PubliCE, (PubliCE) 1996

Monograph

Nuevas Ideas para la Rehidratación Durante y Luego del Ejercicio en Climas Cálidos

Ethan R Nadel[1]

[1]*G.S.S.I. Gatorade Sport Science Institute.*

Palabras Clave: hiponatremia, sodio, recuperación de fluidos, supercompensación

PUNTOS CLAVES

- Los factores que son más importantes en la reducción de la tolerancia al calor, y por lo tanto, a la performance durante el ejercicio en un clima cálido, son aquellos que acompañan la deshidratación progresiva. En condiciones cálidas, la pérdida de agua por la piel y por vía respiratoria pueden exceder los 2 litros por hora. Para una performance óptima es esencial reemplazar los fluidos perdidos y mantenerse bien hidratado.
- Una adecuada rehidratación, durante y luego del ejercicio, depende de la retención del estímulo osmótico para beber y del mantenimiento de una producción total baja de orina. La rehidratación con agua sola diluirá la sangre rápidamente, removiendo el estímulo o inducción para la bebida y estimulando un incremento en la producción total de orina. La rehidratación ocurrirá más rápidamente cuando el sodio, el mayor electrolito que se pierde en el sudor, es ingerido con los fluidos.

INTRODUCCION

Durante la actividad física, una considerable cantidad de calor se genera como un producto natural de la energía metabólica que sostiene los procesos de contracción y relajación en los músculos activos. La tasa de la producción de calor por los músculos activos puede ser, tanto como 100 veces mayor que la de los músculos inactivos. Si el cuerpo almacena este calor en lugar de disiparlo, la temperatura interna subiría a un valor de 1ºC (1.8ºF) cada cinco a ocho minutos durante el ejercicio moderado, resultando en una hipertermia (sobrecalentamiento) y un colapso dentro de los 15 a 20 minutos. Esto, por supuesto, no ocurre usualmente porque el cuerpo tiene un sistema muy sofisticado para detectar un incremento en la temperatura interna y responde activamente con reflejos de pérdida de calor. Uno de estos reflejos es la dilatación de los vasos sanguíneos de la piel, los cuales incrementan el flujo sanguíneo hacia la piel, conduciendo el calor desde el centro del cuerpo hacia la superficie de la piel. Este flujo sanguíneo incrementado de la piel resulta en un aumento de la temperatura de la piel, permitiendo que el calor sea transferido por radiación y convección, desde la piel hacia el medio ambiente.

Otro reflejo de pérdida de calor es la activación de las glándulas sudoríparas, las cuales segregan el sudor sobre la superficie de la piel, donde éste puede evaporarse. La evaporación de un gramo de agua de la superficie de la piel elimina aproximadamente 0.6 kilocalorías de calor. A raíz de que las glándulas sudoríparas pueden transportar arriba de 30

gramos de sudor por minuto, aproximadamente todo el calor producido por el ejercicio intenso puede ser disipado por evaporación bajo condiciones ideales. En un clima frío, mucho del calor generado durante el ejercicio es liberado del cuerpo por radiación y convección de la piel expuesta, haciendo que el riesgo de deshidratación sea relativamente bajo. En un clima moderadamente cálido, las más pequeñas diferencias de temperatura entre la piel y el medio ambiente resultan en una baja tasa de transferencia de calor radiactivo y convectivo. Como resultado de ello, durante el ejercicio en un clima cálido, el cuerpo debe contar también con la evaporación del sudor para disipar el calor. En un clima muy caluroso, cuando la piel y las temperaturas medio ambientales son aproximadamente las mismas, la transferencia de calor por radiación y convección no puede ocurrir, y el único medio para disipar la carga de calor es a través de la evaporación del sudor. Un alto nivel de evaporación efectivamente enfría el cuerpo, permitiendo que el ejercicio en un clima cálido sea prolongado. De todos modos, una incapacidad para compensar las pérdidas del fluido corporal generadas por la sudoración puede causar limitaciones en el ejercicio en muy breves períodos. Consecuentemente, el desafío durante el ejercicio en un clima cálido es el de minimizar la deshidratación y el riesgo de una hipertermia excesiva bebiendo fluidos a intervalos frecuentes.

PROBLEMAS QUE ACOMPAÑAN LA DESHIDRATACION

En una deshidratación progresiva, se pierde el agua de todos los compartimentos, incluyendo el volumen sanguíneo. Hace 40 años, Adolf (1) reportó que el volumen de sangre disminuía a tasas desproporcionadamente mayores que el resto de los compartimentos de fluidos corporales, durante la deshidratación. Costill y Sparks (2), luego reconocieron que la relativamente gran pérdida del volumen sanguíneo se debió al hecho de que la mayoría de los iones perdidos en el sudor –sodio y cloruro- provienen del espacio extracelular, y los movimientos del agua siguen a la pérdida de electrolitos. Una compensación parcial para esta pérdida de agua del plasma viene del desvío de volúmenes agua de otros compartimentos de fluidos corporales, hacia el espacio vascular. De todos modos, hay otros ajustes compensatorios generados por la deshidratación.

Una disminución en el volumen de sangre circulante ha profundizado los efectos sobre la capacidad cardíaca para distribuir adecuadas cantidades de sangre y oxígeno hacia los órganos que requieren un incremento del flujo sanguíneo durante el ejercicio. Esto es especialmente cierto para el ejercicio en el clima cálido. La reducción en el volumen de sangre circulante que ocurre cuando el ejercicio en el calor disminuye la cantidad de sangre a nivel cardíaco, y por ende reduce el volumen de sangre que el corazón puede eyectar con cada latido. Para mantener un volumen minuto cardíaco y una presión sanguínea arterial bajo estas circunstancias, la frecuencia cardíaca debe aumentar.

De todos modos, Rowell et al. (3) demostraron que durante el ejercicio intenso sobre la cinta en un medio ambiente cálido, el reflejo de incremento de la frecuencia cardíaca no es suficiente para compensar la caída en el volumen sistólico cardíaco, haciendo que el volumen minuto cardíaco sea menor que en un medio ambiente más frío. Como resultado, el volumen minuto cardíaco máximo se reduce, causando una reducción asociada en la potencia aeróbica máxima, tanto como en la performance efectiva. Cuando la potencia aeróbica máxima se reduce, una intensidad de ejercicio dada (ej. Corriendo a un ritmo dado), estará más cerca del techo de aptitud máxima y muy bien podría exceder la intensidad que podría ser mantenida por los sistemas de transporte de oxígeno del cuerpo.

Nosotros hemos demostrado que la reducción del volumen sanguíneo por el uso de diuréticos reduce la capacidad para incrementar la frecuencia cardíaca para mantener un volumen minuto cardíaco normal (4, 5). En estos estudios el volumen minuto cardíaco, fue reducido alrededor de 2 litros por minuto, generado por un volumen de sangre disminuido. A pesar de esta reducción en la capacidad cardíaca para mantener su volumen minuto, aparentemente no hubo compromiso en % de oxígeno suministrado a los músculos contraídos. De todos modos, el porcentaje del calor distribuido hacia la piel fue afectado negativamente, porque el flujo de sangre de la piel (4) y la cantidad de sangre en las venas de la piel (5) fueron más bajos. También, la temperatura interna del cuerpo fue mayor en alrededor de 4ºC, luego de 30 minutos de ejercicio, cuando el volumen de sangre se redujo. Las implicancias para la reducción de la performance deberían ser aparentes. La mayor tasa de almacenaje de calor en una persona cuyo volumen sanguíneo es reducido por deshidratación, resultará en una llegada más rápida a la tolerancia límite de la temperatura interna corporal, y en un tiempo más corto de ejercicio antes de llegar a la extenuación.

PROBLEMAS QUE ACOMPAÑAN LA REHIDRATACIÓN

Los humanos tienen, notoriamente, una pobre capacidad para rehidratarse luego de haberse deshidratado. Este fenómeno es conocido como deshidratación involuntaria a raíz del prolongado mantenimiento de un estado de deshidratación parcial, a pesar de un consumo voluntario e irrestricto de fluido. Pareciera que los humanos tienen una falta de capacidad para tomar y retener fluidos al mismo nivel que los fluidos se pierden como sudor. Las razones de estos efectos se han clarificado recientemente.

Morimoto et al. (6) reportaron un mejoramiento en la rehidratación de humanos que bebieron una solución de glucosa + electrolitos en lugar de agua, luego de una deshidratación térmica. De todos modos, no estuvo claro en este estudio si el sabor, la glucosa, o los electrolitos causaron un mejor "status" de fluidos corporales. Nose et al. (7) demostraron que proveyendo sodio al agua para beber, un grupo de ratas se rehidrataron más completamente que cuando se les suministró agua solamente, a posteriori de una deshidratación térmica. Parece entonces, que reemplazar el sodio perdido es importante para el proceso de rehidratación.

Nose et al. (8), recientemente examinaron cómo el contenido de sodio de los fluidos ingeridos afectan el beber y la restauración de los fluidos corporales que continúa a una deshidratación térmica en humanos. Seis voluntarios llevaron a cabo 2 exposiciones a un régimen de calor y ejercicio que causaron una relativamente suave deshidratación; ej., una disminución de 2.3% en el peso del cuerpo. (Los signos y síntomas de una deshidratación clínica, incluyendo la hipertermia, una ligera pérdida de conciencia y desorientación, comienzan luego de una deshidratación de aproximadamente el 3% del peso corporal.) Cada voluntario luego se rehidrató a voluntad con agua y cápsulas, conteniendo tanto sodio (suficiente para reemplazar la mayoría de Na+ Perdido por el sudor), o comprimidos placebo. Durante las 3 horas del período de rehidratación, los voluntarios que se rehidrataron solamente con agua, restauraron el 68% del fluido perdido. Los sujetos que se rehidrataron con la solución conteniendo sodio reemplazaron el 82% de sus pérdidas de fluidos. Cuando el agua sola fue la bebida de rehidratación, el [Na+] en el plasma retornó al nivel de control, dentro de los 15 minutos de haber sido bebida, al mismo tiempo que la absorción del agua desde el intestino diluyó la sangre. Esta disolución estimuló la producción de orina y eliminó la parte de inducción de la sed dependiente de la sal. También hubo una restauración del volumen de plasma perdido luego de la primer hora de rehidratación. Esto eliminó la parte del mecanismo de inducción de la sed que depende de la restauración del volumen. Por eso el beber agua para rehidratarse rápidamente, elimina mucho de la inducción del estimulo a beber.

Cuando el sodio fue ingerido con el agua, el sodio del plasma permaneció significativamente más alto por más de 3 horas, durante el período de pruebas, que cuando los voluntarios tomaron solamente agua. Por eso, la inducción a beber dependiente de la sal fue mantenida, y la estimulación de la producción de orina fue retrasada, llevando a una más aproximadamente completa restauración del contenido del agua corporal, dentro del período de recuperación de tres horas. Además la recuperación del volumen de plasma perdido fue mucho más rápida en aquellos rehidratados con una bebida con sodio. Esto podría, presumiblemente, proveer una mejor capacidad para redistribuir el flujo sanguíneo durante el ejercicio bajo condiciones de esfuerzos de demanda intensa.

Sin embargo, nosotros deberíamos asumir que los principios concernientes al reemplazo de la pérdida de fluidos aplicables al desarrollo de ejercicios o esfuerzos y/o durante el período de recuperación de los mismos, no han sido demostrados satisfactoriamente. No es necesario decirlo, sería un importante tópico de investigación para el futuro.

APLICACIONES PRACTICAS

Efectos beneficiosos del acondicionamiento

A raíz de que una disminución en la performance pueda estar asociada con la pérdida del volumen sanguíneo que ocurre con una deshidratación progresiva, cualquier medio usado para prevenir semejante pérdida debería también prevenir o limitar la declinación en la performance. Aunque pueda verse inapropiado considerar al entrenamiento como un método para prevenir los efectos de enfermedad por deshidratación, varias adaptaciones que ocurren gracias a un buen estado de aptitud física, ayudarían a prevenir los problemas de la deshidratación. El entrenamiento es acompañado por un incremento en el volumen de sangre (9). Un alto volumen de sangre inicial asegura un adecuado nivel de presión de llenado de corazón, aún cuando haya una pérdida de agua de plasma debida a una deshidratación progresiva. El volumen de sangre expandido también permite una mejor transferencia de calor desde el centro del cuerpo hacia el medio ambiente durante el ejercicio (6), presumiblemente al permitir una mayor distribución del volumen de sangre hacia la piel. Esta

mejor disipación del calor incrementa el margen de seguridad de los efectos adversos de una hipertermia excesiva. El entrenamiento también produce cambios en la función de las glándulas sudoríparas, resultando en la producción de más sudor diluido. Esto sirve para conservar el sodio del cuerpo y mejorar la capacidad para restaurar el agua del cuerpo cuando se rehidrata con agua corriente. De todos modos, es importante recordar que una mejor restauración de la pérdida de los fluidos corporales es posible si se toma sodio con el fluido de rehidratación. Esto puede ser llevado a cabo al rehidratarse con bebidas conteniendo sodio.

Prehidratación

Debería ser obvio que los efectos de estados patológicos por deshidratación podrían postergarse si uno está bien hidratado antes del ejercicio. Los principios concernientes a la prehidratación son los mismos que aquellos para la rehidratación. Una persona que bebe sólo agua antes del ejercicio, diluirá la sangre y estimulará un rápido incremento en la producción total de orina.

Rehidratación durante el ejercicio

Aunque se sepa poco acerca de las investigaciones con respecto a la rehidratación durante el ejercicio, es razonable el asumir que se pueden aplicar los mismos principios. El punto más importante es que los atletas no pueden depender de la sensación de sed para inducir a la bebida, tanto durante o luego del ejercicio, porque la retención de agua y la dilución del sodio que ocurre en el plasma eliminan la sensación de sed y el consecuente estimulo para beber.

Los Carbohidratos pueden ayudar

La pregunta final es si los carbohidratos pueden ser tomados con el sodio en las bebidas de rehidratación. Este tópico no está directamente relacionado al tema del contenido de agua corporal, aunque es sabido que los carbohidratos tienen propiedades osmóticas que pueden positivamente afectar la capacidad corporal para retener el agua. Está claro, que la suplementación con carbohidratos es de gran ayuda durante el ejercicio de resistencia (10).

También es probable que la absorción de fluidos desde el intestino sea mejorada con glucosa y sodio en la mezcla. Los requerimientos para fluidos y carbohidratos deberían ser evaluados antes del entrenamiento o la competición, para que el fluido de rehidratación apropiado pueda así ser bien elegido.

SUMARIO

En un clima cálido, el único medio para disipar la carga de calor es por evaporación de sudor. Mientras que un alto porcentaje de evaporación enfría el cuerpo, éste también elimina el agua y el sodio del cuerpo. Ocurriendo esto, el volumen de sangre desciende, así como ocurre con la cantidad de sangre que el corazón puede eyectar con cada latido. Si bien el cuerpo es capaz de compensar parcialmente la deshidratación, la performance atlética declinará en relación al grado de incremento de deshidratación.

Desafortunadamente, los humanos no tienen la capacidad para consumir y retener fluidos, en el mismo nivel que los porcentajes de fluidos son perdidos.

Esto se debe a la dilución de la sangre cuando el agua corriente es absorbida desde el intestino; la dilución de la sangre elimina, en parte, la porción de la inducción a beber que depende de la sal, y estimula la producción de orina.

Si se toma sodio con una bebida de rehidratación, la inducción a beber dependiente de la sal será mantenida por un período más largo y la producción de orina será retrasada, proveyendo una mejor rehidratación. Además, la recuperación del volumen de plasma perdido es más rápida, cuando se rehidrata con bebidas que contienen sodio. Esto presumiblemente, proveerá una mejor distribución del flujo sanguíneo, un mejor control termoregulatorio, y una mejor performance durante el ejercicio en climas cálidos.

REFERENCIAS

1. Adolph, E.F (1947). Blood changes in dehydration. *In Adolph, E.F. (Ed.). Physiology of Man in the Desert; pp. 160-171, New York: Interscience*
2. Costill, D.L., Sparks, K.E (1973). Rapid fluid replacement following dehydration. *J. Appl. Physiol., 34: 36-43*
3. Rowell, L.B., Marx, H.J., Bruce, R.A., Conn, R.D., Kusumi, F (1966). Reductions in cardiac output central blood volume and stroke volume with thermal stress in normal men during exercise. *J. Clin. Invest., 45: 1801-1816*
4. Nadel, E.R., Fortney, S.M., Wenger, C.B (1980). Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. *J. Appl. Physiol., 49: 715-721*
5. Fortney, S.M., Wenger, C.B., Bove, J.R., Nadel, E.R (1983). Effect of blood volume on forearm venous and cardiac stroke volumes during exercise. *J. Appl. Physiol., 55: 884-890*
6. Morimoto, T., Miki, K., Nose, H., Yamada, S., Hirakawa, K., Matsubara, C (1981). Changes in body fluid and its composition during heavy sweating and effect of fluid and electrolyte replacement. *Jpn. J. Biometeor., 18: 31-39*
7. Nose, H., Morita, M., Yawata, T., Morimoto, T (1986). Recovery of blood volume and osmolality alter thermal dehydration in rats. *Am. J. Physiol., 251: R 492-R 498*
8. Nose, H., Mack, G.W., Shi, X., Nadel, E.R (1990). Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *J. Appl. Physiol*
9. Convertino, V.A., Greenleaf, J.E., Bernauer, E.M (1980). Role of thermal and exercise factors in the mechanism of hypervolemia. *J. Appl. Physiol., 48: 657-664*
10. Coyle, E.F., Coggan, A.G., Hemmert, M.K., Ivy, J.L (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. Appl. Physiol., 61: 165-172*