

PREVENCIÓN DE LAS ALTERACIONES HIDROELECTROLÍTICAS DURANTE LA ACTIVIDAD FÍSICA

PREVENTION OF HYDROELECTROLITIC ALTERATION DURING THE PHYSICAL ACTIVITY

Italo A. Monetti **IMPORTANCIA DEL TEMA**

Especialista en Medicina del Deporte
Jefe del Servicio de Medicina del Deporte del Hospital Central de las Fuerzas Armadas Integrante de la Sanidad del Club Atlético Peñarol

Los seres humanos somos homeotérmicos, lo que significa que mantenemos la temperatura corporal interna constante, oscilando entre los 36,1 y 37,8° C, esto se logra mediante una importante función homeostática de nuestro organismo la *termorregulación*.

Durante la realización de actividad física y deportes se produce en el organismo un incremento de la producción metabólica de calor, cuya magnitud depende de la intensidad de la actividad desarrollada.

La eficiencia mecánica del cuerpo es un 25 % de la energía empleada, la que se manifiesta como trabajo efectivo, el 75 % restante se transforma en calor. Si esa magnitud de calor no logra ser disipada en forma adecuada, se producirá un aumento de 1° C cada 5 min, conduciendo a la muerte en el término de 25 min.

En la actividad de la carrera hay normalmente un consumo de oxígeno de 3 lt/ min, equivalente a 15 kcal/min y por lo tanto 900 kcal/hora. 25% se emplea en trabajo efectivo = 225 kcal; 75% se transforma en calor = 675 kcal

Considerando que el calor específico de los tejidos del cuerpo es de 0,83 kcal/kg/ °C, para un sujeto de 70 kg, cada 58 kcal de calor acumulado provocarán un aumento de la temperatura de 1°C.

Si el calor producido (675 kcal) no fuera disipado, la temperatura corporal en la hora de la actividad considerada aumentaría más de 11°C.

La función de la termorregulación es de enorme importancia para la vida, teniendo una especial relevancia durante la práctica de la actividad física y deportiva, en estas circunstancias el principal mecanismo de disipación de calor es la evaporación del sudor. Por cada litro de sudor evaporado el organismo pierde aproximadamente 580 Kcal.

Las elevadas tasas de sudoración necesarias para mantener la disipación de calor durante la práctica de la actividad física, sobre todo cuando esta se realiza en ambiente caluroso y/o húmedo, inevitablemente conducen a la deshidratación¹ a menos que se ingiera fluidos en cantidad suficiente para poder reponer el sudor perdido.

Producción de sudor en la actividad física:

- Baja: 0,5 a 1 lt/hora.
- Media: 1 a 2 lt/hora.
- Alta: más de 2 lt/hora.
- Máxima: 10 a 12 lt/día.

¡Pierde sudor rápidamente, reponga pronto los fluidos!

CORRESPONDENCIA:

Italo A. Monetti Adamoli
Dublín 2155. 11500 Montevideo. Uruguay
E-mail: italomonetti@netgate.com.uy

Aceptado: 27.07.2007 / Revisión n° 208

La deshidratación en los atletas generalmente es producida por una inadecuada reposición del sudor perdido durante y después del entrenamiento o la competencia.

De todos los errores que se cometen en el entrenamiento y en la preparación deportiva, que inciden en la determinación de la disminución del rendimiento, la deshidratación o hidratación inadecuada es sin duda alguna el más frecuente.

En su libro sobre *La Circulación Humana: Regulación sobre el stress físico*, el fisiólogo cardiovascular Rowel LB expresa: "Quizás el stress más fuerte que se ejerce sobre el sistema cardiovascular humano (a excepción de una hemorragia severa) es provocado por la combinación de: *actividad física e hipertermia*. Una larga historia de casos de muerte por dolencias inducidas por el calor son un testimonio evidente de la importancia del tema y el fracaso de diversas organizaciones para reconocer y ocuparse del mismo"².

Es muy importante prevenir la aparición de deshidratación y de hipertermia con la finalidad de intentar mantener integras las capacidades del deportista para poder desarrollar su actividad, buscando así reducir el riesgo de la producción de dolencias relacionadas con el calor³⁻⁹.

La deshidratación determina modificaciones de muchas variables fisiológicas:

- *Disminución*: volumen sanguíneo; volumen sistólico; gasto cardíaco; flujo sanguíneo cutáneo.
- *Aumento*: frecuencia cardíaca; temperatura central; osmolaridad plasmática¹⁰⁻¹⁶.

Todo lo que significa un impacto progresivamente negativo sobre la capacidad de rendimiento físico, aún con niveles de deshidratación tan bajos como 1 a 3% del peso corporal^{13,17-20}.

CALOR Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

La exposición al calor por si sola también puede reducir la capacidad del deportista para entrenar

y competir, efecto que puede ser independiente del nivel de hidratación²¹. El incremento de la temperatura corporal puede conducir a la fatiga prematura del deportista, lo que al parecer se debería a un efecto de stress sobre la función cerebral.

Las funciones del sistema nervioso central y las funciones mentales son sensibles a las elevadas temperaturas, al parecer las temperaturas internas superiores a valores de 39° C reducen el funcionamiento de los centros motores así como la capacidad de reclutar las unidades motoras necesarias para la actividad.

Algunos trabajos científicos lo demuestra, un grupo de deportistas realizó actividad física hasta agotamiento a temperaturas diferentes:

- 3° C mantuvieron la actividad 95 ± 10 minutos.
- 20° C mantuvieron la actividad 75 ± 12 minutos.
- 40° C mantuvieron la actividad 33 ± 3 minutos.

Finalizado el trabajo se comprobó que los sujetos tenían suficiente glucógeno muscular remanente y no fueron observadas perturbaciones metabólicas, de modo que la causa posible de la fatiga fue la inhibición central provocada por las altas temperaturas corporales²².

ALTERACIONES DE LA TERMORREGULACIÓN RELACIONADAS CON EL CALOR

Pueden presentarse bajo tres formas clínicas:

- Calambre por el calor.
- Agotamiento por el calor.
- Golpe de calor.

Alteraciones de la termorregulación

Factores predisponentes: actividad física realizada en ambiente caluroso y húmedo; insu-

ficiente reposición de líquidos y electrolitos; mal estado de forma física o escaso descanso; falta o incompleta realización del proceso de aclimatación al calor; utilización de ropa o indumentaria inadecuada; edades extremas de la vida; obesidad^{4, 5, 23}.

Síntomas subjetivos y exceso de calor (Tabla 1)

El calambre por el calor es provocado por una excesiva pérdida hidrosalina. Se caracteriza por dolor muscular y espasmo, la temperatura corporal generalmente se mantiene normal^{19,24}.

El agotamiento por el calor es provocado por la deshidratación y la ineficacia de los ajustes circulatorios. Se caracteriza por presentar cefalea, mareo, vómitos, pulso rápido y débil, temperatura corporal elevada con piel húmeda.

El golpe de calor es determinado por fallo de los mecanismos termorreguladores. Se caracteriza por postración y desfallecimiento, temperatura corporal muy elevada, piel caliente, congestiva y seca: Puede llevar a la muerte por colapso circulatorio²⁵.

PREVENCIÓN DE LA APARICIÓN DE LAS DOLENCIAS POR EL CALOR

La prevención de la aparición de estos trastornos es de suma importancia con el fin de preservar el buen estado de salud del atleta o quienes realizan actividad física, así como de intentar mantener íntegras las capacidades del individuo para poder desarrollar la actividad. Ésta es una tarea

TABLA 1.

Temp. Central	Síntomas
40 - 40,5° C	Malestar estomacal y pilo erección
40,5 - 41,1° C	Debilidad muscular, desorientación y pérdida del equilibrio
41,1 - 41,7° C	Disminución de la producción de sudor, pérdida de la conciencia y del control hipotalámico
42,2° C y más	Muerte.

de enorme trascendencia de tipo educativo a ser realizada por el médico especialista en Medicina del Deporte y debe ir dirigida al deportista y a todos quienes trabajan en su entorno (entrenadores, técnicos, dirigentes, etc.)²⁶.

Los aspectos fundamentales a considerar en esta labor médico preventiva son:

- Condiciones del clima.
- Vestimenta.
- Hidratación.
- Preparación física y aclimatación al calor.

CONDICIONES DEL CLIMA

Se debe aconsejar evitar la realización de la práctica de actividades físicas intensas o deportes cuando existen condiciones climáticas de temperatura y/o humedad elevadas.

El stress por calor ambiente es función de la temperatura del aire, de la velocidad del viento, de la humedad relativa y de la radiación solar.

Utilizar el Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo: (WBGT), el que combina los valores de:

- Temperatura del aire (Tdb).
- La humedad (Twb).
- La radiación solar (Tg).

$$WBGT = 0,7 Twb + 0,2 Tg + 0,1 Tdb^{23,25,27}$$

Cuando el valor de este Índice es:

- Por encima de 28° C, riesgo muy alto.
- Entre 23° C y 28° C, riesgo alto.
- Entre 18° C y 23° C, riesgo moderado.
- Por debajo de 18°, riesgo bajo²³.

VESTIMENTA DEPORTIVA

La vestimenta aísla al cuerpo del medio ambiente, la red constituida por las fibras de la tela conserva la capa de aire en contacto con la piel y por lo tanto el calor que es disipado por radiación. La máxima efectividad de su efecto aislante es cuando está seca, al mojarse ésta disminuye.

Se recomienda utilizar vestimenta deportiva adecuada para clima caluroso, la que debe ser fabricada con telas que absorban el agua del sudor con mayor facilidad, permitiendo así su evaporación. La vestimenta debe ser amplia y holgada, lo que favorece la libre circulación del aire, y por lo tanto la pérdida de calor por el mecanismo de convección. Debe ser de colores claros lo que permite reflejar la radiación solar.

No usar ropa de nylon ya que esta crea un microclima no permitiendo que se evapore del sudor.

HIDRATACIÓN

La deshidratación afecta la salud y el rendimiento físico. El reemplazo de fluidos ayuda a mantener la hidratación y por lo tanto promueve la salud, la seguridad y el rendimiento físico de los individuos que practican actividad física en forma regular¹⁷.

La necesidad de agua es de 1500 a 2500 ml/día para un individuo sedentario y en un clima templado, ésta aumenta durante la práctica de actividad física en función de su duración e intensidad y de las condiciones climáticas.

En los días calurosos el deportista debe tratar de mantenerse bien hidratado antes, durante y después de la actividad física, sea esta de entrenamiento, de competencia o recreativa²⁵.

El consumo voluntario de fluidos es en general insuficiente para satisfacer los requerimientos diarios^{28,29}.

Se debe conseguir que los atletas modifiquen sus hábitos de hidratación en las actividades diarias,

educándoles respecto a que la misma es crítica para sobrevivir al calor y les ayuda a mejorar su capacidad de rendimiento, con una disminución de la percepción del esfuerzo³⁰.

Hidratación Pre actividad

Es recomendable que los individuos beban alrededor de 500 ml (dos vasos) de líquido dos horas antes de la actividad para promover una hidratación adecuada y dar tiempo para excretar el exceso de agua ingerida^{17,25}.

Trabajos experimentales muestran que atletas con ingesta de fluidos previo a la actividad presentarán un menor incremento de la temperatura corporal que los que no lo hicieron.

En términos de balance de fluidos está claro que el atleta que comienza su actividad deshidratado se encuentra en una situación de desventaja¹⁹. Para agravar aún más esta situación, la práctica de actividad física en ambiente caluroso aumenta notoriamente los efectos deletéreos provocados por la deshidratación sobre el rendimiento físico¹⁹.

Un trabajo realizado por Armstrong L. E:

- Sujetos normo hidratados realizaron carrera de 5000 metros: 19 min; 10000 metros: 40 min.
- Sujetos deshidratados (2% del peso corporal inducido por diurético), la velocidad de carrera disminuye entre 6 a 7% para ambas distancias³.

Hidratación Intra actividad

La cantidad ideal de fluidos a ingerirse para poder evitar la deshidratación, la hipertermia y los fallos circulatorios es la más cercana al total de agua que es perdida por sudor y orina, o el reemplazo de por lo menos un 80 % del sudor perdido en la realización de la actividad^{20,31}.

Durante la realización de la actividad física los deportistas deberían comenzar a hidratarse en forma temprana y a intervalos regulares, en el intento de consumir los fluidos a una velocidad

suficiente para reemplazar toda el agua que se pierde a través del sudor, o consumir la cantidad máxima tolerable de líquidos¹⁷.

Se ha demostrado que una mayor ingesta de fluidos determina:

- Mayor gasto cardiaco.
- Mayor flujo sanguíneo cutáneo.
- Menor temperatura del núcleo corporal.
- Menor percepción del esfuerzo físico^{14,31-34}.

Cualquier medida a ser aplicada que incremente la ingesta voluntaria de fluidos ayudará a disminuir la magnitud de la deshidratación y reducir por lo tanto los riesgos asociados con la misma y con el stress térmico. Dichas medidas pueden ser:

- Educación a los deportistas y los entrenadores acerca de la ventaja de una hidratación adecuada.
- Fácil disponibilidad de bebida durante todo el tiempo de duración del entrenamiento y de la competencia.
- Estímulo continuo para que el deportista siga un programa organizado de reemplazo de fluidos.

El objetivo ideal de la ingesta de fluidos durante la práctica de la actividad física es el de prevenir cualquier nivel de deshidratación^{35,36}.

La ingesta espontánea de líquidos de reposición está influenciada por información de naturaleza sensorial variada como la temperatura, el olor, el sabor, es decir la palatabilidad de la bebida.

Temperatura y sabor han sido los más estudiados y se concluye que la ingesta voluntaria es máxima cuando los líquidos están frescos (15 a 20 ° C) y son levemente saborizados^{17,25,37}.

La adición de una cantidad adecuada de carbohidratos y electrolitos a una solución de reem-

plazo de fluidos, se recomienda en ejercicios de duración mayor a una hora, sin determinar una merma significativa en el aporte de agua al cuerpo y mejorando así el rendimiento deportivo³⁸⁻⁴¹.

La adición de glucosa y de cloruro de sodio a una solución de rehidratación determina aumento de la absorción intestinal de agua. Glucosa y sodio son activamente cotransportados a través del epitelio intestinal, estableciéndose un gradiente osmótico para la absorción del agua⁴².

Glucosa y sodio representan poderosos estímulos para la absorción intestinal de líquidos.

Se ha demostrado que las bebidas de reposición que contienen hasta un 6 % de carbohidratos (60 gr/lit) se evacúan del estómago y son absorbidas a nivel intestinal, a tasas similares que el agua sola durante el reposo y la actividad física^{6,43}.

Una concentración de 6 % de H de C es el umbral de reducción del vaciado gástrico.

Las bebidas deportivas deben contener una combinación de carbohidratos como sacarosa, glucosa y fructosa hasta una concentración de 60 gr/lit. Los polímeros de la glucosa ofrecen la ventaja de disminuir la osmolaridad y aumentar la cantidad de glucosa que llega al intestino^{25,44}.

Las bebidas de reposición que contienen los carbohidratos apropiados y en concentración correcta, permiten al organismo mantener las funciones cardiovascular y termorreguladora estables durante la realización de la actividad física, lo mismo que la ingesta de agua pura, a la vez que proporcionan mayores beneficios sobre el rendimiento físico que esta última⁴⁵.

El sudor contiene sodio y cloro en mayor cantidad que los otros electrolitos, pero en valores que son sustancialmente inferiores a los de la sangre:

- Na: 50 meq/lit.
- Cl: 50 meq/lit.
- K: 5 a 10 meq/lit.

Atletas que entrenan o compiten por varias horas en ambiente caluroso, pueden perder cantidades considerables de cloruro de sodio en el sudor, es muy importante su reposición^{46,47}.

El cloruro de sodio que es incluido en una bebida de reposición puede ayudar, por su efecto osmótico, a obtener una mayor ingesta de fluidos y a estimular una más completa rehidratación luego de la actividad.

Se destaca el papel importante que desempeña el cloruro de sodio que es incluido en las bebidas de reposición, en el mantenimiento del estímulo osmótico de la sed, favoreciendo la rehidratación. Mantiene así mismo el estímulo osmótico con el fin de retener fluidos en el espacio extracelular, de esta manera ayuda a conservar el volumen plasmático durante la realización de la actividad física.

La ingesta de agua sola no es efectiva para lograr una adecuada rehidratación, ya que determina inhibición del impulso osmótico para beber (suprime la sed) e incrementa la producción de orina⁴⁸.

Se recomienda la inclusión de cloruro de sodio (0,5 a 0,7gr/ lt) en soluciones de reposición de fluidos ingeridas durante la práctica de actividad física de más de una hora de duración:

- Mejora el sabor de la bebida de reposición.
- Ayuda a mantener estímulo osmótico de la sed.
- Asegura una ingesta adecuada de fluidos.
- Estimula una más completa rehidratación.
- Previene la aparición de hiponatremia^{17,39,42, 44,49}.

Hidratación Post actividad

Luego de la actividad física se debe beber mayor cantidad de líquidos que el déficit del peso corporal, para reemplazar las pérdidas urinarias obligatorias.

Se recomienda beber 750 ml de fluido por cada 500 gr de peso perdido^{25,50-56}.

Con el fin de determinar el estado de hidratación de un individuo se puede utilizar:

- Control de peso: que debe ser efectuado antes y después de la actividad deportiva, con el individuo sin ropa.
- Control de orina: se observará la frecuencia, el volumen y el color de la micción. Una micción poco frecuente, de escaso volumen de color oscuro es sinónimo de deshidratación^{57,58}.

PREPARACIÓN FÍSICA Y ACLIMATACIÓN AL CALOR

El grado de entrenamiento, el mejor estado de forma física^{17,25} y la aclimatación al calor contribuyen a mejorar la capacidad de la pérdida del calor producido por la actividad física.

La aclimatación al calor es el proceso que determina una mejora en la capacidad de tolerancia al calor^{29,53,59,60}. Se logra alcanzar en un período de 5 a 10 días entrenando en un medio caluroso entre 2 y 4 horas por día, realizando una actividad con progresivo incremento de las cargas de trabajo en duración e intensidad⁵³.

Su base fisiológica está fundamentada en el mejoramiento de la circulación central, que presenta una mayor estabilidad.

Los ajustes fisiológicos que se producen en el proceso de la aclimatación al calor son:

- Distribución más eficaz del gasto cardíaco.
- Mejora del riego sanguíneo a nivel cutáneo.
- Descenso del umbral de inicio de la sudoración.
- Mayor producción de sudor.
- Menor concentración de sales en el sudor.

El calor y la deshidratación son los peores adversarios de un atleta, ya que afectan su desempeño

y su estado de salud. Es sumamente importante realizar una correcta prevención de la aparición de dichos efectos adversos.

Recomendaciones

- Las pruebas de fondo superiores a 10 km no deben realizarse cuando el Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, WBGT es superior a 28° C.
- Las actividades deportivas en verano se deben realizar antes de las 8 de la mañana o luego de las seis de la tarde, para minimizar el efecto de la radiación solar.
- Los deportistas deben utilizar una vestimenta adecuada para clima caluroso.
- Se debe disponer de un suficiente suministro de agua u otros fluidos antes de la prueba, así como puestos de rehidratación cada 2 o 3 km a lo largo del recorrido de la misma, debiendo los atletas beber entre 125 y 250 ml cada 15 min.
- Los deportistas deben realizar un correcto programa de entrenamiento para tener una buena condición física y realizar a su vez un proceso de aclimatación al calor.
- Los deportistas deben conocer cuales son los primeros síntomas de las dolencias por el calor: vértigo, escalofríos, cefalea y torpeza motora.
- Los organizadores de las competencias deportivas deben disponer la presencia de personal médico que atienda a los atletas afectados.
- Los organizadores deben reservarse el derecho de retirar de la prueba al deportista que presente signos de dolencias por el calor.

RESUMEN

La práctica de actividad física o deporte en condiciones de stress térmico como son el calor y la

humedad imponen un gran desafío al sistema cardiovascular humano. Durante la realización de actividad física, los músculos generan gran cantidad de calor que debe ser disipado hacia el ambiente, de lo contrario se producirá un aumento en la temperatura central del cuerpo. La sudoración es una respuesta fisiológica que intenta limitar dicho aumento, pero que conducirá indefectiblemente a una situación de deshidratación si esa pérdida de líquido no se compensa con una reposición adecuada de fluidos, la que a su vez determinará deterioro en la regulación de la temperatura, en el rendimiento físico y en la salud. Se producen así las llamadas dolencias por el calor.

Es sumamente importante desarrollar estrategias que permitan prevenir la producción de estas alteraciones y a la vez minimizar el efecto de las mismas en personas físicamente activas y en atletas.

La prevención de la aparición de las dolencias por el calor se debe realizar considerando los siguientes aspectos: Condiciones del clima; Vestimenta deportiva; Hidratación; Entrenamiento y aclimatación al calor.

Palabras clave: Actividad Física. Calor. Sudoración. Prevención. Deshidratación. Reposición de fluidos.

SUMMARY

The practice of physical activity or sport under conditions of thermal stress as, the heat and the humidity imposes a great challenge to the human cardiovascular system. During the realization of physical activity, the muscles generate great quantity of heat, that should be dissipated toward the atmosphere, otherwise an increase will take place in the central temperature of the body. The perspiration is a physiologic response that tries to limit this increase, but it will drive un-faillingly to a situation of dehydration if that loss of liquid is not compensated with an appropriate reinstatement of fluids. The one that in turn, will determine deterioration in the regulation of

the temperature in the physical yield and in the health. They take place this ones called, ailments for the heat.

It is extremely important to develop strategies that allow to prevent the production of these alterations and at the same time to minimize the effect of the same ones in physically active people and in athletes.

The prevention of the appearance of the ailments for the heat should be carried out considering the following aspects: Condition of the climate; Sport gear; Hydrate; Training and acclimatization to the heat.

Key words: Physical activity. Heat. Perspiration. Prevention. Dehydration. Reinstatement of fluids.

B I B L I O G R A F Í A

- Noakes TD.** Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 1993;21:297-330.
- Rowell LB.** *Human Circulation: Regulation During Physical Stress.* New York. NK. Oxford Press 1986.
- Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ.** Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:456-61.
- Armstrong LE, Maresh CM.** The exertional heat illnesses: a risk of athletic participation. *Med Exerc Nutr Health* 1993;2:125-34.
- Bauman A.** Epidemiology of heat stroke and associated thermoregulatory disorders. En: Sutton JR, Thompson MW, Tordode ME (eds). *Exercise and Thermoregulation.* Sidney, Australia: The University of Sidney. 1995;203-8.
- Davis JM, Lamb DR, Burgess WA, Bartoli WP.** Accumulation of deuterium oxide in body fluids after ingestion of D20-labeled beverages. *J. Appl. Physiol.* 1987;63:2060-6.
- Nielsen B, Strange S, Christensen N, Warberg J, Saltin B.** Acute and adaptative responses in humans to exercise in a warm, humid environment. *Pflügers Archiv.* 1997;434:49-56.
- Sawka MN, Coyle EF.** Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc. Sports Sci. Rev.* 1999;27:167-218.
- Sutton JR.** Clinical implications of fluid imbalance. Gisolfi CV, Lamb DR (eds). *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Fluid Homeostasis during exercise.* 1990;3:1-38.
- Armstrong LE, Maresh CM, Gabaree CV, Hoffman JR, Kavouras SA, Kenefick RW, Castellani JW, Ahlquist LE.** Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hipohydration, dehydration, and water intake. *J Appl Physiol* 1997;82:2028-35.
- Coyle EF.** Cardiovascular drift during prolonged exercise and the effects of dehydration. *J Sports Med* 1998;19:121-4.
- González-Alonso J, Mora Rodríguez R, Bellow P, Coyle EF.** Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol* 1995;79:1487-96.
- González-Alonso J, Mora Rodriguez R, Bellow PR, Coyle EF.** Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* 1997;82:1229-36.
- González-Alonso J.** Separate and combined influences of the dehydration and hypertermia on cardiovascular responses to exercise. *Int J Sports Med* 1998;19:111-4.
- González-Alonso J, Calbet AL, Bodil Nielsen.** Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *Journal of Physiology* 1998;513:895-905.

16. **Maughan RJ, Shirreffs SM (eds).** Dehydration, rehydration and exercise in the heat. *Int J Sports Med* 1998;19(Supplement 2):89-168.
17. **American College of Sports Medicine.** Position stand on exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:i-vii.
18. **Montain SJ, Sawka MN, Lutzka WA, Valeri CR.** Thermal and cardiovascular strain from hypohydration: influence of exercise intensity. *Int J Sports Med* 1998;19:87-91.
19. **Sawka MN.** Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:657-70.
20. **Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA, Dennis SC.** Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int J Sports Med* 1994;15:292-8.
21. **Sawka MN, Pandolf KB.** Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. Gisolfi CV, Lamb DR (eds). *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Fluid homeostasis during exercise.* 1990;3:1-38.
22. **Febbraio MA, Parkin JA, Baldwin L, Zhao S, Carey MF.** *Metabolic indices of fatigue in prolonged exercise at different ambient temperatures.* Abstract of poster presentations: Dehydration, rehydration and exercise in the heat. Nottingham, England 1995;17.
23. **American College of Sports Medicine.** Position stand: heat and cold illnesses during distance running. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:i-x.
24. **Schweltnus MP, Derman EW, Noakes TD.** Aetiology of skeletal muscle "cramps" during exercise. A novel hypothesis. *J Sports Sci* 1997;15:277-85.
25. **Gatorade Sports Science Institute.** O Consenso. *Atividade física no calor: regulação térmica e hidratação,* 2001.
26. **Epstein Y, Sohar E, Shapiro Y.** Exertional heatstroke: a preventable condition. *Isr J Med Sci* 1995;31:454-62.
27. **American College of Sports Medicine.** Position stand on the prevention of thermal injuries during distance running. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19:529-33.
28. **Broad E, Burke LM, Cox GR, Heely P, Pate PR.** Body weight changes and voluntary fluid intakes during training and competition sessions in team sports. *Int. J. Sport Nutr.* 1996;6:307-20.
29. **Rodriguez-Santana J, Rivera Brown A, Frontera W, Rivera M, Mayol P, Bar Or O.** Effect of drink pattern and solar radiation on thermoregulation and fluid Balance during exercise in chronically heat acclimatized children. *Am J Hum Biol* 1995;7:643-50.
30. **Epstein Y, Armstrong LE.** Fluid- electrolyte balance during labor and exercise: Currents concepts and misconceptions. *International Journal of Sports Nutrition.* 1999;9:1-12.
31. **Montain SJ, Coyle EF.** Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 1992;73:1340-50.
32. **Coyle EF, Montain SJ.** Thermal and cardiovascular responses to fluid replacement during exercise. Gisolfi CV, Lamb DR, Nadel ER (eds). *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Exercise, heat and thermoregulation.* 1993;6:179-223.
33. **Montain SJ, Coyle EF.** Influence of the timing of fluid ingestion on temperature regulation during exercise. *J Appl Physiol* 1993;75:688-95.
34. **Shi X, Summers R, Scheld H, Flanagan S, Chang R, Gisolfi C.** Effects of carbohydrate type and concentration and solution osmolarity on water absorption. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1607-15.
35. **Costill DL, Sparks KE.** Rapid fluid replacement following thermal dehydration. *J Appl Physiol* 1973;34:299-303.
36. **Coyle EF, Hamilton M.** Fluid replacement during exercise: Effects on physiological homeostasis and performance. Gisolfi CV, Lamb DR (eds). *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Fluid homeostasis during exercise* 1990;3:281-303.
37. **Hubbard RW, Szlyk PC, Armstrong LE.** Influence of thirst and fluid palatability on fluid ingestion during exercise. Gisolfi CV, Lamb DR (eds). *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Fluid replacement during Exercise* 1990;3:39-96.
38. **Below PR, Mora-Rodríguez R, González-Alonso J, Coyle EF.** Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1994;27:200-10.
39. **Coggan AR, Coyle EF.** Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: effects on metabolism and performance. *Exerc Sport Sci Rev* 1991;19:1-40.

40. Coyle EF, Montain S. Benefits of fluid replacement with carbohydrate during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:324-30.
41. Lamb DR, Brodowicz GR. Optimal use of fluids of varying formulation to minimize exercise induced disturbance in homeostasis. *Sport Med* 1986;3:247-74.
42. Schedl HP, Maughan RJ, Gisolfi CV. Intestinal absorption during rest and exercise: implications for formulating an oral rehydration solution. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:267-80.
43. Davis JM, Lamb DR, Pat RR, Slentz CA, Burgess WA, Bártoli WP. Carbohydrate / electrolyte drinks: effects on endurance cycling in a warm environment. *Am J Clin Nutr* In press.
44. Murray R. Rehydration strategies - balancing substrate, fluid and electrolyte provision. *Int J Sports Med* 1998;19:133-5.
45. Horswill CA. Effective fluid replacement. *Int J Sport Nutr* 1998;8:175-95.
46. Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ. Change in body water and electrolytes during heat acclimation: effects of dietary sodium. *Aviat Space Environ Med* 1987;58:143-8.
47. Armstrong LE, Curtis WC, Hubbard RW, et al. Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:543-9.
48. Maughan RJ, Shirreffs SM, Leiper JB. Rehydration and recovery after exercise. *Sports Science Exchange* 1996;9:1-5.
49. González-Alonso J, Heaps CL, Coyle EF. Rehydration after exercise with common beverages and water. *Int J Sports Med* 1992;13:399-406.
50. Maughan RJ, Owen JH, Shirreffs SM, Leiper JB. Post-exercise rehydration in man: effects of electrolyte addition to ingested fluids. *Eur J Appl Physiol* 1994;69:209-15.
51. Maughan RJ, Leiper JB. Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *Eur J Appl Physiol* 1995;71:311-9.
52. Maughan RJ, Leiper JB, Shirreffs SM. Restoration of fluid balance after exercise induced dehydration: effects of food and fluid intake. *Eur J Appl Physiol* 1996;73:317-25.
53. Maughan RJ, Shirreffs SM. Preparing athletes for competition in the heat: developing an effective acclimatization strategy. *Sports Science Exchange* 1997;10.
54. 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.
55. Shirreffs SM, Tylor AJ, Leiper JB, Maughan RJ. Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and sodium content of ingested fluids. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1260-71.
56. Shirreffs SM, Maughan RJ. Volume repletion following exercise-induced volume depletion in man: replacement of water and sodium losses. *Am J Physiol* 1998;43:868-75.
57. Armstrong LE, Herrera Soto JA, Hacker FT, Casa DJ, Kavouras SA, Maresh CM. Urinary indices during dehydration, exercise and rehydration. *International Journal of Sports Nutrition*. 1998;8:345-55.
58. Greenleaf JE. Problem: thirst, drinking behavior and involuntary dehydration. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:645-56.
59. Nielsen B, Hales JR, Strange S, Christensen NJ, Warberg J, Saltin B. Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *Journal of Physiology* 1993;460:467-85.
60. Shapiro Y, Moran D, Epstein Y. Acclimatization strategies preparing for exercise in the heat. *Int J Sports Med* 1998;19:161-3.