

## **CONSENSO SOBRE BEBIDAS PARA EL DEPORTISTA. COMPOSICIÓN Y PAUTAS DE REPOSICIÓN DE LÍQUIDOS DOCUMENTO DE CONSENSO DE LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE**

## **CONSENSUS ON DRINKS FOR THE SPORTSMAN. COMPOSITION AND GUIDELINES OF REPLACEMENT OF LIQUIDS DOCUMENT OF CONSENSUS OF THE SPANISH FEDERATION OF SPORTS MEDICINE**

### **INTRODUCCIÓN**

Aunque en general una dieta equilibrada y una correcta hidratación son la base para cubrir los requerimientos nutricionales en la mayoría de las personas que hacen deporte, se sabe que existen necesidades específicas que van a depender de diferentes factores, como son las condiciones fisiológicas individuales, el tipo de deporte practicado, el momento de la temporada, el entrenamiento y el periodo de competición<sup>1</sup>.

Los dos hechos demostrados que más contribuyen al desarrollo de fatiga durante el ejercicio físico son la disminución de los hidratos de carbono almacenados en forma de glucógeno en el organismo y la aparición de deshidratación por la pérdida por el sudor de agua y electrolitos. Quien quiere optimizar su rendimiento deportivo necesita estar bien nutrido e hidratado.

### **EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE LÍQUIDOS**

La reposición más importante en relación con el esfuerzo físico es el restablecimiento de la homeostasis, alterada por la pérdida de agua e iones. De hecho, incrementos en la temperatura y humedad ambientales aumentan la cantidad de sudoración en, aproximadamente, 1 litro/hora. La evaporación del sudor es el mecanismo más eficiente para evitar el calentamiento del núcleo interno, con el grave riesgo de patología por ca-

lor que suponen temperaturas por encima de los 30°C. Dependiendo de la variación individual, del tipo de ejercicio y, fundamentalmente, de la intensidad del mismo, la cantidad de sudor puede incluso alcanzar valores iguales o superiores a 3 litros/hora<sup>2</sup>. Estas pérdidas de líquido interno, necesarias para producir un enfriamiento en la piel mediante la evaporación del sudor, llevan al deportista a una deshidratación por una hipovolemia hiperosmótica (debido a que el sudor es hipotónico con respecto al plasma). Finalmente, cuando la capacidad de producir sudor comienza a limitarse, el núcleo interno sube de temperatura y aumenta el riesgo de una patología grave por calor.

Aunque entre hombres y mujeres que no realizan ejercicio físico existe una diferencia en la capacidad de termorregulación favorable a los varones (entre otras razones por su mayor superficie corporal y menor contenido en grasa subcutánea), cuando se comparan deportistas de ambos sexos la diferencia se minimiza, ya que el grado de entrenamiento, aclimatación, contenido en grasa, etc., es similar y, si fuera ligeramente favorable al varón, las mujeres lo compensan gracias a su mayor eficacia en evaporar el sudor<sup>3,4</sup>.

Aproximadamente el 80% de la energía producida para la contracción muscular se libera en forma de calor en el organismo, que debe eliminarse rápidamente para no provocar un aumento de la temperatura corporal por encima

**Nieves Palacios Gil-Antuñano**  
(Coordinadora)

**Luis Franco Bonafonte**

**Pedro Manonelles Marqueta**

**Begoña Manuz González**

**José A. Villegas García**

Grupo de Trabajo sobre nutrición en el deporte de la Federación Española de Medicina del Deporte

de un nivel crítico que tendría consecuencias muy negativas para la salud. El mecanismo de la sudoración, al mismo tiempo que “enfriá” el cuerpo, provoca una importante pérdida de líquidos.

La deshidratación progresiva durante el ejercicio es frecuente puesto que muchos deportistas no ingieren suficientes fluidos para reponer las pérdidas producidas. Esto no sólo va a provocar una disminución del rendimiento físico, sino que además aumenta el riesgo de lesiones, y puede poner en juego la salud e incluso la vida del deportista. Por este motivo es muy importante elaborar una estrategia capaz de mantener un nivel de líquido corporal óptimo mientras se hace ejercicio (tanto en los entrenamientos como en la competición).

La deshidratación afecta el rendimiento deportivo porque:

- Disminuye la obtención de energía aeróbica por el músculo.
- El ácido láctico no puede ser transportado lejos del músculo.
- Disminuye la fuerza.

En función de la proporción de líquidos perdidos se pueden producir las siguientes alteraciones<sup>5-7</sup>:

- Pérdida del 2%: descenso de la capacidad termorreguladora.
- Pérdida del 3%: disminución de la resistencia al ejercicio, calambres, mareos, aumento del riesgo de sufrir lipotimias e incremento de la temperatura corporal hasta 38 grados.
- Pérdida del 4-6%: disminución de la fuerza muscular, contracturas, cefaleas y aumento de la temperatura corporal hasta 39 grados.
- Pérdida del 7-8%: contracturas graves, agotamiento, parestesias, posible fallo orgánico, golpe de calor.

- Pérdida mayor de un 10%: comporta un serio riesgo vital.

Por ello, aunque existen características individuales que establecen diferencias muy marcadas entre los deportistas (factores ambientales, aclimatación previa, estado de entrenamiento, peso corporal, ingesta de fármacos, etc.), se puede decir que el primer consejo que debe establecerse en relación con la realización de un ejercicio físico, más o menos intenso, es la necesidad de reponer los líquidos perdidos.

El descenso de peso producido por la evaporación del sudor es muy variable. Una manera sencilla de saber la cantidad de agua perdida en una actividad física es pesarse antes y después de realizar el ejercicio, ya que en esfuerzos inferiores a 3 horas la pérdida de agua por la respiración es poco significativa, comparada con la que se produce a través del sudor. Si el deportista se pesa en las mismas condiciones durante varios días (al levantarse, por ejemplo), las variaciones pueden reflejar su estado de hidratación previo al esfuerzo y, al comparar el peso antes y después de la actividad física, se determina el grado de deshidratación provocado por el ejercicio<sup>8,9</sup>. También la densidad de la orina (examinada mediante los cambios de coloración) puede ser un complemento de la observación anterior<sup>10</sup>.

## NECESIDADES DE ELECTROLITOS

Debido a que el líquido que se pierde del medio interno se elimina en forma de sudor, su composición es clave para determinar las cantidades de solutos que hay que reponer. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el rango de electrolitos en el sudor es muy amplio y varía en función del grado de aclimatación. La concentración del ión sodio en el sudor oscila entre 10 y 70 mEq/L, la del ión potasio entre 3 y 15 mEq/L, la del ión calcio entre 0,3 y 2 mEq/L y la del ión cloruro entre 5 y 60 mEq/L<sup>11</sup>. Debido a que la aclimatación mejora la capacidad para reabsorber Na<sup>+</sup>, las personas adaptadas a las condiciones ambientales de la zona presentan concentraciones

más bajas de Na<sup>+</sup> en el sudor (más del 50% de reducción).

### Electrolitos durante el ejercicio

La reposición de los iones tiene una jerarquía basada en la situación clínica que puede producir la alteración de cada uno: la disminución de los niveles de sodio en sangre durante los esfuerzos físicos ha provocado situaciones de máxima gravedad e incluso el fallecimiento del deportista<sup>12-15</sup>. La hiponatremia asociada a beber agua sola en ejercicios de larga duración ha sido causa de graves patologías (desorientación, confusión e incluso crisis epilépticas)<sup>16</sup>. Durante este tipo de esfuerzos, el consumo de grandes cantidades de agua pura puede ocasionar un desplazamiento de Na<sup>+</sup> del medio extracelular hacia el intestino, ocasionando una aceleración en la reducción del Na<sup>+</sup> plasmático. De hecho se han producido muertes por encefalopatía hiponatrémica relacionadas con un elevado consumo de agua (como en el maratón de Boston de 2002).

El ión sodio es, por tanto, el único electrolito que añadido a las bebidas consumidas durante el ejercicio proporciona beneficios fisiológicos. Una concentración de Na<sup>+</sup> de 20 a 50 mmol/L (460-1150 mg/L) estimula la llegada máxima de agua y carbohidratos al intestino delgado y ayuda a mantener el volumen de líquido extracelular<sup>1</sup>.

Las pérdidas del ión potasio son mucho menores (4-8 mmol/L), lo que, asociado a la hiperpotasemia observada en los esfuerzos físicos intensos, hace que su reposición no sea tan necesaria como la del ión sodio, al menos durante el tiempo que dura la ejecución del esfuerzo, aunque sí es conveniente que se incluya en las bebidas utilizadas para reponer las pérdidas una vez finalizada la actividad física, ya que el potasio favorece la retención de agua en el espacio intracelular, por lo que ayuda a alcanzar la rehidratación adecuada<sup>17,18</sup>.

### Electrolitos después del ejercicio

Aunque la reposición electrolítica, al finalizar la ejecución de un esfuerzo, depende de numerosas

circunstancias (duración, temperatura y humedad de la zona, aclimatación, etc.), hay algunos hechos fundamentales que pueden marcar las pautas:

- La ingesta de agua sola en un organismo deshidratado por las pérdidas sudorales (como ocurre después de hacer ejercicio intenso y/o durante el transcurso del mismo), tiene como consecuencia una rápida caída de la osmolalidad plasmática y de la concentración de sodio lo que, a su vez, reduce el impulso de beber y estimula la diuresis, con consecuencias potencialmente graves como la hiponatremia. Por ello, la rehidratación posterior al esfuerzo físico no se consigue de forma adecuada con agua sola<sup>19</sup>. La cantidad de orina eliminada después de un esfuerzo físico es inversamente proporcional al sodio ingerido. Este ión es el único que ha demostrado su eficacia en estudios de reposición de líquidos.
- En el ejercicio, durante la contracción muscular, se produce una pérdida de K<sup>+</sup> intracelular debido a la actividad muscular y, como resultado, hay un aumento de la concentración plasmática de este catión; tras el ejercicio se recupera la concentración de K<sup>+</sup> intracelular de los músculos y los niveles plasmáticos de este ión vuelven rápidamente a sus valores basales. No existen evidencias de que las pérdidas de este ión, como resultado del ejercicio, sean de la suficiente magnitud como para afectar la salud o el rendimiento del deportista<sup>20</sup>. De todas maneras, hay que recordar que el potasio ayuda a alcanzar una rehidratación adecuada (optimiza la retención de agua), por lo que resulta positiva su inclusión en las bebidas utilizadas después del ejercicio.

## HIDRATOS DE CARBONO

Aunque la hidratación es la primera medida a adoptar en relación con la realización de ejercicio físico, hay que considerar otros factores vinculados con el propio esfuerzo. En este sentido, se sabe que la concentración de glucógeno en el hígado y los músculos utilizados durante la actividad marca la capacidad de mantener un esfuerzo

prolongado en deportes aeróbicos<sup>21</sup>. De hecho, el entrenamiento en este tipo de deportes consiste, principalmente, en acostumbrar al organismo a utilizar al máximo las grasas como fuente energética (mediante su oxidación) y en aumentar las reservas de glucógeno en el hígado y los músculos<sup>22</sup>. El almacén de glucógeno es limitado (10-12% del peso en el hígado y 1-1,5% del peso en los músculos). Se puede conseguir el ahorro de glucógeno manteniendo la glucemia a través del aporte exógeno de glucosa. Si se compara con la ingesta de agua sola, al añadir hidratos de carbono a una solución, consumiéndola a un ritmo de 1 g/min, se reduce la oxidación de glucosa en el hígado hasta un 30%<sup>23</sup>. En este sentido, está demostrado que el aporte de carbohidratos en las bebidas de rehidratación durante el esfuerzo mejora el rendimiento del deportista<sup>24</sup>.

La cantidad de hidratos de carbono a suministrar en la bebida viene marcada por los siguientes condicionantes:

- El límite de utilización de la glucosa por el deportista, que está en 60 g/h<sup>25</sup>.
- El límite de vaciamiento gástrico y de la absorción intestinal de la solución, que determinan la asimilación del líquido bebido<sup>26</sup>.

Respecto al límite de utilización de glucosa, la máxima cantidad de ella que interesa suministrar durante la práctica del deporte se puede conseguir bebiendo 1200 ml. en una hora de una solución que contenga un 8% de carbohidratos en forma de glucosa, sacarosa y/o maltodextrinas. La absorción de la glucosa está sujeta (en un primer momento) a un mecanismo de transporte activo dependiente del ión sodio sobre todo, y de la vía paracelular cuando están presentes altas concentraciones lumbales. La fructosa se absorbe por difusión facilitada (un sistema de transporte relacionado con las disacaridasas) y mediante el transporte facilitado por la glucosa. Estas vías de absorción diferentes y complementarias hacen que se pueda recomendar la mezcla de carbohidratos. De hecho, no existen datos concluyentes sobre el tipo de carbohidrato que da mejor resultado en las bebidas; para algunos

autores hay ligeros argumentos a favor de emplear polisacáridos (maltodextrina) por el menor aumento de osmolalidad que producen, junto a glucosa y fructosa<sup>27</sup>. La glucosa aumenta la actividad de la Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPasa, al menos *in vitro*, lo que es una razón favorable para su inclusión en estas formulaciones<sup>28</sup>. Para otros autores, la sacarosa, por su mejor sabor, es el hidrato de carbono más conveniente.

El Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM)<sup>29</sup> recomienda que la bebida tenga un alto índice glucémico (mejor aún, una alta carga glucémica) y sostiene que la mayor utilización de los hidratos de carbono se logra mediante una mezcla de ellos (p. e. glucosa, sacarosa, fructosa, maltodextrina). De los hidratos de carbono utilizados, la glucosa, con 97, es la que mayor índice glucémico tiene, seguida de la sacarosa (glucosa más fructosa), con un índice de 65<sup>30</sup>.

Con respecto al vaciamiento gástrico, hay que considerar los siguientes factores:

- Circunstancias que estimulan el vaciamiento:
  - El aumento del volumen gástrico: produce distensión de la pared de este órgano, lo que provoca reflejos mientéricos que aumentan la actividad de la bomba pilórica, acelerando el vaciamiento gástrico.
  - La presencia de gastrina, que estimula ligeramente la bomba pilórica.
- Factores que inhiben el vaciamiento:
  - El grado de distensión del duodeno.
  - La irritación de la mucosa duodenal.
  - El grado de acidez del quimo duodenal.
  - El grado de osmolalidad del quimo.
  - Cantidad excesiva de proteínas o grasas en el estómago.
  - La presencia de líquidos hipotónicos o hipertónicos (sobre todo estos últimos), ya que desencadenan reflejos enterogástricos que enlentecen o inhiben el vaciado gástrico.
  - Deshidratación previa.

- Intensidad del ejercicio por encima del 80% del VO<sub>2</sub>max.

El tiempo que suele tardar el estómago en vaciar 1 litro de líquido varía entre 1-1,5 h, pero este ritmo de vaciamiento gástrico depende de un amplio conjunto de factores, entre los que son determinantes la naturaleza de los solutos y el valor energético de la bebida<sup>31</sup>. A partir de la cantidad aproximada de 600 ml, cuanto mayor es el volumen del contenido gástrico, más rápido es el vaciamiento. A medida que el volumen disminuye, la evacuación se lentifica. Por este motivo, para mantenerla a un ritmo adecuado es conveniente reponer las cantidades eliminadas mediante la ingestión repetida de líquidos.

La absorción de los hidratos de carbono, agua y electrolitos se lleva a cabo en las primeras porciones del intestino delgado (duodeno y yeyuno). Se calcula que cantidades óptimas de absorción intestinal son entre 600-800 ml para el agua, y unos 60 gramos para la glucosa. Cuando se bebe más de un litro de líquidos a la hora, los excedentes pueden acumularse y producir molestias intestinales.

## LA BEBIDA PARA EL DEPORTISTA

Según la legislación española, Real Decreto 1444/2000 de 31 de julio<sup>32</sup>, las bebidas para deportistas se consideran dentro de los preparados alimenticios para regímenes dietéticos y/o especiales, en el epígrafe de alimentos adaptados a un intenso desgaste muscular, sobre todo para deportistas. Estas bebidas presentan una composición específica para conseguir una rápida absorción de agua y electrolitos, y prevenir la fatiga, siendo tres sus objetivos fundamentales<sup>33</sup>:

- Aportar hidratos de carbono que mantengan una concentración adecuada de glucosa en sangre y retrasen el agotamiento de los depósitos de glucógeno.
- Reposición de electrolitos, sobre todo del sodio.
- Reposición hídrica para evitar la deshidratación.

Estas bebidas deben tener una buena palatabilidad, por lo que es razonable pensar que se consumirán con más facilidad que el agua sola.

En febrero de 2001, la Dirección General de Salud y Protección del Consumidor de la Comisión Europea, a través del Comité Científico de Alimentación Humana, redactó un informe sobre la composición de los alimentos y las bebidas destinadas a cubrir el gasto energético en un gran esfuerzo muscular, especialmente en los deportistas<sup>1</sup>.

En este documento se indica que los alimentos y líquidos especialmente adaptados ayudan a solucionar problemas específicos para que se pueda alcanzar un balance nutricional óptimo. Estos efectos beneficiosos no están limitados sólo a deportistas que realizan un ejercicio muscular regular e intenso, sino también a aquellas personas que por sus trabajos hacen esfuerzos importantes o en condiciones adversas, y a aquellas personas que durante su tiempo de ocio hacen ejercicio físico y entrenan.

En este documento se indica que la bebida deportiva debe suministrar hidratos de carbono como fuente fundamental de energía y debe ser eficaz en mantener la óptima hidratación o rehidratar, recomendando los siguientes márgenes en la composición de las bebidas para tomar durante la práctica deportiva<sup>1</sup>:

- No menos de 80 kcal por litro.
- No más de 350 kcal por litro.
- Al menos el 75% de las calorías provendrán de hidratos de carbono con un alto índice glucémico (glucosa, sacarosa, maltodextrinas).
- No más de 9% de hidratos de carbono: 90 gramos por litro.
- No menos de 460 mg de sodio por litro (46 mg por 100 ml / 20 mmol/l).
- No más de 1150 mg de sodio por litro (115 mg por 100 ml / 50 mmol/l).

- Osmolalidad entre 200-330 mOsm/kg de agua.

## OTROS COMPONENTES DE LAS BEBIDAS DE REPOSICIÓN

### Antioxidantes

Durante el ejercicio físico, el consumo de oxígeno por parte del músculo puede aumentar más de 100 veces<sup>34,35</sup> y el consumo de oxígeno del organismo entero puede aumentar hasta 20 veces. Es razonable, por tanto, suponer que la producción mitocondrial de oxígeno se halle igualmente incrementada. Reacciones entre superóxidos originan otras especies reactivas de oxígeno, el peróxido de hidrógeno y, en última instancia, el radical hidróxilo<sup>36,37</sup>. Se puede considerar, por tanto, que durante la realización de un esfuerzo físico intenso se produce un estrés oxidativo.

La ingesta de antioxidantes para minimizar el daño provocado por las especies reactivas generadas en la cadena transportadora de electrones, ha dado distintos resultados a la hora de valorar un aumento del rendimiento, por lo que su presencia en las bebidas para deportistas no es imprescindible<sup>38-44</sup>.

### Aminoácidos ramificados

Los deportes aerobios de muy larga duración no son tan dependientes de factores metabólicos como los que se realizan por debajo de las tres horas de duración. Existen argumentos sólidos para considerar que hay factores hormonales y de neurotransmisión implicados en la fatiga, de hecho, a este tipo de fatiga se la llama “central”<sup>45</sup>, e implica básicamente a la serotonina (5-HT). En este sentido, se ha comprobado que el aumento de serotonina está relacionado directamente con la fatiga en ratas<sup>46</sup> y en el ser humano se presume que también. Pues bien, debido a que la 5-HT no puede atravesar la barrera hematoencefálica (BHE) y a que su precursor, el triptófano (TRP), sí puede, la concentración de este neurotransmisor en el cerebro será muy dependiente de la concentración de TRP libre en sangre<sup>47</sup>. Es lógico

suponer, en este punto, que al conocer la relación tan directa que hay entre el metabolismo de un aminoácido (el triptófano) y la concentración en cerebro de 5-HT, se haya intentado manipular la ingesta de aminoácidos durante la práctica deportiva con el interés básico de suministrar competidores de la absorción y transporte de un aminoácido precursor de un neurotransmisor relacionado con la aparición de la fatiga<sup>48</sup>, sobre todo teniendo en cuenta que en ratas ha sido plenamente demostrado que la ingesta de aminoácidos ramificados, como la valina, previenen el aumento de la concentración de 5-HT en el hipocampo durante el esfuerzo intenso y considerando que también está demostrada en ratas la relación directa entre el aumento de 5-HT y la fatiga durante el ejercicio extenuante<sup>49</sup>. El primer factor que se intentó manipular fue la competición con el TRP en el transporte a través de la BHE. En este sentido, se realizaron numerosos estudios en los que se suministró al deportista aminoácidos ramificados durante el esfuerzo. El resultado fue un consenso generalizado de que, mientras que la ingesta de fármacos que aumentan la recaptación de 5-HT aceleran la fatiga<sup>50,51</sup>, los aminoácidos ramificados (AAR) no provocan cambios en la percepción de fatiga ni en el desempeño del deportista<sup>52-56</sup>. Por otro lado, los ensayos clínicos buscando la relación entre la ingesta de distintas dietas antes del esfuerzo y la relación TRP/AAR antes, durante y después del esfuerzo, han mostrado que los cambios en la relación TRP/AAR durante el esfuerzo no afectan al rendimiento del deportista<sup>57</sup>. Por todo ello, mientras que el uso de carbohidratos en las bebidas para deportistas está plenamente aceptado, no sólo por sus efectos ergogénicos, sino porque mejoran la cognición y el humor<sup>58</sup>, la ingesta de AAR no está consensuada.

### Proteínas

El beneficio de añadir proteínas intactas a la bebida para el deportista es un tema de debate en la actualidad. Algunos estudios demuestran el efecto anabólico del suero lácteo tras un esfuerzo prolongado<sup>59</sup>. Otro efecto muy importante de las proteínas del suero de leche es el incremento del depósito de glucógeno<sup>60</sup>, fundamental para

acelerar la recuperación tras la realización de ejercicios de larga duración<sup>61</sup>. También se han realizado investigaciones que han confirmado un menor daño muscular cuando se toman bebidas con proteína durante el esfuerzo<sup>62</sup>.

El concentrado proteínico ideal para añadir a una bebida para deportistas sería el suero de leche (el líquido que queda al quitar la caseína y grasa de la leche tras la adición de cuajo). Está compuesto por beta-lactoglobulina, alfa-lactoalbúmina, albúmina (de suero bovino), lactoferrina, inmunoglobulinas, lactoperoxidasas, glicomacropéptidos, lactosa y minerales. Otra alternativa es aportar sólo las lactoproteínas séricas, es decir el suero de leche desprovisto de la lactosa, lo cuál puede ser útil en personas con déficit de lactasa.

## Grasas

En principio no es conveniente incluir grasas en las bebidas de reposición, en base al aumento calórico que representan y a la disminución del vaciamiento gástrico que conllevan. Sin embargo, existen dos argumentos que han justificado distintos estudios sobre la inclusión de ácidos grasos en las bebidas de reposición.

Por un lado se sabe que los ácidos grasos libres -que aumentan en plasma con la lipólisis inducida por el ejercicio físico de larga duración- incrementan la fracción de triptófano (TRP) libre en plasma al competir con su transporte mediado por la albúmina. El TRP libre aumenta cuando la concentración de ácidos grasos en plasma asciende por encima de 1 mmol/L y esta concentración se da cuando el glucógeno muscular se agota, lo que tiene como consecuencia el aumento de ácidos grasos en plasma.

Posteriormente la investigación se centró en la fatiga del deportista, ya que se conoce la íntima relación entre la presencia de triptófano libre, aminoácidos ramificados (AAR) competidores en el transporte del triptófano a través de la barrera hematoencefálica (BHE) y ácidos grasos libres competidores del transporte de triptófano en plasma mediante la albúmina. En

este sentido, ya se han realizado ensayos clínicos buscando la posible disminución de la sensación de fatiga utilizando ácidos grasos n-3. Sin embargo, estos ensayos no han sido satisfactorios hasta el momento, así Huffman, *et al.*<sup>63</sup>, en 2004 empleando dosis de 4 g de n-3 (cápsulas de 500 mg conteniendo 300 mg de EPA y 200 mg de ácido docosahexaenoico) realizaron un estudio en corredores populares de ambos sexos, no encontrando disminuciones de TRP libre ni menor percepción del esfuerzo, ni aumento del rendimiento de forma estadísticamente significativa, aunque sí existía una tendencia a mejorar el rendimiento en los sujetos que consumieron n-3, dejando los autores la posibilidad de que fuera el bajo número de sujetos estudiados (5 hombres y 5 mujeres) lo que había restado potencia estadística al estudio. Estos investigadores dejaron, en sus conclusiones, la puerta abierta a futuros ensayos realizados con más personas y también quedó en el aire una cuestión de gran interés por resolver, cuál era la diferencia de género en los resultados -que sin ser tampoco estadísticamente significativa- presentaba una tendencia muy marcada hacia las mujeres, que serían más sensibles a la mejoría del rendimiento al tomar ácidos grasos n-3.

Los últimos estudios, realizados por investigadores españoles, demuestran que el DHA (ácido docosahexaenoico), tomado de forma crónica en dosis bajas (0,5 g) y en forma de lípido estructurado, puede ser un complemento importante en la reposición de la homeostasis durante esfuerzos físicos moderados e incluso intensos<sup>64</sup>.

## PAUTAS DE HIDRATACIÓN: MANEJO DE LA BEBIDA PARA EL DEPORTISTA

### Hidratación antes del ejercicio

Se debe conseguir que los deportistas estén bien hidratados antes del comienzo de los entrenamientos o competiciones. Se puede emplear la variación del peso corporal como indicador de una hidratación adecuada. Se considera que un sujeto está correctamente hidratado si su peso por la mañana en ayunas es estable: varía menos del 1%

día a día<sup>65</sup>. En las mujeres hay que tener en cuenta la fase del ciclo menstrual, ya que en la fase lútea el peso puede ser mayor pues se retiene más agua. La deshidratación será mínima con una pérdida del 1 al 3% del peso corporal, moderada entre el 3 al 5%, y severa si es mayor al 5%<sup>66</sup>.

Si se ingieren suficientes bebidas con las comidas y existe un periodo de descanso adecuado (8-12 horas) desde la última sesión de entrenamiento, es muy probable que el deportista esté euhidratado<sup>67</sup>. Si esto no es posible, el Colegio Americano de Medicina del Deporte recomienda realizar el siguiente programa de prehidratación<sup>68</sup>:

- Beber lentamente de 5 a 7 ml/kg en las 4 horas anteriores a iniciar el ejercicio. Si el individuo no puede orinar o si la orina es oscura o muy concentrada se debería aumentar la ingesta, añadiendo de 3 a 5 ml/kg más en las últimas 2 horas antes de ejercicio.
- Las bebidas con 20-50 mEq/L de sodio y comidas con sal suficiente pueden ayudar a estimular la sed y a retener los fluidos consumidos.
- En ambientes calurosos y húmedos, es conveniente tomar cerca de medio litro de líquido con sales minerales durante la hora previa al comienzo de la competición, dividido en cuatro tomas cada 15 minutos (200 ml cada cuarto de hora). Si el ejercicio que se va a realizar va a durar más de una hora, también es recomendable añadir hidratos de carbono a la bebida, especialmente en las dos últimas tomas<sup>69,70</sup>.

No es recomendable la ingestión previa al ejercicio de agua junto con glicerol, ya que no mejora el rendimiento deportivo y puede producir efectos secundarios como: náuseas, molestias gastrointestinales, cefalea y aumento del peso corporal. Además, la hiperhidratación que produce aumenta el riesgo de hiponatremia<sup>71,72</sup>.

Mejorar el sabor de los fluidos es una forma de promover su consumo. El sabor va a depender en gran medida de la temperatura (15-21 °C), de

la cantidad de sodio que contenga y del tipo de hidrato de carbono utilizado<sup>73-75</sup>.

## REHIDRATACIÓN DURANTE EL EJERCICIO

El objetivo es conseguir que los deportistas ingieran la cantidad de líquido suficiente que permita mantener el balance hidroelectrolítico y el volumen plasmático adecuados durante el ejercicio.

A partir de los 30 minutos del inicio del esfuerzo empieza a ser necesario compensar la pérdida de líquidos, y después de una hora esto se hace imprescindible.

Se recomienda beber entre 6 y 8 mililitros de líquido por kilogramo de peso y hora de ejercicio (aproximadamente 400 a 500 ml/h o 150-200 ml cada 20 minutos). No es conveniente tomar más fluido del necesario para compensar el déficit hídrico<sup>76</sup>. Estas recomendaciones actuales contrastan con las que se realizaban hasta hace poco tiempo: 10 a 12 ml/kg/h y beber lo máximo posible para evitar la disminución del peso corporal durante el ejercicio<sup>77</sup>.

La temperatura ideal de los líquidos debe oscilar entre 15-21 grados. Bebidas más frías enlentecen la absorción y en ocasiones pueden provocar lipotimias y desvanecimientos, mientras que las bebidas más calientes no son apetecibles, por lo que se beberá menos cantidad<sup>73</sup>.

## REHIDRATACIÓN POSTESFUERZO

La rehidratación debe iniciarse tan pronto como finalice el ejercicio. El objetivo fundamental es el restablecimiento inmediato de la función fisiológica cardiovascular, muscular y metabólica, mediante la corrección de las pérdidas de líquidos y solutos acumuladas durante el transcurso del ejercicio.

Si la disminución de peso durante el entrenamiento o la competición ha sido superior al 2% del peso corporal, conviene beber aunque no se tenga sed y

salar más los alimentos<sup>78,79</sup>. Se recomienda ingerir como mínimo un 150% de la pérdida de peso en las primeras 6 horas tras el ejercicio, para cubrir el líquido eliminado tanto por el sudor como por la orina y de esta manera recuperar el equilibrio hídrico. Los sujetos mejor preparados desarrollan sistemas de refrigeración (sudoración) más eficientes, por lo que deberán consumir más líquido.

El aumento del volumen plasmático está directamente relacionado con el volumen de líquido ingerido y con la concentración de sodio. La resíntesis del glucógeno hepático y muscular (gastado durante el ejercicio) es mayor durante las dos primeras horas después del esfuerzo. Por todo esto, las bebidas de rehidratación postejercicio deben llevar tanto sodio como carbohidratos, y hay que empezar a tomarlas tan pronto como sea posible.

Estudios recientes demuestran que el ejercicio induce, en los músculos activos, la liberación de interleukina 6, que a su vez estimula la de cortisol, favoreciendo ambos, procesos inmunosupresores. La suplementación con carbohidratos disminuye la concentración de interleukina 6, atenúa la disminución del número y de la actividad de los linfocitos, minimizando los efectos inmusupresores del ejercicio<sup>80</sup>.

## EVIDENCIAS DE CONSENSO

La actividad física aumenta la producción de sudor, lo que produce pérdida de agua y electrolitos, especialmente en condiciones adversas de termorregulación.	Evidencia de nivel Ia
Las pérdidas de agua y electrolitos en los diversos deportes tienen una gran variabilidad individual.	Evidencia de nivel Ia
Si no se restaura la homeostasis previa al esfuerzo, el deportista se deshidrata.	Evidencia de nivel Ia
La deshidratación afecta al rendimiento deportivo.	Evidencia de nivel Ia
La rehidratación con agua sola no resuelve el problema e incluso puede agravarlo con una hiponatremia.	Evidencia de nivel Ia

El sodio es el único ión que ha demostrado su eficacia en estudios de reposición de líquidos.	Evidencia de nivel Ia
El aporte de carbohidratos en las bebidas de rehidratación mejora el rendimiento del deportista.	Evidencia de nivel Ia
Es importante tomar carbohidratos durante el ejercicio físico, particularmente en esfuerzos superiores a 1 hora, así como inmediatamente después de finalizado.	Evidencia de nivel Ia
La carga energética de la bebida y su osmolalidad, determinan la velocidad de vaciado gástrico.	Evidencia de nivel Ia
No hay diferencia de género en la termorregulación entre deportistas.	Evidencia de nivel IIa
Los deportistas pueden tener una idea bastante aproximada a su grado de deshidratación mediante la observación de la coloración de la orina y la diferencia de peso antes y después del esfuerzo.	Evidencia de nivel IIa
Es conveniente añadir el ión potasio en las bebidas de reposición tras el esfuerzo físico ya que ayuda a retener el agua en el espacio intracelular, aunque su concentración no debe ser superior a 10 mmol/L.	Evidencia de nivel IIb
Los demás iones son irrelevantes en la reposición de líquidos tras esfuerzos inferiores a 4 horas de duración.	Evidencia de nivel IV
La presencia de proteínas en las bebidas postcompetitivas favorece el anabolismo muscular.	Evidencia de nivel Ib
La presencia de lípidos estructurados derivados del DHA, disminuyen la utilización de carbohidratos durante el esfuerzo.	Evidencia de nivel Ib
Puede ser conveniente la presencia de antioxidantes en las bebidas de reposición.	Evidencia de nivel Ib
La ingesta de bebidas diversas favorece una mayor rehidratación al aumentar la ingesta hídrica (mayor apetencia).	Evidencia de nivel Ib
La presencia de aminoácidos ramificados en las bebidas percompetitivas disminuye la llamada "fatiga central".	Evidencia de nivel IIb

### Nivel de evidencia

- Ia: La evidencia proviene de meta-análisis de ensayos controlados, aleatorios, bien diseñados.
- Ib: La evidencia proviene de, al menos, un ensayo controlado aleatorio.
- IIa: La evidencia proviene de, al menos, un estudio controlado bien diseñado, no aleatorio.
- IIb: La evidencia proviene de, al menos, un estudio no completamente experimental, bien diseñado, como los estudios de cohortes. Se refiere a la situación en la que la aplicación de una intervención está fuera del control de los investigadores, pero su efecto puede evaluarse.
- III: La evidencia proviene de estudios descriptivos no experimentales bien diseñados, como los estudios comparativos, estudios de correlación o estudios de casos y controles.
- IV: La evidencia proviene de documentos u opiniones de comités de expertos o experiencias clínicas de autoridades de prestigio o los estudios de series de casos.

## RECOMENDACIONES GENERALES

### Recomendación 1

Es muy importante que la persona que practique una actividad deportiva esté adecuadamente hidratada durante todo el día, es decir, antes, durante y después del esfuerzo físico que realice. La hidratación durante la actividad física es incompleta en muchos deportes por las características del esfuerzo y las pérdidas sudorales. En estos casos hay que intentar optimizar la hidratación lo máximo posible.

### Recomendación 2

Las bebidas para deportistas utilizadas durante los entrenamientos o en la propia competición deben tener un nivel calórico de entre 80 kcal/1000 ml y 350 kcal/1000 ml, de las cuales, al menos el 75% debe provenir de una mezcla de carbohidratos de alta carga glucémica como glucosa, sacarosa, maltodextrinas y fructosa. Las diferencias de rango se establecen en función de las características del deporte, de las condiciones ambientales y de la propia individualidad del deportista (tolerancia, etc.).

### Recomendación 3

Las bebidas para deportistas utilizadas durante los entrenamientos o en la propia competición deben tener un contenido de ión sodio en el rango de 20 mmol/l (460 mg/l) y 50 mmol/l (1.150 mg/l) en función del calor, intensidad y duración del esfuerzo realizado. La osmolalidad de dichas bebidas debe estar comprendida entre 200-330 mOsm/ kg de agua no debiendo sobrepasar en ningún caso los 400 mOsm/ kg de agua.

### Recomendación 4

Las bebidas de reposición, utilizadas después del entrenamiento o la competición, deben tener un contenido calórico entre 300 kcal/1.000 ml y 350 kcal/1.000 ml, de las cuales al menos el 75% deben provenir de una mezcla de carbohidratos de alta carga glucémica como glucosa, sacarosa, maltodextrinas y fructosa.

### Recomendación 5

Las bebidas para deportistas utilizadas para el postesfuerzo inmediato deben tener un contenido de ión sodio en el rango de 40 mmol/l (920 mg/l) y 50 mmol/l (1.150 mg/l). Asimismo, deben aportar ión potasio en el rango de 2-6 mmol/l. La osmolalidad de dichas bebidas debe estar comprendida entre 200-330 mOsm/ kg de agua, sin que se deban sobrepasar los 400 mOsm/ kg de agua.

## B I B L I O G R A F Í A

1. **Report of the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen.** Fecha de acceso 20/03/2006. URL disponible en: [http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out64\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out64_en.pdf)
2. **Rehrer NJ.** Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med* 2001;31:701-15.
3. **Kaciuba-Uscilko H, Gruca R.** Gender differences in thermoregulation. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2001;4:533-6.
4. **Kenny GP, Jay O.** Evidence of a greater onset threshold for sweating in females following intense exercise. *Eur J Appl Physiol* 2007;101:487-93.
5. **Barbany JR.** *Alimentación para el deporte y la salud.* Barcelona: Martínez Roca 2002.
6. **González Alonso J, Mora Rodríguez R, Bedow PR, Coyle EF.** Dehydration reduces cardiac output and increase system and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol* 1995;79:1487-96.
7. **Maughan RJ, Gleeson M.** *The Biochemical Bases of Sports Performance.* Oxford: Oxford University Press 2004.
8. **Maughan RJ, Watson P, Evans GH, Broad N, Shirreffs SM.** Water balance and salt losses in competitive football. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2007;17:583-94.
9. **Murray B.** Hydration and physical performance. *J Am Coll Nutr* 2007;26(5Suppl):542S-548S.
10. **Harvey G, Meir R, Brooks L, Holloway K.** The use of body mass changes as a practical measure of dehydration in team sports. *J Sci Med Sport* 2007 Sep 19.
11. **Cheuvront SN, Carter R 3rd, Sawka MN.** Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep* 2003;2:202-8.
12. **Ayus JC, Arieff A, Moritz ML.** Hyponatremia in marathon runners. *N Engl J Med* 2005;353:427-8.
13. **Noakes TD, Sharwood K, Collins M, Perkins DR.** The dipsomania of great distance: Water intoxication in an Ironman triathlete. *Br J Sports Med* 2004;38:E16.
14. **Hsieh M, Roth R, Davis DL, Larrabee H, Callaway CW.** Hyponatremia in runners requiring on-site medical treatment at a single marathon. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:185-9.
15. **Rosner MH, Kirven J.** Exercise-associated hyponatremia. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007;2:151-61.
16. **Baylis P.** Hyponatremia and hypernatremia. *Clin Endocrinol Metab* 1980;9:625-37.
17. **Nadel ER, Mack GW, Nose H.** Influence of fluid replacement beverages on body fluid homeostasis during exercise and recovery. En: Gisolfi CV, Lamb DR (eds). *Perspectives in exercise science and sports medicine.* Volume 3. Fluid homeostasis during exercise. Carmel: Benchmark Press 1990:181-205.
18. **Maughan RJ, Leiper JB, Shirreffs SM.** Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *Br J Sports Med* 1997;31:175-82.
19. **Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB, Maughan RJ.** Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1260-71.
20. **Reher N, Bechers E, Brouns F, Hoor F, Saros W.** Effects of dehydration on gastric emptying and gastrointestinal distress while running. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:790-5.
21. **Brooks GA, Mercier M.** The balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "cross-over" concept. *J Appl Physiol* 1994;76:2253-61.
22. **Hawley JA, Hopkins WG.** Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power system. *Sports Med* 1995;19:240-50.
23. **Burke LM, Claassen A, Hawley JA, Noakes TD.** Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *J Appl Physiol* 1998;85:2220-6.
24. **Wagenmakers AJM, Brouns F, Saris WHM, Halliday D.** Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in men. *J Appl Physiol* 1993;75:2774-80.
25. **Wallis GA, Yeo SE, Blannin AK, Jeukendrup AE.** Dose-response effects of ingested carbohydrate on exercise metabolism in women. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:131-8.

26. Costill DL, Saltin B. Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 1974;37:679-83.
27. Currell K, Jeukendrup AE. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:275-81.
28. Green HJ, Duhamel TA, Foley KP, Ouyang J, Smith IC, Stewart RD. Glucose supplements increase human muscle in vitro Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity during prolonged exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2007;293:R354-362.
29. American College of Sports Medicine (1997) Position Stands. Exercise and fluid replacement: Author. Retrieved 31/05/08 from the World Wide Web: <http://www.acsm-msse.org/pt/pt-core/template-journal/msse/media/0207.pdf>.
30. Wolever TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 1991;54:846-54.
31. Maughan RJ. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. En: Harries M, Williams C, Stanish WD, Micheli LL (eds). *Oxford Textbook of Sports Medicine*. Oxford: Oxford University Press. 1994;82-93.
32. Real Decreto 1444/2000, de 31 de julio, por el que se modifica la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de preparados alimenticios para regímenes dietéticos y/o especiales, aprobada por el Real Decreto 2685/1976, de 16 de octubre. *BOE*, 183:27561-2 (1 de agosto de 2000).
33. Palacios N. Nutrición y ejercicio físico. *Nutr Hosp* 2000;XV(Sup):31-40.
34. Tsai K, Hsu TG, Hsu KM, Cheng H, Liu TY, Hsu CF, Kong CW. Oxidative DNA damage in human peripheral leukocytes induced by massive aerobic exercise. *Free Radic Biol Med* 2001;31:1465-72.
35. Inoue T, Zhouseng M, Sumikawa K, Adachi K, Okochi T. Effect of physical exercise on the content of 8-hydroxy-deoxyguanosine in nuclear DNA prepared from human lymphocytes. *Japan J Cancer Res* 1998;84:725-50.
36. Nielsen HB, Hanel B, Loft S, Poulsen HE, Pedersen BK, Diamant M, Vistisen K, Secher NH. Restricted pulmonary diffusion capacity after exercise is not an ARDS-like injury. *J Sports Sci* 1995;13:109-13.
37. Pilger A, Germadnik D, Formanek D, Zwick H, Winkler N, Rudiger HW. Habitual long-distance running does not enhance urinary excretion of 8-hydroxydeoxyguanosine. *Eur J Appl Physiol and Occup Physiol* 1997;75:467-9.
38. Morillas-Ruiz JM, Villegas García JA, López FJ, Vidal-Guevara ML, Zafrilla P. Effects of polyphenolic antioxidants on exercise-induced oxidative stress. *Clin Nutr* 2006;25:444-53.
39. Davison G, Gleeson M. Influence of acute vitamin C and/or carbohydrate ingestion on hormonal, cytokine, and immune responses to prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2005;15:465-79.
40. McAnulty SR, McAnulty LS, Nieman DC, Morrow JD, Utter AC, Henson DA, Dumke CL, Vinci DM. Influence of carbohydrate ingestion on oxidative stress and plasma antioxidant potential following a 3 h run. *Free Radic Res* 2003;37:835-40.
41. Palmer FM, Nieman DC, Henson DA, McAnulty SR, McAnulty L, Swick NS, Utter AC, Vinci DM, Morrow JD. Influence of vitamin C supplementation on oxidative and salivary IgA changes following an ultramarathon. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:100-7.
42. Ciocoiu M, Badescu M, Paduraru I. Protecting antioxidative effects of vitamins E and C in experimental physical stress. *J Physiol Biochem* 2007;63:187-94.
43. Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borrás C, Pallardo FV, Sastre J, Viña J. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr* 2008;87:142-9.
44. Morillas-Ruiz J, Zafrilla P, Almar M, Cuevas MJ, Lopez FJ, Abellan P, Villegas JA, Gonzalez-Gallego J. The effects of an antioxidant-supplemented beverage on exercise-induced oxidative stress: results from a placebo-controlled double-blind study in cyclists. *Eur J Appl Physiol* 2005;95:543-9.
45. Newsholme EA, Blomstrand E. The plasma level of some amino acids and physical and mental fatigue. *Experientia* 1996;52:413-5.
46. Yamamoto T, Newsholme EA. Diminished central fatigue by inhibition of the L-system transporter for the uptake of tryptophan. *Brain Res Bull* 2000;52:35-8.
47. Williams W, Shoaf SE, Hommer D, Rawlings R, Linnoila R. Effects of acute tryptophan depletion

- on plasma and cerebrospinal fluid tryptophan and 5-hydroxyindoleacetic acid in normal volunteers. *J Neurochem* 1999;72:193-9.
48. **Gomez-Merino D, Bequet F, Berthelot M, Riverrain S, Chennaoui M, Guezennec CY.** Evidence that the branched-chain amino acid L-valine prevents exercise-induced release of 5-HT in rat hippocampus. *Int J Sports Med* 2001;22:317-22.
49. **Soares DD, Lima NR, Coimbra CC, Marubayashi U.** Evidence that tryptophan reduces mechanical efficiency and running performance in rats. *Pharmacol Biochem Behav* 2003;74:357-62.
50. **Wilson WM, Maughan RJ.** Evidence for a possible role of 5-hydroxytryptamine in the genesis of fatigue in man: administration of paroxetine, a 5-HT reuptake inhibitor, reduces the capacity to perform prolonged exercise. *Exp Physiol* 1992;77:921-4.
51. **Struder HK, Hollmann W, Platen P, Donike M, Gotzmann A, Weber K.** Influence of paroxetine, branched-chain amino acids and tyrosine on neuroendocrine system responses and fatigue in humans. *Horm Metab Res* 1998;30:188-94.
52. **Mittleman KD, Ricci MR, Bailey SP.** Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:83-91.
53. **Davis JM, Alderson NL, Welsh RS.** Serotonin and central nervous system fatigue: nutritional considerations. *Am J Clin Nutr* 2000;72:573-8.
54. **Blomstrand E, Hassmen P, Ek S, Ekblom B, Newsholme EA.** Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on perceived exertion during exercise. *Acta Physiol Scand* 1997;159:41-9.
55. **Wagenmakers AJ.** Amino acid supplements to improve athletic performance. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 1999;2:539-44.
56. **Hargreaves MH, Snow R.** Amino acids and endurance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001;11:133-45.
57. **Blomstrand E, Saltin B.** BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;281:365-74.
58. **Lieberman HR, Falco CM, Slade S.** Carbohydrate administration during a day of sustained aerobic activity improves vigilance, as assessed by a novel ambulatory monitoring device, and mood. *Am J Clin Nutr* 2002;76:120-7.
59. **Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP, Wolfe RR.** Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:2073-81.
60. **Morifuji M, Sakai K, Sanbongi C, Sugiura K.** Dietary whey protein increases liver and skeletal muscle glycogen levels in exercise-trained rats. *Br J Nutr* 2005;93:439-45.
61. **Borsheim E, Aarstrand A, Wolfe RR.** Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14:255-71.
62. **Baty JJ, Hwang H, Ding Z, Bernard JR, Wang B, Kwon B, Ivy JL.** The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J Strength Cond Res* 2007;21:321-9.
63. **Huffman DM, Altena TS, Mawhinney TP, Thomas TR.** Effect of n-3 fatty acids on free tryptophan and exercise fatigue. *Eur J Appl Physiol* 2004;92:584-91.
64. **López Román J, Luque A, Martínez A, Villegas JA.** Modifications in oxidative damage in sportsmen after docosahexaenoic acid (DHA) ingestion. *J Int Sports Nut.* 2008 Jun 21. [Epub ahead of print]
65. **Opliger RA, Bartok C.** Hydration testing of athletes. *Sports Med* 2002;32:959.
66. **Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RU, Rich BSE, Roberts WO, Stone JA.** National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement For Athletes. *J Athletic Training* 2000;35:212-24.
67. **Institute of Medicine, Water.** En: Dietary references intakes for water, sodium, chloride, potassium and sulphate. Washington: National Academy Press. 2005:73-185.
68. **American College of Sports Medicine.** Exercise and Fluid Replacement. Special Communications. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:377-90.
69. **Shirreffs SM, Maughan RJ.** Volumen repletion after exercise induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses. *Am J Physiol* 1998;274:F868-F875.

70. **Gorostiaga E, Olivé R.** Adaptaciones al clima y al horario de Pekín'08. *Comité Olimpico Español*. 2007;15-45.
71. **Gorostiaga E.** *Adaptación al ejercicio en ambiente caluroso*. Madrid: COE. 2004.
72. **Mountain SJ, Chevront SN, Sawka MN,** Exercise associated hyponatremia: quantitative analysis for understand the aetiology. *J Sports Med* 2006;40:98-106.
73. **Brouns F.** Aspectos de la deshidratación y la rehidratación en la práctica del deporte. En: *Necesidades nutricionales de los atletas*. 1ª Ed. Barcelona: Paidotribo 1995:67-86.
74. **Costill DL, Sparks KE.** Rapid Fluid replacement after thermal dehydration. *J Appl Physiol* 1973;34:299-303.
75. **Maughan RJ, Owen JH, Shirrefs SM, Leiper JB.** Post-exercise rehydration in man: effects of electrolyte addition to ingested fluids. *Eur J Appl Physiol* 1994;69:209-15.
76. **Hew-Butler T, Verbalis JG, Noakes TD.** Updated fluids recommendation: position statement from the International Marathon Medical Directors Association (IMMDA). *Clin J Sport Med* 2006;16:283-92.
77. **Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawa MN, Senay LC Jr., Sherman WM.** American Collage of sports Medicine Position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(1):i-vii.
78. **Peronnet F, Thibault G, Ledoux M, Briuson GR.** *Le marathon. Equilibre Energetique, alimentation et entrainement du coureur sur route*. Quebec: Decarige et Vigot. 1991.
79. **Burke LM.** Nutritional needs for exercise in the heat. *Biochem. Physiol. Amol. Integr. Physiol* 2001;128:735-48.
80. **Gleeson M, Bishop NC.** Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system modification of immune responses to exercise by carbohydrate, glutamine an anti-oxidant supplements. *Inmunol Cell Biol* 2000;78:554-61.