PubliCE, (PubliCE) 1999

Research

Reemplazo de Fluidos y Carbohidratos durante el Ejercicio: ¿Cuánto y Por Que?

Edward F Coyle[1]

[1]*Director, Human Performance Laboratory. Department of Kinesiology and health Education, The University of Texas at Austin, Austin Texas Member, Sport Science Review Board. Gatored Sport Science Institute.*

RESUMEN

La ingesta de aproximadamente 30 a 60 gramos de carbohidratos cada hora de práctica deportiva será suficiente para mantener una alta oxidación de glucosa sanguínea hacia el final del ejercicio y para retrasar la fatiga corporal. Debido a que el vaciado gástrico y el ritmo de absorción intestinal excede los 1200 ml/h para el agua para las soluciones conteniendo un 8% de carbohidratos, los competidores pueden tomar suplementos a tazas relativamente altas durante la práctica con tanto carbohidratos como también líquidos.

Palabras Clave: depleción glucogénica, sudoración, calor, hidratación, ejercicio intenso

PUNTOS FUNDAMENTALES

- Durante el ejercicio prolongado, al calor, las personas pierden en promedio de 1 a 2 litros cada hora (aproximadamente 1 a 2 kilos por cada hora de ejercicio). El ritmo de deshidratación puede ser monitoreado al registrar el peso sin ropa. Cada 500 gramos corresponden a 450 cm^3 de deshidratación.
- Hasta la más mínima deshidratación produce consecuencias fisiológicas. Por ejemplo, cada litro de agua que se pierde causará que el ritmo cardíaco aumente en 8 pulsaciones por minuto, el volumen minuto cardíaco se reducirá en 1 litro por minuto, y la temperatura corporal aumentará 0.3° C cuando una persona ejercita a una temperatura elevada.
- Cuando es importante reducir las alteraciones en la función cardiovascular y en la temperatura corporal y en la dificultad percibida del ejercicio, las personas deben tomar líquido al mismo ritmo que lo están perdiendo por la transpiración corporal.
- Desafortunadamente, los corredores sólo beben de 300 a 500 cm^3 por hora y por lo tanto se deshidratan a un ritmo de 500 a 1000 ml/h. La deshidratación compromete la función cardíaca y pone al corredor en peligro de sufrir una enfermedad relacionada al calor. El corredor debe responder a la pregunta, si el tiempo que pierde bebiendo no será compensado con un mejor rendimiento fisiológico durante la carrera.
- Para una persona de 68 kilos, los requerimientos de carbohidratos (30 a 60 gramos/hora) y líquidos durante el ejercicio prolongado pueden ser compensados al beber entre 625 1250 ml/h de bebidas conteniendo entre 4 y 8% de carbohidratos. El volumen debe ser compensados para los distintos pesos.

INTRODUCCIÓN

El pensamiento prevaleciente desde principios de siglos hasta 1970 era que las personas que participaban en competencias deportivas no necesitaban reponer lo líquidos perdidos durante el ejercicio (Noakes et al., 1991 a; Noakes, 1993). Esta concepción errónea ha cedido a su lugar al conocimiento que beber líquido reduce el incremento en la temperatura corporal (hipertermia) y la cantidad de stress sobre el sistema cardiovascular, especialmente cuando se ejercita en climas calurosos (Coyle & Montain, 1993). Sin embargo, hasta una leve deshidratación afecta de manera adversa al normal funcionamiento fisiológico durante el ejercicio y las situaciones en que agregar carbohidratos y sal a las bebidas produce un beneficio adicional no son generalmente apreciadas. La cantidad de líquidos que la mayoría de los atletas toma de manera voluntaria durante el ejercicio representa menos de la mitad de los líquidos que su cuerpos han perdido (Noakes, 1993). El propósito de esta investigación es revisar la fisiología del reemplazo de líquidos y carbohidratos durante el ejercicio y los efectos probables de tal reposición en el rendimiento durante el ejercicio prolongado. Se separa que este conocimiento pueda convencer a los competidores a beber más durante el ejercicio.

INGESTA DE LÍQUIDOS DURANTE EL EJERCICIO PROLONGADO

La decisión acerca de cuanto liquido beber durante el ejercicio prolongado debe ser basado sobre un análisis de riesgo-beneficio. Indudablemente, las consecuencias mas severa de una reposición inadecuada de líquidos, deshidratación durante el ejercicio, es la hipertermia, que cuando es severa puede producir agotamiento por calor, golpe de calor y hasta la muerte. El riesgo de tomar demasiado líquido es que puede producir malestar gastrointestinal (Rehrer et al., 1990) y un ritmo mas lento de carrera asociado a la dificultad de beber grandes volúmenes de líquido durante el ejercicio. Los beneficios de ingerir líquidos son estrés cardiovascular más bajos y una hipertermia reducida que, por sí mismos, pueden probablemente mejorar el rendimiento deportivo.

INGESTA DE CARBOHIDRATOS DURANTE EL EJERCICIO INTENSO Y PROLONGADO

El propósito principal de la ingesta de carbohidratos durante la práctica deportiva extenuante por más de una hora es para mantener suficiente cantidad de glucosa en la sangre y para mantener un alto nivel de producción de energía de la glucosa en la sangre y el glucógeno almacenado en los músculos (Coggan & Coyle, 1991; Coyle et al., 1986) lo cual puede permitir a los competidores a ejercitar por mas tiempo y picar más rápido al final de un entrenamiento (Coggan & Coyle, 1991).

La mayoría de los estudios muestran una mejora en el rendimiento con la ingesta de carbohidratos de 25 a 60 gramos durante cada hora de ejercicios (Coggan & Coyle, 1991; Murray et al., 1991). Por lo tanto recomendamos consumir entre 30 y 60 gramos de carbohidratos por hora en la forma de glucosa, sucrosa o almidón (Coggan & Coyle, 1991).

En el pasado se consideraba que agregar carbohidratos a una solución impedía la reposición de líquidos porque el carbohidrato reduce el ritmo con el cual los líquidos abandonan el estómago (vaciado gástrico). Sin embargo, el factor más importante que regula el ritmo de vaciado gástrico y la reposición de líquido es el volumen de líquidos ingeridos; la concentración de los carbohidratos es de una importancia secundaria (Coyle & Montain, 1992 b; Mitchell et al., 1989; Noakes et al., 1991 b; Rehrer et al., 1990). Hablando de manera practica soluciones que contienen 8% de carbohidratos aparentemente tienen poca influencia en el ritmo de vaciado gástrico, especialmente cuando el cronograma de ingesta mantiene un alto volumen gástrico (Coyle & Montain, 1992 b; Mitchell et al. 1989; Noakes et al., 1991 b; Houmard et al., 1991). Por lo tanto es bastante posible ingerir entre 30 y 60 gramos de carbohidratos por hora y aun reemplazaar entre 600 y 1250 ml de líquidos por hora. Nuestra experiencia es que los cilistas no tienen ninguna dificultad en beber 1250 ml/hora de solución carbohidratada al 6%.

Dificultades en beber grandes cantidades mientras se corre

Sin duda, los volúmenes gástricos grandes producirán molestias a los corredores. Por lo tanto, en los corredores, queda por determinar si los beneficios de un alto nivel de reposición de líquidos supera o no al malestar que puedan producir. Nosotros sospechamos que muchos corredores de maratón se dejan deshidratar en cierta forma por que ellos sienten que sus estómagos no pueden tolerar los altos volúmenes de que deben tomar para compensar la pérdida de fluidos por la

transpiración. En general, la mayoría de los corredores, beben menos de 500 ml de líquidos por hora (Noakes et al., 1991 a; Noakes et al., 1993). El ritmo de transpiración a menudo es de 1000 a 1500 ml/hora, los atletas se deshidratan a un ritmo de entre 500 y 1000 ml/h, aunque estos números pueden ser mayores en corredores más rápidos en climas más calurosos. Desafortunadamente, beber grandes volúmenes de líquidos le cuestan al corredor segundos adicionales en acercarse a mesas de hidratación e intentar beber y respirar al mismo tiempo que corren. Además, la molestia gástrica puede obligarlo a correr más lentamente hasta que esta desaparezca. Los corredores deben responder a la pregunta si la molestia que siente no será compensada con un mejor rendimiento en la segunda mitad de la carrera. Pero, si la meta es la seguridad, que significa minimizar la hipertermia, es claro que cuanto mas se parezca el ritmo de reposición de líquidos con el ritmo de deshidratación mejor será para el corredor.

Para nuestro conocimiento, ningún estudio ha directamente comparado los efectos sobre el correr y el ciclismo en sus rendimiento en relación al ritmo de reposición de líquidos previene la deshidratación versus los ritmos voluntariamente elegidos por los atletas de alta resistencia (e.g. 500 ml/hora) que reemplazan sólo el 30 a 50% de los líquidos perdidos. Los beneficios cardiovasculares de la reposición total de líquidos comparado a una reposición parcial cuando practicando ciclismo son discutidos a continuación, y es probable que los mismos beneficios se logren al correr.

EJERCICIO DE BAJA INTENSIDAD Y REPOSICIÓN DE LÍQUIDOS

En experimentos llevados a cabo durante la guerra mundial, fue hallado de manera repetida que la ingesta de líquidos durante ejercicios prolongados de baja intensidad, tales como caminar o subir escalones atenuaban el aumento de la temperatura corporal y mejoraban el rendimiento durante el ejercicio. (Adolph, 1947; Bean & Eichna, 1943; Eichno et al., 1945; Pitts et al., 1944). La ingesta de líquidos equivalente que el reemplazo voluntario o parcial de los líquidos perdidos (Adolph, 1947; Bean & Eichna, 1943; Eichna et al., 1945; Pitts et al., 1944). Además, la toma voluntaria de líquidos durante el ejercicio de baja intensidad es efectivo en atenuar la hipertermia que cuando la ingesta se prohibe totalmente o se limite a volúmenes pequeños. (Eichna et al., 1945; Pitts et al., 1944). Por lo tanto, durante el ejercicio prolongado de baja intensidad, la reposición de fluidos que previene la hipertermia en los deportistas parece coincidir con el ritmo de pérdida de líquidos por transpiración.

BENEFICIOS CARDIOVASCULARES Y TERMORREGULATORIOS DE RITMOS ELEVADOS DE REPOSICIÓN DE LÍQUIDOS DURANTE EL CICLISMO AL CALOR INTENSO

Para obtener algún conocimiento sobre los efectos de varios esquemas de rehidratación en el ejercicio de alta intensidad típicamente experimentados en la competencia deportiva, hemos determinado el efecto de de distintos ritmos de reposición de líquidos durante el ciclismo e intenso de hipertermia, volumen minuto y frecuencia cardíaca (Coye & Montain, 1992 a). En cuatro ocasiones distintas, ciclistas altamente entrenados se ejercitaron en un medio ambiente cálido (33°C y 53% de humedad relativa) a un volumen máximo de oxígeno de 62 a 67%, que era la intensidad máxima que se podía mantener por dos horas sin ingerir líquido. Durante dos horas los ciclistas no recibieron ningún líquido, o al azar recibieron pequeñas (300 ml/h), moderada (700 ml/h), o elevada (1200 ml/h) volúmenes de una bebida deportiva conteniendo 6% de carbohidratos y baja concentración de electrolito. Estos volúmenes reemplazaron aproximadamente un 20%, 50% y 80% respectivamente, de los líquidos perdidos por la transpiración durante el ejercicio. Este protocolo resultó en magnitudes graduadas de deshidratación; el peso corporal se redujo 4%, 3%, 2% y 1% respectivamente cuando no se bebió nada o una pequeña, moderada o elevada cantidad de volumen de líquido. El incremento de temperatura corporal, frecuencia cardíaca, eyección percibida durante el ejercicio fueron progresivamente disminuidas cuando más y más líquido fue consumido (Figura N°1). La magnitud de deshidratación resultante después de dos horas de ejercicio en lo cuatros ensayos fue el principal factor asociado con la hipertermia y stress cardiovascular. L a figura N° 2 demuestra que el aumento de la temperatura corporal, el incremento de la frecuencia cardiaca, y la reducción en el volumen minuto cardíaco observado después de dos horas de ejercicio estaban inversamente relacionados al ritmo de ingesta de líquido y directamente relacionado con el nivel de deshidratación experimentada. Específicamente, cada litro de pérdida por transpiración (1 kilogramo de peso corporal) causó que la frecuencia cardíaca aumentara en 8 latidos por minuto, la salida cardíaca se redujo en 1 l/min, y la temperatura corporal aumentó 0.3° C. Por lo tanto, nosotros afirmamos que no existe una cantidad tolerable de deshidratación que pueda ser admitida antes que la función cardiovascular y de termorregulación es afectada. Beber 1200 ml/h, y a su vez este fue mejor que beber 300 ml/h.

Percepción del esfuerzo

Aunque el rendimiento no fue medido en el examen mencionado anteriormente, varios de los participantes apenas pudieron competir las dos horas sin ingerir líquidos (Coyle & Monatain, 1992). Tomar progresivamente mayores volúmenes de líquidos redujo la percepción de esfuerzo, como se ve en la figura N° 1. después de dos horas de ejercicio, estos ciclistas relataron el ejercicio como ser "muy duro" cuando ningún líquido fue ingerido y como "duro" cuando sólo 300 ml/h fue ingerido. (Competidores a menudo beben muy poco líquido (E.G. 300 ml/h) lo cual lues puede dar una falsa sensación de seguridad, reduciendo su sensación de la percepción del esfuerzo ejercido, mientras sólo provee un mínimo de beneficio fisiológico). Sin embargo, cuando el líquido fue consumido a un ritmo de 700 ml/h o 1200 ml/h, el ejercicio nunca fue percibido como "duro". Es probable que estas percepciones de esfuerzo provean información indirecta acerca del rendimiento en el ciclismo después de dos horas sin reposición de líquidos. Además, ninguno de los ciclistas se quejó de malestar gastrointestinal, o dificultad en beber 1200 ml/h. Por lo tanto, nosotros concluimos que el reemplazo de líquidos es tolerable durante el ciclismo, pero no sabemos si es aceptable cuando se está corriendo.

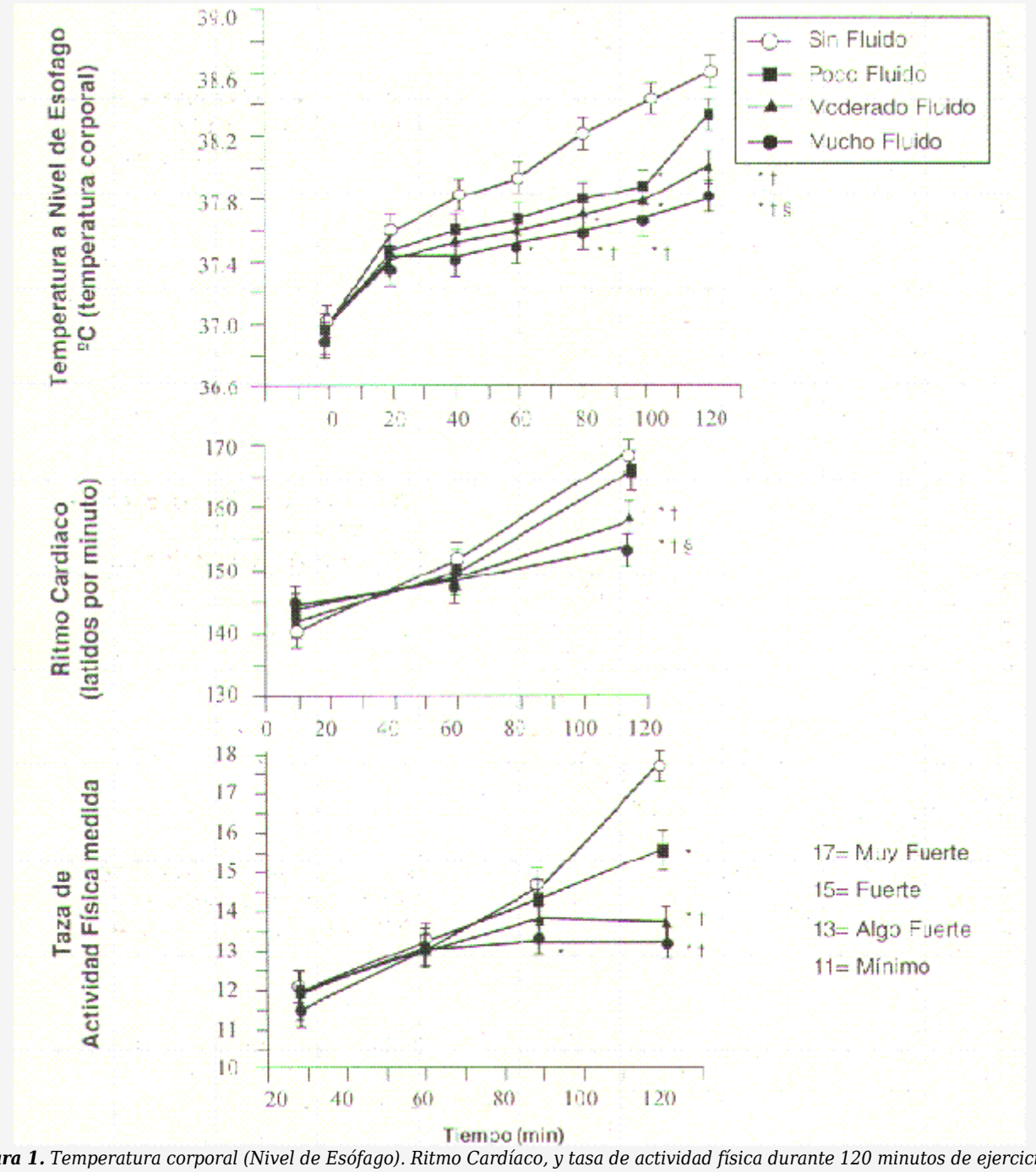


Figura 1. *Temperatura corporal (Nivel de Esófago). Ritmo Cardíaco, y tasa de actividad física durante 120 minutos de ejercicio sin*

*ingerir líquidos, o 300 MI/4 (Pequeña Cantidad), o 120 MI/4 (Elevada Cantidad) de Fluidos. Una tasa de 17 corresponde a un nivel de actividad "Muy Fuerte", 15 es "Fuerte", y 13 es "Algo Fuerte". Los valores son medias de Actividad Física: * Significativamente menor que sin líquido. p<0.05. † Significativamente menor que pequeña cantidad. p<0.05. § Significativamente menor que moderada cantidad. p<0.05.*

RAZONES POSIBLES POR LOS BENEFICIOS CARDIOVASCULARES EN LA REPOSICIÓN DE LÍQUIDOS DURANTE EL EJERCICIO

La consecuencia mas seria de la deshidratación por el ejercicio es la hipertermia, que pone un estrés adicional sobre el sistema cardiovascular y crea in ciclo vicioso.

La deshidratación durante el ejercicio hace que se pierda líquido en todo el cuerpo. Como resultado, la deshidratación aumenta la concentración de partículas disueltas en los líquidos corporales (osmolaridad), incluyendo el aumento de sodio en el suero sanguíneo. Estos aumentos en la osmolaridad y en la concentración de sodio en el suero parecen tener un rol en la disminución del tiempo de pérdida de calor al reducir el flujo sanguíneo a la piel y reduciendo el ritmo de transpiración. Otra consecuencia seria de la deshidratación por ejercicio es una caída importante en el volumen minuto cardíaco, (la cantidad total de sangre fluyendo por minuto). Esto exacerba la hipertermia reduciendo aun más la transferencia de calor desde el cuerpo a la periferia mas fresca (Montain & Coyle 1992 a). La consecuencia mas seria de la hipertermia inducida por deshidratación durante el ejercicio es una reducción del 25 al 30% de la reducción en el volumen de bombeo que no es compensado con un aumento proporcional en el ritmo cardíaco, esto resulta en una disminución de la salida cardíaca y en la presión sanguínea (Gonzalez-Alonzo et al., 1994; Montain & Coyle, 1992 a). El beneficio principal de la reposición de líquidos durante el ejercicio es que ayuda a mantener el ritmo cardíaco y permite a la sangre fluir a la piel a mayores niveles para así promover la disipación de calor desde la piel así previendo una excesiva acumulación de calor en cuerpo (Montain & Coyle, 19992 a).

El mecanismo por el cual la reposición de líquidos aumenta el flujo de sangre a la piel no esta claro. El reemplazo de líquidos ayuda a prevenir la pérdida de agua en el plasma sanguíneo, pero en los atletas altamente entrenados, esta mejoría en el mantenimiento en el volumen de plasma aparentemente no aumenta por sí mismo el flujo de sangre hacia la piel para reducir la temperatura corporal (Montain & Coyle, 1992 b). Parece más probable que el reemplazo de líquidos previene la disminución de flujo a la piel, y problemas inducidos por la deshidratación en la zona de control neural, al prevenir reducciones en la presión sanguínea, y/o al minimizar el aumento en la sangre de concentraciones de cloraminas, sodio y otras partículas osmóticamente activas, por la deshidratación inducida durante el ejercicio.

BENEFICIOS EN EL RENDIMIENTO AL INGERIR LÍQUIDOS Y CARBOHIDRATOS

Como fue mencionado anteriormente, el reemplazo de líquidos mejora el tiempo de trabajo en personas caminando por el desierto, pero pocos estudios han documentado los beneficios del reemplazo de líquidos durante ejercicios mas intensos en el laboratorio o en situaciones de alta competencia deportiva (Amstrong et al., 1985; Costill et al., 1970). Seria de esperar que el reemplazo de líquidos es mas beneficioso en ejercicios prolongados que acentúan la cantidad de deshidratación. Como se ve en la figura N° 1, éste beneficio comenzó a notarse después de una hora de ejercicio (Montain & Coyle 1992 b). Esto nos llevó a hacer un estudio mas intensivo basado en una hora de prueba (Below et al., In Press). Luego de 50 minutos de ejercicio a un 80% de capacidad máxima de oxígeno, la frecuencia cardíaca y la temperatura era más baja en 4 latidos por minuto y 0,33° C, cuando el volumen de líquido ingerido era fue de 1300ml/h , comparado con solo 200 ml/h que fueron ingeridos durante los primeros 25 minutos de ejercicio. El rendimiento fue entonces medido como la cantidad de minutos necesarios para realizar una cantidad determinada de trabajo, para así simular las etapas finales de una carrera. El rendimiento para esta etapa final fue un 6% mayor cuando se ingirió el volumen mas grande de líquido.

La ingesta de carbohidratos claramente favorece el rendimiento en las pruebas de mas de 90 minutos y donde la fatiga se asociasa a las reservas de carbohidratos (Coggan y Coyle 1990), pero poco se sabe en los eventos deportivos de duración típicamente más corta. Por lo tanto, en el estudio anteriormente citado (Below et al., In Press), también determinamos si una ingesta de 70 gramos de carbohidrato podrían mejorar el rendimiento en una prueba de ciclismo breve y de alto poder,

luego de practicar ciclismo a un 80% de volumen máximo de oxígeno durante 50 minutos. De hecho el rendimiento aumentó un 6% por la ingesta de carbohidratos. Por lo tanto, tanto el reemplazo de líquidos como la ingesta de carbohidratos mejoran en un 6% el rendimiento en una prueba de alto rendimiento. Además, sus efectos beneficiosos fueron aditivos, el., hubo un 12% en el rendimiento cuando tanto líquido como carbohidratos fueron administrados y estos beneficios aparentemente actúan por mecanismos independientes (Below et al., In Press).

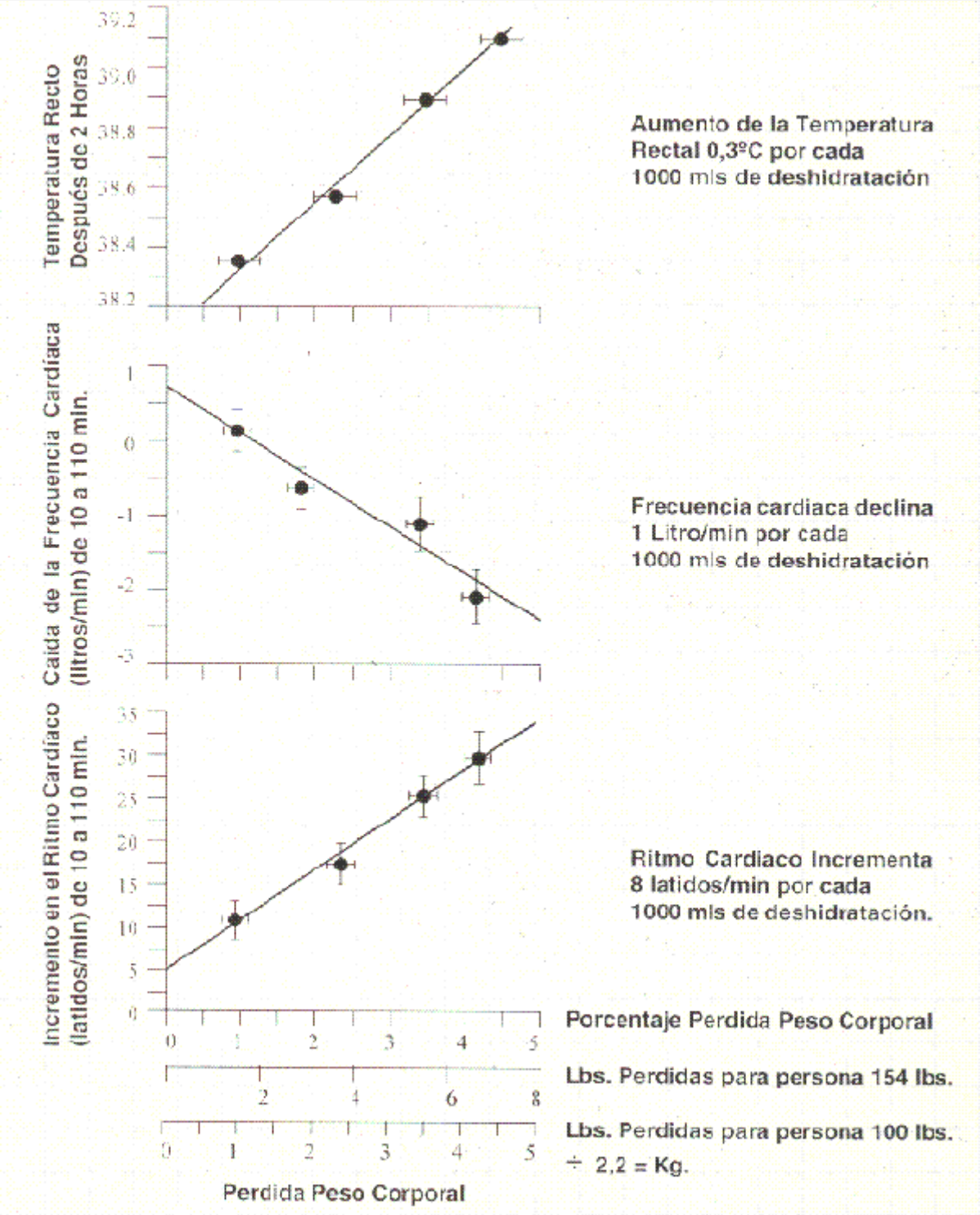


Figura 2. *La influencia de la deshidratación, determinado por perdida de peso corporal luego de dos horas de ejercicio, con referencia a cambio de temperatura del recto, salida cardiaca y ritmo cardíaco.*

HIPERTERMIA INDUCIDA POR EJERCICIO Y DESHIDRATACIÓN EN DISTINTOS MEDIO AMBIENTES

La intensidad del ejercicio y las condiciones del medio ambiente determinan hasta que grado la deshidratación produce hipertermia durante el ejercicio y hasta que grado la reposición de líquidos previene la hipertermia. Cuando una persona se ejercita a una intensidad moderada e.g. 60 a 70% consumo máximo de oxígeno, en un medio ambiente templado/cálido (20 a 30° C) con una humedad relativa moderada (50%) el calor se disipa por principalmente por perdida por evaporación. Esta pérdida de calor se ve impedida por la deshidratación que reduce el flujo sanguíneo a la piel y también la transpiración. En estos medio ambientes, cada 1% de pérdida de peso corporal debido a deshidratación, causa un aumento en la temperatura corporal a aumentar entre 0.15 a 0.3° C (Coyle & Montain, 1993). Sin embargo durante el climas frescos (0 a 10° C) la deshidratación parece producir una relativa menor, hipertermia, probablemente por que la pérdida de calor por convección es lo suficientemente grande para compensar la reducción del flujo de sangre hacia la piel y la reducción por la transpiración.

La temperatura corporal es el balance entre la producción de calor y la disipación de calor de la misma, y el reemplazo de líquidos tiene sus limitaciones para compensar esto si el balance se ve afectado. Por ejemplo, en un clima muy cálido y húmedo en dónde la reducción de calor por evaporación y la convección es mínima, el reemplazo de líquidos puede mejorar el rendimiento, pero va a tener poco efecto sobre la temperatura corporal. Además, cuando el ejercicio es lo suficientemente intenso para producir una tasa importante de producción de calor, no será posible para una persona, aun muy bien hidratada, incrementar la disipación de calor lo suficiente para prevenir una hipertermia excesiva. En estas situaciones, la única opción segura es reducir la producción de calor reduciendo la actividad e intensidad del ejercicio.

SINCRONIZACIÓN DEL REEMPLAZO DE LÍQUIDOS DURANTE EL EJERCICIO

Existe un intervalo de tiempo durante el cual el ejercicio que el más adecuado para la ingesta de líquidos?. Uno debe beber al comenzar el ejercicio, a través del ejercicio, o hasta el final del ejercicio?. En un intento de dar respuestas a estas preguntas, hemos estudiados a ciclistas que bebieron cerca de 1 litro de líquido varias veces durante una práctica de 140 minutos (Montain & Coyle, 1993). Ellos bebieron después de 0,40 u 80 minutos de ejercicio o bebieron de manera intermitente cerca de un litro líquido a través del ejercicio. En todos los casos, ellos incurrieron en la misma cantidad de deshidratación después de 140 minutos, no existía diferencia en sus respuesta cardiorrespiratoria ni en su respuesta termorregulatoria. Durante el periodo de 40 minutos inmediatos posteriores a beber líquidos, sin tomar en cuenta el tiempo que bebieron, ellos estabilizaron sus ritmos cardíacos y sus temperaturas corporales. Durante los períodos sin ingesta de líquidos, hubo una hipertermia progresiva y una fatiga cardiovascular aumentada. Estas observaciones sugieren que el volumen de líquido ingerido es de suma importancia y que el tiempo de la ingesta es de segunda importancia.

Error y ensayo individual

Aunque generalmente recomendamos que las personas beban grandes volúmenes de líquidos e intentar así totalmente prevenir la deshidratación, nos damos cuenta que los individuos difieren unos de otros de sus ritmos de vaciado gástrico y, por lo tanto, en su tolerancia a grandes volúmenes de líquidos. Cada persona debe diseñar un esquema individual de rehidratación que parece ser óptimo y debe acostumbrarse a este esquema durante la práctica deportiva.

REFERENCIAS

1. Adolph, E.F (1987). Blood changes in dehydration. *In: Physiology in Man in the Desert. New York: Interscience Publ. Inc. pp 160-171*
2. Armostrong, L. E., R.W. Hubbard, P.C. Slyk, W.T. Mathew, and I.V. Sils (1985). Voluntary dehydratation and electrolyte losses

during prolonged exercise in the heat. *Aviat. Space Environ. Med. 56: 765-770*
3. Below, P.R., R. Mora Rodriguez, J Gonazalez Alonzo, and E. F. Coyle (1990). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 H of exercise. *Med Sci Sport Exerc. (In press)*
4. Bean, WB, and L.W. Eichna (1943). Performance in relation to environmental temperature. Reactions of normal young men to simulated desert environment. *Fed. Proc. 2: 144-158*
5. Coggan, AR, and E. F. Coyle (1991). Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: effects on metabolism and performance. *Exerc Sports Sci Rev. 19:1-40*
6. Coyle E.F., Coggan M.K., Hemmert and J. L. Ivy (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J App Physiol 61: 165-172*
7. Costill D.L. W.F. Kammer, and A Fisher (1970). Fluid ingestion during distance running. *Arch Environ Health 21: 520-525*
8. Coyle E. F., and S. J. Montain (1992). Carbohydrate and fluid ingestion during exercise. *Med Sci Sport Exerc 24:S324-330*
9. Coyle E. F., and S. J. Montain (1993). Thermal and cardiovascular responses to fluid replacement during exercise. *In: C.V. Gisolfi and Dr Lamb (eds.) Perspective in Exercises Sciences and Sport Medicine*
10. Eichna L. W., W. B. Bean, W. F. Ashe, and N Nelson (1945). Performance in relation to environmental temperature. *Bull Johns Hopkins Hosp. 76: 25-58*
11. Houmard J.A., P.C. Egan, R Anderson, P.D. Neufer, T.C. Chenier, and R.G. Israel (1991). Gastric emptying during 1 h of cycling and running at 75% VO 2 max.. *Med Sci. Sports Exerc. 23:320-325*
12. Mitchell J. B., DL. Costill, J.A. Houmard, M.G. Flynn, W.J. Fink, and J.d. Beltz (1998). Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med Sci Sport Exerc 20: 110-115*
13. Mitchell J.B., and K.W. Voss (1991). The influence of volume on gastric emptying and fluid balance during prolonged exercise. *Med Sci Sport Exerc 23: 314-319*
14. Montain S.J, and E.F. Coyle (1992). Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J App Physiol 73: 903-910*
15. Montain S.J, and E.F. Coyle (1992). The influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol 73-1340-1350*
16. Montain S.J, and E.F. Coyle (1993). Influence of the timing of fluid ingestion on temperature regulation during exercise. *J Appl Physiol 75: 668-695*
17. Murray R, D.E. Eddy, T.W. Murray, J.G. Seifert, G.L. Paul, and G.A. Halaby (1987). The effect of fluid and carbohydrate feeding during intermittent cycling exercise. *Med Sci Sport Exerc 19: 597- 604*
18. Murray R, G.L. Paul, J.G Seifert, and D.E. Eddy (1991). Responses to varying rates of carbohydrate ingestion during exercise. *Med Sci Sport Exerc 23: 713-718*
19. Noakes T.D., K.H Myburgh, J. Du Plessia, L. Lang, M Lambert, C Van Der Riet, and R. Schall (1991). Metabolic rate, not percent dehydration, predicts rectal temperature in marathon runners. *Med Sci. Sports Exerc 23:443-449*
20. Noakes T.D., Rehener and RJ Maughan (1991). The importance of volume in regulating gastric emptying. *Med. Sci. Sport Exerc. 23:307-313*
21. Noakes T.D (1993). Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rec 21: 297-330*
22. Pitts G.C., R.E. Johnson, and F.C. Consolazio (1944). Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. *Am J Physiol 142:253-259*
23. Reher N.J., E Beckers, F Brouns, F Ten Hoor, and W.H.M. Saris (1990). Effect of dehydration on gastric emptying and gastrointestinal distress while runnig. *Med Sci Sport Exerc 22:790-795*
24. Reher N.J., F Boruns, E. Beckers, F. Ten Hoor, and W.H.M. Saris (1990). Gastric emptying with repeated drinks during running and bicycling. *Int J Sport Med 11: 238-243*

Cita Original

Coyle, Eduard F. Reemplazo de Fluidos y Carbohidratos durante el Ejercicio: ¿Cuánto y Por Que?. G.S.S.I. Sports Science Exchange.