



**Palabras clave**

hidratación, deshidratación, rehidratación, rendimiento

# Hidratación y rendimiento: pautas para una elusión efectiva de la deshidratación por ejercicio

▪ **JONATAN RUIZ RUIZ**

▪ **JOSÉ LUIS MESA MESA**

Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina.  
Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.  
Universidad de Granada

▪ **FRANCISCO J. MULA PÉREZ**

Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.  
Universidad de Granada

▪ **ÁNGEL GUTIÉRREZ SÁINZ**

▪ **MANUEL J. CASTILLO GARZÓN**

Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina.  
Universidad de Granada

**Abstract**

*Physical and mental performance during physical exercise and sport practice is impaired in the under-hydrated individual. During physical exercise, loss of body weight is due to loss of water (transpired or perspired). This loss negatively affects different physiological systems including nervous system, cardiovascular, thermoregulation, endocrine or metabolic. In some instances, this may lead to serious consequences and even the subject death. To avoid this as well as the negative effects on physical performance, the athlete must drink enough amounts of fluids "before", "during" and "after" practicing physical exercise. Ideally, the solution should contain water, electrolytes and carbohydrates in adequate concentration to guarantee optimal performance and restore water, electrolytes and energy losses. Not only composition but other specific characteristics of the drink (palatability, temperature) are also important. In addition, extrinsic (ambient temperature, humidity, height, wind) and intrinsic factors (hydration level, gastrointestinal problems, type of exercise) must be taken into consideration. In general, coupled to sport practice, athletes do not drink enough amounts of fluid to restore their losses, so it becomes necessary to establish schemes to favor it. In this review, these schemes and the underlying physiological mechanisms are described.*

**Key words**

*hydration, dehydration, rehydration, physical performance*

**Resumen**

El rendimiento de las capacidades físicas y mental durante la práctica deportiva o la competición, está mermado bajo condiciones de deshidratación. La pérdida de peso se debe a la pérdida de agua (sudor y respiración) y cuando ésta es importante, afecta de manera decisiva a los sistemas nervioso, cardiovascular, termorregulador, endocrino y/o metabólico, pudiendo provocar incluso la muerte. Para eludir estos efectos negativos de la deshidratación así como la disminución del rendimiento, el atleta deberá beber suficiente cantidad de líquido *antes*, *durante* y *después* de la competición o la práctica de ejercicio. Idealmente, la bebida será una solución compuesta de agua, electrolitos y carbohidratos en cantidad adecuada para garantizar, por un lado, un óptimo rendimiento durante la competición y, por otro, reponer eficaz y completamente las pérdidas hídricas, electrolíticas y energéticas. La composición y el volumen de la bebida tendrá en cuenta los factores extrínsecos (temperatura, humedad, altitud, viento, etc.) que rodean la competición, los factores intrínsecos del atleta (nivel de deshidratación, problemas gastrointestinales, tipo de competición) y las propias características de la bebida (sabor, temperatura, composición). En términos generales, los atletas no suelen beber, durante la práctica deportiva, el volumen necesario



para reemplazar la pérdida de fluidos y electrolitos, lo que hace necesario establecer pautas para que lo hagan. En el presente trabajo se presentan esas pautas y la base fisiológica que las sustentan.

## Introducción

Durante la práctica deportiva intensa se suelen producir cambios agudos en la masa corporal, lo que viene provocado, principalmente, por la pérdida de agua en forma de sudor y respiración (Shirreffs, 2000). Esto puede alterar la homeostasis del volumen intra y extracelular del organismo (Kargotich *et al.*, 1998), y dar lugar a alteraciones significativas en las funciones corporales implicándose, entre otros, los sistemas nervioso, cardiovascular, termorregulador, metabólico, endocrino o excretor. Todo ello puede mermar las capacidades físicas y psíquicas durante el ejercicio (González-Alonso *et al.*, 1998; Armstrong y Epstein, 1999; Downey & Seagrave, 2000). Una deshidratación que ocasione una pérdida del 2 % del peso corporal, reduce el rendimiento aerobio (Mudambo *et al.*, 1997; Hawley & Burke, 1998; Barr, 1999; González-Alonso *et al.*, 1999). Sin embargo, la literatura no muestra datos concluyentes acerca del efecto de la deshidratación sobre la fuerza y la potencia anaerobia (Webster *et al.*, 1990; Montain *et al.*, 1998; Foued *et al.*, 2001; Gutiérrez *et*

*al.*, 2001; Ftaiti *et al.*, 2001). Cuando la deshidratación alcanza niveles del 7-10 % de pérdida de peso corporal, se puede provocar la muerte del sujeto (Hawley & Burke, 1998; Epstein & Armstrong, 1999; Naghii, 2000). (Tabla 1)

Para evitar o minimizar los efectos de la deshidratación, optimizar la performance y favorecer todos los mecanismos implicados en la defensa de la homeostasis a nivel extra e intracelular, el atleta deberá ingerir fluidos *a) antes* de la competición, para afrontar la competición en un estado de buena hidratación (euhydratación); *b) durante* la competición, para mantener el volumen sanguíneo y los sistemas cardiovascular y termorregulador (Candas *et al.*, 1988) en óptimas condiciones; *c) después* de la competición, para asegurar una correcta reposición de los fluidos perdidos durante el ejercicio y que no han podido ser reestablecidos. Todo esto asegura una rápida, eficaz y completa recuperación hídrica, electrolítica y energética (van Loon *et al.*, 2000; Bowtell *et al.*, 2000; González-Gross *et al.*, 2001; Burke, 2001) a la vez que acelera el proceso de recuperación para el día siguiente. Para ello se hace necesaria también la administración de carbohidratos inmediatamente tras la finalización del esfuerzo físico que provoquen un aumento de glucemia e insulinemia que garanticen tanto el restablecimiento del glu-

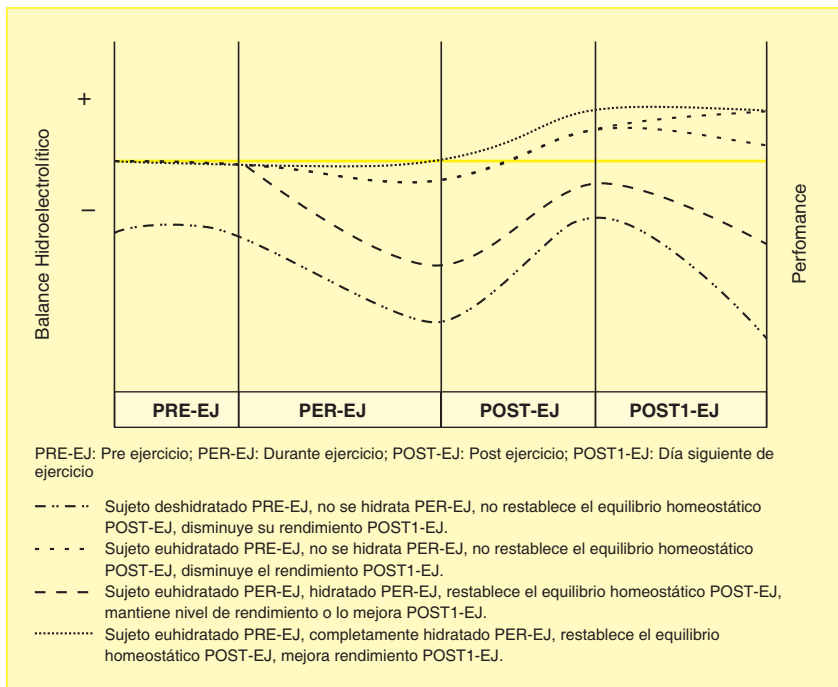
cógeno muscular como hepático (Calbet, 1999). (Figura 1)

El problema se plantea a la hora de establecer unos criterios claros y precisos de acuerdo a la cantidad, la composición, propiedades organolépticas, temperatura, y frecuencia a la que el atleta debe ingerir esa bebida, lo que se complica aún más por el hecho de que, en todos los casos, tal bebida debe adaptarse a las necesidades y características propias del atleta (edad, sexo, peso, altura, estado de nutrición y entrenamiento) (Barr, 1999; Sawka *et al.*, 1998; Naghii, 2000), y a las particularidades del ejercicio que practique (aire libre, espacio cerrado, grado de humedad, duración, acuático, etc.).

**Tabla 1.**  
Efectos de la deshidratación sobre el rendimiento físico.

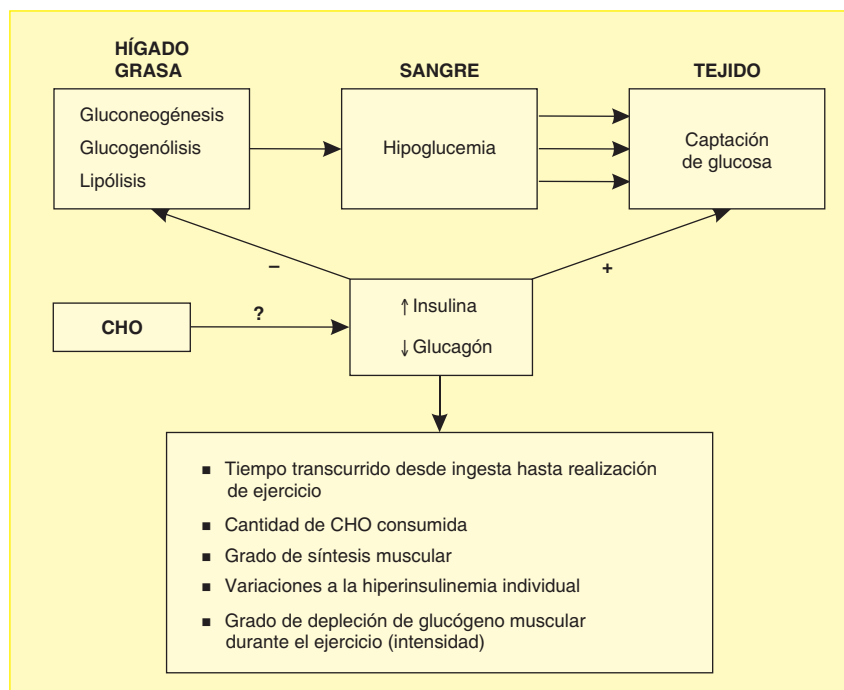
PÉRDIDA DE AGUA EN % DE LA MASA CORPORAL	EFFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO
1-3 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sed</li> <li>▪ Reducción volumen plasmático</li> <li>▪ Hipovolemia</li> <li>▪ Hemoconcentración</li> <li>▪ Insuficiencia termorreguladora</li> <li>▪ Disminuye volumen sistólico</li> <li>▪ Aumento frecuencia cardíaca</li> <li>▪ Reducción tensión arterial</li> <li>▪ Aumento de catecolaminas y cortisol</li> <li>▪ Aumento de ADH, aldosterona y angiotensina II</li> <li>▪ Aumenta la percepción del esfuerzo (RPE)</li> <li>▪ Disminuye la capacidad de esfuerzo físico</li> <li>▪ Disminuye el rendimiento aerobio</li> </ul>
4-5 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hipertermia</li> <li>▪ Disminuye gasto cardíaco</li> <li>▪ Disminuye tensión arterial</li> <li>▪ Aumenta rutas glucolíticas anaerobias</li> <li>▪ Aumento de la utilización de glucógeno muscular</li> <li>▪ Aumento en la concentración de ácido láctico</li> <li>▪ Daño en la función gastrointestinal</li> <li>▪ Dificulta rendimiento aerobio</li> <li>▪ Empeora la coordinación</li> <li>▪ Fatiga por calor</li> <li>▪ Daño en la función cerebral</li> <li>▪ Asincronía de Unidades motrices</li> <li>▪ Afectado el reclutamiento de unidades motrices</li> </ul>
> 5 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cefaleas</li> <li>▪ Hiponatremia</li> <li>▪ Hipokaliemia</li> <li>▪ Mareos</li> <li>▪ Dificultad para la concentración</li> <li>▪ Golpe de calor</li> <li>▪ Contracturas</li> <li>▪ Riesgo de coma</li> <li>▪ Muerte 8-10 %</li> </ul>

**Figura 1.**  
Repercusión del estado de hidratación sobre el rendimiento.



**Figura 2.**

Efectos de la hiperinsulinemia producida por ingestión de carbohidratos (CHO) (adaptado de Villa & González, 1994).



### Volumen y contenido de la ingestión pre-compitió

La ingesta de bebida previa a la competición persigue garantizar un adecuado nivel de hidratación. La composición de la bebida a ingerir (contenido en carbohidratos, electrolitos, osmolaridad) no está exenta de problemas. Recientes acuerdos de instituciones relevantes en materia de Medicina del Deporte (American College of Sports Medicine, 2000) aconsejan al deportista que consuma alrededor de 500 ml de fluido durante las dos horas previas al ejercicio. Se propone una bebida equilibrada, agradable, que no retrase el vaciamiento gástrico, con una osmolaridad que no altere la del plasma sanguíneo (que es de 280-300mOsm/kg), y una concentración de 6-8 % de carbohidratos (Poleman & Peckenpaugh, 1991; McArdle *et al.*, 1993; Convertino *et al.*, 1996; Latzka & Montain, 1999). La adición de electrolitos antes del ejercicio tendrá como principal objetivo aumentar la palatabilidad de la bebida y proporcionar algo de electrolitos pero manteniendo inalterada la osmolaridad plasmática. La adición de 10-20 mmol/l de Na<sup>+</sup> y de 5-10 mmol/l de K<sup>+</sup> se considera recomendable (Combes & Hamilton, 2000). Los valores normales de Na<sup>+</sup> en plasma oscilan entre 135-145 mmol/l, y en el sudor 35,2-81 mmol/l (Shirreffs & Maughan, 1997; Marins

*et al.*, 2001). Los casos de hipo/hipernatremia e hipo/hiperkaliemia previos son muy poco frecuentes entre los deportistas, y se mantienen en rangos de normalidad con una dieta equilibrada (Combes & Hamilton, 2000; Marins *et al.*, 2001). El problema que se plantea, cuando se ingiere una bebida con un cierto contenido en carbohidratos, es el efecto que éstos van a tener sobre la secreción de insulina y, por tanto, inhibitoria de la secreción de glucagón. Así, si en los momentos previos a la competición se toman bebidas ricas en carbohidratos, la secreción aumentada de insulina, con la consiguiente traslocación de las proteínas transportadoras de glucosa GLUT-4 en el músculo y tejido adiposo (Combes & Hamilton, 2000), su efecto inhibitorio de la glucogenólisis y neogluconeogénesis hepática y la disminución de glucagón, van a aumentar la disponibilidad periférica de glucosa y a frenar su producción hepática (Castillo *et al.*, 1996). Simultáneamente, la disminución de la razón molar insulina/glucagón va a inhibir la lipólisis, lo que ocasiona una disminución de ácidos grasos libres en circulación susceptibles de ser utilizados por la fibra muscular (Castillo, 1998). Todo esto va a ocasionar, en el momento de realizar ejercicio, la necesidad de recurrir, por parte de la fibra mus-

cular, a la utilización de su propio glucógeno, lo que trae como consecuencia una disminución del tiempo de aparición de la fatiga (Hagraeves *et al.*, 1985). En base a ello, la ingesta previa de bebidas con alto contenido en carbohidratos (>8 %) no resulta *a priori* aconsejable. El efecto de la ingestión de bebidas carbohidratadas previo a la realización de ejercicio, y su efecto sobre la respuesta hiperinsulinémica, depende del tiempo transcurrido desde la ingesta hasta la realización del ejercicio, de la cantidad de carbohidratos consumida, del grado de síntesis de glucógeno muscular, de las variaciones individuales en la respuesta a la hiperinsulinemia, y del cambio en el índice de depleción de glucógeno muscular durante el ejercicio (Combes & Hamilton, 2000), lo que está, a su vez, relacionado con la intensidad del mismo (figura 2). Otros estudios, como los presentados por Coyle (1991), Snyder *et al.* (1993) y Tarnopolsky *et al.* (1996), mostraron que los individuos que ingirieron carbohidratos (~10 % de glucosa, sacarosa o maltodextrinas, y 19,7 % de polímeros de glucosa, respectivamente) durante la hora que precede a un ejercicio de corta duración, no sufrieron las citadas consecuencias de la hiperinsulinemia y no disminuyó su rendimiento. Se han obtenido, incluso, aumentos en el rendimiento de corta duración cuando se administraba una solución con una concentración de carbohidratos 8-10 % (glucosa y fructosa) durante los 15-30 min previos a la competición (Ventura *et al.*, 1994; El-Sayed *et al.*, 1997). Por tanto, la concentración óptima de carbohidratos puede estar en torno al 8-10 %, para mantener un adecuado balance energético durante el ejercicio.

### Volumen y contenido de la bebida durante la competición

Durante la realización del ejercicio, es habitual que no se ingiera de manera voluntaria la cantidad de agua que se pierde. Esto ocurre aún cuando se aumenta la palatabilidad de la bebida (Shirreffs *et al.*, 1996; Maughan & Leiper, 1999). El volumen y la frecuencia de la ingesta de la bebida durante y tras la realización de ejercicio está influenciada por la temperatura, sabor (Wilmore *et al.*, 1998), aroma y apariencia de la misma, siendo las bebidas frías (8-12 °C) aquellas que se consumen en mayor cantidad (Shi *et al.*, 2000).



La efectividad de la restitución de fluido durante el ejercicio depende de la velocidad de vaciado gástrico y la absorción intestinal (Nose *et al.*, 1990; Costill *et al.*, 1990; Gisolfi *et al.*, 1990). De ellos, la velocidad de vaciado gástrico es el factor principal (Costill & Saltin 1974; Gisolfi *et al.*, 1990).

### Velocidad de vaciado gástrico

La velocidad de vaciado gástrico (~800ml/h) (Ryan *et al.*, 1989) depende de la osmolaridad, pH, y temperatura de la disolución (Shi *et al.*, 2000), intensidad del ejercicio, volumen de la ingesta y aporte calórico (Maughan & Leiper, 1999) siendo éste último, un factor decisivo hasta el extremo que existe una relación lineal entre densidad calórica y velocidad de vaciamiento gástrico. (Murray *et al.*, 1999; Gisolfi *et al.*, 1998; Calbet, 1999). A intensidades superiores al 70 %  $\dot{V}O_{2max}$ , la intensidad del ejercicio parece afectar negativamente a la velocidad de vaciado gástrico (Cheung *et al.*, 2000). Una intensidad menor del 70-75 %  $\dot{V}O_{2max}$  no retrasa el vaciamiento gástrico (Brouns *et al.*, 1987; Costill, 1990). Incluso, se ha mostrado que cuando los sujetos caminaban o corrían a una intensidad menor del 70 %  $\dot{V}O_{2max}$ , la velocidad de vaciado gástrico aumentaba respecto a cuando los sujetos permanecían en reposo (Neufer *et al.*, 1989a). Esto se atribuyó a la movilidad gastrointestinal provocada por los movimientos corporales propios de la actividad. Intensidades superiores (75-100 %), pueden comprometer el vaciamiento gástrico, retrasando la absorción de fluidos en el intestino, principalmente por el aumento de la sollicitación del flujo sanguíneo por los grupos musculares que están desarrollando el esfuerzo físico, lo que va a disminuir el flujo sanguíneo al aparato digestivo e intestinal, provocando un descenso en la velocidad del vaciado gástrico (Costill & Saltin, 1974; Ryan *et al.*, 1989; Galloway & Maughan, 1997; Cheung *et al.*, 2000). Las altas temperaturas ambientales también disminuyen de forma significativa el nivel de vaciado gástrico (Neufer *et al.*, 1989b).

### Absorción intestinal

Los factores que afectan la absorción intestinal de agua, carbohidratos y electrolitos, son múltiples (Coombes *et al.*, 2000). Durante el ejercicio, se pueden

llegar a absorber entre 1,9 y 2,3 l/h (González & Villa, 1998). La presencia de  $Na^+$  y carbohidratos en la bebida mejora su absorción mutua debido al mecanismo de co-transporte por el que glucosa y sodio se absorben a nivel intestinal, lo que se potencia con la adición de cloruro (Gisolfi, 1994; Reuss, 2000). El  $Na^+$ , además, mejora la palatabilidad de las soluciones aumentando su consumo *ad libitum*. Esto, además, contribuye al mantenimiento de la osmolaridad plasmática (Gisolfi 1994; Shirreffs, 1998). El tipo de solutos añadidos a la solución, la osmolaridad que determinan y su nivel de digestibilidad pueden influir en la velocidad de su absorción a través del intestino (Coombes *et al.*, 2000). En este sentido, resulta difícil combinar los distintos tipos y cantidades de carbohidratos en la bebida, dadas las diferentes respuestas que pueden ocasionar en el deportista. Un contenido intestinal con una elevada osmolaridad va a retrasar la absorción intestinal, incluso puede atraer agua desde el intersticio hacia la propia luz y aumentar el tránsito intestinal ocasionando diarrea. En general, la absorción de fluido no se ve disminuida hasta concentraciones del 8 %, siendo esta absorción superior a la que se consigue cuando se bebe agua sola (Fordtran, 1975; Leiper & Maughan, 1988). Esto se

explica por el arrastre de solvente que los solutos (glucosa y sodio, principalmente) ejercen cuando ya se encuentran en el lado baso-lateral de la célula. A ese espacio será atraída el agua desde la luz intestinal pasando a través de la hendidura intercelular. De la misma forma, vehiculados con el agua irán algunos solutos que tenga disueltos, mecanismo conocido como arrastre por solvente. En definitiva, se produce un arrastre mutuo de solvente y solutos. En consecuencia, es conveniente adaptar la composición de la bebida y el tipo de carbohidratos que contiene, para conseguir la mayor absorción de agua y sodio con el mínimo impacto en la osmolaridad y en la homeostasis intestinal.

### Composición de la bebida

El aporte de carbohidratos justo al inicio del ejercicio y a lo largo del ejercicio puede contribuir a preservar el glucógeno muscular en esfuerzos prolongados, en esfuerzos interválicos y esfuerzos de corta duración y elevada intensidad (80-95 %) (Villa & González, 1994; Balsom *et al.*, 1999). El volumen de líquido a ingerir variará de acuerdo a la cantidad de fluido que pretendemos beber para cada concentración de carbohidratos (Villa & González, 1994; Hawley & Burke, 1998). (Tabla 2).

**Tabla 2.**

Balace de fluido (ml/hr) para cada concentración de carbohidratos, expresado en % (g/ml) y en g/hr (adaptado de Hawley & Burke).

CONCENTRACIÓN CHO % (g/100 ml)	CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS (g/hr)						VOLUMEN (ml/hr)
	30 g/hr	40 g/hr	50 g/hr	60 g/hr	70 g/hr	80 g/hr	
2	1.500	2.000	2.500	3.500	3.500	4.000	
4	750	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	
5	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600	
6	500	670	830	1.000	1.170	1.340	
7	430	570	715	860	1.000	1.140	
8	375	500	625	750	875	1.000	
10	300	400	500	600	700	800	
12	250	330	420	500	580	670	
15	200	270	330	400	470	530	
20	150	200	250	300	350	400	
25	120	160	200	240	280	320	
50	60	80	100	120	140	160	
75	40	53,3	66,7	80	93,3	106,6	

**Tabla 3.**

Cálculos de la pérdida de fluido por sudor y balance de fluido durante el ejercicio ( $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 1000 \text{ ml}$  de agua) (Hawley & Burke, 1998).

1. **Cambio de la masa corporal (kg)** = peso corporal antes del ejercicio – peso corporal después del ejercicio (tras secado).
2. **Fluido ingerido (ml)** = volumen de fluido antes del ejercicio – volumen de fluido tras el ejercicio.
3. **Pérdida de orina (ml)** = peso corporal antes de orinar – peso corporal después de orinar.
4. **Pérdida total de sudor durante el ejercicio (ml)** = cambio de la masa corporal ( $\text{kg} \times 1000$ ) + fluido ingerido (ml) – pérdida de orina.
5. **Índice de sudor (ml/hr)** = pérdida total de sudor / duración del ejercicio (hr).
6. **Déficit de fluido (ml)** = cambio en el peso corporal ( $\text{kg} \times 1000$ ).
7. **% de deshidratación** = cambio en el peso corporal (kg) / peso corporal antes del ejercicio (kg)  $\times 100$ .

Para eventos que duren menos de una hora, se propone una ingesta de líquido de 300-500 ml al 6-10 % de concentración de carbohidratos, cada 15 minutos y a una temperatura de 5-15° C, aunque algunos estudios indican que para eventos de duración <1 h no es necesario la ingesta de fluidos (Maughan & Noakes, 1991). Para eventos de entre 1-3 h., se propone la ingesta de 800-1600 ml/h. con una concentración de 6-8 % de carbohidratos, y con 10-20mmol/L de Na<sup>+</sup>. Para eventos de más de 3h (Gisolfi & Duchman, 1992; Latzka & Montain, 1999; González-Gross *et al.*, 2001) se reduce el volumen hasta 1000 ml y se aumenta la concentración de Na<sup>+</sup> hasta 20-30 mmol/l. La reposición de sodio debería ser mayor (~1g/l) cuando la ingestión de líquido supera los 4-5 l durante un ejercicio al 50-60 % VO<sub>2max</sub> realizado en ambientes de 37- 38 °C (Villegas, 1998). La osmolaridad, no debería sobrepasar los 280mOsm/kg, para garantizar un adecuada absorción y transporte de agua (Gisolfi *et al.*, 1992; Sawka *et al.*, 1998; Brouns *et al.*, 1998; Maughan, 1999). De esta forma reemplazaremos, al menos en parte, las pérdidas de líquido, electrolíticas y de sustratos energéticos en eventos de larga duración, ya que durante una hora de ejercicio de baja intensidad, un sujeto puede perder de 1 a 2 litros de sudor, aumentando hasta 2,5-3 l cuando éste se realiza a altas intensidades y en ambientes calurosos (Sawka *et al.*, 1998). La inclusión de potasio en las bebidas isotónicas no se considera relevante (Amat, 1998). La aparición de hipokaliemia entre los atletas es infrecuente, teniendo en cuenta que la reposición de este electrolito a través de la dieta suele ser adecuada (Shephard, 1988; Gastmann *et al.*, 1998).

### **Volumen y contenido de la ingestión de líquidos post-competición**

#### **Mecanismos de la sed**

La restauración corporal de fluido está regulado por diferentes sistemas de señales aferentes que estimularán la sed y/o el apetito de sodio (Schulkin, 1991; Jhon, 1998). Las neuronas osmorreceptoras, son estimuladas con pequeños aumentos de la osmolaridad plasmática ejerciendo un intenso control sobre la secreción de ADH y sobre la sed (Mack, 1998; Fitzsimons, 1998). El descenso de la presión arterial, hipovolemia, o disminución del volumen del líquido extracelular, tal y como se desarrolla en un individuo en estado de deshidratación, estimula la sed a través de una vía dependiente a la anterior (Armstrong & Epstein, 1999). La angiotensina II y la ADH (hormona anti-diurética), estimuladas por factores asociados al aumento de la osmolaridad extracelular, a la hipovolemia y a la baja presión sanguínea, aumentan la absorción intestinal a la vez que actúan sobre el órgano vasculoso de la lámina terminal, íntimamente implicado con la mediación de la respuesta a la sed (Fitzsimons, 1998; Jhon, 1998). La sed, es un reflejo tardío de las condiciones deficitarias de los compartimentos líquidos del cuerpo (Mack, 1998), que puede estar alterado o difuminado durante la competición. Se deberá realizar una precisa calibración de la composición de la bebida, encaminada a provocar un aumento de la ingesta, para asegurarnos de una adecuada rehidratación y una completa restauración de los líquidos, electrolitos, y depósitos de glucógeno (Wagner, 2001).

La composición de la bebida post competición variará en función del tiempo e intensidad del ejercicio precedente, y de las condiciones ambientales en las que se desarrolló, estableciendo como criterio esencial, que el consumo sea igual o mayor que la pérdida por sudor (Maughan *et al.*, 1997). (Tabla 3)

### **Carbohidratos y síntesis de glucógeno**

Tras realizar un esfuerzo muscular de más de 1 hora, las reservas de glucógeno muscular pueden quedar deplecionadas (pérdida en torno al 90 %) (Villa & González, 1994; Latzka & Montain, 1999; ACSM, 2000). Para restablecer los niveles de glucógeno muscular, se precisa un aumento exógeno de sustratos al músculo esquelético y una aumentada actividad de la resíntesis muscular de glucógeno (Calbet, 1999). Para acelerar este restablecimiento, se deberá aumentar la glucemia y, en consecuencia, la insulina, potenciándose el efecto de las distintas hormonas anabólicas (insulina, testosterona, hormona del crecimiento) y la acción del péptido GLP-1, para estimular la síntesis de glucógeno hepático y muscular. En estas condiciones se podrá realizar una nueva sesión de entrenamiento o competición en óptimas condiciones (Calbet, 1999; Delgado *et al.*, 1999; Bilzon *et al.*, 2000; Wong *et al.*, 2000; van Loon *et al.*, 2000a; Wagner, 2001).

Incluso en aquellas situaciones en las que nuestro único objetivo sea la rehidratación y restaurar el balance hídrico, la adición de una pequeña cantidad de carbohidratos (<2 %) puede mejorar el índice de absorción intestinal de sodio y agua (Maughan & Shirreffs, 1997).

La síntesis de glucógeno muscular post ejercicio, es el factor clave para determinar el tiempo que necesita el atleta en recuperarse tras un ejercicio de larga duración (van Loon *et al.*, 2000a). La capacidad de recuperación del glucógeno es máxima durante la primera hora después del ejercicio (Wootton, 1990), no llegando a reinstaurarse completamente hasta las 24-48h posteriores (Coyle *et al.*, 1997). La osmolaridad del fluido (Piehl *et al.*, 2000) y el índice glucémico (debiendo ser moderado o alto) (Walton *et al.*, 1997) (tabla 4) repercutirán en la velocidad de síntesis del glucógeno, minimizando al máximo el contenido de grasas, proteínas y fibra, al objeto de evitar problemas gastrointestinales (Villa & González, 1994; Hawley & Burke, 1998). Las





bebidas isosmóticas son las más aptas para asegurar una máxima absorción intestinal (Gisolfi *et al.*, 1992; Sawka *et al.*, 1998; Brouns *et al.*, 1998; Maughan, 1999).

La adición de una mezcla de proteínas hidrolizadas y aminoácidos a la bebidas carbohidratadas es cada vez más frecuente para transformar en anabólico el ambiente hormonal y así aumentar la velocidad de resíntesis de glucógeno y proteínas (Calbet, 1999; van Loon *et al.*, 2000a; van Loon, *et al.*, 2000b). Así, se ha visto que tras provocar una depleción completa de las reservas de glucógeno, la velocidad de resíntesis fue de  $35,4 \pm 5,1 \mu\text{moles de glicosol} \cdot \text{g seco wt/l/h}$  cuando se usaba una solución carbohidratada ( $0,8 \text{ g/kg/h}$ ) que contenía proteína hidrolizada y aminoácidos esenciales (leucina y fenilalanina), frente a una velocidad de resíntesis de  $16,6 \pm 7,8 \mu\text{moles de glicosol} \cdot \text{g seco wt/l/h}$  cuando se usaba una solución que sólo contenía carbohidratos ( $0,8 \text{ g/kg/h}$ ) (van Loon *et al.*, 2000a). La síntesis de glucógeno fue incluso mayor ( $44,8 \pm 6,8 \mu\text{moles de glicosol} \cdot \text{g seco wt/l/h}$ ) cuando se incrementó la concentración de carbohidratos hasta  $1,2 \text{ g/kg/h}$  (van Loon *et al.*, 2000a). Tras 2 h de ejercicio (con la finalidad de provocar una depleción de glucógeno), la ingesta de 330 ml de una solución glucosada al 18,5 % más 8 g de glutamina, repuso un 25 % más de glucógeno hepático y muscular, que una solución glucosada (Bowtell *et al.*, 1999). Igualmente, la incorporación de 0,08 g/kg de clorhidrato de arginina junto con 1 g/kg de carbohidratos, aumentó la resíntesis muscular de glucógeno (Yaspelkis & Ivy, 1999) debido a un menor índice oxidativo postejercicio de carbohidratos. La ingesta de 2 g/kg de carbohidratos (10 %) tras pedalear recostado al 75 %  $\text{VO}_{2\text{max}}$  atenuó la respuesta de la fosfatidilinositol 3-quinasa, y aumentó la actividad de la glucógeno sintasa, disminuyendo el metabolismo oxidativo, lo que facilitó la restauración de los depósitos de glucógeno (O’Gorman, 2000).

El tipo de carbohidrato incorporado a la bebida también es determinante para restablecer completamente los depósitos de glucógeno (Bowtell *et al.*, 2000). Se ha mostrado que una ingesta de 330ml de fluido con una concentración 18,5 % de polímeros de glucosa (61 g), provocaba un mejor restablecimiento de los depósitos de glucógeno muscular y hepático, que el obtenido con sacarosa (18,5 % o al 12 %) (Bowtell *et al.*, 2000). La ingestión de 1g de glucosa o sacarosa por kilogramo de peso corporal es suficiente para asegurar una repleción

de los depósitos de glucógeno hepático ( $P < 0,05$ ), lo que no se produjo con la síntesis de glucógeno muscular (Casey *et al.*, 2000).

### Electrolitos: sodio, potasio, cloruro

Todos los autores coinciden en afirmar la importancia de añadir elevadas cantidades de  $\text{Na}^+$  (50-60 mmol/l) en la bebidas postejercicio, concluyendo que la rehidratación postejercicio sólo se completará, si los niveles de electrolitos (principalmente del  $\text{Na}^+$ , y en menor medida  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^+$ ), perdidos por el sudor, son reemplazados completamente (Maughan & Shirreffs, 1997; Armstrong & Epstein, 1999). El  $\text{Na}^+$ , debido a su implicación con el mecanismo de co-transporte de la molécula de glucosa, la absorción intestinal y la palatabilidad, descritos anteriormente, hace imprescindible su presencia en las bebidas postejercicio (Maughan & Shirreffs, 1997; Maughan *et al.*, 1997; Armstrong & Epstein, 1999). La ingesta recomendada es de 50-60mmol/l, pudiendo aumentar hasta 100mmol/l (Shirreffs & Maughan, 1998b). El nivel de aptitud física y la aclimatación parecen influir en los niveles de pérdida de  $\text{Na}^+$ , aumentando las pérdidas en los no entrenados (hasta 100 mmol/l), lo que disminuye en personas entrenadas hasta 10mmol/l (Marins *et al.*, 2001). En la práctica habitual se puede esperar una pérdida de entre 0,5-2g de  $\text{Na}^+$ /l de sudor (Amat, 1998). Los cuadros de hiponatremia son poco frecuentes. Sin embargo, la ingesta de barbitúricos, alcohol, diuréticos (muy comunes en los luchadores) puede desembocar en vómitos, delirio, espasmos abdominales, alucinaciones, taquicardias (Marins *et al.*, 2001), e incluso la muerte, alcanzando un índice de mortalidad alrededor del 50 % según ha sido publicado (Baylis, 1980).

La presencia de potasio en las soluciones tiene como principal objetivo ayudar a la retención de agua intracelular, además de reponer la cantidad de potasio perdida por el sudor (Maughan *et al.*, 1996), aunque Amat (1998) no considera importante su inclusión en las bebidas. Villegas *et al.* (1995) comunica que, en cualquier caso, y debido al bajo índice de desarrollo de hipokaliemia, la bebida no debe exceder en su contenido, una cantidad de 10 mmol/l.

### Conclusión

Para eludir los efectos negativos de la deshidratación sobre el rendimiento, el atleta

debe beber suficiente cantidad de líquido “antes”, “durante”, y “después” del ejercicio. Idealmente, la bebida será una solución compuesta de carbohidratos y electrolitos en cantidad adecuada para garantizar un óptimo rendimiento y reponer eficazmente las pérdidas hídricas, electrolíticas y energéticas sufridas. Para conseguirlo es preciso, por un lado, conocer en profundidad los mecanismos fisiológicos implicados y, por otro, individualizar los aportes a las circunstancias particulares de cada caso y situación.

**Tabla 4.**  
Índice glucémico de algunos alimentos.

ALIMENTO	ÍNDICE GLUCÉMICO
<b>Azúcares</b>	
Glucosa	138
Miel	87
Sacarosa	86
Fructosa	20
<b>Vegetales</b>	
Patata asada	135
Judías blancas	115
Nabos	98
Zanahorias	90
Boniato	48
Alubias	30
Lentejas	25
Soja	15
<b>Fruta</b>	
Pasas	93
Dátiles	72
Plátano	65
Naranjas	40
Manzanas	36
<b>Cereales</b>	
Copos de maíz	119
Copos de avena	109
Pan blanco	100
Pan integral	100
Cornflakes	85
Arroz blanco	83
Arroz integral	60
Espaguetis	56
Garbanzos	49
Lentejas	43
Espaguetis integrales	40

## Bibliografía

- Amat, O.: *Nutrición, salud y rendimiento deportivo*, Barcelona: Espaxs, 1998 (2.ª ed.).
- American college of sports medicine: "Joint Position Statement: nutrition and athletic performance, American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dieticians of Canada", *Med Sci Sports Exerc*, 32, vol. 12 (2000), pp. 2130-2145.
- Armstrong, L. E. y Epstein, Y.: "Fluid-Electrolyte Balance During Labor and Exercise: Concepts and Misconceptions", *Int J Sport Nutr*, 9, vol. 1 (1999), pp. 1-12.
- Balsom, P. D.; Wood, K.; Olsson, P. y Ekblom: "Carbohydrate intake and multiple sprint sports: With special reference to football (soccer)", *Int J Sports Med*, 20 (1999), pp. 48-52.
- Baylis, P. H.: "Hiponatremia and hipernatremia", *Clin Endo Ex*, 9, vol. 3 (1980), pp. 625-637.
- Barr, S. I.: "Effects of dehydration on exercise performance", *Can J Appl Physiol*, 24, vol. 2 (1999), pp. 164-172.
- Bilzon, J. L.; Allsopp, A. J. y Williams, C.: "Short-term recovery from prolonged constant pace running in a warm environment: the effectiveness of a carbohydrate- electrolyte solution", *Eur J Appl Physiol*, 82, vol. 4 (2000), pp. 305-312.
- Bowtell, J. L.; Gelly, K.; Jackman, M. L.; Patel, A.; Simeoni, M. y Rennie, M. J.: "Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise", *J Appl Physiol*, 86, vol. 6 (1999), pp. 1770-1777.
- Bowtell, J. L.; Gelly, K.; Jackman, M. L.; Patel, A.; Simeoni, M. y Rennie, M. J.: "Effect of different carbohydrate drinks on whole body carbohydrate storage after exhaustive exercise", *J Appl Physiol*, 88, vol. 5 (2000), pp. 1529-1536.
- Brouns, F.; Saris, W. H. M. y Rehrer, N. J.: "Abdominal complaints and gastrointestinal function during long lasting exercise", *Int J Sports Med*, 8 (1987), pp. 175-189.
- Brouns, F.; Kovacs, E. M. y Senden, J. M.: "The Effect of Different Rehydration Drinks on Post-Exercise Electrolyte Excretion in Trained Athletes", *Int J Sports Med*, 19, vol. 1 (1998), pp. 56-60.
- Burke, L. M.: "Nutritional needs for exercise in the heat", *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 128, vol. 4 (2001), pp. 735-748.
- Calbet, J. A.: "Papel de la alimentación como alternativa al dopaje", en *Conferencia Nacional sobre el Dopaje*, Pamplona, 21-22 enero 1999, pp. 58-63.
- Candas, V.; Libert, J-P. y Bradenberg, G.: "Thermal and circulatory responses during prolonged exercise at different levels of hydration", *J Physiol*, 83, Paris (1988), pp. 11-18.
- Casey, A.; Mann, R.; Banister, K.; Fox, J.; Morris, P. G.; McDonald, I. A. y Greenhaff, P. L.: "Effect of carbohydrate ingestion on glycogen resynthesis in human liver and skeletal muscle, measured by (13)C MRS", *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 278, vol. 1 (2000), pp. E65-E75.
- Castillo M. J.: "Diabetes Mellitus: De la Fisiología a la Clínica", *Invest Clin*, 5, vol. 1 (1998), pp. 119-131.
- Castillo, M. J.; Scheen, A. J.; Paolisso, G. y Lefebvre, P. J.: "Exhaustion of blood glucose response and enhancement of insulin response after repeated glucagon injections in type-2 diabetes: Potentiation by progressive hyperglycemia", *Ann Endocrinol*, 57 (1996), pp. 395-402.
- Cheung, S. S.; McLellan, T. M. y Tenaglia, S.: "The thermophysiology of uncompensable heat stress. Physiological manipulations and individual characteristics", *Sports Med*, 29, vol. 5 (2000), pp. 329-359.
- Convertino, V. A.; Armstrong, L. E.; Coyle, E. F.; Mack, G. W.; Sawka, M. N.; Senay, L. C. y Sherman, W. M.: "American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement", *Med Sci Sports Exerc*, 28, vol. 1 (1996), pp. I-VII.
- Coombes, J. S. y Hamilton, K. L.: "The Effectiveness of Commercially Available Sports Drinks", *Sports Med*, 29, vol. 3 (2000), pp. 181-209.
- Costill, D. L.: "Gastric emptying of fluid during exercise", in C.V. Gisolfi and DR Lamb (eds.), *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, Carmel IN: Brown & Benchmark (*Fluid Homeostasis During Exercise*, vol. 3 (1990), pp. 129-180).
- Costill, D. L. y Saltin, B.: "Factors limiting gastric emptying during rest and exercise", *J Appl Physiol*, 37 (1974), pp. 679-683.
- Coyle, E. F.: "Timing and method in increased carbohydrate intake to cope with heavy training competition and recovery", *J Sports Sci*, 9 (1991), pp. 29-52.
- Coyle, E. F.; Jeukendrup, A. E.; Wagenmakers, A. J. y Saris, W. H.: "Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise", *Am J Physiol*, 273 (1997), pp. 238-275.
- Delgado M.; Gutiérrez A. y Castillo M. J.: (1999) *Entrenamiento físico-deportivo y alimentación. De la infancia a la edad adulta*, Barcelona: Paidotribo, 1999 (2.ª edición).
- Downey, D. y Seagrave, R. C.: "Mathematical modelling of the human body during water replacement and dehydration: body water changes", *Ann Biomed Eng*, 28, vol. 3 (2000), pp. 278-290.
- El-Sayed, M. S.; Balmer, J. y Rattu, A. J.: "Carbohydrate ingestion improves endurance performance during 1 hour simulated cycling time trial", *J Sports Sci*, 15, vol. 2 (1997), pp. 223-230.
- Epstein, Y. y Armstrong, L.: "Fluid-electrolyte balance during labour and exercise: Concepts and misconceptions", *Int J Sport Nutr*, 9 (1999), pp. 1-12.
- Fitzsimons, J. T.: "Angiotensin, thirst, and sodium appetite", *Physiol Rev*, 78, vol. 3 (1998), pp. 583-686.
- Fordtran, J. S.: "Stimulation of active and passive sodium absorption by sugars in the human jejunum", *J Clin Lab Invest*, 55 (1975), pp. 728-737.
- Foued, F.; Grélot, L.; Coudreuse, J. M. y Nicol, C.: "Combined effects of heat stress, dehydration and exercise on neuromuscular function in humans", *Eur J Appl Physiol*, 84 (2001), pp. 87-94.
- Ftaiti, F.; Grelot, L.; Coudreuse, J. M. y Nicol, C.: "Combined effect of heat stress, dehydration and exercise on neuromuscular function in humans", *Eur J Appl Physiol*, 84, vol. 1-2 (2001), pp. 87-94.
- Galloway, S. D. R. y Maughan, R. J.: "Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man", *Med Sci Sports Exerc*, 29 (1997), pp. 1240-1249.
- Gastman, U.; Dimeo, F.; Huonker, M.; Böcker, J.; Steinacker, JM. y Lehmann, M.: "Ultra-triathlon-related blood-chemical and endocrinology responses in nine athletes", *J Sports Med Phys Fit*, 38 (1998), pp. 18-23.
- Gisolfi, C. V.: "Ejercicio, absorción intestinal y rehidratación en el deporte", *Archivos de Medicina del Deporte*, 10, vol. 42 (1994), pp. 195-200.
- Gisolfi, C. V.; Summers, R. W. y Schedl, H. P.: "Intestinal absorption of fluids during rest and exercise", en C. V. Gisolfi and DR Lamb (eds.), *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, Carmel, IN: Brown & Benchmark (*Fluid Homeostasis During Exercise*, vol. 3, 1990, pp. 129-180).
- Gisolfi, C. V.; Summers, R. W. y Schedl, H. P.: "Intestinal water absorption from select carbohydrate solutions in humans", *J Appl Physiol*, 73, vol. 5 (1992), pp. 2142-2150.
- Gisolfi, C. V. y Duchman, S. M.: "Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events", *Med Sci Sports Exerc*, 24, vol. 6 (1992), pp. 679-687.
- Gisolfi, C. V.; Summers, R. W.; Lambert, G. P. y Xia, T.: "Effect of beverage osmolality on intestinal fluid absorption during exercise", *J Appl Physiol*, 85, vol. 5 (1998), pp. 1941-1948.
- González-Alonso, J. y Coyle, E. F.: "Efectos fisiológicos de la deshidratación. ¿Por qué los deportistas deben ingerir líquidos durante el ejercicio en el calor?", *Apunts, Educación Física y Deportes*, 4 (1998), pp. 46-52.
- González-Alonso, J.; Teller, C.; Andersen, S. L.; Jensen, F. B.; Hyldig, T. y Nielsen, B.: "Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat", *J Appl Physiol*, 86 (1999), pp. 1032-1039.
- González Gallego, J. y Villa Vicente, J. G.: *Nutrición y ayudas ergogénicas en el deporte*, Madrid: Ed. Síntesis, 1998.
- González-Gross, M.; Gutiérrez, A.; Mesa, J. L. M. y Castillo, M. J.: "La nutrición en la práctica deportiva", *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, sometido, 2001.
- Gutiérrez, A.; Mesa, J. L. M.; Ruiz, J. R. y Castillo, M. J.: "Carbohydrate drink is useful to maintain strength performance after sauna induced rapid weight loss", *Int J Sport Nutr* (2001), sometido.
- Hagraeves, M.; Costill, D. L. y Katz, A.: "Effect of fructose ingestion on muscle glycogen usage anaerobic exercise", *Med Sci Sports Exerc*, 17, vol. 3 (1985), pp. 360-363.
- Hawley, J. y Burke, L.: *Peak performance: Training and nutritional strategies for sport*, National Library of Australia: Ed. Allen & Unwin. National Library of Australia, 1998.
- Jhon, B.: "Recovery after exercise in the heat- factors influencing fluid intake", *Int J Sports Med*, 19 (1998), pp. 139-141.
- Kargotich, S.; Goodman, C.; Keast, D. y Morton, A. R.: "The influence plasma volume changes on the interpretation of biomechanical parameters used for monitoring exercise, training and



- sport", *Sports Med*, 26, vol. 2 (1998), pp. 101-117.
- Latzka, W. A., Montain, S. J.: "Water and electrolyte requirements for exercise", *Clin Sports Med*, 18, vol. 3 (1999), pp. 513-524.
- Leiper, J. B. y Maughan, R. J.: "Effect of bicarbonate or base precursor on water and solute absorption from glucose-electrolyte solution in the human jejunum", *Digestion*, 41, vol. 1 (1988), pp. 39-45.
- Marins, J. C.; Dantas, E. H. y Navarro, S. Z.: "Variaciones del sodio y potasio plasmáticos durante el ejercicio físico: Factores asociados", *Apunts, Educación Física y Deportes*, 62, pp. 48-55.
- Mack, G. W.: "Recovery after exercise in the heat-factors influencing fluid intake", *Int J Sports Med*, 19 (1988), pp. S139-141.
- Mcardle, W. D.; Katch, F. I. y Katch, V. L.: *Exercise physiology; energy, nutrition and human performance*, Philadelphia: Lea and Febiger, 1993 (3.ª edición).
- Maughan, R. J.: "Exercise in the heat: limitations to performance and the impact of fluid replacement strategies. Introduction to the symposium", *Can J Appl Physiol*, 24, vol. 2 (1999), pp. 149-151.
- Maughan, R. J. y Leiper, J. B.: "Limitations to fluid replacement during exercise", *Can J Appl Physiol*, 24, vol. 2, pp. 173-187.
- Maughan, R. J.; Noakes, T. D.: "Fluid replacement and exercise stress: A brief review of studies on fluid replacement and some guides for the athlete", *Sports Med*, 12 (1991), pp. 16-31.
- Maughan, R. J.; Leiper, J. B. y Shirreffs, S. M.: "Factors Influencing the Restoration of Fluid and Electrolyte Balance After Exercise in the Heat", *Br J Sports Med*, 1, vol. 3 (1997), pp. 175-182.
- Maughan, R. J. y Shirreffs, S. M.: "Recovery from Prolonged Exercise: Restoration of Water and Electrolyte Balance", *J Sports Sci*, 15, vol. 3 (1997), pp. 297-303.
- Montain, S. J.; Smith, S. A.; Mattot, R. P.; Zienzara, G. P.; Jolesz, F. A. y Sawka M. N.: "Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a <sup>31</sup>P-MSR study", *J Appl Physiol*, 84, vol. 6 (1998), pp. 1889-1894.
- Mudambo, K. S. M. T.; Leese, G. P. y Rennie, M. J.: "Dehydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and the effects of fluid ingestion during a after exercise", *Eur J Appl Physiol*, 76 (1997), pp. 517- 524.
- Murray, R.; Bartoli, W.; Stofan, J.; Horn, M. y Eddy, D.: "A comparison of the gastric emptying characteristics of selected sports drinks", *Int J Sport Nutr*, 9, vol. 3 (1999), pp. 263-274.
- Naghii, M. R.: "The significance of water in sport and weight control", *Nutr Health*, 14, vol. 2, pp. 127-132.
- Neufer, P. D.; Young, A. J. y Sawka, M. N.: "Gastric emptying during walking and running: effects of varied exercise intensity", *Eur J Appl Physiol*, 58 (1989a), pp. 440- 445.
- Neufer, P. D.; Young, A. J. y Sawka, M. N.: "Gastric emptying during exercise: effects of heat stress and Hypohydration", *Eur J Appl Physiol*, 58 (1989b), pp. 433-439.
- Nose H.; Mack G. W.; Shi X. y Nadel E. R.: "Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans", *J Appl Physiol*, 65 (1990), pp. 325-331.
- O'Gorman, D. J.; Del Águila, L. F.; Williamson, D. L.; Krishnan, R. K. y Kirwan, J. P.: "Insulin and exercise differentially regulate PI3-kinase and glycogen synthase in human skeletal muscle", *J Appl Physiol*, 89, vol. 4 (2000), pp. 1412-1419.
- Piehl Aulin, K.; Soderlund, K. y Hultman, E.: "Muscle glycogen resynthesis rate in humans after supplementation of drinks containing carbohydrates with low and high molecular masses", *Eur J Appl Physiol*, 81, vol. 4 (2000), pp. 346-351.
- Poleman, C. M. y Peckenpaugh, N. J.: *Nutrition. Essentials and diet therapy*, Philadelphia: WB Saunders Company, 1991.
- Reuss, L.: "One-hundred years of inquiry: The mechanism of glucose absorption in the intestine", *Annu Rev Physiol*, 62 (2000), pp. 939-946.
- Ryan, A. J.; Bleiler, T. L.; Carter, J. E. y GISOLFI, C. V.: "Gastric emptying during prolonged cycling exercise in the heat", *Med Sci Sports Exerc*, 21 (1989), pp. 51-58.
- Sawka, M. N.; Latzka, W. A.; Matott, P. R. y Montain, S. J.: "Hydration effects on temperature regulation", *Int J Sports Med*, 19 (1998), pp. 108-110.
- Schulkin, J.: *Sodium Hunger: the search for a salty taste*, Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1991.
- Shephard, R.; Dirix, C.; Knuttgen, H. y Tittel, K.: *Libro Olímpico de la Medicina Deportiva*, Barcelona: Doyna, 1988.
- Shi, X.; Bartoli, W.; Horn, M. y Murra, Y. R.: "Gastric emptying of cold beverages in humans: effect of transportable carbohydrates", *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10 (United States), vol. 4 (2000), pp. 394-403.
- Shirreffs, S. M.: "Effects on ingestion of carbohydrate-electrolyte solutions on exercise performance", *Int J Sports Med*, 19 (1998), pp. 17-20.
- Shirreffs, S. M.: "Marker of hydration status", *J Sports Med Phys Fitness*, 40 (2000), pp. 80-84.
- Shirreffs, S. M. y Maughan, R. J.: "Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses", *Am J Physiol*, 274, vol. 2 (1998), pp. F868-875.
- Shirreffs, S. M. y Maughan, R. J.: "Whole body sweat collection in humans : an improved method with preliminary data on electrolyte content", *J Appl Physiol*, 82, vol. 1 (1997), pp. 336-341.
- Shirreffs, S. M.; Taylor, A. J.; Leiper, J. B. y Maughan, R. J. (1996): "Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and sodium content of ingested fluids", *Med Sci Sports Exerc*, 28, pp. 1260-1271.
- Snyder, A. C.; Moorhead K. y Luedtke, J.: "Carbohydrate consumption prior to repeat bouts of high-intensity exercise", *Eur J Appl Physiol*, 66 (1993), pp. 141-145.
- Tarnopolsky, M. A.; Dyson, K. y Atkinson, S. A.: "Mixed carbohydrate supplementation increases carbohydrate oxidation and endurance exercise performance and attenuates potassium accumulation", *Int J Sports Nutr*, 4 (1996), pp. 323-336.
- Van Loon, L. J.; Saris, W. H.; Kruijshoop, M. y Wagenmakers, A. J.: "Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures", *Am J Clin Nutr*, 72, vol. 1 (2000a), pp. 106-111.
- Van Loon, L. J.; Kruijshoop, M.; Verhagen, H.; Saris, W. H. y Wagenmakers, A. J.: "Ingestion of protein hydrolysate and amino acid-carbohydrate mixtures increases postexercise plasma insulin responses in men", *J Nutr*, 130, vol. 10 (2000b), pp. 2508-2513.
- Ventura, J. L.; Estruch, A. y Rodas, G.: "Effect of prior ingestion of glucose or fructose on the performance of exercise of intermediate duration", *Eur J Appl Physiol*, 68 (1994), pp. 345-349.
- Villa Vicente, J. G. y Gonzalez Gallego, J.: "Papel de la suplementación energética en el rendimiento deportivo", en J. Culebras, A. García de Lorenzo y J. González Gallego: *Nutrición por vía enteral*, Madrid: Aula Médica, 1994.
- Villegas, J.: "Alimentación en deportes de especial requerimiento", en J. Gallego y J. Vicente (ed.), *Nutrición y ayudas ergogénicas en el deporte*, Madrid: Editorial Síntesis, 1998.
- Villegas, J.; Becerro, J.; Rocamora, M. y Zamora, S.: "Termorregulación en relación con el ejercicio en ambientes cálidos", *Medicina Aeroespacial y Ambiental*, 3, vol. 1 (1995), pp. 122-132.
- Wagner, L.: "A recipe for nutrition and hydration", *Provider*, 27, vol. 1 (2001), pp. 20-28, 30-31.
- Walton, P. y Rhodes, E. C.: "Glycaemic index and optimal performance", *Sports Med*, 23, vol. 3 (1997), pp. 164-172.
- Webster, S.; Rutt, R. y Weltman, A.: "Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers", *Med Sci Exerc*, 22 (1990), pp. 229-234.
- Wilmore, J. H.; Morton, A. R.; Gilbey, H. J. y Wood, R. J.: "Role of taste on fluid intake during and after 90 min of running at 60 % of VO<sub>2max</sub> in the heat", *Med Sci Sports Exerc*, 30, vol. 4 (1998), pp. 587-595.
- Wong, S. H.; Williams, C. y Adams, N.: "Effects of ingesting a large volume of carbohydrate-electrolyte solution on rehydration during recovery and subsequent exercise capacity", *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10, vol. 4 (2000), pp. 375-393.
- Wooton, S.: *Nutrición y Deporte*, Zaragoza: Acribia, 1990.
- Yaspelkis, B. B. y Ivy, J. L.: "The effect of a carbohydrate-arginine supplement on postexercise carbohydrate metabolism", *Int J Sport Nutr*, 9, vol. 3 (1999), pp. 241-250.