

Monograph

Hiperhidratación Previa al Ejercicio: Comentarios acerca de la Declaración de Posición del ACSM acerca del Ejercicio y la Reposición de Fluidos

Eric Goulet

McGill Nutrition and Food Science Centre/ McGill University/Health Centre, Royal Victoria Hospital, Montréal, Québec, Canadá.

RESUMEN

En los últimos lineamientos del ACSM sobre hidratación (febrero de 2007), se dedicaron dos párrafos a los efectos de la hiperhidratación previa al ejercicio (PEH) sobre el rendimiento en ejercicios de resistencia (EEP) y sobre las funciones fisiológicas. La Declaración de Posición del ACSM concluyó, con respecto al potencial ergogénico de la PEH, que ésta mejora el EEP, sólo de manera ocasional o no proporciona ninguna ventaja clara sobre el rendimiento. En mi opinión, estas conclusiones, no reflejan fielmente lo que se conoce realmente sobre el valor ergogénico de la PEH, debido a que las mismas surgen a partir de resultados provenientes de estudios cuyos diseños experimentales no son adecuados para determinar la propiedad ergogénica de la PEH. En este artículo de opinión/revisión, yo proporcionaré una visión alternativa del efecto de la PEH sobre el EEP utilizando resultados publicados recientemente, así como también resultados que no fueron discutidos en la Declaración de Posición del ACSM. Cuando se revisa cuidadosamente la literatura, uno observa que sólo unas pocas investigaciones proporcionan datos sobre el efecto de la PEH sobre el EEP, y sus resultados en conjunto sugieren que provoca un aumento en el rendimiento de los atletas. Por otra parte, la Declaración de Posición del ACSM afirma que esta estrategia no proporciona ninguna otra ventaja termorregulatoria o fisiológica clara, y que aumenta el riesgo de sufrir hiponatremia y de tener que orinar durante la competencia. Yo no estoy completamente de acuerdo con estas conclusiones por lo que en este trabajo presentaré evidencia que sugiere lo contrario. Creo que es importante proporcionar un punto de vista alternativo al propuesto por la Declaración de Posición del ACSM acerca de los efectos de la PEH sobre el EEP y sobre las funciones fisiológicas, debido al rol influyente que esta organización posee dentro de la comunidad de ciencias del ejercicio.

Palabras Clave: sobrecarga de fluidos, capacidad de realizar ejercicio, frecuencia cardíaca, temperatura rectal, hiponatremia

INTRODUCCION

En febrero del 2007, el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) publicó la primera actualización de sus Declaración de Posición del sobre Ejercicio y Reposición de Fluidos (1) que fueron publicados por primera vez en 1996. Está claro, que esta actualización era muy necesaria debido a que en este lapso de tiempo se realizaron importantes avances en algunas áreas de investigación relacionadas con la hidratación.

Las páginas 381 y 384 de la Declaración de Posición contienen cada una un párrafo destinado exclusivamente a los efectos de la hiperhidratación previa al ejercicio (PEH) [estado de elevado nivel de agua corporal inducido agudamente por medio de la ingestión de líquidos con o sin agentes de retención de agua (glicerol, sodio, etc.) antes de comenzar el ejercicio] sobre el rendimiento en ejercicios de resistencia (EEP) y sobre las funciones fisiológicas.

La antes de comenzar el ejercicio concluyó que la PEH puede ser ocasionalmente responsable de pequeños beneficios en el rendimiento o puede no proporcionar una ventaja clara sobre el rendimiento.

Un problema importante con estas afirmaciones es que las dos se basan en resultados de estudios que utilizaron diseños experimentales que no son apropiados para obtener conclusiones sobre el valor ergogénico de la PEH durante situaciones de ejercicio normales al aire libre. Por consiguiente, es importante aportar un panorama claro de lo que se conoce (y lo que se desconoce) sobre el efecto de la PEH sobre el EEP. Este artículo de opinión/revisión se basará en resultados recientemente publicados, así como también en un análisis de los resultados que no fueron tenidos en cuenta en los pronunciamientos publicados.

Si bien la Declaración de Posición del ACSM informó adecuadamente acerca de algunos de los efectos fisiológicos conocidos de la PEH, opino que en otros casos, no fue así. Por ejemplo, concluyó que la PEH no proporciona ninguna ventaja termorregulatoria o fisiológica clara, aumenta el riesgo de sufrir hiponatremia por dilución durante el ejercicio, y aumenta notablemente el riesgo de tener que orinar durante la competencia. No estoy completamente de acuerdo con estas afirmaciones, y este trabajo proporcionará evidencia científica que sugiere que, comparada con la euhidratación pre-ejercicio (PEE), el uso de PEH proporciona ventajas cardiovasculares y termorregulatorias durante el ejercicio prolongado donde los atletas se deshidratan (pérdida de agua corporal como resultado de no reemplazar completamente a través de la ingesta de líquidos, las pérdidas provocadas por el sudor), no aumenta el riesgo de hiponatremia por dilución cuando los atletas se deshidratan durante el ejercicio, y no aumenta demasiado el riesgo de tener que orinar durante la competencia, es decir, durante la realización de ejercicios de intensidad moderada a alta

Globalmente, las recomendaciones del ACSM sobre el ejercicio y la reposición de fluidos afirman que la PEH proporciona beneficios ambiguos y tiene varias desventajas (ver Tabla 6. página 385).

Desgraciadamente, estas conclusiones surgieron de una evaluación limitada y, a mi modo de ver, simplista de la literatura existente. En este trabajo de revisión, discutiré cada afirmación planteada en la Declaración de Posición del ACSM con las que no estoy de acuerdo y proporcionaré una contra prueba para apoyar mi posición. Al final de mi argumentación realizaré una breve discusión sobre los posibles efectos colaterales de PEH. Finalmente, un párrafo discutirá brevemente bajo qué condiciones de ejercicio en particular los atletas deben recurrir a la PEH. Debido al significativo impacto que tienen las recomendaciones del ACSM sobre el ejercicio y reemplazo de fluidos en el campo de la investigación de la hidratación y el ejercicio, es importante proporcionar una visión alternativa de los efectos de la PEH sobre el EEP y sobre las funciones fisiológicas.

En este artículo, el término euhidratación se referirá a un contenido de agua corporal "normal", mientras que las condiciones de hipohidratación e hiperhidratación harán referencia a un contenido de agua corporal inferior y superior al nivel de euhidratación, respectivamente. El término deshidratación se referirá a la pérdida dinámica de agua corporal durante el ejercicio que puede producirse desde un estado de hiperhidratación a euhidratación y puede continuar disminuyendo hasta alcanzar un nivel de hipohidratación.

DISCUSION 1

Como se indicó previamente, los lineamientos del ACSM arribaron a dos conclusiones con respecto al potencial ergogénico de la PEH. Las conclusiones se basaron en los resultados provenientes de tres estudios (2, 3, 4). La primera conclusión se encuentra en la página 381 y sugiere que la PEH "... puede demorar el comienzo de la deshidratación y esto sería responsable de cualquier beneficio pequeño en el rendimiento que ocasionalmente puede ser informado (2, 3)", mientras

que la segunda conclusión se encuentra en la página 384 y sugiere que la PEH "... no proporciona ninguna ventaja fisiológica evidente sobre el rendimiento por sobre la euhidratación (4)".

Mi opinión es que el uso de estos estudios para extraer conclusiones sobre el efecto de la PEH en EEP es inadecuado, y de este modo, independientemente de sus resultados. De hecho, cuándo cada trabajo es estudiado en forma crítica, queda claro que ninguno utilizó un diseño metodológico adecuado para responder de manera satisfactoria y válida el interrogante planteado "¿Puede la PEH mejorar el EEP en comparación con la PEE, durante situaciones de ejercicio normales, realizadas al aire libre?". Estudiemos ahora, lo que yo considero insuficiencias metodológicas en estos estudios.

Greenleaf et al. (2) compararon el efecto de la PEE con el efecto de dos soluciones de PEH (la solución 1 contenía sodio (55 mEq.L⁻¹), potasio (5,3 mEq.L⁻¹), glucosa (20,5 g.L⁻¹) y citrato de sodio (4,2 g.L⁻¹); la solución 2 contenía sodio (164 mEq.L⁻¹), trazas de potasio, trazas de glucosa y citrato de sodio (8,5 g.L⁻¹) sobre la capacidad de resistencia durante un test de ciclismo con producción de potencia constante hasta el agotamiento realizado al 87-91% VO₂ máx. y a 21°C. Solo la solución 2 mejoró el rendimiento en comparación con PEE. Hay dos problemas metodológicos importantes en este estudio. El primero es que ambas bebidas contenían citrato de sodio, una sustancia que en algunos (5, 6, 7), pero no en todos los estudios (8, 9) se observó que mejora el EEP. Greenleaf et al. (2) indicaron que las dosis de citrato de sodio que ellos administraron eran más altas que las informadas en los estudios previamente citados. Por lo tanto es posible que los efectos ergogénicos de la bebida 2 se debieran a la presencia de citrato de sodio, y no al exceso de volumen de fluido ingerido. El segundo problema es que los sujetos ingirieron muy poco líquido (10 mL.kg peso corporal⁻¹) mucho tiempo antes (de -105 min a -45 min) de comenzar el ejercicio. Debido a la producción obligatoria de orina que se produce como resultado de la ingesta excesiva de fluidos, es posible que los sujetos hayan comenzado el ejercicio solamente euhidratados o con un aumento en el contenido total de agua corporal insuficiente para afectar significativamente el rendimiento.

Desgraciadamente, los autores no informaron hasta que punto las bebidas aumentaron el contenido total de agua corporal antes del ejercicio, o el efecto que las mismas tuvieron sobre los niveles de la deshidratación durante el ejercicio. El hecho de no haber alcanzado la hiperhidratación antes de comenzar el ejercicio podría explicar por qué la bebida 1 no proporcionó ningún efecto ergogénico en comparación con la euhidratación pre-ejercicio (PEE), pero también es posible que la menor cantidad de citrato de sodio en esta bebida haya tenido algún efecto. La presencia de citrato de sodio en las bebidas para la hiperhidratación, junto con el hecho de que en este estudio se indujeron niveles de hiperhidratación aparentemente bajos y el hecho de no informar dichos niveles (datos muy importantes en este tipo de estudio), hace muy difícil la interpretación de los resultados y por consiguiente es arriesgado hacer generalizaciones a partir de los mismos.

El motivo por el cual el estudio de Kavouras et al. (3) es inadecuado para concluir sobre el efecto de la PEH sobre el EEP, es específicamente porque en el mismo se estudió la efectividad de esta estrategia para rehidratación, y no para hiperhidratación. De hecho, no se indujo ningún tipo de hiperhidratación en ninguna de las pruebas que este estudio consideró.

Los sujetos primero fueron deshidratados en 4% de su peso corporal, y luego o no ingirieron nada o ingirieron suficiente agua (con o sin glicerol) para reemplazar 3% de su pérdida de peso corporal, y finalmente, realizaron un test de ciclismo hasta el agotamiento (74% VO₂ pico) en condiciones ambientales calurosas (37 °C). La prueba donde se utilizó glicerol estuvo asociada con una mejora en la retención de fluidos y con un aumento en el EEP significativamente mayor que en las otras dos pruebas. Por definición, PEH, hace referencia a un incremento en el nivel de agua corporal y, por consiguiente, sería incorrecto concluir algo sobre el potencial ergogénico de esta estrategia a partir de un estudio cuyos resultados fueron obtenidos mediante un diseño experimental donde todos los sujetos comenzaron cada condición de ejercicio deshidratados.

Finalmente, el estudio de Latzka et al. (4) fue citado para apoyar la segunda conclusión de la Declaración de Posición. En este trabajo sujetos euhidratados o hiperhidratados [hiperhidratación inducida con agua (WIH) e hiperhidratación inducida con glicerol (GIH)] debían realizar una prueba en cinta rodante hasta el agotamiento (55% VO₂ máx., 35 °C) utilizando ropa de protección contra productos químicos, simulando de esta manera condiciones donde es sumamente difícil para el cuerpo regular la temperatura eficientemente. La hiperhidratación inducida por glicerol no así la hiperhidratación inducida por agua (WIH), mejoró el EEP en comparación con la PEE. El motivo por el cual la GIH, pero no la WIH mejoró la capacidad de resistencia se desconoce debido a que los cambios en el contenido de agua corporal total a lo largo de la hiperhidratación y de los períodos de ejercicio eran similares entre los grupos. Independientemente de los resultados de este estudio, el hecho de que se realizara en condiciones de ejercicio donde los atletas vestían ropa de protección contra productos químicos hace que la generalización de sus resultados hacia cualquier condición de ejercicio del mundo real no sea confiable.

Si, en mi opinión, los autores de los lineamientos no lograron informar adecuadamente el efecto de la PEH sobre el EEP, entonces uno podría preguntarse si hay alguna evidencia científica válida, publicada que proporcione datos sobre la propiedad ergogénica de la PEH. La respuesta es sí. En verdad, sólo está disponible en la literatura, un estudio que

comparó de manera directa el efecto de PEH y PEE en EEP (10).

Es un estudio difícil de encontrar debido a que fue publicado en 1961 y no figura en PubMed. Sin embargo, Latzka y Sawka informaron su existencia en el año 2000 en un excelente trabajo de revisión que evaluó los efectos termorreguladores de la PEH durante el ejercicio en climas calurosos (11). El estudio de Blyth y Burt (10) comparó el efecto de la PEH (30 min antes del ejercicio se ingirieron 23 mL por kg peso corporal de una solución que contenía agua más sales) y la PEE sobre la capacidad de resistencia durante una prueba en cinta rodante a velocidad constante hasta el agotamiento (11,3 km h⁻¹ con una pendiente de 8,6%) realizada a una temperatura de 49 °C. Los sujetos no ingirieron ningún fluido durante el ejercicio. Los autores informaron que la PEH mejoró la capacidad de resistencia de los atletas en un 10%. Sin embargo en sujetos que no eran atletas esto no fue así. Esta diferencia en los resultados es importante, por el hecho de que podría indicar que la PEH mejoraría el EEP sólo en atletas entrenados. Debido a que la PEH es una estrategia conocida y utilizada principalmente por atletas entrenados (observaciones personales), ésta fue una importante observación hecha por los autores.

Debido a que la costumbre natural de los atletas es comenzar el ejercicio en un estado de euhidratación, entonces se entiende que los únicos estudios que pueden proporcionar una información directa sobre la efectividad de la PEH sobre EEP son los que comparan la PEH con PEE con o sin consumo de fluidos durante el ejercicio. Si bien hasta la fecha un sólo estudio comparó directa y válidamente el efecto de PEH y PEE sobre el EEP (10), hay muchos trabajos que se han publicado durante los últimos 10 años que compararon el efecto de la GIH con el de WIH sobre EEP (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18). Estos estudios, si se analizan adecuadamente, pueden aportar evidencia sobre la efectividad ergogénica de la PEH comparada con la de PEE. Notablemente, ninguno de estos estudios incluyó una condición de PEE. Por lo tanto, los estudios fueron realizados sin que los investigadores supieran o no si la PEH proporcionaba algún beneficio ergogénico superior a la PEE. Debido a que esos estudios particulares compararon dos estados de hiperhidratación, uno debe considerar que no es posible concluir nada sobre el valor ergogénico de PEH (en comparación con PEE) a partir de esas investigaciones que no lograron demostrar diferencias de rendimiento entre GIH y WIH. Aunque en este escenario particular ambas condiciones afectaron de manera similar el EEP, es posible que ambas o alguna de ellas hubiera producido un aumento en el rendimiento si ellas además hubieran sido comparadas con la PEE. Es necesario recordar que el único grupo control verdadero en los estudios sobre PEH es PEE. Por otra parte, en estudios en los que una condición de hiperhidratación aumenta el EEP por encima de las otras entonces es razonable asumir que esta condición particular también mejoraría EEP por sobre PEE si esta última condición también se incluyera en el estudio. De hecho, si se observa que un estado de hiperhidratación es capaz de mejorar el EEP más que otro nivel de hiperhidratación de menor magnitud, entonces es relativamente seguro asumir que, por lo menos, el mejor estado de hiperhidratación mejoraría el EEP en comparación con un estado de hidratación normal (PEE). Ahora estudiemos los comentarios en la literatura sobre aquéllos estudios que comparan la efectividad de la GIH y la WIH sobre el EEP.

En un meta-análisis reciente, Goulet et al. (19) informaron que, en comparación con la hiperhidratación inducida por agua (WIH), la hiperhidratación inducida por glicerol (GIH) aumentó significativamente el EEP en un 2,6% durante ejercicios prolongados en un ambiente caluroso o templado. A partir de éstos resultados uno puede asumir razonablemente que la GIH probablemente aumentaría el EEP en comparación con PEE y que la mejora en el rendimiento sería de por lo menos 2,6%.

Ésta es una hipótesis muy razonable que es necesario evaluar en estudios futuros. Los estudios que comparan GIH con WIH tienen importantes limitaciones que es necesario considerar por el hecho de que no proporcionan información acerca de la magnitud del efecto sobre el rendimiento que la PEH puede proporcionar por sobre PEE y, fundamentalmente, imposibilitan la determinación precisa de los efectos fisiológicos de la PEH en comparación con la PEE. Como comentario final, es necesario indicar que es improbable que el efecto beneficioso de la GIH sobre EEP se presente como resultado de una modificación en el metabolismo, debido a que, la tasa de degradación en el hígado de este precursor de la gluconeogénesis, no es lo suficientemente rápida como para que sea utilizado significativamente como una fuente de energía durante el ejercicio (20). Por lo tanto, ha sido demostrado que la ingestión de glicerol sólo no mejora el EEP (21, 22).

A partir de lo que se informó anteriormente, pueden extraerse cuatro conclusiones. Primero, la PEH tiene el potencial para mejorar el EEP en comparación con PEE, al menos durante el ejercicio a corto plazo realizado en condiciones calurosas. Segundo, la GIH puede aumentar el EEP, en comparación con la WIH, durante el ejercicio a largo plazo en un ambiente caluroso y templado. Aunque todavía no se ha demostrado científicamente, en base a las explicaciones dadas previamente, es muy probable que la GIH mejore el EEP en comparación con la PEE durante ejercicios prolongados realizados no solo en ambientes calurosos si no que también en ambientes templados. Tercero, se puso demasiado énfasis en las investigaciones que comparaban el efecto de GIH y WIH sobre el EEP, mientras que los estudios que hubieran tenido el mayor impacto y que hubieran aportado la información más útil sobre PEH (es decir, aquéllos que comparan el efecto de PEH y PEE sobre el EEP) fueron dejados de lado. Y cuarto, está claro que hay una escasez de evidencia directa acerca del efecto de PEH sobre EEP comparado con PEE y, por lo tanto se recomienda a los científicos que realicen estudios en esta

dirección particular.

DISCUSION 2

En página 381 de la declaración de posición se señala que la PEH "no proporciona ninguna ventaja en la termorregulación". Para apoyar esta declaración, los autores citaron los resultados obtenidos en la investigación de Latzka et al. (23). Además, en la página 384 se menciona que PEH "no proporciona ninguna ventaja fisiológica o de rendimiento evidente por sobre la euhydratación" y esta declaración se basa en los resultados obtenidos en tres estudios (3, 4, 23).

Como expliqué antes, dos de estos estudios (3,4), por razones metodológicas, no pueden ser utilizados para inferir sobre el efecto fisiológico de la PEH. Hay realmente un solo estudio de los citados en los pronunciamientos que puede ser utilizado para concluir sobre la efectividad fisiológica de PEH por sobre PEE (23). En este estudio, se compararon cinco condiciones experimentales en ejercicios realizados durante 2 h en cinta rodante al 45% de VO_2 máx. y 35 °C. 1) GIH con reposición total de fluidos durante el ejercicio (suficiente para reemplazar las pérdidas por sudoración); 2) WIH con reposición total de fluidos durante el ejercicio; 3) GIH sin ingesta de fluido durante el ejercicio; 4) WIH sin ingesta de fluidos durante el ejercicio y; 5) sin PEH pero manteniendo la euhydratación durante el ejercicio.

Los resultados de este estudio mostraron que las condiciones 1 y 2 no disminuyeron la frecuencia cardíaca ni la temperatura rectal durante las carreras en cinta rodante en comparación con la condición 5.

Sin embargo la condición 5 disminuyó la frecuencia cardíaca y la temperatura esofágica en comparación con las condiciones 3 y 4. Los autores concluyeron que la PEH no proporcionó ventaja termorregulatoria sobre el mantenimiento de la euhydratación durante el ejercicio. La interpretación de estos resultados es problemática debido a que las condiciones que fueron comparadas no representan las estrategias de hidratación más frecuentes que los atletas utilizan en el campo. De hecho, ha sido ampliamente observado que los atletas de resistencia no beben la cantidad suficiente de líquidos durante el ejercicio para reponer la pérdida ocasionada por el sudor y finalizan el ejercicio en un estado de hipohidratación (24). Más aun, el estudio de Latzka et al. (23) contenía tres pruebas dónde los atletas reponían totalmente los líquidos perdidos a través del sudor durante el ejercicio. Estos datos hacen que los resultados de Latzka et al. (23) sean de poca utilidad para inferir sobre el efecto fisiológico de la PEH en situaciones dónde los atletas no reemplazan completamente las pérdidas provocadas por el sudor durante el ejercicio, lo cual representa la conducta habitual de la mayoría de los atletas de resistencia.

Sobre la base de lo que acabamos de mencionar, entonces la pregunta de interés que surge para los atletas de campo es, "¿Hay algún estudio publicado que compare PEE y PEH cuando los atletas no reponen totalmente los líquidos perdidos por el sudor durante el ejercicio?". La respuesta es sí, y, claramente, el interés de los investigadores se centró en cómo la PEH regula las funciones cardiovascular y termorregulatoria durante el ejercicio. En ejercicios de ≥ 45 min de duración, numerosos estudios han demostrado que la PEH ≥ 1000 mL reduce el estrés cardiovascular (\downarrow frecuencia cardíaca y/o \uparrow aumentos del volumen sistólico) (25, 26, 27) y termorregulatorio (\downarrow temperatura rectal o esofágica) (25, 26, 27, 28, 29) en comparación con PEE, y esto, al parecer, ocurre tanto en condiciones de clima templado como de clima caluroso. En ejercicios de ≤ 30 min de duración, los efectos de PEH en comparación con los de PEE sobre las funciones cardiovascular y de termorregulación, no están claros (10, 30). Esto puede deberse a que la duración del período de ejercicio es demasiado corta para detectar cualquier efecto sustancial que la PEH pueda tener sobre las funciones reguladoras. Hasta el momento no se conoce el efecto de la PEH sobre la tasa de sudor en ejercicios de ≥ 45 min de duración, ya que algunos estudios observaron un aumento (25, 26), otros disminución (29) y otros estudios no observaron diferencias entre PEH y PEE (23, 28). Se observó que la PEH aumenta el volumen plasmático durante el reposo, en comparación con la PEE (31). Según mis conocimientos, no hay ningún estudio que haya determinado si PEH mejora el volumen plasmático por sobre PEE cuando los atletas se deshidratan durante el ejercicio. Si bien se desconoce el efecto de la PEH en la regulación de la tasa de sudoración durante el ejercicio, el hecho de que ésta estrategia de hidratación mejore las funciones termorregulatorias y cardiovasculares es muy importante ya que se ha observado que el deterioro de éstos sistemas tendría un papel sustancial en la disminución del EEP mediada por la deshidratación inducida por el ejercicio (1).

La habilidad de la PEH para reducir la tensión cardiovascular y termorregulatoria en los estudios citados anteriormente probablemente resulta del hecho que, en comparación con la PEE, ésta atenúa la hipohidratación (26,28) o la previene completamente (25, 27, 29). También, el uso de la PEH puede disminuir la temperatura rectal antes del ejercicio (26, 27, 28, 29), lo que también podría contribuir en la reducción del aumento en la temperatura corporal durante el período de ejercicios subsiguiente.

En comparación con la PEE, se ha demostrado que la PEH mejora las funciones cardiovasculares y de termorregulación en

situaciones en las que los atletas se deshidratan durante el ejercicio. Una importante pregunta que necesita ser respondida es ¿Cuál es el nivel de hipohidratación que es necesario alcanzar durante la PEE antes de que la PEH pueda mejorar la función fisiológica?. Los resultados de Grucza et al. (29), Lyons et al. (25), y Moroff y Bass (26) demostraron que en condiciones de PEE a niveles de hipohidratación tan bajos como 0,5-1% del peso corporal, es posible detectar, y ya son significativos, los efectos beneficiosos del mayor nivel de agua corporal proporcionado por la PEH. Tal nivel de hipohidratación se alcanza relativamente rápido durante el ejercicio prolongado cuando los atletas comienzan el ejercicio euhydratados, indicando así que el efecto beneficioso de la PEH opera relativamente temprano después del comienzo del ejercicio.

A partir de lo que planteamos anteriormente, es posible extraer dos conclusiones sobre los efectos fisiológicos de la PEH. Primero, si con la PEE se mantuviera la euhydratación durante el ejercicio, es decir, los atletas beben a una tasa suficiente para reponer todas las pérdidas ocasionadas por el sudor, entonces la utilización de la PEH no conferiría ninguna ventaja termorregulatoria o cardiovascular.

Segundo, si con la PEE los atletas no reponen completamente las pérdidas de líquido provocadas por el sudor durante el ejercicio, a través de la ingestión de fluidos, entonces en estas circunstancias el uso de PEH mejoraría las funciones termorregulatorias y cardiovasculares (tanto en condiciones templadas como en condiciones calurosas)

DISCUSION 3

En página 381 los autores afirman que con la PEH "... hay riesgo de sufrir hiponatremia dilucional". Para apoyar esta afirmación los autores citan un capítulo que se encuentra dentro del libro de Fisiología del Ejercicio Avanzada del ACSM de 2005 (32). La causa principal de la hiponatremia es el consumo excesivo de líquido durante el ejercicio (33). La hiponatremia sintomática puede producirse cuando los niveles de sodio plasmáticos caen rápidamente por debajo de 130 mmol.L⁻¹ (1). Debido a que el uso de PEH refuerza sustancialmente el nivel de agua corporal, es importante abordar el problema de si la PEH puede causar hiponatremia sintomática durante el procedimiento *per se* y durante el posterior período de ejercicio. La pregunta de interés ahora es ¿Hay algún dato científico que demuestre que la PEH puede causar hiponatremia sintomática?.

La evidencia indica que la ingestión de 20-25 mL de agua.kg de peso corporal⁻¹ dentro de 15-150 min no reduce los niveles de sodio plasmáticos a valores <133 mmol.L⁻¹ (12, 15, 23, 31, 34, 35), sugiriendo por lo tanto que es improbable desarrollar hiponatremia sintomática durante el procedimiento de PEH *per se*. Esta afirmación se sustenta en el hecho que no hay ningún estudio que haya informado síntomas de hiponatremia con PEH cuando se administraron cantidades de líquido del orden de 1-2 L. Es improbable que el uso de PEH pueda causar hiponatremia sintomática durante el período de ejercicios subsecuente cuando los atletas no están reponiendo completamente sus pérdidas de líquido ocasionadas por el sudor, a través de la ingestión de fluidos. De hecho, ninguno de los estudios cuyos sujetos realizaban ejercicios después de la PEH demostró niveles de sodio inferiores a 136 mmol.L⁻¹ cuando los atletas perdían agua corporal durante el ejercicio (12, 15, 23, 25, 34). Sin embargo, como se señaló cuidadosamente en la página 384 de la Declaración de Posición del ACSM, no es imposible que si la PEH se combina con una reposición completa de fluidos durante el ejercicio, pueda desarrollarse hiponatremia sintomática si el período de ejercicios es lo suficientemente largo (23). En cualquier caso, los atletas nunca deben acudir al uso de PEH cuando su ingesta de fluido durante el ejercicio es suficiente o se reponen completamente las pérdidas ocasionadas por el sudor, debido a que esto causará una prolongada sobrecarga de fluidos.

Primero, la sobrehidratación prolongada puede causar dolor gastrointestinal, que si es lo suficientemente severo, puede disminuir el EEP (36). Segundo, combinar la PEH con una reposición completa de fluidos durante el ejercicio parece no proporcionar ninguna ventaja fisiológica en comparación con mantener la euhydratación durante el ejercicio (23). Y tercero, proceder de este modo parece ser apropiado, debido a que se ha demostrado en más de una ocasión que la sobrecarga de fluido prolongada es la causa de hiponatremia (33).

Con respecto a la Discusión 3 se pueden extraer dos conclusiones. Primero no hay evidencia científica que apoye el concepto de que la PEH puede causar hiponatremia sintomática cuando los atletas no están consumiendo suficiente líquido durante el ejercicio para reponer completamente las pérdidas provocadas por el sudor. Segundo, no se recomienda el uso de PEH cuando el atleta intentará reponer totalmente las pérdidas ocasionadas por el sudor durante el ejercicio.

DISCUSION 4

En página 384 de la Declaración de Posición se establece que el uso de PEH "... aumenta el riesgo de tener que orinar durante la competencia". Los autores apoyan este punto citando dos estudios en los que se valoró el efecto de la PEH sobre la producción de orina en condiciones de reposo y no durante el ejercicio (31, 35). Es intuitivo pensar que porque la PEH refuerza sustancialmente el nivel de agua corporal antes del ejercicio, una parte de este exceso de fluido necesitará ser excretada como orina durante el ejercicio, forzando por ese motivo, al atleta a detenerse, y como resultado, perjudicando probablemente el rendimiento en los deportes de tipo continuo. Sin embargo, un punto importante para tener presente es que durante el ejercicio (sobre todo durante el ejercicio de alta intensidad) y en condiciones de estrés térmico, se reducen notablemente el flujo de sangre renal y la tasa de filtración glomerular, lo que disminuye la capacidad de los riñones de excretar cualquier exceso de volumen de agua ingerido antes y/o durante el ejercicio. Esto plantea como interrogante si ¿Hay alguna evidencia que sugiera que la PEH aumenta la necesidad de tener que orinar durante la competencia (ejercicio de intensidad moderada a alta)? Sólo un estudio ha comparado y ha documentado el efecto de la PEH y PEE sobre la producción de orina durante ejercicios de intensidad moderada o alta. En el estudio realizado por Lyons et al. (25), los sujetos se hiperhidrataron (GIH y WIH) 90 min antes de la carrera (60% del VO_2 máx.) realizada en condiciones calurosas (42°C) y observaron que al final del ejercicio la producción de orina en la condición PEE alcanzó 85 mL, mientras que en las condiciones con WIH y GIH fue de 240 mL y 95 mL, respectivamente.

Notablemente, en la literatura es posible encontrar un estudio (37) que documentó que Alberto Salazar, ganador de tres Maratones de la ciudad de Nueva York y un Maratón de Boston, se hiperhidrató con 1000 mL de agua inmediatamente antes de la salida del Maratón Olímpico de 1984. Salazar corrió el maratón a una intensidad media de ~ 85% del VO_2 máx. y a una temperatura ambiente de ~ 24-28 °C.

Finalizó en la posición nº 15. Aunque en el artículo no se hizo ninguna mención al respecto, es más que razonable asumir que no tuvo que detenerse para orinar durante la carrera.

Aunque no con el diseño experimental ideal para proporcionar una respuesta al interrogante de, si la PEH puede o no aumentar la necesidad de orinar durante la competencia, el estudio de Wingo et al. (18), aportó puntos de vista interesantes. Este estudio comparó el efecto de tres regímenes de hidratación sobre el EEP durante una carrera de *mountain bike* (la intensidad media de ~81% de frecuencia cardíaca máxima) en condiciones calurosas (30-31°C). En la condición sin consumo de fluidos (NFT), los atletas hiperhidratados con 2300 mL de agua antes de la carrera, no consumieron ningún fluido durante el ejercicio. En otra condición con consumo de fluidos, los atletas primero se hiperhidrataron con 2300 mL de agua sola (FTW) o con agua + glicerol (FTG) y luego bebieron ~2300 mL de agua durante el ejercicio. A pesar de que no se observaron diferencias en el tiempo total de finalización entre las tres condiciones y aunque durante FTG y FTW, el consumo total de fluidos fue el doble que el consumido en la condición NFT, no se observó diferencia en la producción de orina entre NFT y FTW, mientras que la producción de orina fue significativamente menor en FTG que en NFT y FTW. Si la PEH aumentara marcadamente la necesidad de orinar durante la competencia, entonces teóricamente la producción de orina con FTG y FTW debería haber sido mayor que con NFT. Sin embargo, es necesario aclarar que cuando la intensidad del ejercicio y/o el estrés térmico no son importantes, es muy probable que el uso de PEH (WIH y GIH) aumente la necesidad de tener que orinar durante el ejercicio (23). Éste es un factor importante para tener en cuenta al usar PEH en situaciones con bajo estrés térmico o con ejercicios de baja intensidad.

Por lo tanto, a partir de lo que se informó anteriormente, no hay datos en la literatura que sugieran que la PEH aumenta notablemente la necesidad de orinar durante la competencia, sobre todo si la bebida consumida para la hiperhidratación contiene glicerol. Sin embargo, es necesario realizar estudios adicionales sobre el tema antes de que puedan obtenerse conclusiones definitivas. No obstante es importante resaltar que la necesidad de orinar durante el ejercicio se incrementa a medida que la intensidad del ejercicio y/o la temperatura ambiental disminuyen.

EFFECTOS INDESEABLES RELACIONADOS A LA HIPERHIDRATAACION

Un problema que no se trató en la Declaración de Posición, pero que es muy importante para los atletas, es si el uso de PEH está asociado a efectos colaterales indeseables que puedan perjudicar el EEP. La mayoría de los estudios que han observado los posibles efectos colaterales asociados con la PEH son aquellos que compararon los efectos de GIH con los efectos de WIH sobre la retención de fluidos y/o el EEP. Ellos en conjunto demostraron que la PEH está asociada con una muy baja incidencia de efectos colaterales (<10%) (Eric Goulet, observaciones no publicadas). Sólo se observaron efectos indeseables durante los períodos de PEH; ningún efecto fue informado durante los períodos de ejercicio. Los problemas

experimentados fueron incomodidad gastrointestinal (13, 25), náuseas (4,23) y vómitos (4). Es importante señalar que las náuseas y los vómitos sólo fueron informados cuando la solución contenía glicerol y no cuando se consumía solamente agua. Por lo tanto, parecería que no es el procedimiento de hiperhidratación (efecto del volumen) *per se* el responsable de los efectos colaterales, sino que las sustancias adicionales que pueden agregarse a las mezclas. O alternativamente, podría ser que en los estudios (4, 23) en los que se observaron náuseas y vómitos, se administró primero una solución de glicerol muy concentrada seguida de una gran cantidad de agua un par de minutos más tarde. Para minimizar la incidencia de los efectos colaterales durante GIH se recomienda diluir la cantidad total de glicerol en la cantidad total de líquido que se va a ingerir. Finalmente también es importante mencionar que la sensación de incomodidad gastrointestinal dura 15 min después de haber finalizado la ingestión del líquido (25).

¿CUANDO USAR PEH?

En la Declaración de Posición sobre Ejercicios y Reposición de Fluidos se informó que la deshidratación inducida por el ejercicio empieza a tener efectos perjudiciales sobre el EEP en un valor de pérdida de masa corporal > 2% (1). Por lo tanto, en condiciones reales, los atletas solo deberían ser alentados a usar de PEH, cuando les sea imposible, a través de la ingesta voluntaria de fluidos durante el ejercicio, prevenir una pérdida de masa corporal > 2%.

CONCLUSIONES

Este trabajo demostró que aparentemente la PEH tiene más ventajas que desventajas. De hecho, se demostró que la PEH mejora el EEP en comparación con la PEE, al menos durante el ejercicio a corto plazo en ambientes calurosos; que la GIH mejora el EEP durante el ejercicio a largo plazo en condiciones de clima templado y caluroso en comparación con WIH; y que, en base a una suposición muy razonable, la GIH tiene probablemente la capacidad de aumentar el EEP en comparación con el PEE, aunque esto todavía debe ser demostrado científicamente. Se presentaron los resultados y se demostró que en comparación con PEE, la PEH mejora las funciones termorregulatorias y cardiovasculares durante el ejercicio de ≥ 45 min de duración cuando los atletas no reponen totalmente la pérdida de líquido ocasionada por el sudor durante el ejercicio. En la literatura no hay evidencia que sugiera que la PEH puede aumentar el riesgo de sufrir hiponatremia dilucional cuando el cuerpo está deshidratando durante el ejercicio, o que la PEH aumente marcadamente el riesgo de tener que orinar durante la competición (es decir, durante el ejercicio de intensidad moderada a alta), especialmente si la solución de hiperhidratación contiene glicerol. Es importante destacar que el uso de PEH está asociado con una muy baja incidencia de efectos colaterales, lo que la transforma en una estrategia de hidratación relativamente segura. Es aconsejable que los individuos realicen una PEH sólo cuando les sea imposible prevenir una pérdida de peso corporal > 2% a través de la ingesta voluntaria de líquidos durante el ejercicio. Es evidente que se requieren estudios que comparen la efectividad de PEH y PEE sobre EEP; por lo tanto es aconsejable que los investigadores realicen dichos estudios para que en un futuro cercano se pueda presentar al público una adecuada descripción de su efecto ergogénico. Para aumentar la posibilidad de generalizar los resultados, en los estudios futuros sobre PEH, los fluidos deberían ser aportados durante el ejercicio a una tasa similar a la de los atletas que realizan ejercicio al aire libre.

Agradecimientos

Eric D. B. Goulet recibe el apoyo de los Fondos para la Investigación en Salud de Québec (FRSQ). El autor afirma no poseer ningún conflicto de intereses con ninguna organización.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Goulet EDB, Ph.D., McGill Nutrition and Food Science Centre, McGill, University Health Centre, Royal Victoria Hospital, 687 Pine Ave., West, Room H6.61, Montréal, Québec, H3A 1A1. Teléfono: 1-(514) 934-1934 *36350; Fax: (514) 843-1706; correo electrónico: eric.goulet@mcgill.ca.

REFERENCIAS

1. Sawka M. N., Burke L. M., Randy Eichner E., Maughan R. J., Montain S. J. and Stachenfeld N. S (2007). American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 39: 377-390
2. Greenleaf J. E., Looft-Wilson R., Wisherd J. L., McKenzie M. A., Jensen C. D. and Whittam J. H (1997). Pre-exercise hypervolemia and cycle ergometer endurance in men. *Biol. Sport* 14: 103-114
3. Kavouras S. A., Armstrong L. E., Maresh C. M., Casa D. J., Herrera-Soto J. A., Scheett T. P., Stoppani J., Mack G. W. and Kraemer W. J (2006). Rehydration with glycerol: endocrine, cardiovascular, and thermoregulatory responses during exercise in the heat. *J Appl Physiol* 100: 442-450
4. Latzka W. A., Sawka M. N., Montain S. J., Skrinar G. S., Fielding R. A., Matott R. P. and Pandolf K. B (1998). Hyperhydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise-heat stress. *J Appl Physiol* 84: 1858-1864
5. Potteiger J. A., Nickel G. L., Webster M. J., Haub M. D. and Palmer R. J (1996). Sodium citrate ingestion enhances 30 km cycling performance. *Int J Sports Med* 17: 7-11
6. Shave R., Whyte G., Siemann A. and Doggart L (2001). The effects of sodium citrate ingestion on 3,000-meter time-trial performance. *J Strength Cond Res* 15: 230-234
7. Schabort E. J., Wilson G. and Noakes T. D (2000). Dose-related elevations in venous pH with citrate ingestion do not alter 40-km cycling time-trial performance. *Eur J Appl Physiol* 83: 320-327
8. Potteiger J. A., Webster M. J., Nickel G. L., Haub M. D. and Palmer R. J (1996). The effects of buffer ingestion on metabolic factors related to distance running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 72: 365-371
9. Blyth C. S. and Burt J. J (1961). Effect of water balance on ability to perform in high ambient temperatures. *Res Quart* 32: 301-307
10. Latzka W. A. and Sawka M. N (2000). Hyperhydration and glycerol: thermoregulatory effects during exercise in hot climates. *Can J Appl Physiol* 25: 536-545
11. Anderson M. J., Cotter J. D., Garnham A. P., Casley D. J. and Febbraio M. A (2001). Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 11: 315-333
12. Coutts A., Reaburn P., Mummery K. and Holmes M (2002). The effect of glycerol hyperhydration on olympic distance triathlon performance in high ambient temperatures. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 12: 105-119
13. Goulet E. D., Robergs R. A., Labrecque S., Royer D. and Dionne I. J (2006). Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulatory and cardiovascular functions and endurance performance during prolonged cycling in a 25 degrees C environment. *Appl Physiol Nutr Metab* 31: 101-109
14. Hitchins S., Martin D. T., Burke L., Yates K., Fallon K., Hahn A. and Dobson G. P (1999). Glycerol hyperhydration improves cycle time trial performance in hot humid conditions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80: 494-501
15. Marino F. E., Kay D. and Cannon J (2003). Glycerol hyperhydration fails to improve endurance performance and thermoregulation in humans in a warm humid environment. *Pflugers Arch* 446: 455-462
16. Montner P., Stark D. M., Riedesel M. L., Murata G., Robergs R., Timms M. and Chick T. W (1996). Pre-exercise glycerol hydration improves cycling endurance time. *Int J Sports Med* 17: 27-33
17. Wingo J. E., Casa D. J., Berger E. M., Dellis W. O., Knight J. C. and McClung J. M (2004). Influence of a pre-exercise glycerol hydration beverage on performance and physiologic function during mountain-bike races in the heat. *J Athl Train* 39: 169-175
18. Goulet E. D. B., Aubertin-Leheudre M., Plante G. E. and Dionne I. J (2007). A meta-analysis of the effects of glycerol-induced hyperhydration on fluid retention and endurance performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 17: 391-410
19. Massicotte D., Scotto A., Peronnet F., M'kaouar H., Milot M. and Lavoie C (2006). Metabolic fate of a large amount of (13) C-glycerol ingested during prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol* 96: 322-329
20. Miller J. M., Coyle E. F., Sherman W. M., Hagberg J. M., Costill D. L., Fink W. J., Terblanche S. E. and Holloszy J. O (1983). Effect of glycerol feeding on endurance and metabolism during prolonged exercise in man. *Med Sci Sports Exerc* 15: 237-242
21. Gleeson M., Maughan R. J. and Greenhaff P. L (1986). Comparison of the effects of pre-exercise feeding of glucose, glycerol and placebo on endurance and fuel homeostasis in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 55: 645-653
22. Latzka W. A., Sawka M. N., Montain S. J., Skrinar G. S., Fielding R. A., Matott R. P. and Pandolf K. B (1997). Hyperhydration: thermoregulatory effects during compensable exercise-heat stress. *J Appl Physiol* 83: 860-866
23. Noakes T. D (1993). Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 21: 297-330
24. Lyons T. P., Riedesel M. L., Meuli L. E. and Chick T. W (1990). Effects of glycerol-induced hyperhydration prior to exercise in the heat on sweating and core temperature. *Med Sci Sports Exerc* 22: 477-483
25. Moroff S. V. and Bass D. E (1965). Effects of overhydration on mans physiological responses to work in the heat. *J Appl Physiol* 20: 267-270
26. Nielsen B., Hansen G., Jorgensen S. O. and Nielsen E (1971). Thermoregulation in exercising man during dehydration and hyperhydration with water and saline. *Int J Biometeorol* 15: 195-200
27. Gisolfi C. V. and Copping J. R (1974). Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Med Sci Sports* 6: 108-113
28. Grucza R., Szczypaczewska M. and Kozlowski S (1987). Thermoregulation in hyperhydrated men during physical exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 56: 603-607
29. Nadel E. R., Fortney S. M. and Wenger C. B (1980). Effect of hydration state of circulatory and thermal regulations. *J Appl Physiol* 49: 715-721
30. Freund B. J., Montain S. J., Young A. J., Sawka M. N., DeLuca J. P., Pandolf K. B. and Valeri C. R (1995). Glycerol hyperhydration: hormonal, renal, and vascular fluid responses. *J Appl Physiol* 79: 2069-2077
31. Zambraski E. J (2005). The renal System: In: ACSM's Advanced Exercise Physiology. *Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Wilkins*, pp. 521-532

32. Noakes T. D. and Speedy D. B (2006). Case proven: exercise associated hyponatraemia is due to overdrinking. So why did it take 20 years before the original evidence was accepted?. *Br J Sports Med* 40: 567-572
33. Magal M., Webster M. J., Sistrunk L. E., Whitehead M. T., Evans R. K. and Boyd J. C (2003). Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Med Sci Sports Exerc* 35: 150-156
34. O'Brien C., Freund B. J., Young A. J. and Sawka M. N (2005). Glycerol hyperhydration: physiological responses during cold-air exposure. *J Appl Physiol* 99: 515-521
35. Robinson T. A., Hawley J. A., Palmer G. S., Wilson G. R., Gray D. A., Noakes T. D. and Dennis S. C (1995). Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 71: 153-160
36. Armstrong L. E., Hubbard R. W., Jones B. H. and Daniels J. J (1986). Preparing Alberto Salazar for the heat of the 1984 Olympic marathon. *Physician Sportsmed* 14: 73-81

Cita Original

Goulet, E.D.B. Pre-Exercise Hyperhydration: Comments on the 2007 ACSM Position Stand on Exercise and Fluid Replacement. *JEPonline*; 11 (2): 64-74, 2008.