



Universidad de Valladolid

Estudio de las técnicas no invasivas más utilizadas a nivel práctico para la determinación del estado de hidratación en futbolistas.

Trabajo de Fin de Grado en Nutrición Humana y Dietética

ALUMNA:

Carolina Calderón Niño

TUTORA:

Dra. Sandra de la Cruz Marcos

Departamento de Nutrición y Bromatología

Valladolid, Junio 2019

1. Índice

RESUMEN.....	6
1.- INTRODUCCIÓN	8
1.1. Agua y composición corporal.	8
1.2. Requerimientos hídricos. Balance de agua corporal.	10
1.3. Importancia de la hidratación en el deporte.....	11
1.4. Técnicas para monitorizar el estado de hidratación	13
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
4.1. Diseño del estudio	18
4.2. Muestra	18
4.3. Materiales.....	19
4.4. Métodos.....	19
4.4.1. Protocolo del estudio.....	19
4.4.2. Caracterización de la muestra.....	20
4.4.3. Estudio del estado de hidratación.....	23
4.4.4. Análisis estadístico.....	26
5. RESULTADOS	27
5.1. Descripción de la muestra	27
5.2. Estudio de la hidratación.....	28
6. DISCUSIÓN	34
7. CONCLUSIONES	40
8. BIBLIOGRAFÍA	41
10. ANEXOS.....	46

ANEXO I: Recogida de datos personales.....	46
ANEXO II: Cuestionario básico de actividad física	47

Índice de tablas

Tabla 1: Balance hídrico: entradas y salidas de agua en el organismo.....	10
Tabla 2: Pérdidas de agua corporal en distintas condiciones.....	11
Tabla 3: Efectos adversos de la pérdida de peso durante el ejercicio.....	13
Tabla 4: Técnicas de evaluación de la hidratación.....	14
Tabla 5: Clasificación del estado nutricional según el índice de masa corporal.....	23
Tabla 6: Sensación subjetiva de sed.....	25
Tabla 7: Características antropométricas completas de los jugadores.....	27
Tabla 8: Diferencias en las variables eléctricas (BIA).....	29
Tabla 9: Cambio en el color de orina antes y después del entrenamiento.....	30
Tabla 10: Cambio en la sensación de sed antes y después del entrenamiento.....	30

Índice de figuras

Figura 1: Composición corporal de referencia.....	8
Figura 2: Distribución de los compartimentos hídricos en el organismo.....	9
Figura 3: Escala de color empleada para la determinación del color de la orina.....	25
Figura 4: Análisis de composición corporal.....	28
Figura 5: Cambio en el color de la orina pre y post-entrenamiento.....	29
Figura 6: Pérdida de peso (%) durante el entrenamiento.....	31
Figura 7: Pérdida de peso o ingesta de agua durante el entrenamiento.....	31
Figura 8: Relación entre la ingesta de agua durante el entrenamiento y el porcentaje de pérdida de peso.....	32
Figura 9: Resistencia pre y post-entrenamiento y % de pérdida de peso.....	33
Figura 10: Ángulo de fase pre y post-entrenamiento y % de pérdida de peso.....	33

Abreviaturas

ACT = Agua corporal total

AEC = Agua extracelular

AF = Ángulo Fase

AIC = Agua intracelular

BIA = Bioimpedancia eléctrica

DS = Desviación estándar

EPS = Percepción de la sed

GPAQ = "Global Physical Activity Questionnaire"

IC = Intervalo de confianza

IMC = Índice de masa corporal

ISAK = "The International Society for the Advancement of Kinanthropometry"

MG = Masa grasa

MLG = Masa libre de grasa

POSM = Osmolaridad media en plasma

PP = Pérdida de Peso

R = Resistencia

UCOL = Color de la orina

UOSM = Osmolaridad media en orina

Xc = Reactancia

RESUMEN

Introducción: La deshidratación es un trastorno que tiene lugar cuando una persona pierde más líquidos de los que ingiere mediante orina o sudor. Con el ejercicio, como consecuencia del trabajo muscular, el cuerpo pierde agua y electrolitos lo que puede repercutir sobre el rendimiento. Ingerir líquidos para compensar dicha pérdida es fundamental si se quiere evitar alteraciones y optimizar el rendimiento del deportista. Para conocer si el sujeto que hace deporte está correctamente hidratado se precisa disponer de técnicas sencillas, rápidas, inocuas y coste-eficientes útiles a pie de campo. La monitorización del balance hídrico durante la práctica deportiva permitirá optimizar las estrategias de hidratación.

Objetivos: El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar la aplicación de distintas técnicas de evaluación del estado de hidratación utilizadas a nivel práctico “a pie de campo” en jugadores de fútbol.

Métodos: Estudio observacional transversal en 76 jugadores del C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid (Castilla y León). Se determinó el nivel de actividad con el cuestionario GPAQ, las características antropométricas de la muestra, así como los índices pondero-estaturales derivados siguiendo el protocolo ISAK. Para estudiar el estado de hidratación se analizó el cambio en el peso corporal, el porcentaje de peso perdido, las variables eléctricas (resistencia, reactancia y ángulo de fase) determinadas mediante el análisis de bioimpedancia, el test del color de la orina y la percepción de la sensación de sed. Se analizaron los cambios en las variables de estudio entre la situación de pre y post-entrenamiento.

Resultados: Tanto las características antropométricas como la composición corporal de los jugadores fueron normales. Se observaron discretas diferencias en el color de la orina, en las variables eléctricas y en el peso corporal antes y después del entrenamiento. No se documentaron cambios en la percepción subjetiva de sed. De todos los parámetros estudiados las variables eléctricas fueron las que mejor reflejaron los cambios en el porcentaje de peso, como indicador de deshidratación, en los jugadores participantes en este estudio.

Conclusiones: Los jugadores presentan características antropométricas compatibles con un estado de normalidad. UCOL puede ser una herramienta alternativa a otras técnicas y adecuada para evaluar la deshidratación no extrema. El BIA detecta cambios en el comportamiento eléctrico de los tejidos, relacionados con los volúmenes corporales, entre el pre y post-entrenamiento. La percepción subjetiva de sed no es una técnica recomendable para detectar cambios rápidos en la hidratación. El %PP, en nuestro trabajo mostró una gran variabilidad interindividual. Los valores encontrados en el %PP demuestran que la ingesta de líquido realizada no fue suficiente para compensar las pérdidas en todos los casos.

Por todo lo anterior sería necesario establecer planes de hidratación individuales teniendo en cuenta las características de los jugadores para así evitar complicaciones en el campo y obtener el máximo rendimiento deportivo.

Palabras clave: deshidratación, BIA, UCOL, PP, EPS

1.- INTRODUCCIÓN

Un estilo de vida saludable es fundamental para lograr un crecimiento y desarrollo adecuado en la infancia y para mantener un estado de salud óptimo a lo largo de toda la vida. Es incuestionable que la alimentación es uno de los pilares fundamentales en los que se basa la vida saludable, pero tan importante como alimentarse bien es estar correctamente hidratados. Cuando se habla de alimentación se sobreentiende que se incluye la hidratación, pero esto no es siempre así. No se ha de dar por supuesto que, algo tan importante para la salud como mantener un adecuado estado de hidratación, se consigue con recomendaciones generales. Además, hay numerosas situaciones que requieren un ajuste específico de los requerimientos hídricos, valga como ejemplo cualquier circunstancia en la que se realice ejercicio o actividad física.

1.1. Agua y composición corporal.

Es preciso tener siempre presente que el agua es el principal componente del cuerpo humano; representa en torno al 60% del peso corporal (Figura 1). Evidentemente el agua corporal (ACT) es un compartimento dinámico muy variable; afectado por múltiples factores entre los que destacan la edad, el género, el estado fisiológico/patológico, las condiciones ambientales y la actividad física (1)(2)(3). Dada la magnitud del compartimento frente al total corporal, pequeñas pérdidas pueden suponer grandes cambios en la fisiología del organismo.

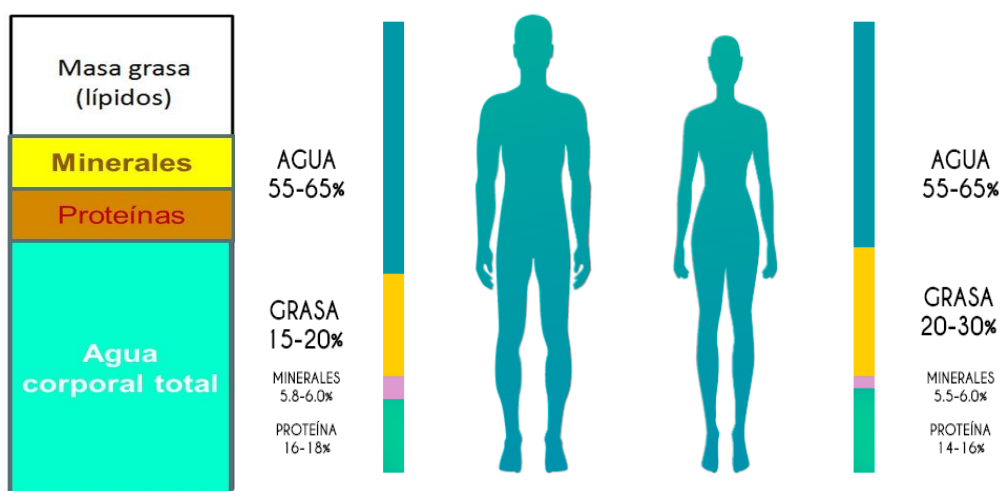


Figura 1: Composición corporal de referencia.

En términos de volumen, la cantidad total de agua en el cuerpo de un varón adulto sano de 70 kg (promedio), en condiciones de estabilidad metabólica, supone alrededor de 42 litros, 28 l de los cuales se distribuyen en el espacio intracelular (agua intracelular: AIC) y 14 l en el extracelular (agua extracelular: AEC). En este último compartimento (AEC) aproximadamente 3 l son de plasma y otros 11 l de fluidos intersticiales. (Figura 2)

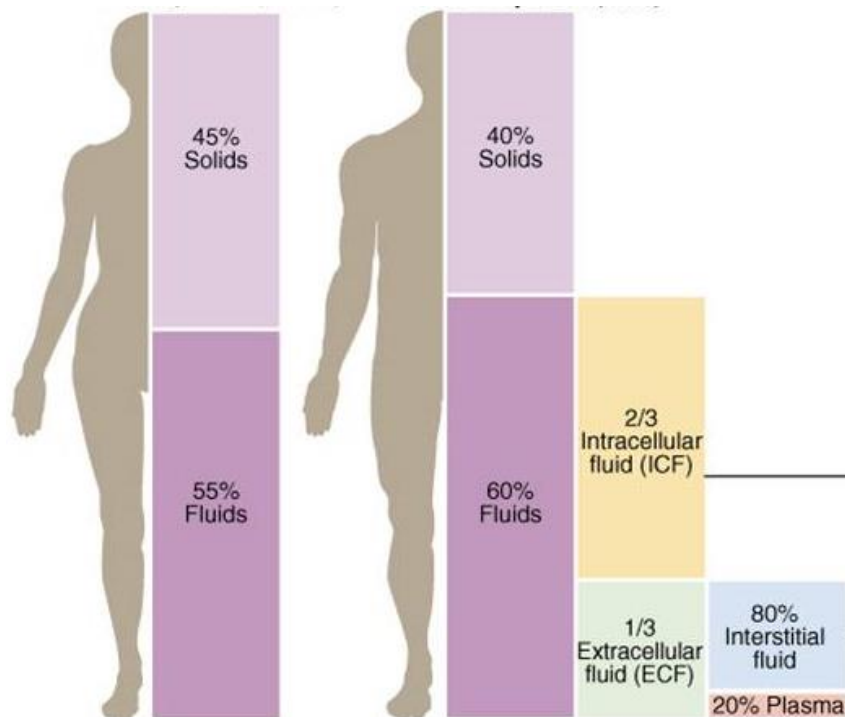


Figura 2: Distribución de los compartimentos hídricos en el organismo.

En relación a la composición corporal de referencia, una persona deportista tiene un contenido de ACT relativamente mayor, debido a que tiene un mayor porcentaje de masa libre de grasa (MLG) y menor proporción de grasa (MG). Además los deportistas suelen tener un elevado contenido de glucógeno muscular y hay que recordar que este se almacena junto con agua (aproximadamente 2,7ml de agua por mol de glucógeno). (4)(5)

1.2. Requerimientos hídricos. Balance de agua corporal.

El cuerpo humano no almacena agua, por eso, la cantidad que se pierde cada día debe restituirse para garantizar el balance hídrico y, en consecuencia, el buen funcionamiento del organismo. Los requerimientos hídricos diarios son muy variables ya que, como se ha comentado en párrafos anteriores, están determinados por las características metabólicas de cada persona, las condiciones ambientales, el patrón dietético, los hábitos tóxicos, el grado de actividad física y/o la presencia de enfermedades. Aunque no hay una única e universal recomendación que asegure una adecuada hidratación, en condiciones basales se estima que los requerimientos se cubren (balance hídrico) con un mililitro de líquido por cada kilocaloría consumida (1 ml/kcal) o lo que es lo mismo, para un sujeto adulto sano en condiciones de estabilidad metabólica y nutricional, con aportes en torno a los 30 ml/kg/día. (5)(6)(7)

Cuando se habla de balance hídrico se hace referencia al equilibrio entre el líquido que se ingiere y el que se pierde (tabla 1). Para garantizar este equilibrio hídrico es importante saber de dónde vienen las pérdidas y las ganancias. Se pierde agua por orina, piel, pulmón y heces. El agua ingerida proviene de bebidas, alimentos y agua de producción endógena o de oxidación (metabólica). (5)

Entradas (ml)		Salidas (ml)	
Líquidos ingeridos	1.200	Orina	1.000
Agua de alimentos	700	Pérdidas insensibles (piel, pulmones)	1.000
Agua de oxidación	200	Heces	100
TOTAL	2.100	TOTAL	2.100

Tabla 1: Balance hídrico: entradas y salidas de agua en el organismo.

En caso de alteración en el balance hídrico se produce o bien deshidratación, cuando la ingesta total de agua es insuficiente para satisfacer las necesidades del cuerpo, o bien hiperhidratación, cuando a ingesta total de agua excede las necesidades de nuestro cuerpo.

La deshidratación asocia reducción del volumen plasmático, aumento de la frecuencia cardiaca, disminución del flujo sanguíneo cutáneo, de la sudoración y de la disipación de calor lo que, en consecuencia, produce un aumento de la temperatura corporal. En el extremo contrario, la hiperhidratación puede producir hiponatremia, provocar edema cerebral o insuficiencia respiratoria. (2)(8)

1.3. Importancia de la hidratación en el deporte

La práctica del ejercicio produce un aumento de la sudoración y, en consecuencia, aumenta la necesidad de agua (tabla 2). Se sabe que durante el ejercicio físico entorno al 75% de la energía empleada se disipa en forma de calor y, gracias a la sudoración, se regula la temperatura corporal, evitando que esta aumente en exceso, lo que permite mantener la actividad muscular. Se puede perder una gran cantidad de agua y de electrolitos en función de la intensidad, del tiempo y de las condiciones ambientales en las que se practica deporte. A modo de ejemplo baste citar que, en 1 hora, se pueden perder alrededor de 1,8l de agua corriendo, 0,5 l nadando, 1,5 l en un partido de fútbol o baloncesto, o 1,8 l jugando al tenis (9).

	<i>Tª normal</i>	<i>Clima cálido</i>	<i>Ejercicio prolongado</i>
Orina	1.400	1.200	500
Agua en heces	100	100	100
Piel (perspiración)	100	1.400	5.000
Pérdida insensible Piel	350	350	350
Pérdida insensible Pulmones	350	250	650
TOTAL	2300	3.300	6.600

Tabla 2: Pérdidas de agua corporal en distintas condiciones. (10)

Se sabe que la deshidratación es una de las causas principales de la reducción del rendimiento en cualquier persona en general y en los deportistas en particular. Las principales causas que contribuyen a la deshidratación en personas deportistas son el esfuerzo intenso, la restricción de líquidos antes y/o durante la actividad física, la exposición a un ambiente caluroso y húmedo o el uso de diuréticos como estrategia para controlar el peso corporal.(11)(12)

Hay que tener en cuenta que, en deportes colectivos, como es el caso del fútbol, el nivel de deshidratación alcanzado puede variar entre miembros de un mismo equipo, dependiendo del puesto específico ocupado por el jugador (porteros - jugadores de campo). Esto es así porque en función de la posición de juego puede variar considerablemente la intensidad y la duración del trabajo realizado durante un partido o entrenamiento, y por tanto el riesgo de deshidratación no es el mismo para todos los jugadores (13)(14).

En cualquier caso, la deshidratación es el factor que más gravemente limita el rendimiento deportivo ya que, bajo estas condiciones, disminuye la obtención de energía aeróbica por el músculo, el ácido láctico no puede ser transportado lejos del músculo y, por tanto, puede aparecer la fatiga y disminuye la fuerza (5)(15)(16). A medida que aumenta el nivel de deshidratación, la sintomatología y las consecuencias van aumentando progresivamente hasta llegar al colapso o incluso a la muerte. Los efectos negativos de la deshidratación se observan rápidamente en el deporte, especialmente si este es de larga duración. Un estado de deshidratación de un 2%, entre otras cosas, produce un aumento de la frecuencia cardíaca (con el objetivo de mantener el mismo flujo sanguíneo a los músculos activos) y pérdida de la eficiencia fisiológica. A medida que progresa la deshidratación, aumenta la temperatura corporal hasta llegar a los 40°C y, si no se corrige el problema, no se puede mantener la actividad. En la tabla 3 se exponen los principales efectos adversos derivados de las pérdidas de agua.

Por todos estos motivos, resulta evidente la necesidad de monitorizar el estado de hidratación durante la práctica deportiva ya que una hidratación adecuada permite optimizar el rendimiento físico.

% de pérdida	Síntomas/Cambios fisiológicos
1%	Umbral de sensación de sed
2%	Mucha sed, pérdida de apetito Descenso de la capacidad termorreguladora
3%	Boca seca, calambres, mareos, Incremento de la hemoconcentración, reducción de la excreción renal, disminución de la resistencia al ejercicio, aumento del riesgo de sufrir lipotimias e incremento de la temperatura corporal hasta 38 °C
4 - 6%	Dificultad de concentración, impaciencia, sueño, contracturas, cefaleas, hormigueo y adormecimiento de extremidades Disminución de la fuerza muscular, reducción (20-30%) del rendimiento físico y aumento de la temperatura corporal hasta 39 °C
7 - 8%	Contracturas graves, agotamiento, parestesias Posible fallo orgánico, golpe de calor.
10%	Riesgo vital

Tabla 3: Efectos adversos de la pérdida de peso durante el ejercicio. (5)(15)(16)

Se insiste en que una pérdida de agua superior al 2% del peso corporal disminuye la capacidad de trabajo físico y, en consecuencia, el rendimiento (17). La reposición de líquidos y la correcta rehidratación ayudan a mantener el balance hídrico, por ello, los entrenadores deben controlar la hidratación de los deportistas y su impacto sobre el rendimiento.

1.4. Técnicas para monitorizar el estado de hidratación

En la actualidad, hay muchas técnicas disponibles para la evaluación del agua corporal total; en la tabla 4 se muestran las principales ventajas y desventajas de los métodos más utilizados.

TÉCNICA-indicador	VENTAJAS	DESVENTAJAS
INDICADORES COMPLEJOS		
Dilución isotópica: ACT	Preciso, confiable	Complejo analíticamente, costoso, requiere una línea base
Análisis de sangre: osmolaridad del plasma	Preciso, confiable	Complejo analíticamente, costoso, invasivo
INDICADORES SENCILLOS		
Análisis de orina: concentración de la orina	Fácil, rápido, herramienta de investigación	De fácil alteración, el momento en que se toma es crítico. Frecuencia y color subjetivos
Peso corporal	Fácil, rápido, herramienta de investigación	Puede alterarse en el tiempo por los cambios en la composición corporal
OTROS INDICADORES		
Análisis de sangre: volumen plasmático, sodio plasmático, hormonas reguladoras del balance de fluidos.	No tienen ventajas sobre la osmolaridad (excepto en la detección de hiponatremia por el sodio en plasma)	Complejo analíticamente, costoso, invasivo, sujeto a múltiples alteraciones
Análisis de bioimpedancia	Fácil, rápido	Problemas con los modelos de estimación en BIA convencional. Errores asociados a la asunción de los principios de la técnica
Análisis de saliva	Fácil, rápido	Altamente variable, indicador inmaduro, sujeto a múltiples alteraciones
Signos físicos	Fácil, rápido	Muy generalizados, subjetivos
Percepción de sed	Sintomatología positiva	Se presenta muy tarde y se apaga muy pronto

Tabla 4: Técnicas de evaluación de la hidratación. (18)

Aunque para estudiar los compartimentos hídricos se pueden utilizar diversas técnicas, para evaluar el estado de hidratación actualmente el método más utilizado es el estudio de la osmolaridad media en plasma (POSM) o en orina (UOSM) (19). La ventaja del análisis de orina es que es un procedimiento no invasivo. Además hay evidencias de que cuando se produce una deshidratación inducida por ejercicio la osmolaridad de la orina y de la sangre cambian de forma paralela. Sin embargo, en ambos casos (sangre y orina) el análisis ha de realizarse en un laboratorio bajo condiciones controladas con material específico y personal cualificado. Esto incrementa su coste y hace que sean técnicas poco accesibles “a pie de campo”.

A nivel práctico es necesario disponer de herramientas aceptablemente válidas, de fácil aplicación, rápidas, seguras, portátiles y coste-eficientes, características que comparten los métodos seleccionados para evaluar la hidratación en el presente trabajo: color de la orina (UCOL), cambio en el peso corporal (%PP), análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) y percepción de sed (EPS).

2. JUSTIFICACIÓN

Dado el interés que despierta el fútbol en nuestro país y considerando los numerosos trabajos que abordan el tema de la hidratación antes, durante y después de la práctica deportiva, (16)(20)(21) resulta evidente la necesidad de estudiar cómo adecuar la pauta de hidratación, no sólo en lo referente a la alta competición sino desde las categorías inferiores y en todos los niveles de entrenamiento. De esta forma será posible establecer estrategias que ayuden a optimizar el rendimiento deportivo (22).

Por todo ello, en el presente estudio se pretende utilizar las técnicas no invasivas más utilizadas “a pie de campo” para monitorizar el estado de hidratación y/o identificar algunos de los principales síntomas o signos derivados.

A más largo plazo, se espera diseñar un plan de reposición hídrica individual que se adapte a las características de cada jugador considerando su posición en el terreno de juego, la intensidad del ejercicio, las condiciones ambientales y las características de la temporada para, de esta forma, mejorar tanto el rendimiento como la salud del deportista.

3.OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la aplicación de las distintas técnicas de evaluación del estado de hidratación más utilizadas a nivel práctico “a pie de campo” en jugadores de fútbol.

Objetivos específicos: en función del entrenamiento (situación antes-después) se pretende:

- Describir las variaciones en el peso corporal y el cambio en el peso (porcentaje de peso corporal).
- Identificar cambios en el color de la orina.
- Analizar las posibles modificaciones en los parámetros eléctricos determinados mediante análisis de bioimpedancia.
- Evaluar los cambios en la percepción subjetiva de sed.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Diseño del estudio

El presente trabajo se ha realizado un estudio observacional transversal en jugadores del C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid (Castilla y León) llevado a cabo desde el Área de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid, entre julio y octubre de 2018. Se seleccionaron los equipos de las categorías juvenil masculina (regional y segunda provincial) y aficionado masculino (regional y tercera provincial).

El estudio contó con la aprobación del C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid y del Comité Ético de investigación clínica del área de salud Valladolid-Este para su realización.

4.2. Muestra

La población estuvo formada por 76 varones, jugadores de fútbol pertenecientes a los cuatro equipos de las categorías juvenil y aficionado del club C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid.

Criterios de inclusión:

- ~ Sujetos sanos
- ~ Den su consentimiento a participar en el estudio, cumplimentando y firmando el impreso de consentimiento informado.
- ~ Acepten cumplir con las normas del estudio.
- ~ Pertenecer al Betis Club de Fútbol en la categoría de aficionado o juvenil.
- ~ Acudir a los entrenamientos en los que se realizaron las mediciones.

Criterios de exclusión:

- ~ No perteneciesen a la población de estudio.
- ~ No accediesen a participar voluntariamente.
- ~ No entregasen el consentimiento informado cumplimentado y firmado.

4.3. Materiales

- ~ Antropometría: se utilizaron materiales antropométricos validados:
 - Peso: báscula SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 100g.
 - Talla: marcaje en pared con papel milimetrado.
 - Perímetros: cintra antropométrica Cescorf, flexible y no elástica de 1mm de precisión.
 - Pliegues: plicómetro Holtain (Harpened, Dyfed, UK), de presión constante de 10 g/m² y 0,2 mm de precisión.
- ~ Análisis de Bioimpedancia: analizador de impedancia monofrecuencia, AKERN, modelo STA/BIA (AKERN, Pontassieve Firenze, Italia), utilizando electrodos de contacto marca AKERN, modelo Biatrodes (Pontassieve Firenze, Italia) de 46 x 17 mm. El margen de error del sistema fue <1% para la resistencia y <2% para la capacitancia (1/Xc).

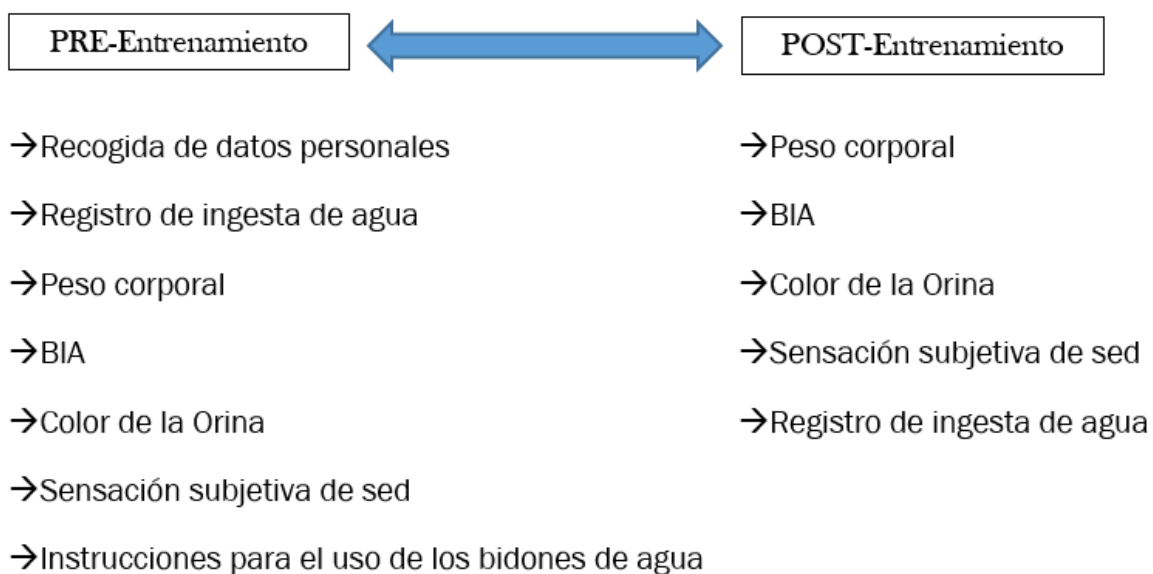
4.4. Métodos

4.4.1. Protocolo del estudio

Antes de comenzar con la recogida de datos se verificó que los participantes cumplían los criterios de inclusión y firmaron el consentimiento informado. Tanto las mediciones antropométricas como las relacionadas con el estado de hidratación, se llevaron a cabo de forma presencial en las instalaciones del club C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid. Dado el poco tiempo disponible durante los entrenamientos, la cumplimentación de la historia clínica y el cuestionario de actividad física se realizaron de forma telefónica.

En todos los casos, se instó a los sujetos a acudir tras, al menos, 2 horas de ayuno y habiendo orinado previamente. Antes del entrenamiento se cumplimentó una breve historia clínica, se realizó la valoración antropométrica y se recogieron las variables relacionadas con el estado de hidratación (ingesta previa, bioimpedancia, peso, color de la orina y valoración subjetiva de la sed). Éstas últimas se volvieron a recoger una vez finalizado el entrenamiento y tras asegurar que el sujeto había vuelto a orinar.

Estudio de las técnicas no invasivas más utilizadas a nivel práctico para la determinación del estado de hidratación en futbolistas.



4.4.2. Caracterización de la muestra

4.4.2.1. Historia clínica

Los datos de la historia clínica se recogieron mediante entrevista telefónica aplicando un cuestionario de elaboración propia que incluía los siguientes aspectos: (Anexo I)

4.4.2.2. Valoración del nivel de actividad física (GPAQ)

El cuestionario utilizado fue el “Global Physical Activity Questionnaire” (GPAQ), desarrollado por la OMS dentro del Proyecto Stepwise (23). Consta de 16 preguntas que analizan tres entornos básicos: la actividad en el trabajo, la llevada a cabo durante los trayectos diarios y las actividades recreativas. De acuerdo con las recomendaciones de utilización, su cumplimentación se realizó de forma guiada por un entrevistador. Finalmente los datos fueron categorizados mediante análisis estadístico valorando de forma global la actividad de cada sujeto como ligera, moderada o intensa. (Anexo II)

4.4.2.3. Valoración antropométrica

Las medidas se tomaron siguiendo el protocolo antropométrico de ISAK (24). Todos los equipos se calibraron previamente siguiendo las normas de los fabricantes. Pliegues y perímetros se tomaron en el lado derecho y en posición antropométrica, con el sujeto relajado.

Peso corporal: El sujeto se colocó con la menor ropa posible, en el centro del platillo sin sostenerse y con el peso distribuido por igual sobre ambos apoyos.

Talla: El sujeto se colocó con los pies juntos, los talones, las nalgas y la parte superior de la espalda apoyados sobre el estadiómetro. La cabeza, se ubicó en el plano de Frankfort, y no debía tocar la escala del Tallímetro. El sujeto fue instruido para que tomase una respiración profunda y mientras se mantenía la cabeza en el plano de Frankfort, el evaluador aplicaba una suave presión hacia arriba sobre el hueso mastoideo. La medida fue tomada sobre el vertex en el momento final de una profunda expiración.

Perímetros:

- ~ Braquial: El brazo derecho se abduce levemente para permitir que la cinta pase a su alrededor. La circunferencia del brazo se mide a nivel de la línea media acromial radial. La cinta se coloca perpendicular al eje largo del brazo.
- ~ Braquial contraído: El brazo derecho se eleva con el antebrazo supinado y flexionado entre 45-90° respecto al brazo. La circunferencia se mide al nivel del pico máximo del bíceps contraído. La medición es recogida durante la máxima contracción posible que pueda realizar el sujeto.
- ~ Cintura: El sujeto asume la posición antropométrica pero con los brazos cruzados en el tórax. La circunferencia se toma a nivel de la región más estrecha entre el último arco costal (10ª costilla) y el borde de la cresta iliaca. La medición se registra al final de una expiración normal. Se consideró riesgo metabólico si el perímetro de la cintura era mayor de 94 cm.
- ~ Cadera: El sujeto mantiene los brazos cruzados sobre el tórax. Los pies deben mantenerse juntos y los músculos glúteos relajados. La circunferencia se

toma a nivel de la mayor protuberancia posterior del glúteo que generalmente corresponde anteriormente al nivel de la sínfisis del pubis.

- ~ Muslo medial: Los pies del sujeto deben estar separados, con el peso corporal distribuido de manera uniforme. Se trata de la circunferencia medida sobre el sitio marcado medio-trochanterion-tibial-laterale.
- ~ De la pantorrilla: Los pies deben separarse con el peso distribuido uniformemente. Es el perímetro máximo de la pantorrilla a nivel de la marca del pliegue de pantorrilla medial.

Pliegues:

- ~ Bicipital: El brazo derecho debe estar relajado con la articulación del hombro levemente girada externamente y el codo extendido por el costado del cuerpo. El pliegue es paralelo al eje largo del brazo.
- ~ Tricipital: El brazo derecho debe estar relajado con la articulación del hombro levemente girada externamente y el codo extendido a lo largo del cuerpo. El pliegue es paralelo al eje largo del brazo.
- ~ Subescapular: El sujeto mantiene los brazos colgando a los lados. La línea del pliegue de la piel está determinada por las líneas de doblez natural de la piel.
- ~ Suprailíaco: El sujeto mantiene los brazos colgando a los lados. El pliegue se desplaza medialmente hacia abajo en un ángulo de 45° determinado por el pliegue natural de la piel.
- ~ De la cresta ilíaca: El brazo derecho debe estar colocado cruzando el tronco. La línea del pliegue generalmente se extiende ligeramente hacia abajo en sentido posterior-anterior, como lo determina el pliegue natural de la piel.
- ~ Abdominal: El sujeto se mantiene parado con los brazos colgando a los lados. Se trata de un pliegue vertical. Es particularmente importante que en este sitio el medidor esté seguro que el agarre inicial sea firme y grueso,
- ~ Del muslo anterior: El sujeto permanece sentado sobre el borde frontal de la caja antropométrica con el torso erecto y los brazos colgando a los lados. Se le puede pedir al sujeto que extienda la pierna y que colabore levantando con ambas manos la parte inferior del muslo para aflojar la tensión de la piel y facilitar la medición del pliegue.

- ~ Pierna medial: El pie derecho del sujeto se coloca sobre la caja antropométrica con la pantorrilla relajada. El pliegue es paralelo al eje largo de la pierna.

Índices antropométricos derivados:

El índice de masa corporal (IMC, en kg/m²) se calculó a partir de la fórmula de Quetelet (25):

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \text{Peso (kg)} / [(\text{Talla})^2 \text{ (m}^2\text{)}]$$

La catalogación del IMC, se realizó siguiendo la clasificación de la OMS (26)

Clasificación	IMC (Kg/m ²)
Normal	18,5 - 24,9
Sobrepeso	≥25,0
Pre-obeso	25,0 - 29,9
Obeso	≥30,0
Obeso Tipo I	30,0 - 34,9
Obeso Tipo II	35,0 - 39,9
Obeso Tipo III	≥ 40,0

Tabla 5: Clasificación del estado nutricional según índice de masa corporal (IMC)

4.4.3. Estudio del estado de hidratación

4.4.3.1. Porcentaje de peso perdido:

Los jugadores fueron pesados en ropa interior antes de iniciar el calentamiento, habiéndose indicado que en caso de tener que orinar o defecar lo hiciesen antes del pesaje inicial. Antes del pesaje posterior al entrenamiento, los jugadores se limpiaban el exceso de sudor. El cálculo del porcentaje de peso perdido se llevó a cabo mediante la siguiente fórmula:

Porcentaje (%) Peso Perdido [indicador de Deshidratación] = [(Peso antes - Peso después) / Peso antes] x 100. Peso expresado en kg.

4.4.3.2. Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)

El método de medida se estandarizó de acuerdo al protocolo de Lukaski (27). Previa calibración del instrumento, el análisis se realizó con el paciente en decúbito supino, con los brazos y piernas ligeramente separados (formando ángulos de 30° y 45° respectivamente) y habiendo retirado cualquier elemento metálico del cuerpo. Se colocaron dos electrodos “fuente” sobre la superficie dorsal de la mano y los otros dos sobre el pie, en las líneas metacarpofalángica y metatarsofalángica, respectivamente, y con una distancia de aproximadamente 5 cm entre ellos.

Para estudiar los cambios en el estado de hidratación se utilizaron las variables eléctricas resistencia (R: oposición que ofrece el conductor al paso de la corriente y que está directamente relacionada con el contenido en agua y electrolitos), reactancia (Xc: o retraso en la conducción producido por la presencia de interfaces no iónicas, lo que refleja la masa celular) y la relación entre ambas denominada ángulo de fase (arco-tangente resistencia/reactancia).

4.4.3.3. Sensación subjetiva de sed:

Para monitorizar la percepción de sed se ha utilizado la escala de Engell (28) que es una escala tipo likert con distintas puntuaciones que evalúan desde la ausencia de sed hasta la sensación de estar muy sediento. Se trata de una escala muy sencilla en la que se pide al participante que identifique su sensación de sed. La puntuación oscila entre 0 puntos, ausencia de sed, y 10 puntos, el sujeto reconoce que tiene mucha, mucha sed.

PUNTUACIÓN	SENSACIÓN
0	No se tiene sed en absoluto
1	
2	
3	Tengo algo de sed
4	
5	Tengo sed
6	
7	Mucha sed
8	
9	Muy, muy sediento
10	

Tabla 6: Sensación subjetiva de sed.

4.4.3.4. Color de la orina:

Se utilizó el test de color de la orina. Esta escala define ocho niveles de color que van de un amarillo pálido a un marrón-verdoso (29). Los jugadores fueron a orinar antes y después del entrenamiento y en ambos momentos indicaron el tono de su orina utilizando dicha escala como referencia. Para el análisis posterior se agruparon los niveles en 3 categorías correspondientes a los colores claro (niveles 1-3), medio (4-6) y oscuro (7-8).

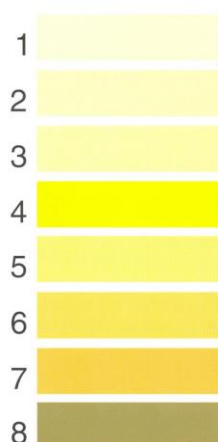


Figura 3. Escala de color empleada para la determinación del color de la orina.

4.4.4. Análisis estadístico

La normalidad de la distribución de las variables se evaluó con los tests de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro Wilk y la homogeneidad de varianzas con el test de Levene. Las variables normales cuantitativas se describieron como media (desviación estándar) y las no paramétricas como mediana (p5–p95). Las variables cualitativas se describieron como frecuencia absoluta y/o relativa (n, %).

Las comparaciones de variables cuantitativas de 2 muestras independientes se realizaron con los tests T-Student (paramétricas) y U de Mann-Whitney (no paramétricas). Cuando las variables pertenecieron a muestras pareadas se utilizaron la T-Student para medidas repetidas o la W de Wilcoxon, en función de la normalidad de las variables. Las diferencias entre variables en función de una variable con más de dos categorías se analizaron mediante el test de Kruskal-Wallis. Las diferencias entre variables categóricas se analizaron mediante el test Chi-cuadrado de Pearson.

La significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1. Descripción de la muestra

En este estudio han participado 76 jugadores integrantes de la plantilla del C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid que compiten en las categorías juvenil y aficionado masculino. La edad promedio del grupo fue de 19,9 años (4,62). La tabla 7 recoge las variables antropométricas completas de los participantes. Cabe destacar que, como promedio, las medidas antropométricas se encuentran dentro de la normalidad para la edad y el sexo.

Variables antropométricas	Total muestra (media (DS))
Peso (kg)	70,83 (8,70)
Talla (cm)	174,28 (5,03)
Pliegue tricipital (mm)	11,16 (4,64)
Pliegue bicipital (mm)	5,51 (2,29)
Pliegue subescapular (mm)	11,23 (3,46)
Pliegue suprailiaco (mm)	11,64 (6,57)
Pliegue de la cresta iliaca (mm)	18,78 (8,59)
Pliegue abdominal (mm)	17,37 (8,45)
Pliegue del muslo anterior (mm)	15,47 (5,86)
Pliegue de la pierna media (mm)	9,72 (3,49)
Perímetro braquial (cm)	29,23 (2,99)
Perímetro del brazo contraído (mm)	31,38 (2,66)
Perímetro de la cintura mínima (cm)	78,48 (5,89)
Perímetro de la cadera (cm)	96,25 (5,75)
Perímetro del muslo medio (cm)	52,56 (3,65)
Perímetro de la pantorrilla (cm)	37,37 (2,13)

Tabla 7. Características antropométricas completas de los jugadores.

Se obtuvo un valor medio de IMC de 23,3 kg/m² lo que sugiere que estos jugadores del C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid, presentan normalidad nutricional de acuerdo a los criterios de catalogación de este indicador. El análisis de la composición corporal (figura 4) evidenció que, del total de masa corporal, el 81,34% (57,21 kg) era masa libre de grasa (MLG) y el 18,66% (13,61 kg) masa grasa (MG), valores normales para la edad y el sexo.

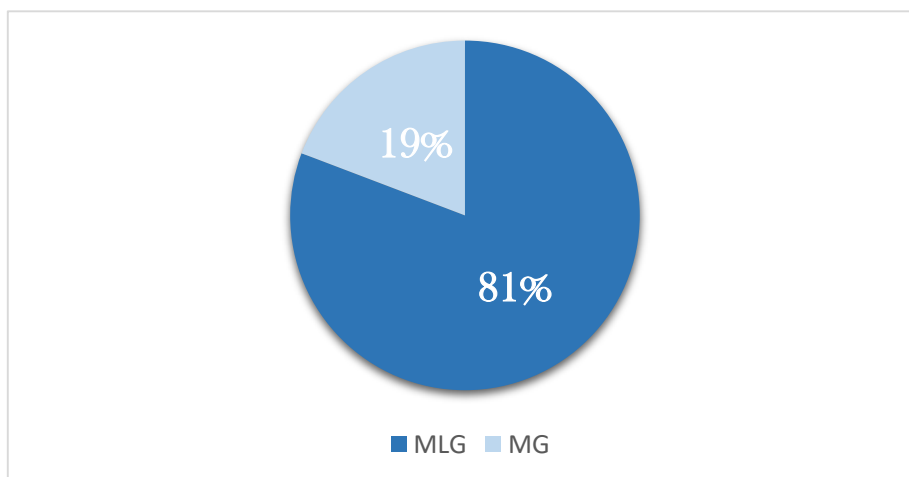


Figura 4: Análisis de composición corporal. MLG: masa libre de grasa (% del peso corporal); MG: masa grasa (% del peso corporal)

A pesar de practicar deporte de forma reglada, los resultados del cuestionario GPAQ, evidenciaron que la mayoría de los sujetos evaluados (88%), realizaban una actividad física moderada y sólo el 1,3% presentaron una actividad física intensa.

La respuesta al cuestionario de ingesta mostró que el 75% de los participantes, consumió algún alimento en las 2 horas anteriores al entrenamiento. El 98,7% de los participantes manifestó que orinaba antes de entrenar. Después del entrenamiento, el 100% de los participantes declaró haber orinado.

5.2. Estudio de la hidratación

Las diferencias pre/post-entrenamiento en las variables eléctricas (resistencia, reactancia y ángulo de fase) obtenidas mediante BIA, en el agua corporal total y en el peso se detallan en la tabla 8. Se observaron diferencias significativas para la reactancia, el agua corporal total y el peso corporal.

	Pre-entrenamiento (Media (DS))	Post- entrenamiento (Media (DS))	Diferencia de medias Media [95% IC]
Resistencia	480,50 (44,64)	471,33 (68,406)	9,168 [-3,02-21,37]
Reactancia	59,43 (6,139)*	57,83 (6,109)*	1,605 [0,534-2,676]*
Ángulo Fase	7,071 (0,7288)	6,974 (0,666)	0,0974 [-0,045-0,2398]
ACT (l)	43,57 (3,07)	43,49 (0,03)	0,0732 [0,0209-0,1443]*
Peso (kg)	71,135 (8,78)	70,989 (8,6856)	0,1566 [0,023-0,2902]*

Tabla 8. Diferencias en las variables eléctricas (BIA), agua corporal total y peso entre la situación de pre-entrenamiento y de post-entrenamiento. BIA-R: resistencia; BIA-Xc: reactancia; BIA-AF: ángulo de fase; ACT: agua corporal total. * $p < 0,05$

De acuerdo al test del color de la orina, el 27,6% de los sujetos presentó una orina de color claro, lo que sugiere normo-hidratación; la mayoría de ellos (68,4%) tenían un color intermedio y sólo en el 3,9% de los participantes se encontró una orina de color oscuro (deshidratación). Tras el entrenamiento, aumentó ligeramente (hasta el 9,2%) el porcentaje de sujetos teóricamente deshidratados en función del color de la orina (orina de color oscuro), pero en la mayoría de los jugadores (69,7%) se mantuvo en el color medio (figura 5).

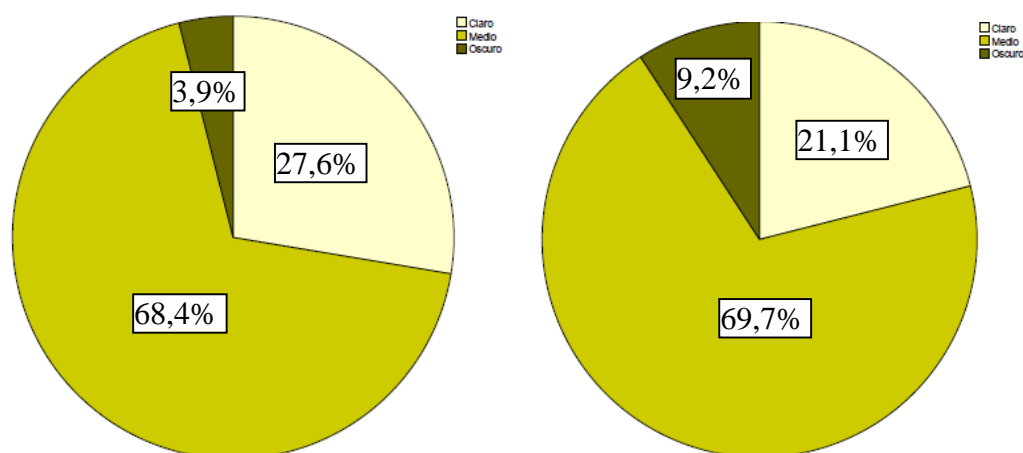


Figura 5: Cambio en el color de la orina pre y post-entrenamiento.

El cambio en el color de la orina en función del entrenamiento (tabla 9) fue significativo (chi-cuadrado: 44,145; $p = 0,000$).

RECuento		Color orina post-entrenamiento			Total
		claro	medio	oscuro	
orina pre-entrenam	claro	8	12	1	21
	medio	8	39	5	52
	oscuro	0	2	1	3
Total					76

Tabla 9: Cambio en el color de orina antes y después del entrenamiento.

Respecto a la percepción de la sensación de sed, no se han encontrado diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento (tabla 10).

RECuento		Sensación de sed post-entrenamiento					Total
		Ausencia de sed	Algo de sed	Tengo sed	Mucha sed	Muy, muy sed	
Sensación de sed pre-entrenamiento	Ausencia de sed	0	1	1	0	0	1
	Algo de sed	8	5	4	1	0	18
	Tengo sed	12	10	4	8	0	34
	Mucha sed	5	1	7	7	1	21
	Muy, muy sediento	0	0	1	0	0	1
Total		25	17	17	16	1	76

Tabla 10: Cambio en la sensación de sed antes y después del entrenamiento.

Al analizar la pérdida de peso (%PP), variable relacionada con el grado de deshidratación, se observó que el 40,8% de los sujetos no habían perdido peso o, incluso habían ganado algo de peso, tan sólo 12 sujetos (15,8%) perdieron más del 1% de su peso, cifra considerada como umbral para la deshidratación (figura 6).

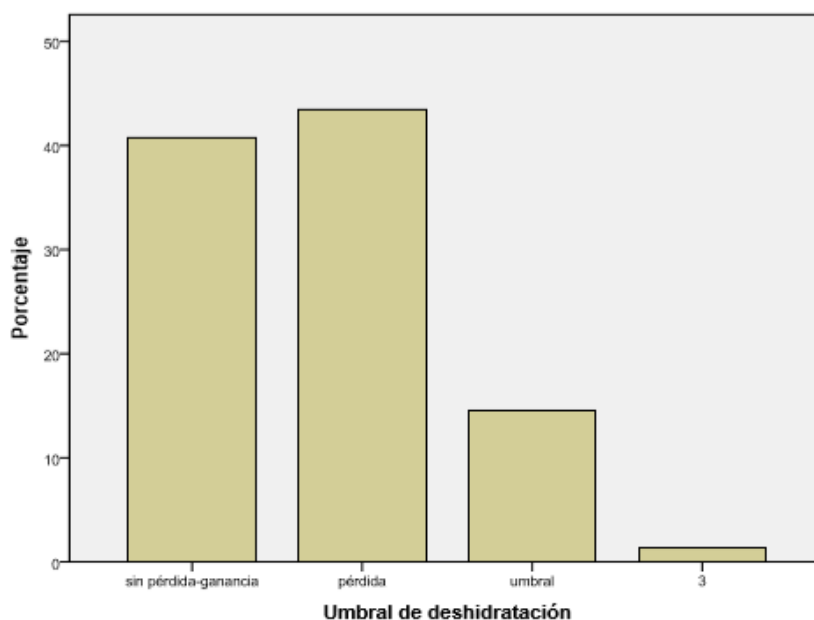


Figura 6: Pérdida de peso (porcentaje) durante el entrenamiento.

Durante el entrenamiento los jugadores ingirieron agua a demanda (mediana: 750 ml (P25: 625ml - P75: 1275 ml)) (figura 7).

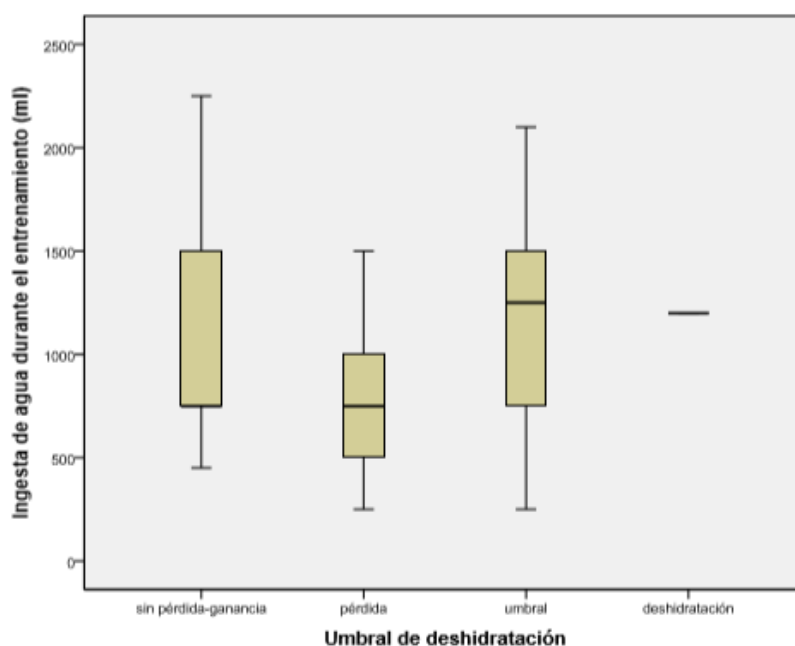


Figura 7: Pérdida de peso e ingesta de agua durante el entrenamiento.

No se ha observado relación entre la ingesta de agua y el grado de deshidratación evaluado a partir del porcentaje de pérdida de peso (figura 8)

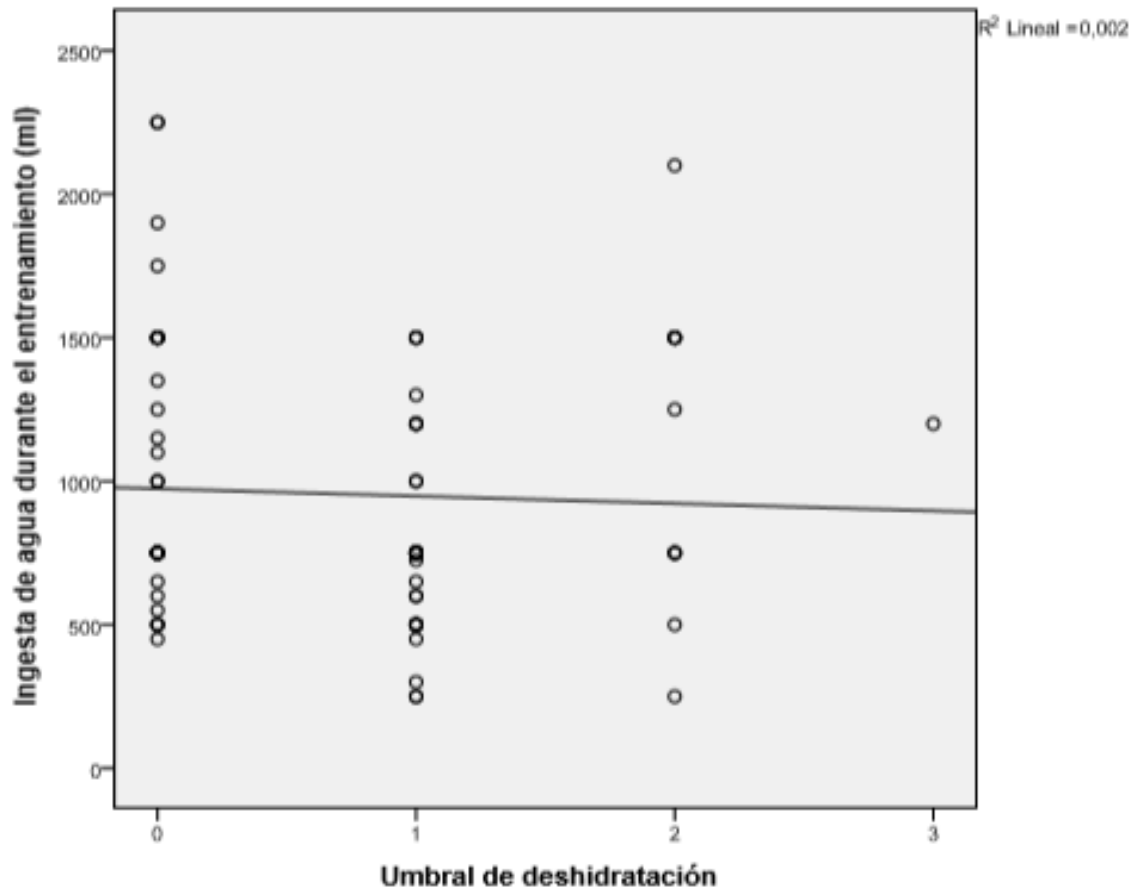


Figura 8: Relación entre la ingesta de agua durante el entrenamiento y el % de pérdida de peso (considerado como indicador de deshidratación).

De todos los indicadores evaluados tan sólo las variables eléctricas mostraron cambios relacionados con el riesgo de deshidratación (%PP). La media de la diferencia en los valores de resistencia pre y post-entrenamiento tiende a disminuir a medida que aumenta el %PP (figura 9). Por otra parte el ángulo de fase (diferencia de medias) aumenta cuando también lo hace el %PP (figura 10)

Estudio de las técnicas no invasivas más utilizadas a nivel práctico para la determinación del estado de hidratación en futbolistas.

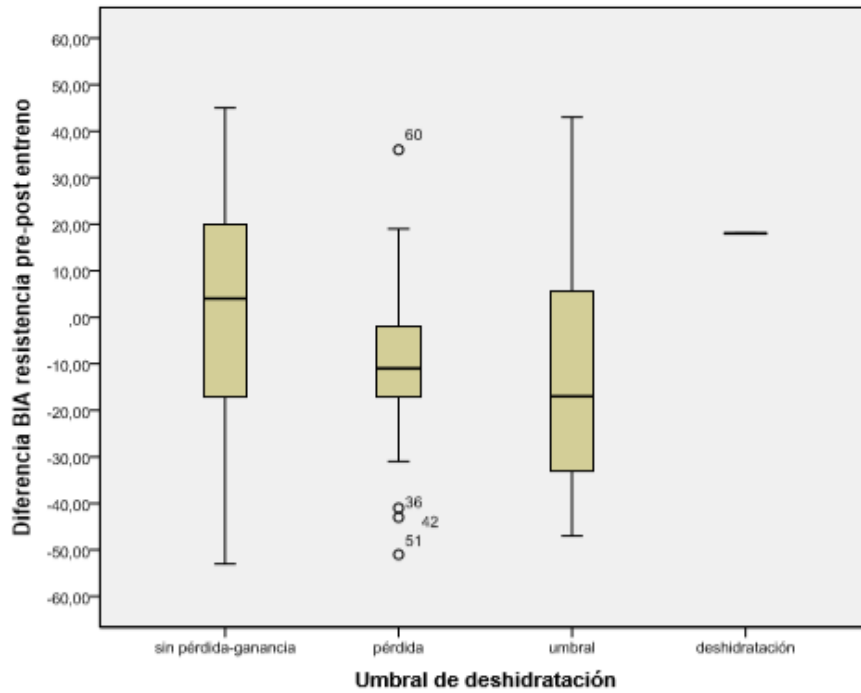


Figura 9: Resistencia pre y post entrenamiento y % de pérdida de peso.

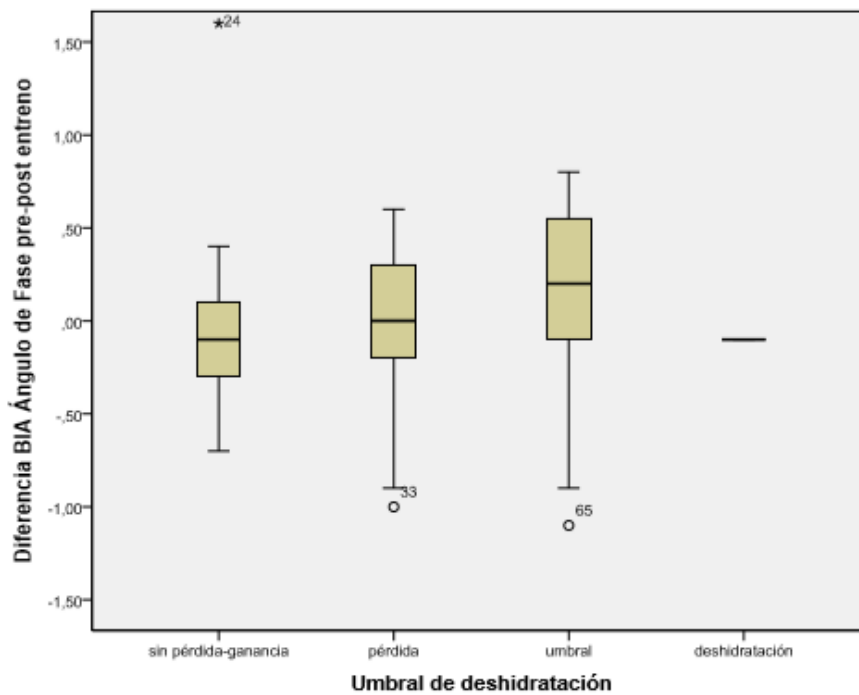


Figura 10: Ángulo de fase pre y post entrenamiento y % de pérdida de peso.

6. DISCUSIÓN

En este trabajo se han utilizado diferentes pruebas que, por su sencillez, rapidez, inocuidad, bajo coste económico y facilidad de manejo, resultan útiles “a pie de campo” para evaluar la deshidratación producida durante la práctica de ejercicio. Las pruebas se realizaron a jugadores del C.D. Betis Club de Fútbol de Valladolid durante las sesiones de entrenamiento. Estos jugadores entrenan 3 días a la semana durante 120 minutos cada día.

Probablemente el fútbol es el deporte más popular del mundo, mueve millones de seguidores pero, además, es un “negocio” productivo que mueve, también, mucho dinero. Quizá por ello, entre otros motivos, en los últimos años han aumentado notablemente los estudios y la investigación científica y médica dirigida a mejorar las características de los jugadores y a optimizar su rendimiento. En el presente estudio las características antropométricas y de composición corporal de los participantes, como en la mayoría de los trabajos realizados en el ámbito deportivo, entran dentro de parámetros normales.

Resulta evidente que el rendimiento en el fútbol, como en otros deportes, depende en gran medida del estado de hidratación (30). A pesar de que se sabe que la deshidratación induce cambios fisiológicos que afectan negativamente al rendimiento deportivo, numerosos estudios realizados en jugadores de fútbol (jóvenes y adultos) han puesto de manifiesto que la mayoría de ellos comienzan los entrenamientos y/o la competición mal hidratados (hipohidratados) (31)(32)(11). La deshidratación tiene lugar cuando la pérdida de líquido por sudoración es superior a la ingesta de fluidos (33). Con frecuencia sucede que muchos deportistas no son capaces de compensar las pérdidas producidas por sudor porque no reponen líquidos en la cantidad adecuada (19). Maughan y Leiper ya en el año 1994 informaron de que el fútbol es un deporte de resistencia con esfuerzos moderados intercalados con ráfagas intermitentes de alta intensidad, lo que aumenta considerablemente la producción de calor metabólico. Estos autores consideran que, incluso en frío, se produce una pérdida significativa de sudor, lo que lleva a un grado de deshidratación que perjudica el rendimiento. (30)

Aunque para evaluar el estado de hidratación se pueden utilizar diversas técnicas, actualmente el método de referencia (*gold estándar*) es el estudio de la osmolaridad media en plasma (POSM) o en orina (UOSM) (34). El análisis de orina, a diferencia de la medida en plasma, es un procedimiento no invasivo lo que supone una evidente ventaja. Aunque el cambio en la osmolaridad de la orina se produce de forma más lenta, hay trabajos que muestran que, durante una deshidratación progresiva inducida por el ejercicio, esta prueba se modifica en paralelo a la osmolaridad de la sangre (35)(36). Pero para analizar la osmolaridad, tanto en sangre como en orina, se necesita un laboratorio, condiciones controladas, material específico y personal cualificado, por lo que además del coste económico, estos métodos son poco accesibles “a pie de campo”. En la práctica es necesario disponer de herramientas aceptablemente válidas, de fácil aplicación, rápidas, seguras, inocuas, portátiles y coste-eficientes.

Quizá la manera más sencilla de determinar el grado de deshidratación, y por ello la más utilizada, es pesar al jugador antes y después del entrenamiento o de la competición. La monitorización del peso corporal es un procedimiento simple, válido y no invasivo que permite detectar variaciones en la hidratación mediante el cálculo de la diferencia en el peso corporal antes y después del ejercicio y/o el cálculo del porcentaje de pérdida de peso. Este hecho se fundamenta en que, en esfuerzos intermitentes inferiores a 3 horas de duración y en condiciones climatológicas no extremas, la pérdida de agua por respiración es relativamente pequeña respecto a la pérdida por sudor (37). Hay estudios que evidencian que un porcentaje de pérdida de peso corporal superior al 1% (16)(38)(39) conlleva una reducción del rendimiento físico, además de comprometer las funciones cognitivas del deportista cuando supera el 2% (40)(41). Niveles de deshidratación severos, con pérdidas superiores al 4-5% aumentan significativamente el riesgo de sufrir un golpe de calor (17).

El estudio llevado a cabo por García-Jiménez y Yuste (15) en jugadores de fútbol sala, mostró pérdidas promedio de peso durante las sesiones de entrenamiento en torno al 1,25% (oscilaban entre -0,53% y 3,02%). El valor negativo del porcentaje de peso perdido indica que la ingesta de líquido, *ad libitum*, por parte del jugador fue superior a las pérdidas producidas, lo que resultó por tanto en una ganancia de peso. Es preciso aclarar que en este estudio, como en la mayoría de los realizados durante

las sesiones de entrenamiento y/o competición y como se hace habitualmente en el fútbol, los jugadores tuvieron acceso a botellas (bidones) de agua. Los jugadores fueron instruidos para que si bebían lo hicieran de sus respectivos bidones y para que, en caso de necesitar más agua porque su bidón estuviera vacío lo notificaran para su registro. La ingesta, por tanto, también fue *ad libitum*. Se insiste en que este protocolo es habitual durante los entrenamientos y, por tanto, se refleja también en la mayoría de los trabajos que monitorizan la hidratación. Otros trabajos (15)(42) realizados en jugadores de fútbol durante el entrenamiento evidencian pérdidas de peso similares, o discretamente superiores, a las documentadas por García-Jiménez y Yuste. En nuestro trabajo la pérdida de peso fue menor, similar a la obtenida por Carrión et al. (14) en una muestra de 15 jugadores de la categoría sub 16 del Barcelona Sporting Club (-0,30% y 0,60%) y a la documentada por Hernández-Camacho y Moya-Amaya en 57 jugadores de la categoría juvenil (43) (0,63% como promedio). Como en alguno de los trabajos anteriormente citados, en el presente estudio ha habido jugadores que incluso han ganado peso (48%) y jugadores con pérdida de peso superior al 1% (12,8%), valor compatible con un estado de deshidratación. Probablemente las diferencias encontradas se deban en parte a las diferencias en la edad de los jugadores y, mayoritariamente, a que en el presente trabajo no se ha considerado la posición de los jugadores en el terreno de juego. Debido a las exigencias físicas y tácticas de determinadas posiciones de juego, los jugadores que ocupan dichos puestos se ven sometidos a esfuerzos muy superiores al resto de los jugadores (porteros y defensas).

Dadas las condiciones del entrenamiento y la disposición de agua *ad libitum*, en este trabajo no se ha encontrado relación entre el cambio en el color de la orina y/o el cambio en la sensación subjetiva de sed y porcentaje de pérdida de peso como indicador del nivel de deshidratación. Pero sí que se ha podido probar si estas técnicas resultaban útiles a pie de campo con el objetivo de evaluar una posible deshidratación.

El color de la orina está condicionado por la cantidad de urocromo. Cuando se excretan grandes volúmenes de orina (orina diluida), los solutos están muy diluidos y la orina presenta un color muy pálido, similar al del agua. Sin embargo cuando la cantidad de orina es pequeña (orina concentrada) los solutos están concentrados lo

que, generalmente, produce una orina de color oscuro. Es una técnica muy sencilla de realizar, cualquier persona mínimamente entrenada es capaz de observar el color de la orina y compararlo con una escala de color de referencia (14). Esta escala define ocho niveles de color que van de un amarillo pálido a un marrón-verdoso (29). Hay estudios que sugieren una relación cuantificable entre un cambio en la ingesta diaria de agua y el cambio resultante en el color de la orina (44) e indican por tanto que se trata de una técnica adecuada cuando la gravedad específica de la orina no está disponible (20). A pesar de su falta de precisión algunos trabajos coinciden en que el color de la orina es eficaz para discriminar diferentes niveles de deshidratación y .que esta técnica es aceptablemente válida y reproducible. (29). En este estudio se ha encontrado una discreta diferencia en el color de la orina entre el pre-entrenamiento y el post-entrenamiento.

En cuanto a la sensación subjetiva de la sed no se puede considerar un indicador válido para evaluar la deshidratación, ya que los jugadores durante el entrenamiento beben agua *ad libitum*, como por otra parte es habitual. Generalmente el estudio de la percepción subjetiva de la sed se utiliza como último recurso cuando no se dispone de otras herramientas. Por otra parte, hay evidencias de que la sed no es suficiente para equilibrar el balance hídrico (45). Se sabe que beber en respuesta a la sed no es una estrategia que garantice la hidratación adecuada durante y después de la práctica deportiva ya que, cuando la sed aparece, es porque ya se ha perdido un porcentaje de peso corporal correspondiente al umbral de deshidratación. La mayoría de estudios se han apoyado en la medición de la ingesta voluntaria de líquido durante el ejercicio como medida sustituta de la sed. Sin embargo, la ingesta voluntaria de líquido está sujeta a la influencia de factores tales como el ser observado, condiciones ambientales, temperatura y composición de la bebida. Por tanto, la percepción de sed puede ser una medida válida y confiable mientras no se bebe, pero responde inadecuadamente a la ingesta de agua (46). A pesar de todo, se admite que es posible monitorizar la percepción de sed para predecir el umbral de la deshidratación (47)(28). Como se ha observado en el presente estudio, trabajos realizados por Maughan et al. en jugadores de fútbol, evidenciaron una gran variabilidad interindividual en la ingesta voluntaria de líquido y los autores documentaron que, en la mayoría de los sujetos, esta ingesta era insuficiente para

igualar las pérdidas de líquido (15). En nuestro trabajo no se han encontrado cambios en la percepción subjetiva de sed entre la situación pre- y post-entrenamiento y como se ha comentado hay grandes diferencias interindividuales en la ingesta de agua durante el entrenamiento, sin que se haya observado una pauta concreta de hidratación. Los jugadores beben *ad libitum* e, incluso, en algunas ocasiones utilizan el agua para enjuagarse y escupen lo ingerido. Tampoco se ha podido establecer una asociación con el cambio en el color de la orina o con el porcentaje de pérdida de peso.

Respecto al análisis de impedancia bioeléctrica, hay muy pocos estudios realizados con esta herramienta a pie de campo durante la práctica deportiva. Por otra parte, en su mayoría, de los pocos que hay, se han realizado con equipos dotados de software que ofrecen directamente los resultados de la estimación de los compartimentos corporales sin que se conozca el modelo predictivo utilizado. Esto puede afectar severamente a la precisión del método. Es cierto que el análisis de impedancia bioeléctrica ha demostrado ser muy útil para estudiar el estado de hidratación en procesos patológicos (48)(49)(50), pero, sin embargo, hay falta de estudios en el ámbito deportivo. Utilizando directamente los datos de resistencia, reactancia y ángulo de fase en nuestro estudio se ha observado que las variables eléctricas reflejan un cambio entre antes y después del entrenamiento. Se ha observado también que el cambio en estas variables (resistencia, ángulo de fase) se relaciona con el porcentaje de pérdida de peso. No se han encontrado estudios en los que se utilicen directamente las variables eléctricas para monitorizar el estado de hidratación. Los escasos trabajos realizados utilizan el BIA en modo convencional para realizar estimaciones en base a un modelo bicompartimental de composición corporal. Considerando los supuestos en los que se basa la técnica, este enfoque no parece adecuado para evaluar las alteraciones en el nivel de hidratación inducidas por el ejercicio. Sin embargo otras modalidades como por ejemplo el análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA) ofrecen nuevas oportunidades para monitorizar la hidratación durante periodos cortos de tiempo (sesiones de entrenamiento y/o competición) en los que se practique un determinado deporte.

Limitaciones

Las principales limitaciones del presente estudio derivan de las características de la muestra y de las características y condiciones de las sesiones de entrenamiento. El tamaño muestral no ha permitido estudiar las diferencias, por otra parte esperables, en función de la posición de juego. Se plantea tener en cuenta este factor y ampliar el tamaño muestral en futuros trabajos para profundizar en el tema con el objetivo final de plantear las estrategias de reposición de fluidos más adecuadas para optimizar el rendimiento y garantizar la salud de los jugadores.

Para estudios futuros se plantea también la posibilidad de controlar las condiciones ambientales bajo las que se realice la sesión de entrenamiento y protocolizar el registro de ingesta de líquido durante la sesión.

7. CONCLUSIONES

- ~ Los jugadores participantes en este trabajo presentan características antropométricas compatibles con un estado de normalidad.
- ~ La monitorización del peso corporal (antes y después del entrenamiento) puede ser útil para valorar los cambios en la hidratación a pie de campo.
- ~ El test del color de la orina (UCOL) puede ser una herramienta alternativa a otras técnicas y adecuada para evaluar la deshidratación no extrema.
- ~ El BIA detecta cambios en el comportamiento eléctrico de los tejidos, relacionados con los volúmenes corporales entre el pre y post-entrenamiento.
- ~ La percepción subjetiva de sed no es una técnica recomendable para detectar cambios rápidos en la hidratación.
- ~ El %PP, en nuestro trabajo mostró una gran variabilidad interindividual.
- ~ Los valores encontrados en el %PP demuestran que la ingesta de líquido realizada no fue suficiente para compensar las pérdidas en todos los casos.
- ~ Considerando el %PP como indicador del nivel de deshidratación, en este estudio, sólo las variables eléctricas reflejaron los cambios en el mismo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arturo J, Castro G, Zevallos AC. El agua corporal medida por impedancia eléctrica y su estimación según fórmulas convencionales y en función del peso ideal y sexo, en adultos con sobrepeso u obesidad. *Rev Med Hered.* 2016; 27:162-167.
2. Urdampilleta A, Gómez-Zorita S. De la deshidratación a la hiperhidratación; bebidas isotónicas y diuréticas y ayudas hiperhidratantes en el deporte. *Nutr Hosp.* 2014.
3. Jiménez EG. Composición corporal : estudio y utilidad clínica. *Endocrinología y nutrición.* 2013;60(2):69-75.
4. Vega-pérez R, Ruiz-hurtado KE, Macías-gonzález J, García-peña MD, Torres-Bugarín O. Impacto de la nutrición e hidratación en el deporte. *El residente.* 2016;81-7.
5. Iglesias-Rosado C, Villarino-Marín AL, Martínez JA, Cabrerizo L, Gargallo M, Lorenzo H, et al. Importancia del agua en la hidratación de la población española: documento FESNAD 2010. *Nutr Hosp.* 2011;26(1):27-36.
6. Gil-Antuñano P. Actividad física, hidratación y sales minerales. Consejo Superior de Deportes.
7. Martínez Álvarez JR, Villarino Marín AL, Polanco Allué I, Iglesias Rosado C, Gil Gregorio P, Ramos Cordero P et al. Recomendaciones de bebida e hidratación para la población española. *Nutr. clín. diet. hosp.* 2008; 28(2):3-19
8. EFSA. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water. *EFSA Journal* 2010; 8(3):1459
9. Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM, Julia-Sanchez S, Álvarez-Herms J. Protocolo de hidratación antes, durante y después de la actividad fisico-deportiva. *European Journal of Human Movement.* 2013: 31, 57-76
10. John E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, Vol 2. 12th ed. Philadelphia: Arabic Edition. 2011

11. Castro-sepúlveda M, Astudillo S, Álvarez C, Zapata-Lamana R, Zbinden-Foncea H, Ramírez-campillo R, et al. Prevalencia de deshidratación en futbolistas profesionales chilenos antes del entrenamiento. *Nutr Hosp.* 2015;32(1):308-311
12. Gil-Antuñano NP, Zenarruzabeitia ZM, Ribas Camacho AM. Alimentación, nutrición e hidratación en el deporte. Consejo superior de deportes. Madrid, marzo 2009
13. García-Jiménez JV, Yuste JL. Tasa de sudoración y niveles de deshidratación en jugadores profesionales de fútbol sala durante competición oficial. *AMD.* 2010 (140);457-64.
14. Carrión J, Ortega R, Mosquera J, Baldospin J, Sánchez-Mazacon J. Nivel de deshidratación en los futbolistas Sub 16 del Barcelona Sporting Club. *International Journal of Health Sciences.* 2018;6(1):44-52.
15. Shirreffs SM, Armstrong LE, Cheuvront SN. Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Journal of Sports Sciences.* 2004.
16. Gil-Antuñano NP, Bonafonte LF, Manonelles-Marqueta P, Manuz-González B, Villegas García JA. Consensus on drinks for the sportsman. Composition and guidelines of replacement of liquids. *AMD.* 2008;245-58.
17. Sawka MN, Burke LM, Montain S, Stachenfeld N. American College of Sports Medicine position stand . Exercise and Fluid Replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* February 2007.
18. Cheuvront SN, Sawka MN. Evaluación de la hidratación en atletas. *Sports Science Exchange (2005) Vol. 18, 2*
19. Armstrong LE. Assessing hydration status: The elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition,* 26 (5), 575S – 584S
20. Fernández-Elías VE, Martínez-Abellán A, López-Gullón JM, Morán-Navarro R, Pallarés JG, De La Cruz-Sánchez E, et al. Validity of hydration non-invasive indices during the weightcutting and official weigh-in for olympic combat sports. *PLoS One.* 2014;9(4).

21. McKenzie AL, Muñoz CX, Armstrong LE. Accuracy of urine color to detect equal to or greater than 2% body mass loss in men. *J Athl Train.* 2015;50(12):1306-9.
22. García-Pellicer JJ. Reposición hídrica y su efecto sobre la pérdida de peso y deshidratación en jugadores de fútbol sala. Univ Murcia. Murcia, julio 2009.
23. Cleland CL, Hunter RF, Kee F, Cupples ME, Sallis JF, Tully MA. Validity of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) in assessing levels and change in moderate-vigorous physical activity and sedentary behaviour. *BMC Public Health* 2014, 14:1255
24. Normas Internacionales para la Valoración Antropométrica. Sociedad internacional para el avance de la cineantropometría.
25. Piñeda-Geraldo A, González-Rincón Y, Alvarez-Vega P, Villareal-Peña C Selección y análisis de ecuaciones antropométricas para el cálculo de la composición corporal en adultos. *Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información.* 2017;4:47-56.
26. González LF. Clasificación del sobrepeso y la obesidad. *Medicina interna.* 2(tabla I):29-31.
27. Li J, Sanchez B, Rutkove SB. The effect of profound dehydration on electrical impedance of mouse skeletal muscle. *NIH Public Access.* 2015;514-7.
28. Engell DB, Maller O, Sawka MN, Francesconi RN, Drolet L, Young AJ. Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiology and Behavior.* 1987; 40, 229-236.
29. Armstrong LE, Soto JA, Hacker FT Jr, Casa DJ, Kavouras SA, Maresh CM. Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr.* 1998 Dec;8(4):345-55.
30. Maughan RJ, Leiper JB. Fluid replacement requirements in soccer. *J Sports Sci.* 1994 Summer;12 Spec No:S29-34.

31. Aragón-Vargas L, Moncada-Jiménez J, Hernández-Elizondo J, Barrenechea A, Monge-Alvarado M. Evaluation of pre-game hydration status, heatstress, and fluid balance during professional soccer competition in the heat. *Eur J Sport Sci* 2009; 9: 269-276
32. Phillips SM, Sykes D, Gibson N. Hydration Status and Fluid Balance of Elite European Youth Soccer Players during Consecutive Training Sessions. *J Sports Sci Med* 2014; 13(4): 817-22
33. Schifferli I, Carrasco F, Inostroza J. Formulation of an equation to predict fat mass using bioelectrical impedance in adults in a wide range of ages and body mass index. *Rev Med Chile* 2011; 139: 1534-1543.
34. Armstrong LE. Assessing hydration status: The elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition*, 26 (5), 575S – 584S.
35. Hamouti N, Del Coso J, Ávila A, Mora-Rodriguez R. Efectos de la masa muscular de los atletas sobre los marcadores urinarios del estado de hidratación. *Eur J Appl Physiol* (2010) 109: 213.
36. Hamouti N, Mora-Rodriguez R. Authors' response: comparison between blood and urinary fluid balance indices during dehydrating exercise and the subsequent hypohydration when fluid is not restored. *Eur J Appl Physiol* (2013) 113: 2169.
37. Maughan RJ, Shirrefs SM, Leiper JB. Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J Sports Sci*. 2007;25(7):797-804.16
38. Gonzalez-Alonso J, Coyle EF. Efectos fisiológicos de la deshidratación. ¿Por qué los deportistas deben ingerir líquidos durante el ejercicio en el calor?. *REEFD* (54)46-52.
39. Coyle EF. Fluid and fuel intake during exercise, *Journal of Sports Sciences*. 2004; 22:1, 39-55.
40. Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Exercise and Fluid Replacement. *Curr Sports Med Rep*. 2007;377-90.
41. Montain SJ. Hydration Recommendations for Sport 2008. *Curr Sports Med Rep*. 2008;7(4):187-92.

42. Shirreffs SM, Aragón-Vargas LF, Chamorro M, Maughan RJ, Serratosa L, Zachwieja JJ. The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat. *Inter J Sports Med.* 2005;26:90-5.
43. Hernández-camacho JD, Moya-Amaya H. Balance hídrico y consumo de agua ad libitum en futbolistas durante el entrenamiento. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 2016; 20(2): 88 – 96.
44. Perrier ET, Johnson EC, Mckenzie AL, Ellis LA, Armstrong LE. Urine colour change as an indicator of change in daily water intake : a quantitative analysis. *Eur J Nutr.* 2016;55(5):1943-9.
45. Passe D, Horn M, Stofan J, Horswill C, Murray R. Voluntary dehydration in runners despite favorable conditions for fluid intake. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007 Jun;17(3):284-95.
46. Capitán-jiménez C, Aragón-vargas LF. La respuesta de la sed a las necesidades de reposición de líquido y a la ingesta controlada después del ejercicio. *PensarMov.* 2016;23-46.
47. Capitán-Jiménez C, Aragón-Vargas LF. Thirst response to post-exercise fluid replacement needs and controlled drinking. *Pensar en Mov Rev Ciencias del Ejerc y la Salud.* 2016;14(2):1-22.
48. Caravaca F, del Viejo CM, Villa J, Gallardo RM, Ferreira F. Estimación del estado de hidratación mediante bioimpedancia espectroscópica multifrecuencia en la enfermedad renal crónica avanzada. *Nefrología* 2011;31(5):537-44.
49. Arias M. Diálisis y trasplante. *Dial Traspl.* 2010;31(4):137 – 139.
50. Méndez CL, Pérez FA, Arellano JC, Fernández JH. Nutrición, hidratación, inflamación y relación con proBNP en pacientes con Enfermedad Renal Crónica. Estudio comparativo entre pre-diálisis, diálisis peritoneal y hemodiálisis. *Enferm Nefrol* 2013; 16 Suppl (1): 15/33

Estudio de las técnicas no invasivas más utilizadas a nivel práctico para la determinación del estado de hidratación en futbolistas.

10. ANEXOS

ANEXO I: Recogida de datos personales

RECOGIDA DE DATOS PERSONALES

Fecha de valoración:

Nombre:

Código:

Fecha de nacimiento:

Sexo: H / M

Dirección:

Teléfono:

Ocupación:

Correo electrónico:

Antecedentes familiares (si alguna persona de su familia ha tenido alguna enfermedad que pudiera influir en el estado de salud óptimo, como por ejemplo infarto, ictus, obesidad, sobrepeso, diabetes, celiaquía, alergias, intolerancias, etc):

Antecedentes personales (asma, diabetes, obesidad, problemas de corazón, intolerancias, alergias, etc):

Posición en el terreno de juego (portero / defensa / medio / delantero):

Días y horario de los entrenamientos:

Peso habitual:

ANEXO II: Cuestionario básico de actividad física

Número de identificación del entrevistado

CUESTIONARIO BÁSICO: Actividad física		
<p>A continuación voy a hacerle varias preguntas sobre el tiempo que pasa usted desempeñando distintos tipos de actividad física en una semana ordinaria. Le ruego responder las preguntas incluso si no se considera usted una persona físicamente activa. Piense primero en el tiempo que pasa haciendo su trabajo. Piense en las cosas que tiene que hacer, tanto si le pagan como si no, como trabajo, estudio o capacitación, quehaceres domésticos, cosecha, pesca o caza para conseguir comida, busca de empleo. <i>[Introduzca otros ejemplos, si es necesario]</i>. Tenga en cuenta que por «actividades vigorosas» nos referimos a las que exigen un gran esfuerzo físico y aumentan mucho la frecuencia respiratoria y la cardíaca; las «actividades moderadas» exigen un esfuerzo físico moderado y aumentan poco la frecuencia respiratoria o cardíaca.</p>		
Pregunta	Respuesta	Clave
Trabajo		
¿Su trabajo supone desplegar una actividad vigorosa, que aumenta mucho las frecuencias respiratoria y cardíaca [llevar o levantar objetos pesados, cavar o realizar tareas de construcción] durante al menos 10 minutos seguidos? <i>[INTRODUCIR EJEMPLOS] (MUESTRE LA AYUDA GRÁFICA)</i>	Sí 1 No 2 <i>Si la respuesta es «No», pase a P4</i>	P1
En una semana ordinaria, ¿cuántos días despliega usted actividades vigorosas como parte de su trabajo?	Número de días _____	P2
En un día corriente, ¿cuánto tiempo pasa usted desplegando actividades vigorosas?	Horas: minutos _____ : _____ horas minutos	P3 (a-b)
¿En su trabajo tiene usted que realizar actividades moderadas, que causan un pequeño aumento de las frecuencias respiratoria y cardíaca, como caminar a paso vivo [o llevar cargas ligeras] durante al menos 10 minutos seguidos? <i>[INTRODUZCA EJEMPLOS] (MUESTRE LA AYUDA GRÁFICA)</i>	Sí 1 No 2 <i>Si la respuesta es «No», pase a P7</i>	P4
En una semana corriente, ¿cuántos días despliega usted actividades de intensidad moderada como parte de su trabajo?	Número de días _____	P5
En un día corriente, ¿cuánto tiempo pasa usted desplegando actividades de intensidad moderada?	Horas: minutos _____ : _____ horas minutos	P6 (a-b)
Desplazamientos		
<p>Las siguientes preguntas ya no se refieren a la actividad física en el trabajo como las anteriores. Quisiera preguntarle ahora acerca de la manera como va y viene a distintos lugares. Por ejemplo, al trabajo, de compras, al mercado, al templo. <i>[Introduzca otros ejemplos, si es necesario]</i>.</p>		
¿Camina o monta en bicicleta (o triciclo) durante por lo menos 10 minutos seguidos para ir y volver a los distintos lugares?	Sí 1 No 2 <i>Si la respuesta es «No», pase a P10</i>	P7
En una semana corriente, ¿cuántos días camina o monta en bicicleta durante por lo menos 10 minutos seguidos para ir y volver a los distintos lugares?	Número de días _____	P8
En un día corriente, ¿cuánto tiempo pasa usted caminando o en bicicleta para desplazarse?	Horas: minutos _____ : _____ horas minutos	P9 (a-b)

Número de identificación del entrevistado

CUESTIONARIO BÁSICO: Actividad física (continuación)		
Pregunta	Respuesta	Clave
Actividades recreativas		
Las siguientes preguntas ya no se refieren a la actividad física relacionada con el trabajo ni con los traslados como las anteriores. Las preguntas que vienen son sobre deportes, acondicionamiento físico y actividades recreativas [introduzca los términos pertinentes]		
¿Practica usted algún deporte, ejercicio físico o actividad recreativa vigorosa que aumente mucho las frecuencias respiratoria y cardíaca [correr o jugar al fútbol] durante al menos 10 minutos seguidos? [INTRODUZCA EJEMPLOS] (MUESTRE LA AYUDA GRÁFICA)	Sí 1 No 2 Si la respuesta es «No», pase a P13	P10
En una semana corriente, ¿cuántos días despliega usted actividades vigorosas practicando un deporte, haciendo ejercicio físico o divirtiéndose?	Número de días 	P11
En un día corriente, ¿cuánto tiempo pasa usted desplegando actividades vigorosas en deportes, ejercicio físico o recreación?	Horas: minutos : horas minutos	P12 (a-b)
¿Practica usted algún deporte, ejercicio físico o actividad recreativa con una intensidad que acelere un poco la frecuencia respiratoria y cardíaca, como caminar a paso vivo [montar en bicicleta, nadar, jugar al volibol] durante por lo menos 10 minutos seguidos? [INTRODUZCA EJEMPLOS] (MUESTRE LA AYUDA GRÁFICA)	Sí 1 No 2 Si la respuesta es «No», pase a P16	P13
En una semana corriente, ¿cuántos días despliega usted actividades de intensidad moderada practicando un deporte, haciendo ejercicio físico o divirtiéndose?	Número de días 	P14
En un día corriente, ¿cuánto tiempo pasa usted desplegando actividades de intensidad mediana practicando deportes, ejercicio físico o divirtiéndose?	Horas: minutos : horas minutos	P15 (a-b)

CUESTIONARIO AMPLIADO: Actividad física		
Comportamiento sedentario.		
La pregunta siguiente se refiere al tiempo que pasa usted sentado o reclinado en el trabajo, en casa, trasladándose entre distintos lugares o con amigos, incluido el tiempo que pasa sentado ante un escritorio, reunido con amigos, viajando en coche, autobús o tren, leyendo, jugando a las cartas o mirando televisión; no se incluye el tiempo que pasa durmiendo. [INTRODUZCA EJEMPLOS] (MUESTRE LA AYUDA GRÁFICA)		
En un día característico, ¿cuánto tiempo pasa usted sentado o reclinado?	Horas: minutos : horas minutos	P16 (a-b)