Motricidad. European Journal of Human Movement, 2013: **31**, 57-76

PROTOCOLO DE HIDRATACIÓN ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA ACTIVIDAD FÍSICO-DEPORTIVA

Urdampilleta, A. [1]; Martínez-Sanz, J.M. [2];
Julia-Sanchez, S. [3]; Álvarez-Herms, J. [3]

1. Departamento de Fisiología. Facultad de Farmacia. Universidad del País Vasco (UPV-EHU)
2. Asesoramiento Científico-Técnico para la Planificación Deportiva, NUTRIAKTIVE
3. Departamento de Fisiología e Inmunología. Universidad de Barcelona

RESUMEN

Antes, durante y después de la práctica de actividad físico-deportiva, la hidratación es un factor limitante del rendimiento deportivo, y por tanto, una correcta hidratación tiene beneficios para la salud y el rendimiento de los deportistas. Por todo ello se deben establecer las necesidades hidroelectrolíticas y protocolo de reposición de líquidos en el deportista. El objetivo de este artículo es establecer las necesidades hidroelectrolíticas en el deporte y propuesta de un protocolo práctico de hidratación para la realización de ejercicio físico. Se realizó una revisión en Pubmed, SportDiscus y Scielo, además de utilizar Scholar Google y estrategia bola de nieve. Se utilizó «fluid replacement» AND «hydration» AND «exercise» OR «sports» como ecuación de búsqueda. El artículo trata de ofrecer un conocimiento actual sobre el papel de la hidratación en el deporte. Los deportistas tienen que estar bien hidratados y cuando se ejerciten en ambientes calurosos, hiperhidratados, la orina clara puede ser un buen indicador de ello. Durante la actividad físico-deportiva se debería beber bebidas isotónicas, que contengan una mezcla de azúcares simples y de absorción lenta, además de sodio y mantener una temperatura entre 10-20ºC para facilitar el vaciamiento gástrico. La rehidratación post-esfuerzo, debe ser sobre el 150-200% del peso perdido durante el entrenamiento y/o competición.

Palabras clave: reposición de líquidos, hidratación, ejercicio físico, deporte

ABSTRACT

Before, during and after the practice of sport and physical activity, hydration is a limiting factor in athletic performance, and therefore, proper hydration has benefits for health and performance of athletes. Therefore needs to be set electrolyte and fluid replacement protocol in athletes. The aim of this paper is to establish the electrolyte in sports needs and proposing a practical protocol of hydration for physical exercise. A review in PubMed, SportDiscus and SciELO. Besides using Scholar Google and snowball strategy. Was used «replacement fluid» AND «hydration» AND «exercise» OR «sports» as search equation. The article seeks to provide current knowledge on the role of hydration in sports. Athletes should be well hydrated and when you exercise in hot environments, hyperhydrated. The urine clear can be a good indicator of this. The athlete should drink sports drinks, which contain a mixture of simple sugars and slow absorption, in addition to sodium and maintain a temperature between 10-20 ° C to facilitate gastric emptying. Postexercise rehydration should be about 150-200% of the weight lost during training and / or competition.

Key Words: fluid replacement, hydration, exercise, sports

Correspondencia:
Aritz Urdampilleta Otegui
Asesoramiento Científico-Técnico para la Planificación Deportiva.
Unidad de Fisiología y Entrenamientos en Hipoxia Intermitente. Centro Deportivo K2-Kiroldegia.
C/ Comandante Izarduy 18. 1006. Vitoria-Gasteiz.
aritz.urdampilleta@ehu.es

Fecha de recepción: *12/08/2013*
Fecha de aceptación: *26/11/2013*

Introducción

Debido a las condiciones climáticas, la intensidad o la duración de la actividad física (AF), los músculos generan gran cantidad de calor que debe disiparse hacia el ambiente o, de lo contrario, se producirá un aumento en la temperatura central del cuerpo. Así, el aumento de la temperatura corporal por encima de los 37ºC pone en marcha mecanismos para disipar el calor a través de la sudoración y evaporación con el objetivo de mantener estable la temperatura central en unos 36-36.5ºC. Los humanos somos homeotérmicos, y por lo tanto, capaces de regular nuestra temperatura corporal aunque dentro de unos márgenes muy estrechos; entre los 34ºC (límite de hipotermia) y los 45ºC (límite de hipertermia) (Iglesias-Rosado, 2011).

Esta producción de calor por los músculos es proporcional a la intensidad del trabajo, por lo cual tanto en las actividades de corta duración y alta intensidad (deportes de equipo) como las de mayor duración y menor intensidad (media maratón, maratón, etapas de ciclismo, triatlón, …) realizadas en condiciones adversas de temperatura, representan un riesgo de lesiones inducidas por el calor (Armstrong, 1997). A su vez, este proceso fisiológico induce una pérdida de líquidos y minerales en nuestro organismo (Mataix, 2009), los cuales tenemos que recuperar para establecer la homeostasis orgánica.

En la actualidad existe un amplio reclamo popular hacia actividades físico-deportivas con condiciones extremas en términos de duración y clima. Así, actividades como el montañismo, atletismo o ciclismo de fondo o ultrafondo pueden comprometer el equilibrio hidroetectrolítico del organismo pudiendo reducir críticamente la cantidad de minerales en sangre y con ello el correcto funcionamiento del organismo. Procesos como la hiponatremia dilucional han sido descritos en deportes con estas características (Knechtle, Knechtle y Rosemann, 2011; Urso, Brucculeri y Caimi, 2012). El proceso fisiológico descrito como hiponatremia se debe a pérdidas excesivas de sodio en el sudor que provocan una disminución en la concentración plasmática de sodio (Casa, Stearns, López, Ganio, McDermott, Walker, Yamamoto, Mazerolle, Roti, Armstrong y Maresh, 2010; Maughan, Dargavel, Hares y Shirreffs, 2009).

Como ha sido descrito anteriormente, el estado de deshidratación disminuye el rendimiento deportivo en deportes en los que se realizan con un alto estrés térmico (Murray, 2007), calor y alta humedad relativa o frío extremo (ACSM, Sawka, Burk, Eichner, Maughan, Montain y Stachenfeld, 2007). Ciertos estados de deshidratación pueden suponer la pérdida del efecto termorregulador del organismo provocando estados de hipotermia (TºC corporal <35). Por ejemplo, en alpinistas deshidratados se han descrito procesos de congelaciones parciales en las extremidades (pies y dedos de las manos especialmente) debido a la existencia de una vasoconstricción periférica (Kechijan, 2011). Por esta razón, en este ejemplo práctico, el mantenimiento correcto

de la hidratación puede ser un factor determinante entre la vida y la muerte más allá de ser únicamente un factor limitante del rendimiento deportivo (Noakes, 2012).

Durante la AF se ha establecido la existencia de un déficit de ingesta líquida de 0.4-0.6 l/h dependiendo del gasto calórico de la AF y el ambiente en el que se realiza, (temperatura ambiental, humedad relativa o altitud elevada por ejemplo) (Rehrer, 2001). En un estado de deshidratación de vida a la sudoración, se ve comprometido el rendimiento físico, pero también el estado de salud por la pérdida de electrólitos que se dan, especialmente de sodio (Palacios, 2008), es por ello que las bebidas que han de tomar los deportistas durante la AF ha de ser isotónica (con unas concentraciones de hidratos de carbono y sodio determinado para mantener una osmolaridad concreta, parecida a la sanguínea).

Se ha descrito ampliamente cómo el aumento de temperatura interna acelera la sensación de fatiga y la cesación de la actividad cuando esta supera los 40º (González-Alonso, 1999). Este aumento de la temperatura interna tiene relación con el estado de hidratación y la circulación sanguínea. Ha sido descrito cómo en estados de deshidratación existe una restricción sanguínea cutánea debido a que el retorno venoso está comprometido (Nadel, 1980).

El objetivo de esta revisión científica ha buscado establecer un consenso sobre las necesidades hidroelectrolíticas en el deporte (con mayores necesidades de hidratación y/o pérdidas líquidas) y facilitar un protocolo práctico de hidratación que facilite su aplicación durante la realización de ejercicio físico de alta intensidad o en condiciones climáticas extremas.

Método

En base a la bibliografía existente sobre el tema, este estudio ha profundizado en el análisis de las características específicas de la hidratación en deportistas con el objetivo de facilitar la planificación dietético-nutricional y la prevención de riesgos nutricionales en las competiciones y prácticas deportivas.

Para la búsqueda se han utilizado las bases de datos Pubmed, Scirus, SportDiscus y Scielo. También se han obtenido documentos a través del motor de búsqueda «Schoolar Google» y la estrategia bola de nieve, para poder obtener mayor número de artículos relacionados con la temática.

En la estrategia de búsqueda se establecieron palabras clave «fluid replacement» AND «hydration» AND «exercise» OR «sports» como ecuación de búsqueda en inglés y «reposición de líquidos» AND «hidratación» AND «ejercicio» OR «deporte» como ecuación de búsqueda en español.

La búsqueda bibliográfica fue realizada por los investigadores por separado. El periodo de búsqueda fue hasta 2012. Se incluyeron los estudios relevantes en ámbi-

tos que integran los requerimientos hídricos y de nutrientes (macro y micronutrientes), así como las estrategias de reposición y recuperación hidroelectrolítica.

RESULTADOS

Riesgos al ejercitarse en ambientes extremos

Se ha propuesto como índice para clasificar el riesgo de agotamiento por calor el registro de la temperatura rectal (Cheung, McLellan, Tenaglia, 2000):

TABLA 1
Índice para clasificar el riesgo de agotamiento por calor el registro de la temperatura rectal

Riesgo de agotamiento por calor	Temperatura rectal
Riesgo ligero	Hasta 38.1ºC
Riesgo importante	De 30.1-39.4ºC
Riesgo extremo	Por encima de los 39.4ºC

El agotamiento, sin embargo, es excepcional en temperaturas centrales entre 38-39.5ºC y es la norma en temperaturas centrales superiores a los 40ºC.

Por otra parte, en situaciones de frío extremo, para combatir los efectos fisiológicos de éste los seres humanos dependen principalmente de las técnicas de comportamiento para obtener protección contra el mismo (por ejemplo la ropa y los refugios). Pero estas estrategias tienen una utilidad limitada cuando se realizan ejercicios al aire libre en altura o a bajas temperaturas. La temperatura del aire, la velocidad del viento, la radiación solar y la humedad son todos determinantes de la tensión ambiental experimentada durante las pruebas deportivas al aire libre en invierno o en altitud que convierte la regularización de los mecanismos de homeotermia en todo un reto para la fisiología del deportista. Así, hemos de tener en cuenta que un alpinista por ejemplo, tendrá mayor riesgo a padecer congelaciones si está deshidratado, puesto que en esta situación el organismo realiza una vasoconstricción periférica, en la cual la irrigación sanguínea se reduce para mantener los órganos vitales. (Cheung, McLellan, Tenaglia , 2000).

De este modo, en las condiciones ambientales extremas (tanto el calor como el frío) representan un desafío a los mecanismos termo-reguladores del cuerpo y condicionan graves daños para la salud del deportista. Por tanto, será necesario establecer unos adecuadas pautas de hidratación para mejorar y prevenir posibles problemas, así como aumentar el rendimiento deportivo.

Factores que influencian la termorregulación durante la AF en situaciones extremas

Tener en cuenta los factores que puedan influenciar en la termorregulación del organismo, es importante para su prevención y evitar posibles problemas durante la AF.

Los ejemplares más importantes son: 1) la aclimatación al frío o al calor en cuestión, 2) Capacidad Física, 3) peso y composición corporal o 4) estado de hidratación del individuo.

1) *Aclimatación al calor y al frío*

Mediante la aclimatación a ambientes extremos se pueden adquirir adaptaciones que le permiten a una persona tolerar mayor estrés por calor o frío ambiental. En el caso de la aclimatación al calor, es parte fundamental en la prevención de las enfermedades relacionadas con el calor, básicamente induce cambios en la cantidad y calidad de la sudoración así como en el flujo sanguíneo, adaptando al organismo a trabajar más eficientemente en climas calurosos generando menos calor interno. De esta manera se reduce la acumulación de calor y permite un tiempo más prolongado de AF. Las principales adaptaciones cardiovasculares y termorregulatorias se producen durante los primeros pocos días de entrenamiento al calor, alcanzándose la completa adaptación dentro de los 14 días. Sin embargo el 75% de las respuestas de aclimatación fisiológica tienen lugar hacia el final de la primera semana (Cheung et al, 2000).

Para ello, es necesario entrenar en ambiente calurosos a unas temperaturas comprendidas entre 25-35ºC, unas intensidades entre el 60-75%del VO2max (por encima del Umbral Aeróbico), y realizar exposiciones con una frecuencia de 3-5 días a la semana con una duración mayor a 60-120 minutos en cada sesión (Moran, Pandolf, Laor, Heled, Matthew, Gonzalez ,2003).

Se consiguen los siguientes mecanismos compensatorios fisiológicos cuando realizamos aclimatación al calor:

TABLA 2
Mecanismos compensatorios para la aclimatación al calor

Mecanismos compensatorios por la aclimatación al calor	**Observaciones**
1) Aumentos del volumen plasmático en torno a un 10-12%.	Se aumenta en torno a un 10-12%, por el aumento de proteínas plasmáticas.
2) Umbral más rápido de sudoración.	Empezamos a sudar antes, y por ello tenemos mayor capacidad de disipar el calor y así mantener la temperatura corporal más estable.
3) Se triplica la cantidad de sudor generado a una misma intensidad relativa.	Por ejemplo, cuando un deportista no aclimatado suda 0,3l/h, el aclimatado puede sudar en torno a 1 litro/hora.
4) Disminuye la cantidad de sodio y cloro perdidos por litro de sudor.	Esto hace que la pérdida de minerales sea menor y en consecuencia disminuya el riesgo de desequilibrios hidroelectrolíticos.
5) Se reduce la vasodilatación cutánea.	Esto favorece el flujo capilar destinado a los músculos que están activos.

La adaptación aguda y crónica del deportista al frío es mucho menos compleja. No obstante para los deportistas que provienen de países cálidos es más lenta y arriesgada para la salud.

La adaptación crónica al frío disminuye la vasoconstricción cutánea intensificando la circulación sanguínea periférica y disminuyendo menos la temperatura cutánea y muscular, hecho que provoca un aumento de la coordinación, la fuerza, la velocidad y la resistencia del deportista (O'Brien, Young, Lee, 2000). En este caso así como sucede con la aclimatación al calor, se necesitan exposiciones repetidas durante 7-14 días.

2) *Capacidad física*

Cuando se compite en ambientes calurosos, se ha visto que los deportistas alcanzan temperaturas centrales cercanas a los 39-40ºC, pudiendo seguir compitiendo a intensidades moderadas. Una mejor forma física permite tener mayor volumen sanguíneo y a su vez, tener una capacidad mayor de disipar el calor. No obstante, antes hemos visto cómo entrenando en ambientes de estrés térmico se aumentan estas adaptaciones y posiblemente la combinación de una buena forma física y una aclimatación al calor, hacen que el deportista entrenado aguante temperaturas centrales de hasta 39-40ºC sin llegar al estado de tener que parar (Armstrong 1997).

Por otra parte podemos encontrar pocas referencias respecto a la forma física y termorregulación en ambientes fríos. Pero en nadadores de invierno, se ha observado una reducción del umbral termoregulatorio para la inducción de la termogénesis y un retraso en la respuesta del temblor (Vybiral, Lesna, Jansky, Zeman, 2000).

También se necesita exponer el organismo entero a al frío para conseguir esta adaptación y no se consigue cuando solamente se exponen algunas partes del cuerpo (Janský, Matoušková, Vávra, Vybíral, Janský, 2006). Al contrario de lo que sucede en la aclimatación al calor, parece ser que la adaptación general al frío se produce si la aclimatación se realiza con los sujetos en reposo, no en actividad.

3) *Peso y composición corporal*

La composición corporal puede tener relación muy estrecha para aumentar o disminuir la susceptibilidad a la deshidratación. Por ejemplo, un deportista con más masa muscular, tendrá mayor cantidad de agua corporal total (los deportistas tienen alrededor de 60-65%de agua corporal en comparación de un 55-60% los sujetos sedentarios varones) y el que tenga más grasa corporal, lo contrario, menos agua corporal. Un deportista que tenga una gran capacidad física y peso corporal óptimo, será más eficiente en término bioenergético y pérdida de agua corporal. Es por ello, que puede ser interesante optimizar el peso corporal y la composición corporal en los deportistas (Cabañas-Armesilla y Esparza Ros, 2009).

4) *Estado de hidratación*

Los efectos negativos de la deshidratación se observan rápidamente en el deporte, especialmente de larga duración. Un estado de deshidratación de un 2% hace que aumente la frecuencia cardíaca (FC) (para mantener el mismo flujo sanguíneo a los músculos activos) a la misma intensidad y pérdida de la eficiencia fisiológica. A su vez un estado de deshidratación cada vez mayor hará que aumente la temperatura corporal hasta llegar a los 40ºC y tener que cesar la AF si esta situación persiste.

La deshidratación progresiva causa reducciones significativas del volumen sistólico y de la presión arterial media sin llegar a causar una disminución del gasto cardíaco (al mantener elevada la FC).

Además, cuando se ejercita bajo estrés térmico (en torno los 35ºC) , la deshidratación también causa una disminución del gasto cardíaco entre un 10-14% (3-4 l/min) debido a la mayor reducción del volumen sistólico que no se compensa totalmente con el incremento de la FC, acompañado además, de una disminución significativa de la presión arterial media (7%) y un incremento significativo de la resistencia vascular periférica (9%) durante un ejercicio de 2 horas en calor a una intensidad media del 65% del VO2 max. (Gonzalez-Alonso, 1998).

Por otro lado, el estrés por calor ambiental no solo juega un papel importante per se, sino que además acentúa la reducción en la potencia aeróbica máxima que ocurre por la hipohidratación. Las alteraciones en la esfera cardiovascular conducen a reducir el tiempo del ejercicio que se puede tolerar hasta alcanzar la fatiga a intensidades submáximas, que llega a ser de hasta un 50% menor al ejercitarse en el calor.

Independientemente a las respuestas cardiovascular, metabólica y termorreguladora, la deshidratación también causa un incremento significativo de las concentraciones plasmáticas de catecolaminas, ADH, renina, cortisol, hormona adrenocorticotrópica, aldosterona, angiotensina y del péptido atrial natriurético (Laursen 2011).

No obstante, también se alega que la deshidratación parcial en los ambientes extremos y que la hidratación debe de ser suficiente sólo para mantener la osmolaridad plasmática (umbral de sed) y no necesariamente el peso corporal, ya que eso podría dar como resultado un incremento del peso en largas competiciones y aumentar el riesgo de hiponatremia dilucional asociada al ejercicio (Laursen, 2011). Así, en los deportes de larga duración, es permisivo niveles de deshidratación en torno al 2% (Gasth y Burke, 2003), siendo lo ideal niveles de deshidratación entre 1-2% (Jeukendrup, 2005).

Respecto a los ambientes fríos, cabe decir que el frío induce la diuresis a través del incremento en el volumen sanguíneo central causado por la vasodilatación periférica y ésta misma diuresis favorecerá la pérdida de fluidos. Además, los de-

portistas utilizan más ropa y ello dificulta los procesos de transpiración, llegando a pérdidas de sudor en torno a 2 litros/hora, pudiendo incrementarse si la humedad es baja (aumenta la frecuencia de la ventilación). No cabe duda que aunque tradicionalmente se ha subestimado la hidratación en ambientes fríos, es muy importante llevar un adecuado protocolo de hidratación (Kechijan, 2011).

En la actualidad, no existe evidencia sobre la posible adaptación a la hipohidratación. De hecho, la hipohidratación limita las ventajas de la aclimatación (Gasth y Burke, 2003), al producir un aumento de la temperatura central, caída progresiva del gasto cardíaco y de la presión arterial media.

Por ello, se puede tolerar menos intensidad y volumen de AF, diminuyendo el rendimiento físico considerablente. Por ello, debemos establecer unas pautas adecuadas de hidratación antes, durante y después de la AF. Será crucial para la mejora de la salud y rendimiento deportivo.

Recomendaciones de ingesta de líquidos y electrolitos en el deporte

Las necesidades hídricas de un individuo están condicionadas por varios factores: características antropométricas y de composición corporal, género, edad, ejercicio físico diario y ambiente que hace este ejercicio. Por otra parte, el líquido que se ingiere durante la AF tiene que tomarse en volúmenes no muy grandes, con una frecuencia concreta y teniendo unas características adecuadas en cuanto a su osmolaridad (HC y sales minerales) para el buen funcionamiento del organismo. Por ello, se han descrito dificultades para calcular las necesidades reales de modo individual debido a que son múltiples los factores que pueden influir: estado fisiológico, patológico (fiebre, diabetes descontrolada…), procesos de accidentes (quemaduras), dietas seguidas (alta en proteínas o grasas), edad, sexo, composición corporal, condiciones ambientales (humedad relativa, calor, frío, o altitud) y específicamente la actividad física realizada (Urdampilleta y Martínez-Sanz, 2011).

Durante la actividad física, el mecanismo de sudoración como medio de enfriamiento corporal es el principal medio para disipar calor. Con ello se provoca una importante pérdida de líquidos. A la vez, existen pérdidas por la hiperventilación producida por el ejercicio intenso (Murray, 2007). Las recomendaciones generales sobre la reposición hídrica señalan que en una persona adulta sedentaria se considera adecuada la ingesta de 2 litros/día (8 vasos al día) (AEG, SEEN, SEMERGEN, SEMFYC, SEPD, 2010; Martínez-Álvarez, Villarino Martín, Polanco Allué, Iglesias Rosado, Gil Gregorio, Ramos Cordero, López Rocha, Ribera Casado, Maraver Eizaguirre y Legido Arce, 2011) y cuando es físicamente activa, 3 litros (12 vasos al día) (Palacios, Franco, Manonelles, Manuz, Villegas, 2008). Algunos consensos para colectivos no deportivos relacionan la ingesta energética y la cantidad de agua requerida

(ml/kcal), por el contrario existen otros estudios que la relacionan con el peso corporal (ml/kg) (AEG et al, 2010). Las necesidades hídricas durante la actividad física dependen de la intensidad de ejecución y del estrés térmico soportado (humedad relativa y temperatura ambiental). Como norma general, durante la realización de actividad física se ha descrito que debería existir una reposición hídrica entre 0.7-1 l de bebida isotónica por hora, teniendo esta bebida como mínimo una concentración de entre 0.5-0.7g de Na/l (ACSM et al, 2007; ADA, Dietitians of Canada y ACSM, 2009).

1) *Preparativos antes de empezar la actividad físico-deportiva*

Cualquier persona que vaya a realizar una actividad físico-deportiva con una duración mayor a 20-30min y especialmente en ambientes calurosos o de gran humedad relativa (por encima de los 25-30ºC y humedad relativa superior a 55%) debería estar en un estado correcto de hidratación antes de comenzar la actividad. Se ha descrito cómo el rendimiento final en este tipo de pruebas dependerá en parte de su estado de hidratación previa (Kratzing, 2011). La recomendación a tal efecto pasaría por la ingesta de dietas blandas (prioritariamente alimentos semisólidos o purés) durante las 24 horas previas a la actividad. La ingesta debería ser alta en HC y frutas que aportando energía, dejaran poco residuo (baja en fibra), sin ser excesivamente termogénicas en su metabolismo. Los alimentos proteicos tienen un efecto térmico mucho más elevado que las grasas o HC (ADA et al, 2009).

La *National Athletic Trainers Association* y en el Consenso de la Federación Española de Medicina Deportiva del 2008 recomiendan beber 500 mL de fluidos 2 horas antes del ejercicio. Dicha práctica debería optimizar el estatus de hidratación permitiendo que cualquier exceso de fluido fuera excretado a través de la orina antes del comienzo del ejercicio (Palacios et al, 2008). La coloración de la orina puede ser una herramienta útil para valorar el estado de hidratación previo al ejercicio. Una orina incolora (no amarillenta y menos oscura de lo normal) muestra una orina diluida, significando que hay una correcta hidratación. Por el contrario, una coloración muy oscura indicaría un estado de deshidratación parcial (Maughan y Shirreffs, 2010). De manera objetiva podemos valorar la pérdida de líquido a través del control del peso corporal (previo e inmediatamente posterior a la actividad física). La disminución del peso del deportista suele ser por pérdida de agua corporal. Es importante por ello, que la ingesta pre y per competición sea un hábito previamente educado durante el entrenamiento para tolerar la ingesta en competición (Urdampilleta et al, 2011).

2) *Hidratación durante la actividad físico-deportiva*

En ambientes muy calurosos o con condiciones de alta humedad relativa la ingesta de 2-3 l/día puede ser insuficiente siendo necesario hasta más de 4 l/día

(Noakes, 2012; Murray, 2007) para poder realizar actividad física con garantías de salud y rendimiento físico. La ingesta de bebidas deportivas comerciales incluyen azúcares en su composición para favorecer la consecución de los siguientes objetivos: 1) mantenimiento de los depósitos de glucógeno muscular y la glucemia estable y 2) evitar estados de deshidratación. Ambos factores son limitantes del rendimiento deportivo (Shirreffs y Sawka, 2011; Goulet, 2012) y una adecuada hidratación reduciría un estado de fatiga temprana inducida, en parte, por un déficit hidroelectrolítico (Williams y Blackwell, 2012).

Un factor positivo que mejoraría la capacidad de resistencia sería la eficiencia energética y el ahorro de glucógeno durante la actividad física. Esta premisa se basa en que los depósitos de glucógeno son limitados; 10-12% del peso en el hígado (60-10g en total) y 1-1.5% del peso en los músculos (entre 300-500g, según la hipertrofia muscular del deportista) (Iglesias Rosado, Villarino Marín, Martínez, Cabrerizo, Gargallo, Lorenzo, Quiles, Planas, Polanco, Romero de Ávila, Russolillo, Farré, Moreno Villares, Riobó y Salas-Salvadó, 2011). Por ello, una estrategia nutricional pasa por conseguir mantener los niveles de glucemia circulante estables gracias a un aporte exógeno de glucosa y de este modo conseguir reducir el consumo de glucógeno muscular. Si se compara con la ingesta de agua sola, al añadir HC a una solución y consumiéndola a un ritmo de 1g/min (60g de azucares/h), se reduce la oxidación de glucosa en el hígado hasta un 30%. Varios estudios han concluido como el aporte de una mezcla de azúcares en las bebidas de rehidratación, con una concentración de entre 6-9% durante el esfuerzo, mejora el rendimiento del deportista (Burke, Hawley, Wong y Jeukendrup, 2011; Evans, Shirreffs y Maughan, 2009).

Estudios publicados sobre el ritmo de reposición hidroelectrolítica demuestran que la reposición del 80% de las pérdidas de fluido a través del sudor sólo causan un pequeño incremento de la temperatura corporal y de la frecuencia cardíaca, así como una discreta disminución del volumen sistólico durante 2 horas de ejercicio moderado en el calor. La ingesta de un volumen de líquido igual al 100% de las pérdidas de agua a través del sudor evita por completo estas alteraciones funcionales durante el ejercicio en el calor y el organismo se comporta de forma similar a cómo lo hace en un entorno con una temperatura ambiental de 22°C. Este régimen forzado de reposición hídrica no causa ningún problema gastrointestinal ni produce un aumento del volumen de orina tras finalizar el ejercicio en los sujetos que ya están aclimatados a una reposición hídrica alta durante las sesiones de entrenamiento. De modo conciso, los deportistas deberían establecer un intervalo entre un 80-100% de reposición hídrica después de las actividades de entrenamiento y competición por encima del 70% del VO2max o en condiciones extremas climáticas (Evans et al, 2009).

Se ha demostrado que existe relación entre una mejora en el rendimiento deportivo y la mayor ingesta de bebida y azúcares por hora (30-90g HC/h) (Burke et al. 2011, Jeukendrup y Moseley, 2010). Pese a ello, pueden existir molestias gastrointestinales (Pfeiffer et al. 2012).

En función del deportista, especialidad deportiva y nivel deportivo, la recomendación básica debería ser conseguir un estado de rehidratación continuo siempre y cuando este sea compatible con la propia sensación de llenado y los ritmos durante la competición (Maughan y Shirreffs, 2010). En todas aquellas prácticas que permitan beber en descansos entre periodos de juego habría que hacerlo constantemente (Holway y Spriet, 2011). Si no existe la rehidratación constante, el gasto cardíaco tiene tendencia a disminuir induciendo una hipertermia asociada a un aumento de la frecuencia cardíaca y de la percepción de la dureza del esfuerzo.

Como norma general, durante la actividad física de alta intensidad o dureza climática, se recomienda hacer ingestas de 0.6-1 l/h con tomas (150-250ml) frecuentes cada 15-20min y siempre con un contenido isotónico. La composición isotónica mantiene la osmolaridad entre 200-320mOsm/l, la concentración de azúcares entre 6-9% y concentración de sodio entre 0.5-0.7g/l y entre 0.7-1.2g de Na/l. Esto es recomendable cuando la actividad física es mayor de 3 horas y se compite a temperaturas elevadas (Laursen, 2011).

3) *Rehidratación después de la actividad físico-deportiva*

Existe un conocimiento no científico general entre los deportistas acerca de la importancia de la hidratación y la ingesta de HC durante la competición o entrenamiento. Pese a ello, también debería ser conocida la importancia de la ingesta y reposición hídrica post-esfuerzo para favorecer una correcta recuperación. Este proceso favorece la posibilidad de continuar ejercitándose en días posteriores y mejorar el rendimiento deportivo. En este sentido, un objetivo es recuperar lo antes posible el peso perdido durante la actividad físico-deportiva (Palacios et al, 2008; Shirreffs et al, 2011).

Se ha descrito que se requiere una reposición hídrica del 150-200% del peso perdido durante un entrenamiento o competición para cubrir las pérdidas por sudoración y producción de orina (Evans et al. 2009). Además, la bebida debería ser ligeramente hipertónica (contiene más sodio que la bebida isotónica) con unos valores de 1-1.2 g de sodio/l (Evans et al. 2009) y teniendo en cuenta también el ión potasio (K+) y magnesio (Mg2+). La inclusión de la bebida hipertónica juega un papel fundamental en la retención del agua porque aumenta la sed y reduce la diuresis producida por el consumo de agua sola (Shirreffs et al, 2011; Evans et al, 2009).

Dentro de las pautas de rehidratación post-esfuerzo, es importante comentar el papel que pueden tener algunas bebidas de consumo social como son los refrescos y/o la cerveza. Éstas pueden ayudar a restablecer el líquido perdido durante la actividad física pero no son adecuadas para la reposición de electrolitos porque no contienen cantidades adecuadas de sodio. Por otra parte, en el caso de ingesta de cerveza, es importante apuntar que debería ser sin alcohol por el efecto diurético resultante si ésta tiene una graduación superior al 2% (Hobson y Maughan, 2011). Respecto a las bebidas no alcohólicas, como refrescos o zumos, podrían ser contempladas para las fases de recuperación, evitando una alta gasificación con el fin de minimizar molestias digestivas. Muchas de ellas pueden cumplir con las recomendaciones generales para las bebidas de reposición, pero apenas ninguna llegará a las cantidades óptimas de sodio, siendo este un mineral esencial para la correcta reposición de líquidos (Maughan et al, 2009).

Características de las bebidas para deportistas: aspectos prácticos

Es muy importante que las bebidas especialmente diseñadas para la realización de actividad físico-deportiva tengan unas características concretas especialmente en cuanto a la cantidad de azúcares y sodio durante (isotónicas) y después del esfuerzo (ligeramente hipertónicas) (Palacios et al, 2008, Shirreffs, 2011).

Antes de la actividad físico-deportiva, sería importante que las bebidas ingeridas no fueran muy azucaradas y con un índice glucémico alto. Si fuera así existiría una respuesta en la insulina que podría provocar efectos hipoglucemiantes de rebote reduciendo en rendimiento deportivo (Palacios et al, 2008).

De modo cuantitativo se recomendaría la ingesta de 60-90g de HC/hora en el caso de deportes de larga duración (>3 horas) (Burke et al, 2011; Jeukendrup, 2011) y en deportes de equipo (entre 1-2 horas) de 30-60g/hora (Jeukendrup, 2011). Pese a que lo más lógico induciría a pensar que ingerir una bebida hipertónica sería más positivo, las instituciones internaciones recomiendan no pasar de 6-9% la concentración de HC al haber una limitación en cuanto a la absorción de azúcares/hora. Es importante anotar que se ha observado que la mezcla de diferentes azúcares (sacarosa, fructosa, maltodextrinas, etc) es la forma ideal para aumentar la absorción de los azúcares por hora (Burke et al, 2011, Palacios et al, 2008; ACSM et al, 2007).

Otro aspecto a tener en cuenta es la velocidad del vaciado gástrico (entre 1-1.5 horas en vaciar 1 litro del estómago) y con ello la posterior absorción. Este proceso está influenciado por una variedad de factores como son la naturaleza de los solutos y el valor energético del mismo. Las cantidades óptimas de absorción intestinal por hora son entre 600-800 ml (agua), 60g (glucosa) y hasta 90g maltodextrina o fructosa, teniendo en cuenta que esta última a grandes dosis puede ocasionar problemas

gastrointestinales (Pfeiffer, Stellingwerff, Hodgson, Randell, Pöttgen, Res y Jeukendrup, 2012). Por ello no se recomienda que la bebida isotónica contenga más de un 20-30% de fructosa y a su vez que la combinación de azúcares rápidos (glucosa, maltodextrina) y lentos (fructosa) sea de 3/1.

TABLA 3
Características y recomendaciones de ingesta de bebidas isotónicas durante la actividad físico-deportiva

CARACTERÍSTICAS DE LAS BEBIDAS ISOTÓNICAS			
	Mínimo	**Máximo**	**Observaciones**
Kilocalorías (Kcal / l) Volumen (ml)	80 500	350 1000	**Según la modalidad deportiva**. La tendencia debe ser reducir el volumen de ingesta al mínimo a medida que existe mayor movilización e masa corporal (p.ej. > movilización de masas corriendo que ejercitándose en ciclismo)
Azúcares (%)	6	9	**Según la intensidad de competición**. Competiciones deportivas de una duración menor a los 60 minutos y con un ritmo de ejecución en umbral anaeróbico o por encima uno de los factores limitantes del rendimiento, es el agotamiento de los depósitos de glucógeno muscular. Debido a que en competiciones tan intensas es difícil hidratarse; en condiciones favorecidas, es importante aumentar el contenido de HC en la bebida.
Tipo de azúcares	Optimización máxima con mezcla de azúcares rápidos (Glucosa, maltodextrina, p.ej.) y azúcares de absorción lenta (fructosa) en una proporción 3/1.	Que la fructosa no supere el 33% de los azucares totales.	En las carreras de larga duración podemos añadir más azúcares de IG lento. Pese a ello debe tenerse presente que pueden causar problemas gastrointestinales y mala absorción. Por el contrario, como se ha citado anteriormente, en actividades de muy alta intensidad y menor duración (60 minutos máximo) es recomendable incluir azúcares de IG alto.
Sales Minerales	Na^+ (0.46g/l)	Na^+ (1.20g/l)	Es recomendable incrementar la proporción de sodio en pro de evitar estados de hiponatremia en actividades de larga duración (> 2-3 horas) y cuando la actividad física se realiza en condiciones extremas (frío, calor, o humedad relativa alta). Con la aclimatación al calor podemos conseguir una pérdida menor de sales.
Osmolaridad (mOsm/l)	200	330	

TABLA 3 (Cont.)

Temperatura (ºC)	10	20	Durante la actividad física en ambientes por encima de los 25ºC podemos añadir cubitos de hielo con el objetivo de que la ingesta sea más apetecible y favorecer así la hidratación.
Frecuencia de las tomas (minutos)	15	30	Se recomienda realizar repetidas ingestas de 150-250ml cada 15-20´. Pese a ser una recomendación, debería ser pautado para mejorar el rendimiento físico y saludable. Durante ejercicio físico con continuos cambios de intensidad es recomendable no tomar bebidas.
Cantidad de tomas	150 ml	250 ml	Dependiendo de la intensidad de ejercicio se recomiendan ingestas pequeñas (150 ml.) en alta intensidad (>umbral anaeróbico) o medianas (250ml.) (<umbral anaeróbico).
Observaciones Generales	- Cuando se ejercita a temperaturas extremas (por encima de 30ºC) sería recomenda ble añadir cubitos de hielo para mantener la temperatura idónea de ingesta que favorezca la palatabilidad y las ganas. - Es importante destacar la siguiente regla: «a mayor necesidad de hidratación menor debe ser la concentración de HC (4-6%) y mayor la de sales minerales (0.7-1 g/l). De este modo evitamos estados de déficit de minerales (hiponatremia).		

La temperatura influye en la capacidad de absorción. Valores inferiores a 10ºC ralentizan la absorción de la bebida (Jekendrup, 2011) y por contra superiores a 20ºC no son apetecibles. Por lo tanto, es importante mantener una adecuada temperatura de la bebida isotónica especialmente en ambientes muy calurosos. El uso de cubitos de hielo es un recurso válido para el mantenimiento frío y apetecible.

DISCUSIÓN - APLICACIONES PRÁCTICAS

Protocolo de hidratación para la actividad física y el deporte

Aunque las recomendaciones teóricas citadas son muy recomendables, durante la realización de actividades deportivas de alta intensidad la reposición de fluidos suele ser difícil y el ritmo de reposición hídrica teórica necesaria podría ser contraproducente en varios aspectos: 1) producir molestias digestivas; 2) una afectación en la biomecánica específica del movimiento e incluso en momentos puntuales tener que bajar el ritmo competitivo para poder realizar esta reposición. Por todo ello, pese a ser recomendable, aceptamos que las exigencias de la competición debido a la intensidad y la duración dificulte la intervención.

De modo contrario, en los deportes de equipo hay limitaciones en cuanto a la normativa del juego. La reposición hídrica está limitada por el reglamento durante la actividad competitiva. El jugador debería abandonar el terreno de juego en tal caso para ingerir los alimentos sólidos o líquidos limitando así el rendimiento colectivo.

En última instancia en deporte de muy larga duración, la limitación proviene de la gran cantidad de ingesta de líquidos y sólidos (geles, alimentos semisólidos o só-

lidos) llevada a cabo. Esta puede acarrear a un aumento de la osmolaridad y en consecuencia, a problemas gastrointestinales. No obstante, ha sido demostrado que pese a referirse problemas gastrointestinales, se mejora el rendimiento deportivo.

Por todo lo comentado en esta revisión y la amplia literatura científica que refuerza este concepto, la realización de protocolos de hidratación previos, durante y posteriores a la actividad física es necesario para optimizar al máximo el rendimiento deportivo y la salud.

TABLA 4
Características y consideraciones de las bebidas para deportistas antes, durante y después de la actividad físico-deportiva

ANTES	DURANTE	DESPUÉS
Se han descrito protocolos de optimización de la sobrecarga de glucógeno con recomendaciones de 3 días previos a la competición. La dieta debería contener una alta proporción de HC (10-11 g de HC por kg del peso corporal) (Burke et al, 2001; Holway et al, 2011). El objetivo es aumentar en la medida de lo posible los depósitos de glucógeno. Es importante anotar que para mejorar la retención de glucógeno se requiere una importante hidratación (para almacenar 1g de glucógeno muscular se necesitan 2.7g de agua).		
	Recomendaciones hidratación	
Hidratación en breves cantidades (de 5 a 7 ml/kg) durante las 4 horas previas al ejercicio. Como se ha citado anteriormente, la coloración de la orina es un síntoma claro que puede ser útil. Observando indicios de mala hidratación se podría añadir entre 3-5 ml/kg más en las últimas 2 horas previas. En los días muy calurosos asegurar la toma de 0,5 l a última hora.	Ingerir cada 15-20´ entre 150-250 ml de bebida isotónica que contenga entre 6-9% de combinación de varios azúcares (glucosa, sacarosa, maltodextrina y fructosa). Ingerir entre 0,6-1 l/h, según la modalidad deportiva (Noakes, 2012). Se necesita asegurar la toma de 0,5-0,7g de Na^+/l. En días muy calurosos y en competiciones de ultraresistencia aumentar la dosis entre 0,7-1g Na^+/l, por peligro de inducir una hiponatremia. La ingesta de cafeína podría ser una ayuda ergonutricional. En dosis inferiores a 300mg ha demostrado no ser diurética (Maughan et al, 2003) y beneficiosa (Millard-Stafford, Cureton, Wingo, Trilk, Warren y Buyckx, 2007).	Se recomendará ingerir, mínimo, un 150-200% de la pérdida de peso (mínimo: 1,5 l/kg peso perdido) en las primeras 6 horas post-ejercicio (para equilibrar las pérdidas por sudor y orina) con aporte de Na^+ entre 1-1,5g/l (Palacios et al. 2008).

TABLA 4 (Cont.)

Características de la bebida		
Hipotónica-Isotónica	**Isotónica**	**Hipertónicas**
0,5-0,7g Na/l. 4-6% azucares	0,5-0,7g Na^+/l. 0,7-1,2 $Na^{\pm}$/l. (Duración sup. 3h o bajo estrés térmico) 6-9% azucares	1-1,5g Na^+/l. 9-10% azucares (Evans, 2009)
Se recomiendan tomas de 30-60-90g de azúcares a la hora para obtener el máximo rendimiento. La cantidad podrá variar en función de la duración de la actividad físico-deportiva (Jekendrup, 2011).		
Otros nutrientes para la recuperación deportiva		
No tomar demasiados HC (con IG bajo) para que el efecto de la insulina sea menor y así evitar una hipoglucemia de rebote. La toma del glicerol* como ayuda ergonutricional valdría para actividades físicas como el alpinismo debido a que mejora el estado de hidratación (hiperhidratante). En deportes olímpicos, sin embargo, está declarado como ilegal (COI, 2013) al ser considerado una sustancia prohibida (BOE, 2012; Nelson y Robergs, 2007).	La ingesta de hidrolizados de proteínas de rápida absorción (al 2-4%) en carreras de ultraresistencia (de más de 6 horas) podría ser eficaz para mejorar la recuperación en las carreras non-stop en los ultrails (Witard, Jackman, Kies y Jeukendrup, 2011).	La toma de aa ramificados ayuda a la recuperación muscular y mejorar el sistema inmunológico post- ejercicio (Negro, Giardina, Marzani y Marzatico, 2008). Del mismo modo también se ha descrito un papel inmunomodulador de los azucares post- ejercicio (Palacios et al. 2008). La ingesta de 1-1,2 HC/Kg de peso favorece la recuperación y está aumentada si añadimos proteínas hidrolizada a la bebida recuperadora en una proporción HC/P, 3-4/1, añadiendo aminoácidos ramificados (AAR) al batido (Urdampilleta, Vicente-Salar, Martínez-Sanz, 2012).
Es importante tomar entre 1-1,2g de azúcares por kg de peso corporal cada hora, durante las siguientes 6 horas posteriores, así como la combinación de HC/proteínas en una combinación 3-4/1 (Urdampilleta et al, 2012).		

*El glicerol es una ayuda ilegal por la Agencia Mundial Antidoping (AMA) para el deporte desde el 2010.

CONCLUSIONES

1) Atendiendo a la necesidad de control de la salud del deportista por parte de los profesionales, el control de la hidratación (antes, durante y después de la actividad física) es vital para garantizar el mantenimiento de la competencia física y la salud (Mahugan, Shirreffs y Watson, 2007; Noakes, 2012).
2) Como norma general los deportistas deben estar bien hidratados para hacer frente a sus necesidades fisiológicas durante la actividad física y en determinadas condiciones hiperhidratados (ambientes calurosos). La orina clara puede ser un buen indicador de ello. Además, una buena hidratación ayuda a depositar adecuadamente el glucógeno muscular ingerido (Burke et al, 2011).

3) Durante la actividad físico-deportiva debería ingerirse bebida isotónica con un contenido mezcla de azúcares simples y de absorción lenta además de sodio. Se debería beber cada 15-20´ en pequeños sorbos de 150-250ml (Jekendrup. 2011).
4) Cuando el ejercicio es de muy larga duración (superior a 3 horas) y se compite bajo gran estrés térmico se debería incidir en la aportación de sodio a la bebida, aumentando de 0,5-0,7g/l a 0,7-1,2g/l y mantener la bebida a temperatura entre 10-20ºC. Esto favorecería su apetencia y el vaciado gástrico. Añadir hielo al líquido puede ser una buena técnica.
5) En actividades extremas como el alpinismo, es posible la ingesta de líquidos reiterada durante la actividad física. Por ello, se podría añadir a las bebidas recuperadoras una pequeña cantidad de proteína hidrolizada y especialmente aa ramificados para la recuperación celular.
6) La rehidratación es crucial para una correcta recuperación del deportista. Se recomienda tomar entre 1-1,2 g de azúcares por kg de peso corporal cada hora en las siguientes 6 horas mediante bebidas recuperadoras, que además de contener azúcares que tengan una combinación de HC/proteínas de rápida absorción (proteína de suero) de 3-4/1 más AAR (Urdampilleta et al, 2012).
7) El deportista ha de recuperar cuanto antes el 150-200% del peso perdido durante el entrenamiento y/o competición.
8) El glicerol puede ser una ayuda ergonutricional hiperhidratante adecuada para actividades de extrema duración no consideradas olímpicas, porque se trata de una sustancia ilegal de uso en el deporte. También se ha de considerar, la toma de cafeína durante el evento (Millard-Stafford et al, 2007) así como la utilización de aa ramificados para la recuperación muscular post-esfuerzo.
9) Los efectos de la deshidratación incrementan la temperatura a nivel central reduciendo el volumen de fluido sanguíneo hacia las extremidades. Este proceso favorece el aumento de la hiperosmolaridad, la reducción en la perfusión sanguínea (cutánea), aumenta el estrés cardíaco (taquicardia), causa hipovolemia, acompañada de una vasodilatación periférica y un descenso en la capacidad de retorno venoso (Armstrong, 1997). Todo ello reduce el rendimiento físico en actividades de larga duración y/o alta intensidad.

Referencias

American College of Sports Medicine (ACSM), Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J. y Stachenfeld, N. S. (2007). Exercise and Fluid Replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise. 39*(2), 377-390.

American Dietetic Association (ADA), Dietitians of Canada y American College of Sports Medicine (ACSM). (2009). *Nutrition and Athletic Performance. Journal of American Dietetic Association. 109*(3), 509-527.

Armstrong, L. E., Maresh, C. M., Gabaree, C. V., Hoffman, J. R., Kavouras, S. A., Kenefick, R. W., … & Ahlquist, L. E. (1997). Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake. *Journal of Applied Physiology. 82*(6), 2028-2035.

Asociación Española de Gastroenterología (AEG), Sociedad Esapañola de Endocrinología y Nutrición (SEEN), Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria (SEMERGEN), Sociedad Española de Medicina Familiar y Comunitaria (SEMFYC) y Sociedad Española de Patología Digestiva (SEPD). (2010) *Consejos de hidratación con bebidas con sales minerales e ingesta recomendada en los procesos de rehidratación y deshidratación leve*. Monografía editada con la colaboración de Coca-Cola España. Madrid.

Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. y Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Science. 29* (Suppl 1), 17-27.

Cabañas-Armesilla MD, Esparza Ros F. *Compendio de cineantropometria*. Madrid: CTO Editorial; 2009.

Casa, D. J., Stearns, R. L., López, R. M., Ganio, M. S., McDermott, B. P., Walker Yeargin, S., Yamamoto, L. M., Mazerolle, S. M., Roti, M. W., Armstrong, L. E. y Maresh, C.M. (2010). Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *Journal of Athletic Training. 45*(2), 147-156.

Cheung S. S., McLellan T. M., Tenaglia S. (2000). The thermophysiology of uncompensable heat stress: Physiological manipulations and individuals characteristics. *Sports Med. 29*(5), 329-359.

Comité Olímpico Internacional (COI). (2013). Sport. Recuperado de: *http://www.olympic.org/sports*.

Evans, G. H., Shirreffs, S. M., Maughan, R. J. (2009). Postexercise rehydration in man: the effects of osmolality and carbohydrate content of ingested drinks. *Nutrition. 25*(9), 905-913.

Garth, A.K., Burke, L.M.(2013). What do athletes drink during competitive sporting activities? *Sports Med. 43*(7), 539-64.

González-Alonso, J (1999).. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology. 86*(3), 1032-1039.

Goulet ED. (2012). Dehydration and endurance performance in competitive athletes. *Nutrition Review. 70* (Suppl 2), 132-6.

Hobson, R. M. y Maughan, R. J. (2010). Hydration status and the diuretic action of a small dose of alcohol. *Alcohol and Alcoholism. 45*(4), 366-373.

Holway, F. E. y Spriet, L. L. (2011). Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *Journal of Sports Science. 2011;29*(S1):S115-125.

Iglesias Rosado, C., Villarino Marín, A. L., Martínez, J. A., Cabrerizo, L., Gargallo, M., Lorenzo, H., Quiles, J., Planas, M., Polanco, I., Romero de Ávila, D., Russolillo, J., Farré, R., Moreno Villares, J. M., Riobó, P. y Salas-Salvadó, J. (2011) Importancia del agua en la hidratación en la población española: documento FESNAD. *Nutrición Hospitalaria. 26*(1), 27-36.

Janský, L., Matoušková, E., Vávra, V., Vybíral, E., Janský, P. (2006). Thermal, Cardiac and Adrenergic Responses to Repeated Local Cooling Physiol. *Res 55*, 543-549.

Jeukendrup, A.E., Jentjens, R.L., Moseley, L. (2005). Sports Nutritional considerations in triathlon. *Med. 35*(2),163-81.

Jeukendrup, A. E. (2011) Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Science. 29* (Suppl 1), 91-99.

Kechijan, D. (2011). Optimizing nutrition for performance at altitude: a literature review. *Journal of Special Operartions Medicine: a peer reviewed. 11*(1), 12-17.

Knechtle, B., Knechtle, P. y Rosemann, T. (2011). Do male 100-km ultra-marathoners overdrink? *International Journal Sports Physiology and Performance, 6*(2), 195-207.

Kratzing, C. (2011). Pre-operative nutrition and carbohydrate loading. *Proceedings of the Nutrition Society, 70*(3), 311-315.

Laursen, P. B. (2011) Long distance triathlon: demands, preparation and performance. *Journal of Human Sport and Exercise, 6*(2), 231-237.

Martínez-Álvarez, J. M., Villarino Martín, A., Polanco Allué, I., Iglesias Rosado, C., Gil Gregorio, P., Ramos Cordero, P., López Rocha, A., Ribera Casado, J. M., Maraver Eizaguirre, F. y Legido Arce, J. C. (2008). Recomendaciones de bebida e hidratación para la población española. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria, 28*(2), 3-19.

Mataix Verdú, J. (2009). *Fisiología de la hidratación y nutrición hídrica*. Monografía editada con la colaboración de Coca-Cola España. Madrid.

Maughan, R. J. and Shirreffs, S. M. (2010). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavan Journal of Medicine & Science in Sports. 20*(Suppl 2), 59-69.

Maughan, R. J. y Griffin, J. (2003). Caffeine ingestion and fluid balance: a review. *Journal of Human Nutrition and Dietetic, 16*(6), 411-420.

Maughan, R. J., Dargavel, L. A., Hares, R. y Shirreffs, S. M. (2009). Water and salt balance of well-trained swimmers in training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 19*(6), 598-606.

Maughan, R. J., Shirreffs, S. M. and Watson, P. (2007). Exercise, heat, hydration and the brain. *Journal of the American College of Nutrition, 26*(5 Suppl), 604-612.

Millard-Stafford, M. L., Cureton, K. J., Wingo, J. E., Trilk, J., Warren, G. L. y Buyckx, M. (2007). Hydration during exercise in warm, humid conditions: effect of a caffeinated sports drink. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 17*(2). 163-177.

Moran, D.S., Pandolf. K.B., Laor. A., Heled. Y., Matthew. W.T., Gonzalez. R.R. (2003). Evaluation and refinement of the environmental stress index for different climatic conditions. *J Basic Clin Physiol Pharmacol, 14*(1),1-15.

Murray B. Hydration and physical performance. *J Am Coll Nutr 2007, 26*(5):S542-8.

Nadel, E. R., Fortney, S. M., & Wenger, C. B. (1980). Effect of hydration state of circulatory and thermal regulations. *Journal of Applied Physiology, 49*(4), 715-721.

Negro, M., Giardina, S., Marzani, B. y Marzatico, F. (2008). Branched-chain amino acid supplementation does not enhance athletic performance but affects muscle recovery and the immune system. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 48*(3), 347-351.

Nelson, J. L. y Robergs, R. A. (2007). Exploring the potential ergogenic effects of glycerol hyperhydration. *Sports Medicine, 37*(11), 981–1000.

Noakes, T. D. (2012). Commentary: role of hydration in health and exercise. *British Medical Journal, 18*, 345.

Palacios, N., Franco, L., Manonelles, P., Manuz, B. y Villegas, J.A. (2008). Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. Documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte, 15*(126), 245-258.

Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Hodgson, A. B., Randell, R., Pöttgen, K., Res, P. y Jeukendrup, A. E. (2012). Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Medicine & Science in Sports Exercise. 44*(2), 344-351.

Rehrer, N. J. (2001). Fluid and electrolyte balance in ultraendurance sport. *Sports Medicine, 31*(10), 701-715.

RESOLUCIÓN de 30 de noviembre de 2011, del Consejo Superior de Deportes, por la que se aprueba la lista de sustancias y métodos prohibidos en el deporte para el año 2012. BOE. 27/12/2011;311:142603-8.

Shirreffs, S. M. y Sawka, M. N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences, 29*(suppl 1), 39-46.

Urdampilleta, A. y Martínez-Sanz, J. M. (2011). *Evaluación nutricional Deportiva*. Valencia: Universitat de Valencia; 2011.

Urdampilleta, A., Vicente-Salar, N. y Martínez-Sanz, J. M. (2012b), Necesidades proteicas de los deportistas y pautas diétetico-nutricionales para la ganancia de masa muscular. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética, 16*, 25-35.

Urso C, Brucculeri S, Caimi G. Hyponatremia and physical exercise. *Clin Ter. 2012, 163*(5):e349-e356.

Vybiral, S., Lesna, I., Jansky, L., and Zeman, V. (2000). Thermoregulation in winter swimmers and physiological significance of human catecholamine thermogenesis. *Experim. Physiol. 85*, 326-343.

Williams, C. A. y Blackwell, J. (2012). Hydration Status, Fluid Intake and Electrolyte Losses in Youth Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 7*(4), 367-374.

Witard, O. C., Jackman, S. R., Kies, A. K., Jeukendrup, A. E. y Tipton, K. D. (2011). Effect of increased dietary protein on tolerance to intensified training. *Medicine & Science in Sports & Exercise. 43*(4), 598-607.