Monograph

Hiperhidratación con Glicerol y Rendimiento en una Carrera de Resistencia en Condiciones de Calor

Cory Scheadler, Matthew Garver, Timothy Kirby y Steven Devor

Exercise Science Laboratory, Health and Exercise Science Department, The Ohio State University, Columbus, OH, Estados Unidos.

RESUMEN

Hay información contradictoria acerca de si la hiperhidratación con glicerol reduce la sobrecarga cardiovascular y térmica al tiempo que mejora el rendimiento de resistencia. Pocos estudios han utilizado protocolos que simulen carreras atléticas; y ninguno ha evaluado específicamente el rendimiento en las carreras. Este estudio investigó el efecto de la hiperhidratación con glicerol (Gly) versus la hiperhidratación con agua (Pl), sobre la capacidad de reducir la sobrecarga térmica y cardiovascular y mejorar el rendimiento y el esfuerzo percibido (RPE) en sujetos que corrieron una distancia fija lo más rápidamente posible. Usando un diseño transversal, aleatorizado en doble-ciego, seis corredores entrenados en resistencia (varones, edad: 27,8±6,0 años, porcentaje de grasa corporal: 7,5±4,0%, VO_{2pico},: 60,7±6,2 mL•kg^{-1}•min^{-1}) corrieron una carrera de una duración estimada de 1 hora, a una velocidad seleccionada por ellos mismos. La temperatura y la humedad fueron mantenidas a 30°C y 50% respectivamente. Dos horas y media, antes de comenzar el ejercicio, recibieron Gly 1,2 g•kg^{-1} de peso corporal, con una ingestión total de fluidos de 26 mL.kg^{-1} de peso corporal, o un placebo de agua (Pl) en la misma cantidad. Los corredores podían ingerir agua a intervalos de una milla (1,6 km) durante la carrera hasta un total de 500 mL. Los corredores no tenían conocimiento del tiempo transcurrido o la velocidad escogida, pero eran conscientes de la distancia recorrida. La hiperhidratación con glicerol no produjo mayor retención de fluidos que la hiperhidratación con agua (Gly=977±328 mL, Pl=391±546 mL, p=0,109). El tiempo transcurrido hasta completar la carrera no fue diferente entre los tratamientos (Gly=4074±229 s, Pl=4079±295 s, p=0,908). La frecuencia cardíaca, temperatura central y RPE no fueron diferentes entre los tratamientos (p>0,05) en ninguno de los intervalos de una milla fijados durante la carrera. En una carrera en condiciones de calor, que duró 68 minutos en promedio, la hiperhidratación con glicerol no aportó más beneficios que la hiperhidratación con agua en la modificación del esfuerzo cardiovascular, de la sobrecarga térmica ni en el rendimiento de carrera.

Palabras Clave: deshidratación, cardiovascular, termorregulación, velocidad auto-seleccionada

INTRODUCCION

Deshidratación Voluntaria

Se ha demostrado que la deshidratación de aproximadamente 2% de la masa corporal afecta negativamente el rendimiento de resistencia en ambientes templados y calurosos independientemente del modo de deshidratación (2, 12, 21). El Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) recomienda ingerir fluidos para evitar una pérdida de peso corporal mayor al 2% durante el ejercicio (18). Con tasas de sudor que alcanzan y exceden 1,8 L/hora, cuando las condiciones ambientales

son calurosas y la intensidad es alta, un hombre de 70 kg necesitaría consumir un mínimo de 400 mL/hora (18). Armstrong ha demostrado que una pérdida de peso corporal del 1% produciría una disminución significativa en el rendimiento, mientras que Montain sugiere que la tasa óptima de reemplazo de fluidos para atenuar el *drift* o desplazamiento cardiovascular es equiparar la pérdida de sudor (2, 12). Estos estudios sugieren que la ingesta de fluidos necesaria se incremente a 1,1-1,8 L/hora. Lamentablemente, la ingesta de fluidos de un atleta raramente supera los 500 mL/hora (15). Recientemente, maratonistas experimentados a quienes se les proporcionó abundante cantidad de líquido para beber durante una carrera de 10 millas, se deshidrataron voluntariamente en promedio un 1,9% (16). Parecería que incluso los corredores habituados no son consientes de la pérdida de sudor durante la carrera y no pueden estimar la ingesta necesaria de líquido. Aun cuando los corredores son conscientes de la pérdida de sudor e intentan equilibrarla, sus esfuerzos pueden no ser suficientes dado que el vaciamiento gástrico se limita a 1-1,2 L/h (5).

Glicerol e Hiperhidratación

En 1987, se planteó un nuevo enfoque para inducir la hiperhidratación a lo largo de períodos prolongados de tiempo durante el rendimiento de resistencia, utilizando las propiedades osmóticas del glicerol (17). A partir de allí se han publicado numerosos estudios que han aportado resultados mixtos sobre las variables cardiovasculares, térmicas y de rendimiento cuando se utiliza glicerol para hiperhidratar a los sujetos antes del ejercicio. La mayoría de las investigaciones sugieren que el glicerol y grandes volúmenes de fluidos producirán una hidratación similar que volúmenes similares de agua sola, si se toman 2-2,5 horas antes del ejercicio (1,22). Estos protocolos de hiperhidratación han observado incrementos en el contenido de agua corporal de 0,3-1,3 litros y frecuentemente han determinado 500 ml más que el agua sola. El consenso acerca de que la deshidratación puede tener efectos negativos en el rendimiento (2, 12, 18, 21) nos llevaría a pensar que la capacidad del glicerol de aumentar el agua corporal sería ventajosa durante el ejercicio, especialmente cuando la ingestión de fluidos durante el ejercicio no puede equiparar la tasa de sudoración. Actualmente la ventaja de la hiperhidratación con glicerol sobre el rendimiento en eventos de resistencia competitivos no es clara (1, 3, 6-8, 14, 22). Un aspecto que puede haber producido resultados contradictorios en la literatura, puede haber sido la diferencia en la selección de los protocolos utilizados para medir los resultados de las variables. Para determinar si la hiperhidratación con glicerol es beneficiosa para los atletas de competición, la misma debería ser estudiada a través de un protocolo más relacionado con el evento competitivo. Según nuestros conocimientos ningún estudio ha evaluado las variables fisiológicas y psicológicas durante una carrera de fondo de naturaleza competitiva (distancia fija, velocidad auto-seleccionada, que deba finalizar tan rápidamente como sea posible).

El objetivo del presente estudio fue comparar la influencia de la ingestión de glicerol y de la hiperhidratación sobre las variables fisiológicas (cardiovascular y termorregulación), de rendimiento (tiempo total de carrera) y psicológicas (esfuerzo percibido) durante la realización de un protocolo de carrera con velocidad auto-seleccionada, en un ambiente caluroso, con corredores entrenados en resistencia. Para lograr este objetivo, planteamos la hipótesis que luego de la hiperhidratación con glicerol los corredores tendrían a) mayor retención de fluidos; y b) mayor velocidad de carrera; pero mantendrían c) frecuencias cardíacas, temperaturas corporales y RPE similares.

MÉTODOS

Sujetos

Nueve varones saludables, entrenados en resistencia participaron voluntariamente en el estudio. Los sujetos acostumbraban correr 5 días o más por semana, 35 millas (56,3 km) o más por semana y habían participado en carreras competitivas a lo largo de los últimos 3 años. Los sujetos no tenían antecedentes de lesiones por calor, uso previo de glicerol, antecedentes de anormalidades para tragar, constricción esofágica o de intestino, fístulas, u obstrucciones gastrointestinales. Las evaluaciones fueron realizadas principalmente en los meses de otoño, invierno y primavera. Los participantes dieron su consentimiento informado. El estudio fue aceptado por el Comité de Revisión Biomédica Institucional de la Universidad Estatal de Ohio

Procedimientos

Se utilizó un diseño transversal aleatorizado en doble-ciego, (glicerol o placebo). Los sujetos realizaron dos carreras de rendimiento en cinta rodante de una duración estimada de 1 hora. Antes de la carrera cada sujeto ingirió o una solución que contenía glicerol o una solución placebo de igual volumen.

La composición corporal fue determinada a través de la medición de pliegues cutáneos en 3 sitios siguiendo la metodología descripta por Jackson y Pollock (9). Se midieron dos veces en forma de circuito el pecho, abdomen y muslo. Las medidas

que no se encontraban dentro de 2 mm fueron medidas una tercera vez, y se obtuvo el promedio de las mediciones. Para calcular el porcentaje de grasa corporal a partir de la densidad corporal se utilizó la ecuación de Siri (20).

Consumo de Oxígeno

El consumo de oxígeno máximo se determinó mediante un protocolo incremental de máxima intensidad en cinta rodante hasta alcanzar el agotamiento volitivo. La prueba consistió en etapas de 1 minuto con una etapa inicial establecida a 6 mph y 0% de inclinación. En cada minuto la velocidad se aumentó 0,5 mph. Cuando los sujetos eran capaces de correr más de 13 min (máximo 12 mph), la velocidad se mantenía constante y aumentaba la pendiente 1% por minuto hasta el agotamiento. El consumo de oxígeno se calculó en intervalos de 15 segundos mediante un sistema informatizado (*Parvo Medics True One Metabolic System, Sandy Utah*). Antes de cada test el sistema fue calibrado para la concentración y volumen de gas.

Sobre la base de los resultados de Schabort dónde 8 corredores entrenados completaron una prueba contrarreloj de una hora en tres ocasiones y presentaron un VO_{2pico} medio de 80-83% en base a la frecuencia cardíaca (19), pensamos que los sujetos de nuestro estudio podrían mantener una intensidad de 83% de VO_{2pico} durante una hora. Utilizando la velocidad que permitió alcanzar 83% de VO_{2pico} durante el test incremental en cinta rodante, calculamos la distancia que ellos correrían multiplicando la velocidad (millas/hora) por la hora que fijamos como duración del test. Por ejemplo: 83% del VO_{2pico} del sujeto número dos fue obtenido corriendo a 10 millas/hora por lo que se estimó que el sujeto número dos podría correr 10 millas en una hora. El protocolo con carga fija hasta el agotamiento no se utilizó a causa de que no era similar a las carreras competitivas. También se dejaron de lado los protocolos de distancia fija por la probabilidad de grandes variaciones en el tiempo de finalización y el efecto subsecuente que tales variaciones tendrían sobre los niveles de deshidratación y fatiga debilitando así cualquier posible efecto del glicerol sobre las variables determinadas.

Dieta y Entrenamiento

Se proporcionó a los sujetos un registro de comidas de 3 días para que registraran toda la comida y los líquidos consumidos durante las 72 horas previas a cada carrera de rendimiento. Para asegurar un estado nutricional similar, se proporcionó a los sujetos una copia del primer registro de 3 días y se les solicitó que comieran los mismos alimentos o similares, antes de volver para la segunda carrera de rendimiento. El día del test de carrera, los sujetos debían ingerir 5 mL de agua por kilogramo de peso corporal al despertar por la mañana para asegurar una adecuada hidratación. También se les solicitó que mantuvieran sus prácticas de entrenamiento actuales y realizaran entrenamiento similar 3 días antes de cada carrera de rendimiento.

Carrera de Rendimiento

Al llegar los sujetos orinaron y luego fueron pesados en una balanza con plataforma (Modelo BWB-627-UN, Corporación Tanita, Japón) vistiendo sólo un short. Luego se pesaron los shorts solos para poder calcular el peso del cuerpo desnudo. Luego los sujetos se sentaron y se les extrajo una muestra de sangre de una vena superficial del antebrazo utilizando una aguja de 21G. Posteriormente la sangre fue transferida a un recipiente con heparina y fue inmediatamente centrifugada (15 minutos x 3400 RPM). Luego de la centrifugación, se determinó la osmolalidad del plasma (*uOsmette Model 5004, Precision Systems, Natick, MA*) para corroborar que los sujetos estuvieran euhidratados según las normas de ACSM (18). Diez minutos después de llegar al laboratorio, los sujetos comenzaron la etapa de hiperhidratación con la ingestión de una bebida que contenía glicerol o el placebo. La bebida que contenía glicerol contenía un 20 % de glicerol por peso (*NOW Foods, Bloomingdale, IL*) en agua lo que equivale a 1,2 gramos glicerol por kilogramo de peso corporal. Para enmascarar el sabor dulce del glicerol, las bebidas con glicerol y la bebida placebo contenían 1 gramo de edulcorante artificial (*Equal, Merisant US, Inc., Chicago, IL*) por 120 ml de solución y 1 gramo de edulcorante artificial coloreado (*Great Value raspberry ice, Wal-Mart Store, Bentonville, AR*) en 60 ml de solución. La solución placebo tenía el mismo volumen de fluido, sabor y color que la solución de glicerol. En el momento en que los sujetos bebieron los fluidos también ingirieron la píldora de medición de temperatura central *(VitalSense Integrated Physiological Monitoring System, Mini Mitter*) para darle el tiempo suficiente a la píldora para atravesar el tracto gastrointestinal, asegurando una mínima interferencia en las lecturas de temperatura a causa de la ingestión de líquidos durante la carrera de rendimiento.

La etapa de hiperhidratación comenzó 2 horas 20 minutos antes de comenzar la carrera. Los sujetos completaron la ingestión de solución de glicerol o de placebo en 30 minutos y después se les dio 1 hora con 20 minutos para ingerir suficiente agua de modo que el consumo total de fluidos alcanzara 26 ml por kilogramo de peso corporal. Durante la etapa de hiperhidratación los sujetos permanecieron sentados en un ambiente con una temperatura neutral de 23,5±0,5 °C y una humedad relativa de 35±5%. Se permitió que los sujetos se levantaran para orinar si era necesario. Toda la orina se recolectaba y se medía. Dos horas después de entrar al laboratorio, los sujetos finalizaron el consumo de fluidos y orinaron si era necesario. A continuación se registraron los pesos de la etapa post-hidratación y se colocó a los sujetos un monitor de frecuencia cardíaca. A las 2 horas y 20 min los sujetos comenzaron una entrada en calor de 5 minutos al 60% de VO_{2pico}

en una cámara ambiental (*Tescor, Inc*) cuya temperatura era de 30±1 °C y la humedad relativa 50±5%. Luego de la entrada en calor, los sujetos salieron de la cámara, fueron sacados con toallas y pesados. A las 2 horas y 30 min los sujetos ingresaron a la cámara para comenzar la carrera de rendimiento.

Cada sujeto fue instruido sobre cuantas millas debía correr, según la distancia calculada a partir de los datos individuales de VO_{2pico}. Los sujetos comenzaron la carrera de rendimiento con una velocidad de carrera igual a la velocidad de la entrada en calor. Los sujetos podían, y fueron estimulados para disminuir o aumentar la velocidad cuando sintieran y observaran que podían completar la carrera tan rápido como pudieran. Los sujetos podían ver la distancia; sin embargo, no podían ver la velocidad, tiempo y frecuencia cardíaca. Se registró la temperatura central y la frecuencia cardíaca en cada milla. El RPE se midió una milla si y otra no a lo largo de la prueba.

Para simular una carrera competitiva, en cada milla, se ofreció agua a los sujetos a partir de una botella de agua exprimible. Los sujetos podían consumir 500 mL de agua a lo largo de la carrera. El agua fue conservada a temperatura ambiente para reducir los posibles efectos que pudiera provocar en la medición de la temperatura central. Luego de que se registraran los datos de la temperatura central se proporcionó agua a los sujetos. Se registró el volumen de agua ingerido en cada intervalo de millas. Se determinó el patrón de consumo de bebida de la segunda carrera según la primera carrera, de modo que durante la segunda carrera se aportara un volumen de agua, similar al ingerido en ese intervalo de milla en particular de la primera carrera y los sujetos debían consumirlo completamente.

Inmediatamente después de la finalización de la carrera los sujetos se secaron con toallas y fueron pesados. Además, para poder determinar el peso del cuerpo desnudo, también se pesaron los shorts debido a que absorbían sudor. Luego de que se realizaran las mediciones relacionadas al peso, los sujetos se sentaron durante 5 minutos y se les extrajo una muestra de sangre para realizar la determinación de la osmolalidad plasmática.

La retención de fluidos durante la etapa de hiperhidratación fue calculada como la diferencia entre la cantidad de fluido ingerido y el volumen de orina antes de la entrada en calor. El aumento de masa corporal durante la etapa de hiperhidratación se determinó como la diferencia entre el peso post-hidratación y el peso inicial.

La pérdida de sudor se determinó por diferencias en el peso corporal antes y después de la carrera de rendimiento, y se realizó una corrección para la cantidad de fluido ingerida durante la carrera. La deshidratación como porcentaje de pérdida de peso se calculó como la diferencia entre el peso inicial y el peso luego de la carrera dividido por el peso inicial.

Análisis Estadísticos

Las estadísticas descriptivas fueron realizadas sobre los datos demográficos (Tabla 1). Tres sujetos no completaron el estudio; uno abandonó a causa de enfermedad y dos sujetos interrumpieron el estudio durante la carrera debido a que presentaban elevadas temperaturas centrales. Los dos sujetos que interrumpieron el estudio prematuramente lo hicieron durante la primera carrera de rendimiento y cada carrera era de un tratamiento diferente. Se realizaron *test-t* de muestras apareadas para determinar las diferencias significativas entre las dos condiciones para todas las variables dependientes (volumen de hiperhidratación, temperatura central, frecuencia cardíaca, RPE, tiempo de carrera de rendimiento). El nivel de significancia se estableció en $p<0,05$. Todos los cálculos estadísticos fueron realizados con el *software* estadístico (SPSS ver. 16,0, Chicago, IL). Los datos fueron informados en forma de media±desviación estándar.

Variables	Media±DS
Edad	27,8 ± 6,0
Peso (kg)	69,0 ± 9,2
Talla (cm)	174,0 ± 3,5
BMI ($kg \cdot m^{-2}$)	22,7 ± 2,2
Grasa Corporal (%)	7,5 ± 4,0
VO_{2pico} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	60,7 ± 6,2
VO_{2pico} ($L \cdot min^{-1}$)	4,2 ± 0,6

Tabla 1. *Datos descriptivos de los participantes (n=6)*

RESULTADOS

Datos correspondientes a la Etapa de Pre-hiperhidratación

Se realizó la evaluación de los valores iniciales (línea de base) para la osmolalidad plasmática, peso corporal inicial e ingesta media de fluidos y de calorías durante 3 días (Tabla 2). No se observaron diferencias en ninguna variable entre los tratamientos, lo que sugiere un nivel similar de euhidratación y de energía antes de cada etapa de hiperhidratación.

Datos correspondientes a la Etapa de Hiperhidratación

En la Tabla 2 se presentan los resultados correspondientes a la producción de orina, retención de fluidos y aumento de peso. Aunque la producción de orina fue mayor en el tratamiento que consumió el placebo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. De manera similar, el tratamiento con glicerol se asoció con una mayor retención de fluidos y aumento de peso, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Dos de los seis sujetos experimentaron náuseas o hinchazón luego de la ingestión de glicerol. Estos síntomas desaparecieron en la segunda milla de la carrera.

	Datos iniciales del nivel de Hidratación y de Energía				Datos de la etapa de hiperhidratación			Datos sobre el sudor	
	Osmolalidad Plasmática ($mOsm \cdot kg^{-1}$)	Peso Corporal (kg)	Ingesta diaria de Fluidos (L)	Ingesta calórica diaria (kcal)	Producción de orina (mL)	Retención de Líquidos (mL)	Peso Δ (kg)	Tasa de Sudoración (L/h)	Peso (% Δ)
Gly	283 ± 6	69 ± 10	2,0 ± 1,2	2126 ± 621	817 ± 431	977 ± 328	0,83 ± 0,38	1,85 ± 0,50	-1,6 ± 0,7
Pl	282 ± 7	69 ± 10	2,2 ± 1,5	2210 ± 406	1402 ± 669	391 ± 546	0,28 ± 0,53	1,87 ± 0,48	-2,4 ± 0,9
p	0,815	0,645	0,628	0,768	0,109	0,109	0,120	0,655	0,136

***Tabla 2**. Efecto de la hiperhidratación sobre la masa corporal, producción de orina y tasa de sudor.*

Datos de la Carrera de Rendimiento

No se observaron diferencias en los valores iniciales de temperatura corporal (glicerol=37,0±0,4 °C, placebo=37,1±0,5 °C) y peso corporal (glicerol=69,8±9,9 kg, placebo=69,3±9,7 kg) determinados antes de comenzar la carrera (p=0,251, p=0,645, respectivamente).

Sobre la base de la estimación de la distancia de carrera de rendimiento a partir de la determinación del VO_{2pico}; un sujeto corrió 8 millas (12,8 km), un sujeto corrió 9 millas (14,4 km), tres sujetos corrieron 10 millas (16 km) y un sujeto corrió 11,25 millas (18 km).

El tiempo para realizar completamente la carrera de rendimiento (Figura 1A) no fue diferente entre los dos tratamientos (p=0,908). El tiempo medio fue 4074±229 s y 4079±295s para el tratamiento glicerol y placebo, respectivamente. No se observó efecto del orden sobre el rendimiento entre los dos tratamientos (p=0,883). Los sujetos ingirieron un promedio de 274±121 mL de agua durante la carrera. La temperatura central, frecuencia cardíaca y RPE (Figura 1B, 1C y 1D, respectivamente) no fueron diferentes entre los tratamientos en ninguna de las millas ni al final de la carrera. La tasa de sudoración estimada en 1 hora, fue similar en los dos tratamientos, lo que permitió alcanzar una pérdida de peso porcentual menor, aunque no significativamente diferente, debida a la sudoración en el tratamiento en el que consumió glicerol (Tabla 2). La osmolalidad plasmática luego de la carrera fue mayor en el tratamiento con glicerol que en el placebo (294±7 mOsm kg^{-1}, 284 ±12 mOsm kg^{-1}, respectivamente), pero la diferencia no fue significativa (p=0,069).

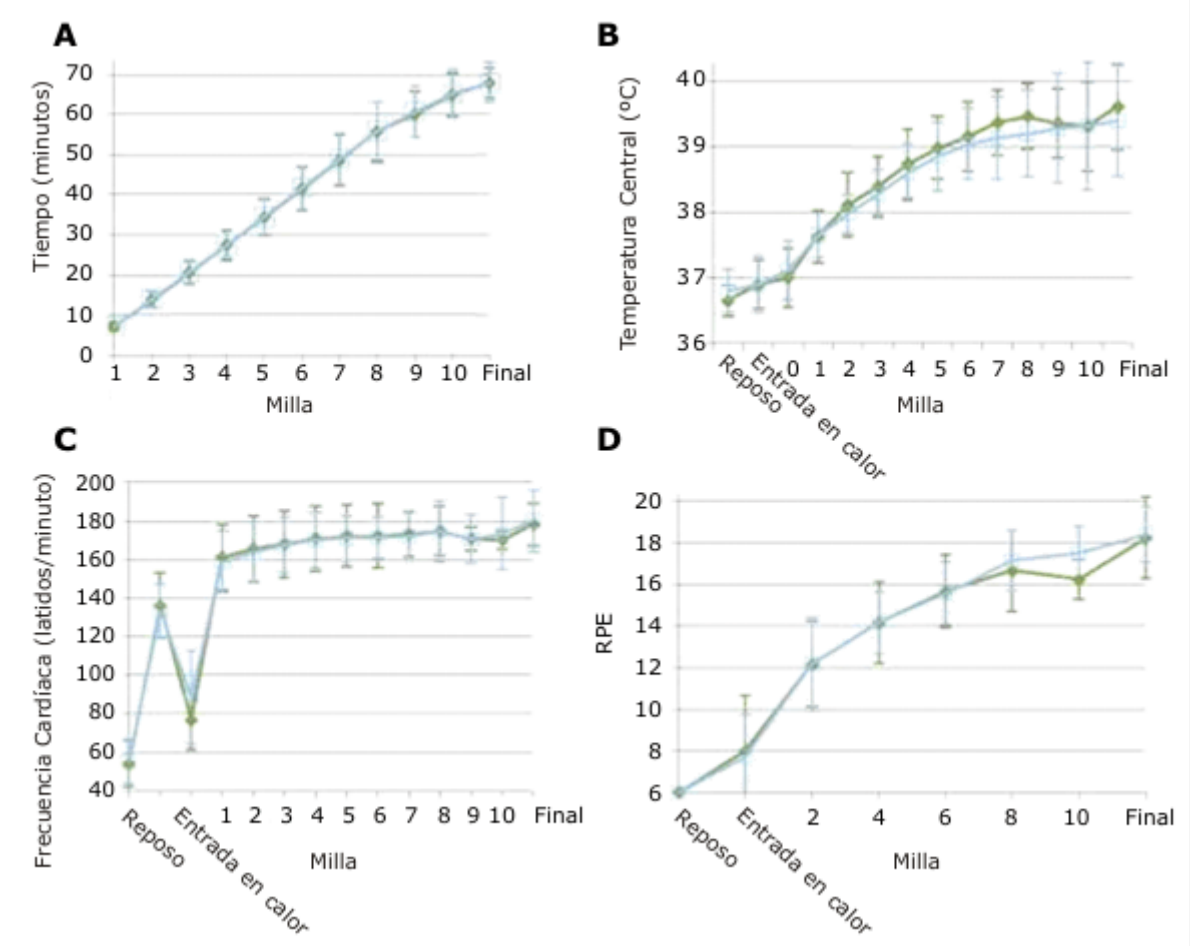

Figura 1*. Cambio en las variables durante las carreras. Los diamantes cerrados verdes corresponden a puntos pertenecientes al tratamiento con glicerol, los cuadrados abiertos azules corresponden al tratamiento con placebo. Los puntos representan Media±DS. Los puntos correspondientes a la milla 9, fueron obtenidos a partir de 5 sujetos, los de la milla 10 fueron obtenidos a partir de 4 sujetos. El punto señalado con la palabra Final representa los datos de todos los sujetos al final de la carrera. La Figura 1A muestra el tiempo de carrera acumulado en cada uno de los intervalos de millas, expresado en minutos. En la Figura 1B se observa el gráfico de la temperatura central en °C, en reposo, durante la entrada en calor y en cada milla de la carrera. En la Figura 1C se observa el gráfico de la frecuencia cardíaca en latidos por minuto, en reposo, durante la entrada en calor y en cada intervalo de milla de la carrera. La Figura 1D muestra el RPE, en una escala de 6-10, de los sujetos en reposo, durante la entrada en calor y en cada intervalo de milla de la carrera.*

DISCUSIÓN

El hallazgo principal del presente estudio fue la ausencia de diferencia en el rendimiento de la carrera de resistencia realizada en un ambiente caluroso (30°C) y seco (50% humedad) luego de la hiperhidratación con glicerol en comparación con la hiperhidratación producida con agua. La literatura previa ha sugerido que los sujetos que pueden regular el RPE y la sobrecarga térmica a través de un protocolo con velocidad auto-seleccionada no presentan ninguna diferencia en el rendimiento luego de la hiperhidratación con glicerol versus la hiperhidratación con un placebo (11). Esto es sorprendente ya que los resultados de la deshidratación durante el ejercicio, entre los que se incluyen la aparición más temprana de fatiga, aumento de los parámetros cardiovasculares y de termorregulación, así como la percepción de esfuerzo, están ampliamente documentados (12). La creencia actual que indica que la frecuencia cardíaca, temperatura central y RPE serían similares entre los tratamientos, se basó en la suposición que el glicerol aumentaría el contenido total de agua corporal, promovería una velocidad más rápida, pero produciría respuestas fisiológicas similares debidas a un menor tiempo de carrera promovido por la hiperhidratación con glicerol en conjunto. Esta idea coincide con lo observado por Coutts et al. quienes evidenciaron un 2,1% de aumento en el rendimiento sin observar diferencias en los parámetros cardiovasculares o de termorregulación, en un triatlón de fondo olímpico (duración>2 horas) (3). Coutts et al. atribuyeron el aumento en el rendimiento a la mayor retención de fluidos y al aplazamiento de la deshidratación a través de la

hiperhidratación con glicerol. Otros estudios sobre deshidratación y rendimiento tampoco observaron cambios en el esfuerzo cardiovascular o térmico durante la primera hora de ejercicio con temperaturas e intensidades similares a las del presente estudio, pero obtuvieron mejoras en el rendimiento (12, 21). El protocolo de Marino, y el utilizado en el presente estudio consideraron atletas que sólo realizaban ejercicios durante aprox. 1 hora, limitando posiblemente el tiempo para que se presente la deshidratación de 2% y reduciendo el potencial para producir diferencias de rendimiento.

Los hiperhidratación con glicerol no provocó una retención de fluidos mayor que la hiperhidratación con agua. El protocolo de hiperhidratación fue similar a los protocolos utilizados en estudios previos en los cuales se observó una retención de fluidos significativamente mayor, y mayores rendimientos con el glicerol (7, 13). El volumen de fluido retenido con glicerol (977 mL), así como la diferencia entre el glicerol y el placebo (586 mL), fueron similares a los valores informados en la literatura previa (3, 13, 14). Se sabe que el glicerol es reabsorbido en los túbulos distales y proximales de los riñones, lo que produce un gradiente osmótico que permite la reabsorción y retención de agua (4). La tendencia hacia un aumento en la osmolalidad plasmática luego de la carrera en el tratamiento con glicerol sugiere que en la sangre hay una mayor concentración de glicerol, tal como lo afirma Lyons (10). No podemos afirmar con toda seguridad, que esta mayor osmolalidad estuviera presente en la etapa de hiperhidratación para inducir la retención de agua porque no medimos la osmolalidad plasmática durante esa etapa. Sin embargo, podemos suponer razonablemente, por la semejanza con estudios previos, que el glicerol se encontraba en alta concentración en la sangre. Por lo tanto, creemos que el protocolo de hiperhidratación no fue un factor en la ausencia de diferencias significativas en la retención de fluidos. Los estados de hidratación iniciales (línea de base) tampoco pueden explicar la ausencia de diferencias en la retención de fluidos, ya que todos los sujetos informaron ingestas de fluidos similares durante 3-días, pesaban lo mismo y tenían osmolalidades plasmáticas que sugerían que tenían un nivel de euhidratación similar antes de cada tratamiento (Tabla 2). A la luz de estas similitudes, es difícil explicar la falta de diferencias significativas en la retención de fluidos por otra causa que no sea de naturaleza estadística. Este resultado probablemente podría ser atribuido a la pequeña cantidad de sujetos a partir de los cuales se tomaron los datos y a la gran variabilidad entre los individuos, creando la necesidad de que existiera una retención de fluidos mayor, que en de la mayoría de los estudios, para poder observar diferencias que fueran significativas. Funcionalmente, la diferencia de 400 mL puede ser fisiológicamente significativa, pero la diferencia podría haber sido anulada por la duración del evento de rendimiento, que podría haber requerido más de una hora para que se manifieste la ventaja del consumo adicional de agua.

A pesar de que disponían de 500 mL de agua, la ingesta media de fluidos durante la carrera fue sólo 274 mL, muy inferior al volumen, ya pequeño, de 500 mL que se sugiere que los corredores deben ingerir por hora (15). El límite voluntario en la ingesta de fluidos, junto con la elevada tasa de sudoración (1,8 L/hora), permitió que la deshidratación superara el 2% del peso corporal en el tratamiento con placebo, una cantidad que ha sido asociada con disminuciones en el rendimiento (2, 21). El momento en que se alcanzó este nivel de deshidratación en el presente estudio, debe haber sido ciertamente diferente para cada sujeto y no se conoce. Es posible que no hubiera tiempo suficiente para que se volviera un factor limitante para el rendimiento. Si la disminución en el rendimiento debida a la deshidratación se produjera a lo largo de un continuo, también es posible que el 1,6% de deshidratación durante el tratamiento con glicerol fuera suficiente para reducir el rendimiento de manera similar al tratamiento con placebo. También podría argumentarse que la ingestión de fluidos fue capaz de borrar cualquier diferencia menor en la respuesta fisiológica entre los tratamientos. Los fluidos estuvieron disponibles durante la competencia y aunque la hiperhidratación con glicerol, puede disminuir la necesidad de beber, es posible que ciertas situaciones pudieran todavía garantizar la ingestión de fluidos (por ej, la boca seca). Si los corredores prefieren beber, aunque pequeñas cantidades y esto excluye cualquier beneficio ergogénico, entonces los beneficios ergogénicos no son lo suficientemente grandes para hacer que la hiperhidratación con glicerol valga la pena.

Los sujetos que se deshidratan experimentan un aumento en los parámetros cardiovasculares y de regulación térmica y un aumento en la percepción de esfuerzo a una cierta intensidad en comparación con los sujetos euhidratados (12). Esto produce una fatiga más temprana, o en los protocolos de velocidad auto-seleccionada, una tendencia a mantener percepción de esfuerzo a través de la reducción de la velocidad, lo que produce similares parámetros cardiovasculares y de regulación térmica pero diferencias en el rendimiento (7). Nuestra hipótesis que la hiperhidratación con glicerol no alterará la frecuencia cardíaca, temperatura central y RPE se basaba en estas ideas. Dado que el tiempo total no fue diferente en ningún punto durante la carrera de velocidad auto-seleccionada, la carrera podría verse como una carga fijada externamente. Marino ha afirmado que una carga fijada externamente debería tener aumentos proporcionales en las respuestas fisiológicas (11). En nuestra hipótesis original supusimos que el aumento en la velocidad de carrera que acompaña la hiperhidratación con glicerol se producía a pesar de las mismas frecuencias cardíacas, temperaturas corporales y RPE. Esta hipótesis concuerdan con la afirmación de Marino, que indica que si la carga de trabajo fuera fija, entonces los parámetros fisiológicos diferirían y como los tiempos de carrera eran similares, los datos fueron en cambio analizados de la siguiente manera: Es esperable que la temperatura central, frecuencia cardíaca y RPE sean menores en la hiperhidratación con glicerol que con la ingestión de agua sola durante una carrera de resistencia de intensidad y duración similar.

La temperatura central no fue diferente entre los tratamientos (Figura 1B). Con tiempos de carrera similares que sugieren cargas de trabajo similares, se postuló que la hiperhidratación con glicerol produciría mayores reservas de agua corporal capaces de disminuir la sobrecarga térmica observada en el tratamiento con placebo. La ausencia de diferencias en la temperatura central sugiere que el glicerol no disminuye la sobrecarga térmica y se opone a lo planteado en nuestra hipótesis y a los resultados previos (1, 10). Esto podría explicarse por la ausencia de diferencia en la tasa de sudoración (Tabla 2), lo que eliminaría las diferencias en el potencial evaporatorio. Sólo Lyons y Marino demostraron aumentos en la tasa de sudoración luego de hiperhidratación con glicerol (10, 11). Ambos autores sugieren que el glicerol altera la puesta a punto de los mecanismos de termorregulación lo que permite una sudoración temprana o tardía, incluso, independientemente de la hiperhidratación. Los resultados del presente estudio no apoyan esa noción.

La hiperhidratación con glicerol no modificó el esfuerzo cardiovascular que ocurrió durante una hora de ejercicio en calor ya que ambos tratamientos presentaron frecuencias cardíacas similares (Figura 1.C). Un aumento en el contenido total de agua corporal podría atenuar el esfuerzo cardiovascular asociado con la deshidratación, prolongando el tiempo antes de que se produzca la deshidratación (12). Como expresamos anteriormente, es posible que la deshidratación no se produjera lo suficientemente temprano durante la carrera o en un nivel lo suficientemente severo para que, como consecuencia, la pérdida de agua corporal afectara la frecuencia cardíaca. Los estudios que han observado diferencias en el rendimiento han tenido la duración suficiente para observar diferencias en la deshidratación, pero no han informado diferencias significativas (7, 12, 13, 21). Se recomienda que para ver diferencias en la deshidratación, esfuerzo cardiovascular y en el rendimiento, los protocolos deberían ser más largos (≥ 1,5 horas) y la ingesta de fluidos durante ejercicio debería ser limitada.

No se observaron diferencias en la RPE entre los tratamientos en ningún momento durante la carrera (Figura 1D). Esto sugiere la presencia de niveles de esfuerzo fisiológico global similar, probablemente como resultado de similar esfuerzo cardiovascular y térmico en ambos tratamientos. La ausencia de diferencias en la RPE también sugiere que los sujetos realizaron un esfuerzo similar independientemente del tipo de fluido ingerido, lo que nos permite eliminar al esfuerzo como un medio para la ausencia de diferencia fisiológica entre los tratamientos.

Dos de los seis sujetos manifestaron que experimentaron náuseas o hinchazón después de la hiperhidratación con glicerol. Estos síntomas no se manifestaron en el protocolo de hiperhidratación con agua. En trabajos previos se ha reportado dolor gastrointestinal a causa de la hiperhidratación con glicerol (3, 8). Parecería que la respuesta a los grandes volúmenes gástricos depende del individuo ya que la retención de fluidos no fue mayor que la de otros sujetos en el tratamiento con glicerol, ni tampoco fue diferente la osmolalidad plasmática inicial. Ambos sujetos informaron que la incomodidad había desaparecido luego de las 2 primeras millas de la carrera. Es importante destacar que la incomodidad de los sujetos no produjo tiempos de carrera de rendimiento significativamente menores. Así, a pesar del número bajo de sujetos, estos sujetos no fueron responsables de los resultados globales. Se sugiere que la hiperhidratación con glicerol se practique antes de ser utilizada en eventos competitivos, de modo que puedan hacerse modificaciones para limitar la incomodidad estomacal.

Conclusiones

En el presente estudio, los sujetos no retuvieron más fluido al ingerir glicerol y agua, que cuando ingirieron simplemente un volumen equivalente de agua sola. Además no fue posible encontrar diferencias en el rendimiento durante una carrera de una hora en condiciones de calor luego de la hiperhidratación con glicerol. El tiempo medio que los sujetos tardaron en recorrer la distancia fija difirió en 5 segundos. Con igual velocidad en ambos tratamientos, nosotros esperábamos que la hiperhidratación con glicerol disminuyera el esfuerzo de la carrera en condiciones de calor. Sin embargo, la hiperhidratación con glicerol no logró reducir la frecuencia cardíaca, temperatura central ni el esfuerzo percibido, lo que significa que los sujetos experimentaron una tensión similar durante cada carrera. Dos de los seis sujetos experimentaron un poco de incomodidad estomacal durante las dos primeras millas de carrera luego de la ingestión de glicerol, por lo que el uso de glicerol debe practicarse con anterioridad si se desea implementar en eventos competitivos.

Aunque la hiperhidratación con glicerol no mostró efectos beneficiosos para las carreras de 1 hora en el calor, es posible que la deshidratación del 2% que se produjo en el tratamiento con placebo no se manifestara lo suficientemente pronto para demostrar la efectividad de la mayor carga de agua debida a la ingestión de glicerol. Pensamos que si la carrera hubiera sido de mayor duración, las diferencias en la deshidratación habrían provocado mayor esfuerzo cardiovascular, de regulación de la temperatura y esfuerzo percibido. Esto podría provocar disminución de la velocidad y podría disminuir el rendimiento. Nosotros creemos que es necesario realizar estudios adicionales con sujetos que corran mayor cantidad de tiempo tanto en condiciones calurosas como en condiciones similares a las de las carreras, porque es en estas condiciones en las cuales la ingesta de fluidos es mínima y la deshidratación probablemente alcance los niveles perjudiciales para el rendimiento.

Dirección para Envío de Correspondencia

Devor ST, PhD., Health and Exercise Science, The Ohio State University, Columbus, Ohio, United States, 43210. Tel.(614)688-8436; Fax: (614)688-3432; correo electrónico: sdevor@ehe.osu.edu.

REFERENCIAS

1. Anderson MJ, Cotter JD, Garnham AP, Casley DJ and Febbraio MA (2001). Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab;11:315-333*
2. Armstrong LE, Costill DL and Fink WJ (1985). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc;17:456-461*
3. 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*
4. Freund BJ, Montain SJ, Young AJ, Sawka MN, DeLuca JP, Pandolf KB and Valeri CR (1995). Glycerol hyperhydration: hormonal, renal, and vascular fluid responses. *J Appl Physiol 79:2069-2077*
5. Gant N, Leiper JB and Williams C (2007). Gastric emptying of fluids during variable-intensity running in the heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab 17:270-283*
6. Goulet ED, Robergs RA, Labrecque S, Royer D and Dionne IJ (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*
7. Hitchins S, Martin DT, Burke L, Yates K, Fallon K, Hahn A and Dobson GP (1999). Glycerol hyperhydration improves cycle time trial performance in hot humid conditions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol 80:494-501*
8. Inder WJ, Swanney MP, Donald RA, Prickett TC and Hellemans J (1998). The effect of glycerol and desmopressin on exercise performance and hydration in triathletes. *Med Sci Sports Exerc 30:1263-1269*
9. Jackson AS and Pollock ML (1985). Practical Assessment of Body Composition. *Phys Sportsmed 13:76-90*
10. Lyons TP, Riedesel ML, Meuli LE and Chick TW (1990). Effects of glycerol-induced hyperhydration prior to exercise in the heat on sweating and core temperature. *Med Sci Sports Exerc 22:477-483*
11. Marino FE, Kay D and Cannon J (2003). Glycerol hyperhydration fails to improve endurance performance and thermoregulation in humans in a warm humid environment. *Pflugers Arch 446:455-62*
12. Montain SJ and Coyle EF (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol 73:1340-1350*
13. Montner P, Stark DM, Riedesel ML, Murata G, Robergs R, Timms M and Chick TW (1996). Pre-exercise glycerol hydration improves cycling endurance time. *Int J Sports Med 17:27-33*
14. Nishijima T, Tashiro H, Kato M, Saito T, Omori T, Chang H, Ohiwa N, Sakairi Y and Soya H (2007). Alleviation of Exercise-induced Dehydration under Hot Conditions by Glycerol Hyperhydration. *IJSHS 5:32-41*
15. Noakes TD (1993). Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev 21:297-330*
16. Passe D, Horn M, Stofan J, Horswill C and Murray R (2007). Voluntary dehydration in runners despite favorable conditions for fluid intake. *Int J Sport Nutr Exerc Metab 17:284-295*
17. Riedesel ML, Allen DY, Peake GT and Al-Qattan K (1987). Hyperhydration with glycerol solutions. *J Appl Physiol 63:2262-2268*
18. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ and Stachenfeld NS (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc 39:377-390*
19. Schabort EJ, Hopkins WG and Hawley JA (1998). Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners. *Int J Sports Med 19:48-51*
20. Siri WE (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. *Techniques for measuring body composition., p. 223-244. Washington, DC: National Academy of Sciences*
21. Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA and Dennis SC (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int J Sports Med 15:392-398*
22. Wingo JE, Casa DJ, Berger EM, Dellis WO, Knight JC and McClung JM (2004). Influence of a Pre-Exercise Glycerol Hydration Beverage on Performance and Physiologic Function During Mountain-Bike Races in the Heat. *J Athl Train 39:69-175*

Cita Original

Scheadler CM, Garver MJ, Kirby TE, Devor ST. Glycerol Hiperhidratación and Endurance Running Performance in the Heat. JEPonline; 13 (3):1-11, 2010.