35 (1-2): 131-141.
- Carlsohn A, Rohn S, Bittmann F, Raila J, Mayer F, Schweigert FJ. Exercise increases the plasma antioxidant capacity of adolescent athletes. *Ann Nutr Metab.* 2008; 53 (2): 96-103. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18946206>
- Burton GW, Ingold KU, Cheeseman KH, Slater TF. Application of deuterated alpha-tocopherols to the biokinetics and bioavailability of vitamin E. *Free Radic Res Commun.* 1990; 11 (1-3): 99-107. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2074052>
- Cheuvront SN, Kenefick RW. Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol.* 2014; 4 (1): 257-285.
- Wittbrodt MT, Millard-Stafford M. Dehydration Impairs Cognitive Performance: A Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2018; 50 (11): 2360-2368.
- Maughan RJ. Legal ergogenic aids? *Curr Sports Med Rep.* 2009; 8 (4): 165-166. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19584601>
- Oppliger RA, Bartok C. Hydration testing of athletes. *Sport Med.* 2002; 32 (15): 959-971.
- Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39 (2): 377-390.
- Maughan RJ, Shirreffs SM. Nutrition and hydration concerns of the female football player. *Br J Sports Med.* 2007; 41 (Suppl 1): i60-3. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17646250>
- Nichols PE, Jonnalagadda SS, Rosenbloom CA, Trinkaus M. Knowledge, attitudes, and behaviors regarding hydration and fluid replacement of collegiate athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005; 15 (5): 515-527.
- Datson N, Hulton A, Andersson H, Lewis T, Weston M, Drust B et al. Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Med.* 2014; 44 (9): 1225-1240.

23. Bangsbo J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1994; 151 (619): 1-155.
24. Carling C, Williams AM, Reilly T. *Handbook of Soccer Match Analysis: A systematic approach to improving performance.* Routledge. New York; 2005. Available in: https://books.google.com/books?id=kXN_AgAAQBAJ&pg=PT125&lpg=PT125&dq=Proceedings+of+the+1st+international+congress+on+sports+medicine+applied+to+football#v=onepage&q&f=false
25. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33 (11): 1925-1931.
26. Trangmar SJ, González-Alonso J. Heat, Hydration and the Human Brain, Heart and Skeletal Muscles. *Sports Med.* 2019; 49: 69-85. Available in: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-018-1033-y#citeas>
27. Gibson JC, Stuart-Hill LA, Pethick W, Gaul CA. Hydration status and fluid and sodium balance in elite Canadian junior women's soccer players in a cool environment. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012; 37 (5): 931-937.
28. Harland BF. Caffeine and nutrition. *Nutrition.* 2000; 16 (7-8): 522-526.
29. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. HYDRATION AND AEROBIC PERFORMANCE: IMPACT OF ENVIRONMENT . *GSSI.* 2016.
30. Baker LB, Barnes KA, Anderson ML, Passe DH, Stofan JR. Normative data for regional sweat sodium concentration and whole-body sweating rate in athletes. *J Sports Sci.* 2016; 34 (4): 358-368. Available in: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1055291>
31. World Health Organization. *Adherence to long-term therapies: evidence for action.* WHO. Edited by Eduardo Sabaté: 2003.
32. Laitano O, Runco JL, Baker L. La ciencia de la hidratación y estrategias en fútbol. *Sport Sci Exch.* 2014; 27 (128): 1-7.
33. Organización Mundial del Comercio. *Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas.* 2019. Disponible en: https://www.wto.org/spanish/thewto_s/coher_s/mdg_s/mdgs_s.htm

Responsabilidades éticas: el estudio se realizó de acuerdo al reglamento de la Ley General de Salud LGS en materia de investigación para la salud, artículo 17, la presente investigación se clasificó con riesgo mínimo. Todos los procedimientos se apegaron a las normas éticas, a la Declaración de Helsinki de 1975 y sus enmiendas; así como el Código de ética médica de Núremberg y normas internacionales, el estudio se aprobó por el comité de ética de la Universidad de Guanajuato, México.

Confidencialidad de los datos: los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses: el investigador principal y los participantes declararon no tener conflicto de intereses durante el desarrollo del estudio, lo anterior incluye tanto al equipo de fútbol, como la marca de la bebida donada y sus proveedores.