

Hidratación para la actividad física

Memoria del III Simposio en Ciencias del Ejercicio y la Salud
Escuela de Educación Física y Deportes
Universidad de Costa Rica
Octubre de 1996

Luis Fernando Aragón Vargas, Ph.D.

El conocimiento científico sobre este tema ha evolucionado considerablemente desde la publicación de este manuscrito en 1996; por ejemplo, en ese tiempo se le prestaba poca o ninguna atención a las complicaciones de la hiponatremia por dilución asociada al ejercicio. Sin embargo, es interesante comparar un trabajo bien documentado en ese entonces, con los conocimientos más recientes. Por esa razón se pone esta información a disposición de las personas interesadas en formato electrónico.

A pesar de que hoy en día nos parecería inaudito que alguien pudiera hacer ejercicio por más de una hora sin hidratarse, el concepto de que una buena hidratación es esencial para el buen rendimiento deportivo y aún para la salud de la persona normal que se ejercita es algo bastante reciente. Todavía a principios de este siglo se decía en los textos deportivos que “...no se debe comer ni beber durante una maratón porque no trae ningún beneficio” (Noakes 1993). Arthur Newton, ultramaratonista de la primera mitad de este siglo y plusmarquista mundial en carreras de 80 a 200 km, decía que aún en el clima más cálido de Inglaterra debería ser posible completar una maratón con un solo trago de líquido, o máximo dos (Noakes 1993). Hasta hace unos cuarenta años, era motivo de orgullo para un atleta el terminar una maratón sin haber bebido en el transcurso de la carrera. No fue sino hasta principios de los años setenta que el asunto de la hidratación para la actividad física empezó a despertar interés, y los atletas empezaron a hidratarse antes, durante, y después del entrenamiento y la competencia.

El propósito de esta presentación es brindar una perspectiva bastante general pero clara sobre los efectos de la deshidratación y sobre el papel de la sed como mecanismo fisiológico preventivo de la deshidratación. Además, se discutirán las conclusiones y recomendaciones presentes en la declaración oficial del Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) sobre este tema, se plantearán las características que debe tener una bebida hidratante, y se analizarán algunas bebidas de uso común en nuestro medio.

Efectos de la deshidratación

La evaporación del sudor es un mecanismo sumamente efectivo para enfriar el cuerpo, pero tiene la gran desventaja de que el agua presente en el sudor se obtiene a expensas del líquido presente en el cuerpo produciendo deshidratación. Durante la actividad física en



clima caliente y húmedo es común que una persona pierda de 1 a 2 litros de sudor por hora (Noakes 1993). Esta deshidratación provoca una disminución en el volumen sanguíneo, lo cual aumenta la osmolaridad de la sangre. Se disminuye el flujo sanguíneo a la piel, disminuye la tasa de sudoración, disminuye la pérdida de calor, y aumenta la temperatura central del cuerpo (Coyle & Hamilton 1990, Montain & Coyle 1992a y 1992b, Sawka & Pandolf 1990).

Los efectos de la deshidratación son distintos según el grado de deshidratación presente, pero aún los niveles de deshidratación más bajos pueden afectar el rendimiento deportivo (Sawka & Pandolf 1990). El grado de deshidratación se expresa normalmente como un porcentaje del peso corporal, según el peso perdido por pérdida de sudor. Cuando la deshidratación es de un 2% del peso corporal, la capacidad de termorregulación se ve afectada. A un 3% de deshidratación, hay menor resistencia muscular. Cuando la deshidratación está entre 4 y 6% del peso corporal, hay menor fuerza muscular, menor resistencia, y pueden ocurrir calambres por calor. Finalmente, si la deshidratación excede el 6%, es muy probable que el sujeto sufra de calambres severos y agotamiento, y puede ser que su situación se agrave hasta sufrir un golpe de calor, caer en estado de coma, y quizás hasta de morir.

Por lo tanto, es obvio que vale la pena el esfuerzo por mantenerse debidamente hidratado durante la práctica deportiva, especialmente en condiciones de calor y humedad que tienden a provocar una sudoración profusa.

La sed como mecanismo regulador de la hidratación

La sed es un mecanismo fisiológico que nos permite, en conjunto con el sistema renal y la hormona antidiurética, mantener un estado adecuado de hidratación. Este mecanismo funciona bastante bien en humanos en condiciones de reposo y a lo largo del tiempo. Sin embargo, los seres humanos tenemos una pésima capacidad para reponer el agua perdida por sudoración durante la actividad física, y esto ocurre en parte por limitaciones en el mecanismo de la sed.

La sed es una respuesta al aumento en la osmolaridad y la concentración de sodio en la sangre, y a la disminución en el volumen total de sangre. Estos cambios son detectados por osmorreceptores y por barorreceptores auriculares, y la información es transmitida al hipotálamo, quien no solamente produce la sensación de sed sino además ordena la producción de hormona antidiurética (Vander, Sherman & Luciano 1990).

El primer problema con la sed es, por lo tanto, que para que una persona físicamente activa sienta sed es necesario que ya esté lo suficientemente deshidratada como para que la osmolaridad del plasma esté aumentada y el volumen sanguíneo esté disminuido. Llegar a tal condición es un mal negocio para el deportista, especialmente en condiciones de alta temperatura y humedad en que su pérdida de agua por sudoración siempre será mayor que la máxima capacidad de absorción de agua.



El segundo problema es que el beber agua pura suprime la sensación de sed rápidamente, ya que fácilmente disminuye la osmolaridad de la sangre y la concentración de sodio plasmático, inhibiendo así la actividad de los osmorreceptores cuando quizás aún el **volumen** de líquido perdido no ha sido restablecido.

El resultado final es que si los deportistas ingieren líquido *ad libitum* durante la práctica deportiva, la tendencia es a reponer solamente un 50% del líquido perdido (Noakes 1993). En un estudio realizado en Costa Rica, por ejemplo, todos los atletas estudiados durante una media maratón se deshidrataron más allá del 2% del peso corporal, a pesar de haber tenido un suministro de agua abundante durante la carrera (Calderón & Aragón 1989). ¡Esto contrasta claramente con el caso descrito por Noakes de un burro que bebió 12 litros de agua en 5 minutos, restableciendo casi de inmediato el equilibrio hídrico cuando se le permitió beber! (Noakes 1993).

Finalmente, es importante señalar que cuando los humanos se ejercitan en condiciones adversas de alta temperatura y humedad, la tasa máxima de sudoración excede por un amplio margen la tasa máxima de vaciado gástrico y absorción intestinal, de manera que aún si se hiciera un esfuerzo voluntario por beber grandes cantidades de agua, no sería posible reponer toda el agua perdida por sudoración (Noakes 1993). En tales condiciones, un buen estado de hidratación previo a la práctica deportiva y el inicio de la ingesta de líquidos lo más pronto posible durante la práctica van a ser cruciales para mantener la deshidratación al mínimo.

Declaración del ACSM

Debido a la importancia de una hidratación adecuada durante el ejercicio, el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) publicó recientemente una declaración oficial sobre el ejercicio y la reposición de líquidos (ACSM 1996). En esta declaración se brindan pautas para la reposición de fluidos en personas físicamente activas de manera que se puedan evitar los efectos negativos del déficit de agua o electrolitos sobre la función fisiológica normal y el rendimiento deportivo. Además, se discuten las razones para la inclusión de carbohidratos y electrolitos en las bebidas deportivas.

En resumen, las recomendaciones son:

1. Comer una dieta bien balanceada y beber suficiente líquido durante las 24 horas antes del evento, para mejorar la probabilidad de llegar debidamente hidratados.

Cabe señalar que la práctica de hacer un protocolo de prehidratación una semana o varios días antes tiene poco valor, ya que el exceso de líquido se excreta por la orina. Por esta razón, los seres humanos no pueden sobrehidratarse a menos que utilicen sustancias farmacológicas que conllevan serios problemas por efectos secundarios. El único valor de



una "prehidratación" de este tipo sería que al mantenerse bien hidratado por varios días durante la fase de entrenamiento el atleta puede entrenar a su máxima capacidad.

2. Beber 500 ml unas 2 horas antes del ejercicio, para promover una hidratación adecuada y proveer suficiente tiempo para la excreción del exceso de agua.
3. Durante el ejercicio se debe empezar a beber desde el inicio (precisamente por las limitaciones del mecanismo de la sed mencionadas anteriormente) y hacerlo regularmente, tratando de compensar todo el líquido perdido por sudoración o al menos la máxima cantidad tolerable.
4. Las bebidas deben estar entre 15° y 22°C y tener sabor agradable para promover la ingesta. El líquido debe estar ampliamente disponible y ser fácil de consumir sin interrumpir el ejercicio.
5. Se recomienda añadir CHO y electrolitos para los eventos que duran más de una hora, ya que esto no afecta negativamente la absorción de agua y puede mejorar el rendimiento deportivo. Hay poca evidencia del beneficio si la duración es menor.
6. Durante el ejercicio intenso que se prolonga más allá de una hora, se recomienda la ingesta de carbohidratos a una tasa de 30 a 60 gramos por hora, para mantener la oxidación de carbohidratos y retardar la fatiga. La ingesta de CHO adecuada que no afecta el suministro de líquidos se logra con soluciones que contienen de 4% a 8% de CHO. Estos carbohidratos pueden ser azúcares (glucosa o sacarosa) o almidones (p.ej., maltodextrina).
7. La presencia de sodio (0.5 a 0.7 gramos por litro de agua) en la bebida tiene varias ventajas en eventos de más de una hora pues puede mejorar el sabor, promover la retención de líquidos y posiblemente prevenir la hiponatremia en algunos individuos que ingieren cantidades excesivas de líquidos.

Estas recomendaciones del ACSM son el consenso de un equipo conformado por siete expertos mundiales en el campo, y están fundamentadas en 92 artículos científicos publicados en revistas de renombre. Sin embargo, día a día se seguirán descubriendo nuevos detalles que podrían requerir la modificación parcial o total de esas recomendaciones.

El problema de la hiponatremia

La séptima recomendación del ACSM incluye como uno de los posibles beneficios de la utilización de sodio en las bebidas hidratantes que esto puede ayudar a evitar la hiponatremia. Esta condición, también llamada "intoxicación por agua", fue reportada por primera vez hace unos diez años (Noakes et al. 1985). Es una ocurrencia poco común, pero generalmente se presenta en competencias de ultra-resistencia, y está asociada a la ingesta de altos volúmenes de líquido con poco o ningún sodio. Los síntomas incluyen convulsiones epilépticas y pérdida del conocimiento, y los pacientes requieren de hospitalización.



Recientemente se ha estudiado este problema con más cuidado, habiéndose registrado muchos casos. Aunque la etiología no es suficientemente clara, Noakes (1993) indica que la hiponatremia del ejercicio obedece aparentemente a la combinación de por lo menos tres anomalías: retención anormal de fluidos, probablemente por secreción inadecuada de ADH; una perturbación en la regulación del volumen de líquido extracelular que hace que se pierda la relación normal entre su volumen y el contenido de NaCl; y probablemente un efecto de un “tercer espacio” que desplaza el sodio hacia el líquido que aún no se ha absorbido en el intestino grueso.

Este es quizás el único problema asociado con una hidratación excesiva. Casi todos los demás problemas están relacionados más bien con la deshidratación.

Hidratación vs. aclimatación

La hidratación adecuada durante la actividad física es indispensable, pero la mejor hidratación no puede compensar una mala aclimatación. El proceso de aclimatación permite que los atletas que se ejercitan en clima caliente y húmedo realicen mejores compensaciones y lo hagan más rápido, de manera que logren mantener la homeostasis con mayor facilidad. Específicamente, la aclimatación al calor produce una mejor circulación cutánea, una distribución más efectiva del gasto cardíaco, una disminución del umbral de sudoración, una mayor producción de sudor, una mejor distribución de la sudoración, y una menor concentración de sal en el sudor (McArdle, Katch & Katch 1991).

Según estos autores, para lograr la aclimatación es necesario combinar el ejercicio con la exposición al calor, aunque algunas adaptaciones ocurren con sólo exponerse al calor. La combinación de calor y ejercicio debe ser progresiva, iniciando con duraciones más cortas e intensidades más bajas de ejercicio. Los efectos principales ocurren en una semana, y la aclimatación es casi total en 10 días (p. ej., la capacidad de sudoración se duplica). Las adaptaciones se pierden en dos a tres semanas. Cabe señalar que una hidratación adecuada durante el proceso de aclimatación es indispensable para obtener los efectos deseados.

Características de la bebida hidratante ideal

Según la información presentada hasta este punto, una bebida hidratante debería cumplir con cuatro funciones principales, a saber: promover la ingesta voluntaria de líquidos, agilizar la absorción de fluidos por el cuerpo, mejorar el rendimiento deportivo suministrando glucosa sanguínea, y mantener el equilibrio fisiológico.

Promover la ingesta voluntaria de líquidos. Ya se discutió que el deportista tienden a reponer sólo un 50% del agua que pierde por sudoración. Por ello, es importante que la bebida tenga un sabor y temperatura agradables para promover la ingesta. La temperatura cercana a 15°C no sólo es agradable para los sujetos calurosos y sedientos, sino que además favorece el vaciado gástrico (*vide infra*). El sabor "correcto" depende muchísimo del gusto de cada persona, así que no existe una sola bebida que sea ideal para todos los atletas. El



punto más importante que hay que recordar es que la mejor fórmula del mundo no ayudará al deportista si éste no la ingiere en suficiente cantidad.

Agilizar la absorción de fluidos por el cuerpo. Las bebidas deportivas deben ser formuladas para que pasen al torrente sanguíneo lo más rápido posible, llevando consigo fluido, energía (carbohidratos) y electrolitos (principalmente sodio y potasio). La absorción de fluidos y nutrientes en el estómago es prácticamente nula, por lo cual se busca un vaciado rápido del estómago hacia el intestino delgado. La rapidez del vaciado gástrico se ve afectada por el contenido calórico de la bebida y por su volumen, entre otras cosas. Básicamente, el vaciado es más rápido cuanto mayor sea el volumen de líquido y cuanto menor sea su contenido calórico. Las bebidas con un contenido de carbohidratos entre 4% y 8% no tienen un vaciado gástrico significativamente más lento que el agua (ACSM 1996). La temperatura del líquido también afecta (el vaciado es más rápido si el líquido está frío). La intensidad de la actividad física es otro factor relevante para el vaciado gástrico. El lector interesado puede consultar los artículos de Costill (1990), Hunt et al. (1985), Minimi & McCallum (1984) y Mitchell et al. (1988, 1989).

La absorción se lleva a cabo en el intestino delgado. La tasa de absorción depende primordialmente de la composición de la bebida; el agua pura se absorbe muy rápido, pero las bebidas con una concentración adecuada de carbohidratos y sodio se absorben aún más rápido. El exceso de glucosa u otros azúcares en una bebida puede retardar considerablemente la absorción. Además, la intensidad del ejercicio también afecta la absorción intestinal de líquido. Estos temas son discutidos ampliamente en las publicaciones de Gisolfi et al. (1990a, 1990b, 1991), Maughan et al. (1990), y Murray (1987).

Mejorar el rendimiento deportivo suministrando glucosa sanguínea. Se ha demostrado claramente que el suministro de carbohidratos con la bebida mejora el rendimiento deportivo. Murray y colaboradores (1987) realizaron una prueba en bicicleta de 3218 metros contra reloj, luego de 90 minutos de ejercicio. En la condición A los sujetos bebieron una bebida deportiva con 6% de carbohidratos, y en la otra ingirieron agua pura durante el ejercicio. La ingesta de bebida con carbohidratos permitió un rendimiento significativamente mejor (figura 1).



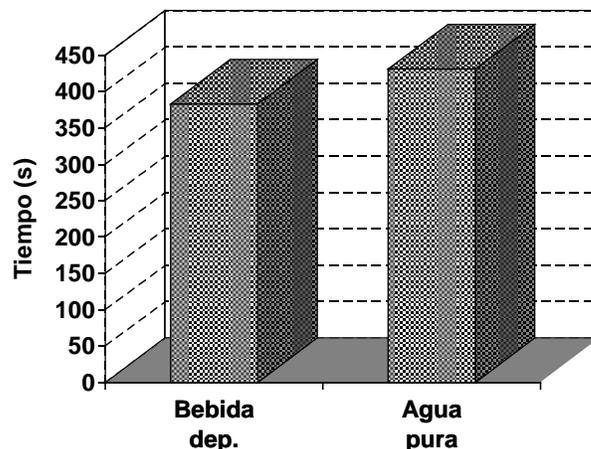


Figura 1. Rendimiento en una prueba de ciclismo de 3218 metros luego de 90 minutos de ejercicio. El tiempo en la condición de bebida deportiva fue de 6:23.04; el tiempo en la condición de agua pura fue de 7:11.07. Adaptado de Murray et al. (1987).

Mantener el equilibrio fisiológico. Finalmente, se persigue que una bebida hidratante ayude a mantener el equilibrio fisiológico, principalmente la temperatura central, la osmolaridad y el volumen del plasma, y el equilibrio entre líquido intracelular y líquido extracelular.

La ingesta de líquido con suficiente sodio es importante para promover la retención de líquido, es decir, para impedir que el líquido ingerido disminuya la osmolaridad del plasma y promueva la producción de orina (ACSM 1996).

Un papel muy importante de la ingesta de líquidos es que al reducir la deshidratación permite un mejor control de la temperatura corporal. En un estudio publicado en 1991, Hamilton y colaboradores muestran cómo la temperatura rectal se mantiene mejor en ejercicio prolongado cuando se ingiere suficiente líquido para compensar la sudoración que cuando ocurre una deshidratación sin ingesta de fluido (figura 2).



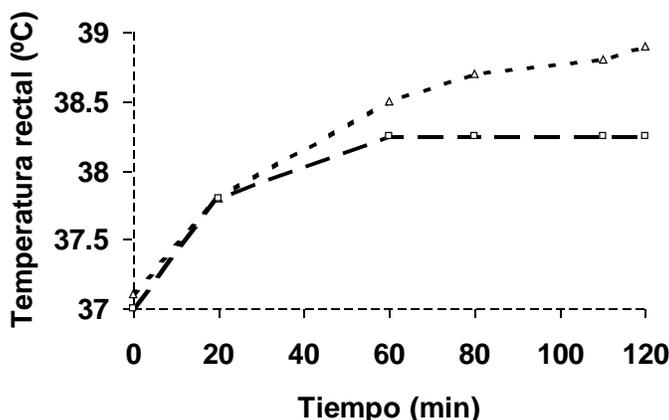


Figura 2. Temperatura rectal durante dos horas de ejercicio a 70-76% VO₂max, ingiriendo suficiente líquido para compensar la sudoración (r) o sin ingerir líquido (s). La diferencia entre condiciones a los 80, 110 y 120 minutos es estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Adaptado de Hamilton et al. (1991).

Análisis de algunas bebidas hidratantes

El agua tiene una serie de ventajas y desventajas como bebida para la hidratación deportiva. Entre las ventajas están el ser sumamente barata (o gratuita), muy fácil de obtener, tener un rápido vaciado gástrico y una absorción intestinal también muy rápida. Sin embargo, a la luz de las necesidades del deportista presentadas anteriormente, tiene la desventaja de ser insípida, la posibilidad de estar contaminada, el tener cantidades mínimas de electrolitos, y no proveer energía en forma de CHO. Además, el agua pura no permite restablecer el balance del líquido extracelular (LEC).

Las bebidas deportivas contienen carbohidratos en concentraciones entre 6 y 8%, en forma de glucosa, sacarosa, maltodextrinas (polímeros de glucosa) y fructosa. La combinación de estos nutrientes es distinta según el tipo de bebida deportiva. Además, estas bebidas comerciales contienen electrolitos, principalmente sodio y potasio.

El suero fisiológico o suero oral se usa a menudo en Costa Rica como bebida hidratante para la práctica deportiva. Este suero está formulado para combatir la deshidratación por diarrea y vómito, que son condiciones muy distintas a la deshidratación por sudoración durante la actividad física. El error común está en pensar que por ser un producto de uso médico entonces tiene que ser lo mejor. Sin embargo, esta bebida tiene concentraciones mucho más altas de sodio, cloruro y potasio que las bebidas deportivas y que el sudor (es una bebida hipertónica), y tiene concentraciones mucho más bajas de carbohidratos. Por ejemplo, uno de estos sueros contiene 875 mg de NaCl y 375 mg de KCl por porción de 250 ml de líquido, comparados con 110 mg de Na⁺ y 25 mg de K⁺ en una bebida deportiva. La concentración de carbohidratos es de alrededor de 2% en el suero oral, comparada con 6 a 8% en las bebidas deportivas comerciales.



El suero fisiológico tiene la composición ideal para tratar la deshidratación por diarrea y vómito, pero no para hidratar al deportista. Su sabor marginalmente aceptable tendería, además, a limitar la ingesta voluntaria. Asimismo, las bebidas deportivas comerciales no son la manera ideal de tratar problemas severos de deshidratación por diarrea o vómito. Los resultados óptimos se obtienen usando cada producto para el propósito específico que fue diseñado.

El agua de pipa o agua de coco es una bebida natural ampliamente disponible en los países tropicales y de bajo costo. Se ha utilizado mucho para la hidratación oral en situaciones clínicas, pues es un fluido estéril (en fruto cerrado) y libre de pirógenos. La composición del agua de pipa varía considerablemente dependiendo de la especie, el sitio de cultivo, y la edad o maduración de la fruta. En general, tiene un alto contenido de potasio y cloruro, pero poco sodio. Cada fruto contiene de 400 a 600 ml de líquido, y el contenido de carbohidratos está entre 2% y 5% según la madurez del fruto (Carpenter et al. 1964, Child & Nathanael 1950, Kuberski et al. 1979). El agua de pipa ha sido poco estudiada como bebida hidratante para la práctica deportiva, pero su uso en Costa Rica para ese propósito está bastante difundido.

Otras bebidas como las gaseosas o las bebidas alcohólicas son contraindicadas como bebidas hidratantes. Tanto el alcohol como la cafeína tienen un efecto diurético, inhibiendo la hormona antidiurética y por lo tanto promoviendo la pérdida de agua por la orina (Vander, Sherman & Luciano 1990). Las bebidas gaseosas o carbonatadas contienen cafeína (aunque no todas), pero además limitan severamente la ingesta de líquido por producir rápidamente una sensación de llenura. Los jugos de frutas contienen concentraciones muy altas de carbohidratos, alrededor de 10 a 12%, y por lo tanto se absorben más lentamente y pueden producir malestar gastrointestinal.

En resumen...

La deshidratación afecta el rendimiento deportivo, y podría afectar también la salud de las personas físicamente activas. Como la sed no es un mecanismo confiable ni efectivo para la hidratación adecuada durante la actividad física, es necesario que esta hidratación sea un proceso consciente y bien planificado. Es claro que no todas las bebidas son igualmente efectivas para la hidratación deportiva. Finalmente, aunque es imprescindible, la hidratación no lo es todo, sino que se necesita además un buen entrenamiento y una buena aclimatación para poder practicar el ejercicio en condiciones cálidas y húmedas con seguridad y buenas posibilidades de éxito.

Referencias:

American College of Sports Medicine (1996). ACSM Position Stand on Exercise and Fluid Replacement. Medicine and Science in Sports and Exercise 28(1):i-vii.



- Calderón, M. y L.F. Aragón-Vargas (1989): "Body fluid loss in Costa Rican runners during a 21K run" en Proceedings of the 32nd ICHPER Anniversary World Congress, pp.387-390. Sullivan-Haberlein, S. & H.J. Cordts (editores). Frostburg State University, Frostburg, Maryland, U.S.A.
- Carpenter C; Mondal A; Mitra P; Mondal H. Green coconut water: a readily available source of potassium for the cholera patient. Bulletin of Calcuta School of Tropical Medicine; 1964; 12: 20-21.
- Child R; Nathanael W. Changes in the sugar composition of coconut water during maturation and germination. Journal of Science of Food and Agriculture; 1950; 1: 326-329.
- Costill D.L. (1990): Gastric emptying of fluids during exercise. En Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Volume 3: Fluid Homeostasis During Exercise. C.V. Gisolfi & D.R. Lamb, editores. Benchmark Press, Indianapolis, IN, USA, pp. 97-128.
- Coyle E.F. & Hamilton M. (1990). Fluid replacement during exercise: effects on physiological homeostasis and performance. En Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Volume 3: Fluid Homeostasis During Exercise. C.V. Gisolfi & D.R. Lamb, editores. Benchmark Press, Indianapolis, IN, USA, pp. 281-308.
- Coyle E.F. & Montain S.J. (1993): Thermal and cardiovascular responses to fluid replacement during exercise. En Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Volume 6: Exercise, Heat, and Thermoregulation. C.V. Gisolfi, D.R. Lamb, & E.R. Nadel, editores. Benchmark Press, Indianapolis, IN, USA, pp. 179-223.
- Gisolfi C.V., Summers R., & Schedl H. (1990a): Intestinal absorption of fluids during rest and exercise. En Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Volume 3: Fluid Homeostasis During Exercise. C.V. Gisolfi & D.R. Lamb, editores. Benchmark Press, Indianapolis, IN, USA, pp. 129-180.
- Gisolfi C.V. et al. (1990b): Human intestinal water absorption: direct vs. indirect measurements. American Journal of Physiology 258:G216-G222.
- Gisolfi C.V. et al. (1991): Effect of cycle exercise on intestinal absorption in humans. Journal of Applied Physiology 71:2518-2527.
- Hamilton M.T., Alonso J.G., Montain S.J. & Coyle E.F. (1991): Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevents cardiovascular drift. Journal of Applied Physiology 71:871-877, citados por Coyle & Montain, 1993.
- Hunt J.N. Smith J.L. & Jiang C.L. (1985): Effect of meal volume and energy density on the gastric emptying of the human stomach. Gastroenterology 89:1326-1330.
- Kuberski T; Roberts A; Lineham B; Bryden N; Teburae M. Coconut water as rehydration fluid. The New Zealand Medical Journal; 1979; 641(90): 98-100.



- Maughan R.J., Leiper J.B. & McGaw B.A. (1990): Effects of exercise intensity on absorption of ingested fluids in man. Experimental Physiology 75:419-421.
- McArdle W.D., Katch F.I. & Katch V.L. (1991): Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance. Lea & Febiger, Philadelphia, PA, U.S.A.
- Minimi H. & McCallum R.H. (1984): The physiology and pathophysiology of gastric emptying in humans. Gastroenterology 86:1592-1610.
- Mitchell J.B. et al. (1988): Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. Medicine and Science in Sports and Exercise 20:110-115.
- Mitchell J.B. et al. (1989): Gastric emptying: influence of prolonged exercise and carbohydrate concentration. Medicine and Science in Sports and Exercise 21:269-274.
- Montain S.J. & Coyle E.F. (1992a). Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. Journal of Applied Physiology 73:903-910.
- Montain S.J. & Coyle E.F. (1992b). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. Journal of Applied Physiology 73:1340-1350.
- Murray R et al. (1987): The effects of fluid and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise. Medicine and Science in Sports and Exercise 19:597-604.
- Murray R. (1987): The effects of consuming carbohydrate-electrolyte beverages on gastric emptying and fluid absorption during and following exercise. Sports Medicine 4:322-351.
- Noakes T.D. (1993). Fluid replacement during exercise. Exercise and Sport Sciences Reviews 21:297-330.
- Noakes T.D. et al. (1985). Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. Medicine and Science in Sports and Exercise 17(3):370-375.
- Sawka M.N. & Pandolf K.B. (1990). Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. En Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Volume 3: Fluid Homeostasis During Exercise. C.V. Gisolfi & D.R. Lamb, editores. Benchmark Press, Indianapolis, IN, USA, pp. 1-38.
- Vander A.J., Sherman J.H., & Luciano D.S. (1990): Human physiology. The mechanisms of body function. McGraw-Hill Publishing Co. New York, NY, U.S.A.

