

Monograph

Efecto del Contenido de Glucosa y Sodio de las Bebidas sobre el Transporte de Fluidos

Asker Jeukendrup, Kevin Currel, Juliette Clarke, Johnny Cole y Andrew K Blannin

School of Sport and Exercise Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, Reino Unido.

RESUMEN

Antecedentes: El rápido transporte de fluidos a partir de las bebidas ingeridas es el objetivo de las soluciones de rehidratación oral (ORS) y las bebidas deportivas. **Objetivos:** El objetivo del presente estudio fue investigar los efectos del incremento del contenido de carbohidratos y sodio sobre el transporte de fluidos usando un trazador de óxido de deuterio (D_2O). **Diseño:** Veinte hombres sanos fueron divididos en dos grupos de 10, el primer grupo fue el grupo de carbohidratos (CHO) y el segundo el de sodio (Na). El grupo CHO ingirió cuatro bebidas diferentes con un incremento progresivo de 3% de glucosa, desde 0% hasta 9%, mientras que la concentración de sodio fue de 20 mmol/L. El grupo Na ingirió cuatro bebida con un incremento progresivo de 20 mmol/L desde 0 hasta 60 mmol/L, mientras la concentración de glucosa era de 6%. Todas las bebidas contenían 3 g de D_2O . Los sujetos permanecieron sentados por dos horas después de la ingestión de la bebida experimental, y se tomaron muestras de sangre cada 5 min en la primera hora y cada 10 minutos en la segunda. **Resultados:** Incluir 3% de glucosa condujo a un área bajo la curva (AUC) de 60 min significativamente mayor (19640 ± 1252 $\delta\text{‰}$ vs. VAMOW 60 min) que todas las pruebas. La bebida sin carbohidratos (18381 ± 1198 $\delta\text{‰}$ vs. VSMOW 60 min) tuvo una mayor AUC de 60 min que la de 6% (16088 ± 1359 $\delta\text{‰}$ vs. VSMOW 60 min) y la de 9% (13134 ± 1115 $\delta\text{‰}$ vs. VSMOW 60 min); la bebida de 6% tuvo un AUC de 60 min significativamente mayor que la de 9%. No hubo diferencias en el transporte de fluidos entre las diferentes bebidas con sodio. **Conclusión:** En conclusión, el presente estudio mostró que cuando la concentración de carbohidratos en una bebida ingerida se incrementó por encima de 6%, se comprometió el transporte de fluidos. Sin embargo, incrementar la cantidad de sodio (0-60 mmol/L) en una bebida con 6% de glucosa, no condujo a incrementos en el transporte de fluidos.

Palabras Clave: glucosa, sodio, bebida deportiva, rehidratación

INTRODUCCION

Uno de los objetivos principales de las soluciones de rehidratación (ORS) y las bebidas deportivas es lograr que los fluidos disponibles estén disponibles para el uso dentro del cuerpo tan rápido como sea posible. Las bebidas diseñadas para el uso como ORS y nutrición deportiva y contienen una mezcla de carbohidratos y electrolitos, siendo el sodio el principal electrolito.

Los carbohidratos en las ORS provienen principalmente en forma de glucosa, aunque también pueden tener sucrosa, maltodextrinas o fructosa. El incremento de la cantidad de carbohidratos en una bebida ingerida conduce a una disminución en el transporte de fluidos [1]. El incremento de la osmolalidad debido a las concentraciones elevadas de carbohidratos, conduce a un movimiento neto de agua al lumen intestinal, lo que causa una pérdida en la reserva de agua

corporal y puede incrementar los efectos de la deshidratación [2]. Previamente, ha sido demostrado que las soluciones con electrolitos y 6% de CHO conducen a un mayor transporte de fluidos que una solución de glucosa al 15% [3], pero no hubo ninguna diferencia demostrada en el transporte de fluidos, cuando fueron comparadas soluciones de glucosa y fructosa de 6, 8 y 10% [4].

Las investigaciones previas han sugerido que la adición de sodio a las bebidas ingeridas conducirá a un incremento del transporte de fluidos [5] y a una reducción del cambio del volumen plasmático durante el ejercicio, lo cual indica una mayor disponibilidad de fluidos [6]. Las investigaciones más recientes han sugerido que el contenido de sodio puede no ser un factor tan importante como los carbohidratos [7]. Efectivamente, el incremento del contenido de sodio de una solución de carbohidratos al 6% no mostró ninguna diferencia en la absorción de agua intestinal [8]. Sin embargo, esta investigación empleó la técnica del triple lumen, que solo mide una pequeña sección del intestino delgado y no tiene en cuenta el vaciado gástrico. De este modo, la técnica del triple lumen puede no ser representativa de la disponibilidad de fluidos de todo el cuerpo a partir de una bebida ingerida.

La dilución de óxido de deuterio es una medición relativamente no invasiva del transporte de fluidos.

Mientras que no da un valor cuantitativo de la cantidad de fluidos absorbidos, siempre y cuando la cantidad y concentración del trazador se mantenga igual, el método puede proporcionar una medición de diferencias relativas entre las bebidas ingeridas [9].

La inclusión de D₂O en una bebida ingerida proporciona una medición integral del vaciado gástrico y la absorción de fluido intestinal que conduce al transporte de fluido. Los estudios que han comparado diferentes bebidas utilizando D₂O [3, 10] han encontrado respuestas temporales del D₂O, las cuales serían esperadas [11].

El objetivo del presente estudio fue investigar los efectos del incremento del contenido de carbohidratos y sodio sobre el transporte de fluidos usando un trazador de agua deuterada.

METODOS

Veinte sujetos sanos participaron en este estudio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Escuela de Deporte y Ciencias del Ejercicio en la Universidad de Birmingham. Los sujetos completaron un Cuestionario de Salud General y proporcionaron su consentimiento informado para participar del estudio.

Todas las pruebas experimentales fueron realizadas después de una noche de ayuno. Cada sujeto realizó cuatro pruebas, cada una separada por lo menos por 7 días. Los sujetos fueron divididos en dos grupos de 10, el primer grupo, fue el de carbohidratos (CHO) (edad: 20±1 años, masa corporal: 81,2±7,5 kg) y el segundo, fue el grupo de sodio (Na) (edad: 21±2 años, masa corporal: 83,6±9 kg). Las bebidas experimentales proporcionadas al grupo CHO fueron:

G0: agua + 20 mmol/L de sodio

G3: glucosa al 3% + 20 mmol/L de sodio

G6: glucosa al 6% + 20 mmol/L de sodio

G9: glucosa al 9% + 20 mmol/L de sodio

El grupo Na ingirió las siguientes bebidas:

Na0: glucosa al 6%

Na20: glucosa al 6% + 20 mmol/L de sodio

Na40: glucosa al 6% + 40 mmol/L de sodio

Na60: glucosa al 6% + 60 mmol/L de sodio

La glucosa fue obtenida a partir de Cerestar (Manchester, Reino Unido) y el sodio a partir de Sigma-Aldrich (Gillingham, Reino Unido). Todas las pruebas fueron conducidas en orden aleatorio.

Los sujetos arribaron al laboratorio entre las 7 y las 9 am. En el arribo al laboratorio, a los sujetos se les pidió que vaciaran

sus vejigas antes de que fuera registrada su masa corporal mientras estaban desnudos (Champ II, Ohaus UK, Leicester, UK).

Después, fue insertado un catéter de teflón en la vena antecubital para los muestreos sanguíneos.

Los sujetos permanecieron sentados por 20 min, antes de que fuera tomada una muestra de sangre y saliva mientras permanecían en reposo. Fue proporcionado un bolo de 550 mL de la bebida experimental que contenía 3 g de agua deuterada (99,9% del porcentaje de los átomos como óxido de deuterio, Sigma Aldrich, St. Louis Estados Unidos), esto fue luego seguido por 50 mL adicionales de la bebida experimental, que fue usada para enjuagar la boca y asegurar que todo el óxido de deuterio fuera ingerido.

Fue tomada una muestra de sangre de 5 mL cada cinco minutos luego de la ingestión de las bebidas experimentales durante la primera hora y cada 10 min durante la segunda hora. De este modo, los sujetos permanecieron en reposo por un total de 120 min. En todos los puntos de tiempo, la sangre fue almacenada en tubos que contenían 0,054 mL de K₃EDTA (Becton Dickinson, Plymouth, Reino Unido). Todos los tubos de EDTA fueron centrifugados a 3200 g durante 10 min y el plasma fue almacenado en un frasco de vidrio, que fue almacenado a -70°C.

El enriquecimiento de D₂O plasmático fue analizado usando espectrometría de masas de índice isotópico (Finningan, Delta XP, Bremen, Alemania) Gas-Bench II (Thermo Electrón, Bremen, Alemania).

Brevemente, 200 µL de una muestra acuosa fueron transferidos a un *vacutainer* (Labco, High Wycombe, Inglaterra). Un catalizador de platino (Thermo Electrón, Bremen, Alemania) fue adicionado y al *vacutainer* se le introdujo gas helio con 2% de H₂ durante 5 min, seguido de un período de equilibración de 40 min, en donde los isótopos de hidrógeno en la solución acuosa se intercambiaron con los iones hidrógeno de la fase gaseosa (*headspace*). Una muestra del gas de la fase gaseosa fue luego inyectada en el Espectrómetro de Masas de Índice Isotópico (IRMS) (Thermo electrón, Bremen, Alemania). El promedio de las últimas 9 mediciones fue usado como el promedio para la muestra. El enriquecimiento isotópico es expresado como ‰ respecto al estándar internacional de agua *Viena Standard Mean Ocean Water* (VSMOW). El coeficiente de variación de esta medición es 0,27%.

Fue empleada regresión no lineal para calcular el tiempo medio ($T_{1/2}$), tiempo hasta el plateau (TTP) y enriquecimiento plateau (PE) de la curva de enriquecimiento (GraphPad Prism, *software* GraphPad, San Diego, Estados Unidos). La ecuación no lineal usada fue:

$$Y = Y_{\text{máx.}} (1 - e^{-(k \cdot t)})$$

En ambos experimentos, el enriquecimiento con óxido de deuterio plasmático fue analizado usando ANOVA de dos vías (tiempo y tratamiento) para mediciones repetidas. El área bajo la curva para los primeros 60 min (AUC 60 min), $T_{1/2}$, tiempo hasta el plateau y enriquecimiento plateau fueron analizados usando ANOVA de mediciones repetidas. Todos los test post hoc fueron Tukeys HSD. La significancia fue establecida a un nivel $p < 0,05$. Todos los análisis de datos fueron conducidos usando SPSS versión 12.

RESULTADOS

El grupo glucosa mostró un rápido incremento en el enriquecimiento con óxido de deuterio plasmático antes de alcanzar un plateau. Mientras que no hubo diferencias con los demás grupos, hubo una tendencia para el tiempo hasta el plateau, hacia un incremento con el aumento de la concentración de carbohidratos (G0=34±7 min, G3=35±10 min, G6=43±13 min, G9=51±15 min), todos alcanzaron un enriquecimiento plateau de valor similar (G0=434±113 ‰ vs. VSMOW, G3=458±96 ‰ vs. VSMOW, G6=398±106 ‰ vs. VSMOW, G9=360±55 ‰ vs. VSMOW).

El grupo glucosa mostró un efecto significativo de la prueba ($F_{3,27}=37,250$, $p < 0,001$), tiempo ($F_{18,162}$, $p < 0,001$) e interacción entre prueba y tiempo ($F_{54,486}=5,386$, $p < 0,001$). La inclusión de glucosa al 3% en la bebida condujo a un enriquecimiento de deuterio plasmático significativamente mayor que no tener carbohidratos, entre los min 20 y 30 después de la ingestión. Cuando el contenido de carbohidratos se incrementó hasta 6%, hubo un menor enriquecimiento con D₂O plasmático que con las bebidas al 3 y 0% de carbohidratos entre los minutos 10 y 45 después de la ingestión. Incrementar más el contenido de carbohidratos hasta 9% condujo a un menor enriquecimiento con deuterio plasmático que con las bebidas al 3 y 0% en los min 10 y 60 después de la ingestión, y también presentó un menor enriquecimiento de deuterio plasmático que la bebida al 6% entre los min 20 y 60 después de la ingestión (Figura 1).

Hubo un efecto significativo de la prueba para $T_{1/2}$ ($F_{3,27}=17,528$, $p<0,001$). Las pruebas G0 (11 ± 2 min) y G3 (9 ± 1 min) presentaron el $T_{1/2}$ más rápido, pero no fueron diferentes entre ellas y la prueba G6 (15 ± 2 min) fue más rápida que la G9 (24 ± 3 min) (Tabla 1). Hubo un efecto significativo de la prueba para el AUC 60 min ($F_{3,27}=65,861$, $p<0,001$). La prueba G3 presentó el mayor AUC 60 min (19640 ± 1252 $\delta\%$ vs. VSMOW 60 min), mientras que G0 (18381 ± 1198 $\delta\%$ vs. VSMOW 60 min) presentó un mayor AUC 60 min que G6 (16088 ± 1359 $\delta\%$ vs. VAMOW 60 min) y G9 (13134 ± 1115 $\delta\%$ vs. VAMOW 60 min), G6 presentó una AUC 60 min significativamente mayor que G9 (Tabla 1).

El grupo sodio no logró mostrar diferencias entre las pruebas para el enriquecimiento con D_2O ($F_{3,27}=1,719$, $p=0,187$) (Figura 2). Mientras que el grupo Na60 tuvo el $T_{1/2}$ más rápido (11 ± 2 min) en comparación con el grupo Na40 (12 ± 1 min), Na20 (13 ± 2 min) y Na0 (16 ± 2 min), estos valores no fueron diferentes entre ellos ($F_{3,27}=2,119$, $p=0,121$).

De forma similar el grupo Na60 tuvo el mayor AUC 60 min (15810 ± 719 $\delta\%$ vs. VSMOW 60 min) en comparación a Na40 (15054 ± 674 $\delta\%$ vs. VSMOW 60 min), Na20 (15054 ± 674 $\delta\%$ vs. VSMOW 60 min) y Na0 (13843 ± 785 $\delta\%$ vs. VSMOW 60 min), pero nuevamente los valores no fueron significativamente diferentes unos de otros (Tabla 2).

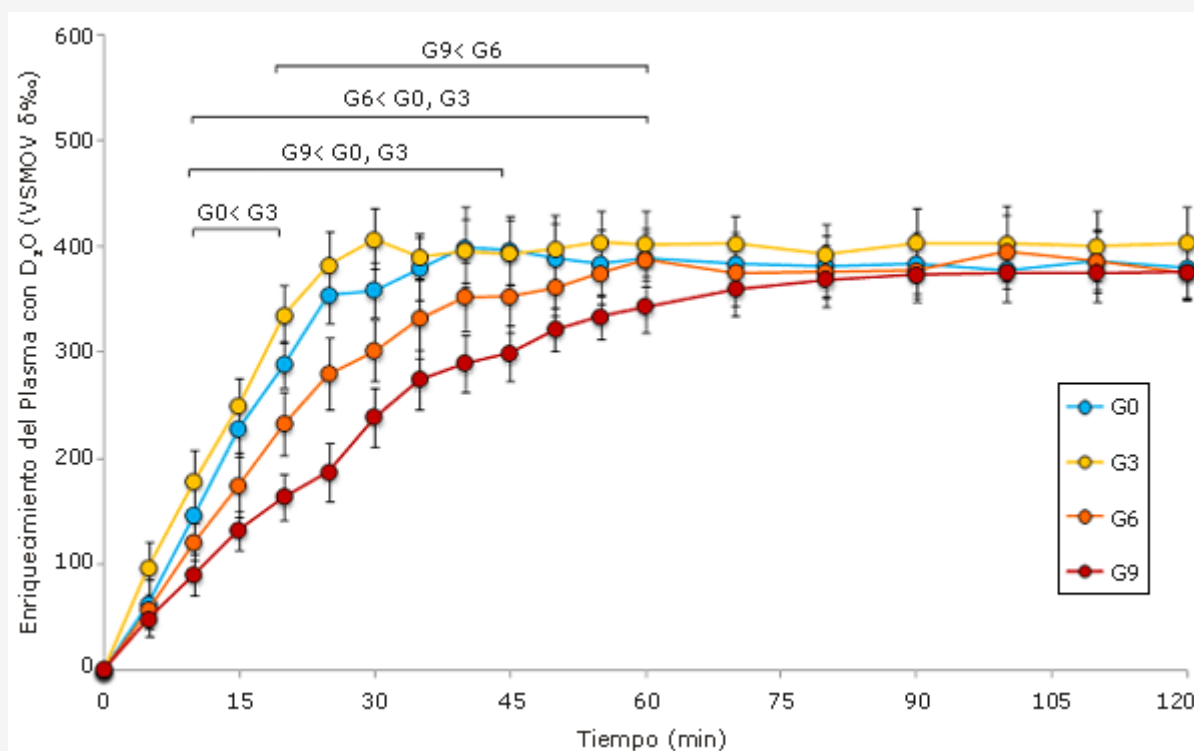


Figura 1. Enriquecimiento con D_2O a través del tiempo después de ingerir las cuatro bebidas con glucosa. Están indicadas las diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$).

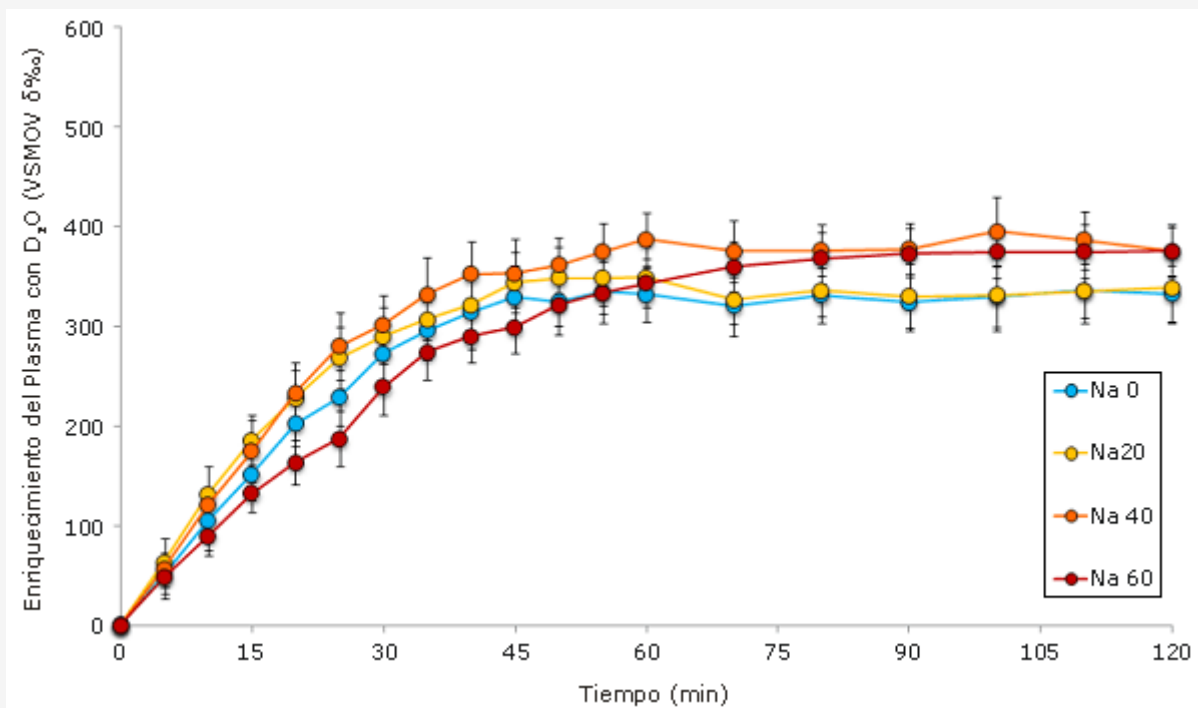


Figura 2. Enriquecimiento con D_2O a través del tiempo después de ingerir las cuatro bebidas con sodio. No hubo diferencias significativas.

	G0	G3	G6	G9
$T_{1/2}$	11±2 ^{b,c}	9±1 ^{b,c}	15±2	24±3
AUC (vs. VSMOW 60 min)	18381±1198 ^{b,c}	19640±1252 ^{a,b,c}	16088±1359 ^c	13134±1115
PE (vs. VSMOW)	434±113	458±96	398±106	360±55
TTP (min)	34±7	35±10	43±13	51±15

Tabla 1. Características del enriquecimiento con D_2O con las cuatro bebidas diferentes con glucosa. Tiempo medio ($T_{1/2}$), área bajo la curva para los primeros 60 min (AUC), enriquecimiento plateau (PE) y tiempo hasta el plateau (TTP) sin glucosa (G0), glucosa al 3% (G3), glucosa al 6% (G6) y glucosa al 9% (G9). Todas las bebidas contenían 20 mmol/L de sodio. Las diferencias estadísticamente significativas están indicadas con a, b y c. a indica diferencias respecto a G0, b indica diferencias respecto a G6, y c indica diferencias respecto a G9 ($p < 0,05$).

	Na0	Na20	Na40	Na60
$T_{1/2}$	16±2	13±2	12±1	11±2
AUC (vs. VSMOW 60 min)	13843±785	15054±674	15162±467	15810±719
PE (vs. VSMOW)	352±17	356±14	348±15	354±18
TTP (min)	23±3	19±3	18±2	16±3

Tabla 2. Características del enriquecimiento con D_2O con las cuatro bebidas diferentes con sodio. Tiempo medio ($T_{1/2}$), área bajo la curva para los primeros 60 min (AUC), enriquecimiento plateau (PE) y tiempo hasta el plateau (TTP) sin sodio (Na0), 20 mmol/L de Na (Na20), 40 mmol/L de Na (Na40) y 60 mmol/L de Na (Na60). No hubo diferencias significativas entre los grupos.

DISCUSION

El presente estudio investigó el efecto del incremento de las cantidades de glucosa y sodio en las bebidas ingeridas sobre el transporte de fluidos. Un trazador de óxido de deuterio fue incorporado en las bebidas de prueba y el enriquecimiento con óxido de deuterio fue usado como una medición del transporte de fluidos.

El incremento del contenido de glucosa de la bebida por encima del 6% disminuyó el transporte de fluidos en comparación al agua, mientras que el contenido de sodio en el intervalo investigado no afectó el transporte de fluidos.

El presente estudio muestra que incrementar el contenido de carbohidratos de una bebida por encima del 6% puede conducir a una disminución en el transporte de fluidos en comparación al agua.

Mientras que previamente ha sido demostrado que una solución de glucosa al 15% [3] y 20% [12] causa una disminución de la acumulación de óxido de deuterio en el plasma luego de la ingestión de una bebida, este es el primer estudio en el cual ha sido demostrado que una solución de carbohidratos al 6% puede retrasar la acumulación de D₂O en el plasma.

Davis et al. [4] no reportaron diferencias en la aparición de D₂O en el plasma, cuando se compararon bebidas al 6, 8 y 10% de glucosa y fructosa con agua. Una posible razón de las discrepancias entre estos estudios es la inclusión de fructosa en las bebidas de Davis et al. [4]. La fructosa es absorbida a través de los GLUT 5 en la membrana de las células intestinales [13], mientras que la glucosa es absorbida por los SGLT1 [14]. La inclusión de estos carbohidratos que pueden ser transportados a través de transportadores múltiples puede conducir a una reducción del efecto inhibitorio de la hiperosmolaridad sobre la absorción de fluidos [15].

Teniendo en cuenta que el uso de un trazador de D₂O constituye una medición integrada del vaciado gástrico y la absorción intestinal, cualquiera de los dos podría ser un sitio para que se produzca la disminución del transporte de fluidos observado con la ingestión de bebidas con glucosa al 6 y 9%. Ya que al ingerir la bebida, la misma entra primero en el estómago. Ha sido demostrado que una solución al 20% de carbohidratos se vacía más despacio del estómago que una solución al 6% [12]. También ha sido demostrado que las concentraciones de carbohidratos menores al 10% retrasan el vaciado gástrico, con una bebida con glucosa al 5% que retrasó el vaciado gástrico cuando se la compara con agua sola, y una bebida con glucosa al 10% que produjo un retraso del vaciado gástrico todavía mayor [1]. Otro estudio reportó que las concentraciones de carbohidratos menores al 10% no afectan el vaciado gástrico [16]. Es posible que las bebidas con carbohidratos al 6 y 9% del presente estudio retrasaran el vaciado gástrico, aunque esto no está claro.

Una vez que la bebida ingerida ha sido vaciada del estómago, la misma entra en el intestino delgado. La sección proximal del intestino delgado, el duodeno, es la sección más permeable del mismo. En el duodeno el agua es absorbida por un gradiente osmótico, por lo que cuando el agua es comparada con una bebida con carbohidratos, conduce a una mayor absorción de fluidos en el duodeno y esto crea un mayor gradiente osmótico [17]. El incremento en el contenido de carbohidratos en las bebidas al 6 y 9% puede haber disminuido la absorción de fluidos en el duodeno en comparación al agua [15].

A medida que la bebida ingerida continua bajando por el intestino delgado hasta el yeyuno, más solutos son absorbidos [17]. La absorción de glucosa a través de los SGLT1 en el intestino delgado está directamente acoplada con la absorción de 2 moléculas de sodio y aproximadamente 300 moléculas de agua [18]. De este modo el fluido puede ser absorbido contra un gradiente de concentración.

Esto puede explicar porque la bebida con glucosa al 3% condujo a un mayor transporte de fluidos que el agua. La absorción de glucosa en el yeyuno va a conducir al incremento en la absorción de fluidos, tanto a través de la ruta transcelular del SGLT1 como a través de las vías paracelulares, ya que ha sido demostrado que los SGLT1 incrementan la permeabilidad de las uniones de anclaje intestinales [19].

El presente estudio no mostró ningún efecto del incremento en la concentración de sodio sobre el transporte de fluido. Ha sido demostrado que cuando fue ingerida una solución con 25 mmol/L de cloruro de sodio, la disminución en el volumen plasmático observada durante el ejercicio decreció en comparación al agua sola, sugiriendo que el transporte de fluidos se incrementó [6]. El presente estudio sugiere que cuando son incluidos carbohidratos en una bebida, incrementar la cantidad de sodio no incrementa la absorción de fluidos.

Gisolfi et al. [8] investigaron la absorción de fluidos a partir de una bebida con glucosa al 6% que contenía ya sea 0,25 o 50 mmol/L y encontraron que no hubo diferencias en la absorción de fluidos. De forma similar, durante el ejercicio, incrementar la cantidad de sodio en las bebidas con carbohidratos ingeridas no condujo a un incremento en la absorción de fluidos [20]. De este modo, en el presente estudio, la presencia de glucosa al 6% en las bebidas puede haber enmascarado

cualquier efecto que ejerza el sodio sobre el transporte de fluidos.

A pesar de que el sodio no tiene efectos sobre el transporte de fluidos, todavía puede ser útil incluirlo en las bebidas con carbohidratos y electrolitos.

Incluir sodio en las bebidas ingeridas conduce a un incremento en su palatabilidad [21]. La palatabilidad es un factor importante en la ingesta voluntaria de fluidos [22], que puede ser útil en situaciones tales como durante el ejercicio prolongado en condiciones cálidas, ya que la ingesta de fluidos puede permitir que sea mantenida una menor temperatura del centro del cuerpo cuando se compara a esta situación con la ingestión de ningún fluido y previene la disminución del rendimiento [23]. El sodio también es importante para la rehidratación después de un período de deshidratación, ya que el sodio ayuda que se produzca la retención de fluidos.

Aunque los trazadores de óxido de deuterio han sido usados extensivamente para medir el agua corporal total (TBW), el uso de este trazador para medir transporte de fluidos ha recibido poca atención en la literatura. Los estudios han empleado exitosamente un trazador de óxido de deuterio para comparar el transporte de fluidos entre bebidas [3, 12, 25, 26].

Las ventajas de la técnica implican que es relativamente no invasiva y provee una medición integrada de los efectos del vaciado gástrico y la absorción intestinal sobre el transporte de fluidos. Una desventaja sugerida a la técnica es que no es capaz de medir la absorción neta de fluidos [2]. Los resultados de estos estudios deberían ser siempre interpretados con cuidado. Los datos presentados aquí pueden no reflejar la absorción per se. Esto requeriría asumir que existen condiciones de estado estable para los volúmenes de fluidos intra y extracelulares, y esto no es siempre válido. Esta ha sido una preocupación particular en las pruebas con sodio en este estudio. Si el incremento en el sodio de las bebidas expandió conmensurablemente el volumen plasmático, se podría haber producido un incremento en la absorción de agua a partir del intestino, sin un incremento paralelo en el enriquecimiento plasmático de D₂O. En un grado menor, una preocupación similar se aplica a las pruebas con glucosa. Teniendo en cuenta que la captación de glucosa mediada por la insulina va a rápidamente absorber glucosa al espacio intracelular, la misma va a ser seguida por el agua, creando nuevamente una dinámica en estado no estable durante el período en el cual son recolectados los datos. El impacto exacto de estos movimientos de fluidos es desconocido y de este modo los resultados tienen que ser interpretados con cuidado.

En conclusión, el presente estudio mostró que cuando la concentración de carbohidratos en una bebida ingerida fue incrementada por encima del 6%, el transporte de fluidos se comprometió. El contenido de sodio (0-60 mmol/L) en una bebida con glucosa al 6%, no condujo a incrementos en el transporte de fluidos.

Contribución de los Autores

AJ fue el investigador principal, manejó el proyecto y finalizó el trabajo. KC realizó las pruebas experimentales y análisis, y escribió el primer manuscrito. JC ayudó en el desarrollo diario de las pruebas en el laboratorio. AB proporcionó ayuda técnica con el análisis del óxido de deuterio. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

Correo Electrónico de los Autores

Juliette Clarke - a.e.jeukendrup@bham.ac.uk; Johnny Cole - a.e.jeukendrup@bham.ac.uk; Andrew K Blannin - a.k.blannin@bham.ac.uk.

Dirección para Envío de Correspondencia

Asker E Jeukendrup - a.e.jeukendrup@bham.ac.uk.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por una beca de *GlaxoSmithKline Consumer Health-care* Reino Unido.

Intereses de Competencia

Los autores declaran que no tienen intereses de competencia.

REFERENCIAS

1. Maughan R. J., Leiper J. B (1999). Limitations to fluid replacement during exercise. *Can J Appl Physiol* 1999, 24:173-187
2. Gisolfi C. V., Summers R. W., Schedl H. P., Bleiler T. L., Oppliger R. A (1990). Human intestinal water absorption: direct vs. indirect

- measurements. *Am J Physiol*, 258:G216-222
3. Davis J. M., Lamb D. R., Burgess W. A., Bartoli W. P (1987). Accumulation of deuterium oxide in body fluids after ingestion of D2O-labeled beverages. *J Appl Physiol*, 63:2060-2066
 4. Davis J. M., Burgess W. A., Slentz C. A., Bartoli W. P (1990). Fluid availability and sports drinks differing in carbohydrate type and concentration. *Am J Clin Nutr* 51:1054-1057
 5. Leiper J. B., Maughan R. J (1988). Experimental models for the investigation of water and solute transport in man. Implications for oral rehydration solutions. *Drugs*, 36 (Suppl 4): 65-79
 6. Barr S. I., Costill D. L., Fink W. J (1991). Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med Sci Sports Exerc* 23
 7. Schedl H. P., Maughan R. J., Gisolfi C. V (1994). Intestinal absorption during rest and exercise: implications for formulating oral rehydration solution (ORS). *Med Sci Sport Exerc*, 26: 267-280
 8. Gisolfi C. V., Summers R. D., Schedl H. P., Bleiler T. L (1995). Effect of sodium concentration in a carbohydrate-electrolyte solution on intestinal absorption. *Med Sci Sports Exerc*, 27:1414-1420
 9. Lambert C. P., Ball D., Leiper J. B., Maughan R. J (1999). The use of a deuterium tracer technique to follow the fate of fluids ingested by human subjects: effects of drink volume and tracer concentration and content. *Exp Physiol*, 84:391-399
 10. Murray R., Eddy D. E., Murray T. W., Seifert J. G., Paul G. L., Halaby G. A (1987). The effect of fluid and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 19:597-604
 11. Jeukendrup A. E., Moseley L (2008). Multiple transportable carbohydrates enhance gastric emptying and fluid delivery. *Scand J Med Sci Sports in press*
 12. Murray R., Bartoli W. P., Eddy D. E., Horn M. K (1997). Gastric emptying and plasma deuterium accumulation following ingestion of water and two carbohydrate-electrolyte beverages. *Int J Sport Nutr*, 7:144-153
 13. Semenza G., Kessler M., Hosang M., Weber J., Schmidt U (1984). Biochemistry of the Na⁺, D-glucose cotransporter of the small-intestinal brush-border membrane. The state of the art in 1984. *Biochim Biophys Acta*, 779:343-379
 14. Kellett G. L (2001). The facilitated component of intestinal glucose absorption. *J Physiol*, 531:585-595
 15. Shi X., Summers R. W., Schedl H. P., Flanagan S. W., Chang R., Gisolfi C. V (1995). Effects of carbohydrate type and concentration and solution osmolality on water absorption. *Med Sci Sports Exerc*, 27:1607-1615
 16. Zachwieja J. J., Costill D. L., Beard G. C., Robergs R. A., Pascoe D. D., Anderson D. E (1992). The effects of a carbonated carbohydrate drink on gastric emptying, gastrointestinal distress, and exercise performance. *Int J Sport Nutr*, 2:229-238
 17. Lambert G. P., Chang R. T., Xia T., Summers R. W., Gisolfi C. V (1997). Absorption from different intestinal segments during exercise. *J Appl Physiol*, 83:204-212
 18. Loo D. D., Zeuthen T., Chandy G., Wright E. M (1996). Cotransport of water by the Na⁺/glucose cotransporter. *Proc Natl Acad Sci USA*, 93:13367-13370
 19. Turner J. R (2000). Show me the pathway! Regulation of paracellular permeability by Na⁽⁺⁾-glucose cotransport. *Adv Drug Deliv Rev*, 41:265-281
 20. Gisolfi C. V., Lambert G. P., Summers R. W (2001). Intestinal fluid absorption during exercise: role of sport drink osmolality and [Na⁺]. *Med Sci Sports Exerc*, 33:907-915
 21. Murray R (1987). The effects of consuming carbohydrate-electrolyte beverages on gastric emptying and fluid absorption during and following exercise. *Sports Med*, 4:322-351
 22. Minehan M. R., Riley M. D., Burke L. M (2002). Effect of flavor and awareness of kilojoule content of drinks on preference and fluid balance in team sports. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 12:81-92
 23. Sawka M. N., Montain S. J., Latzka W. A (2001). Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 128:679-690
 24. Shirreffs S. M., Taylor A. J., Leiper J. B., Maughan R. J (1996). Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc*, 28:1260-1271
 25. Koulmann N., Melin B., Jimenez C., Charpenet A., Savourey G., Bittel J (1997). Effects of different carbohydrate-electrolyte beverages on the appearance of ingested deuterium in body fluids during moderate exercise by humans in the heat. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 75:525-531
 26. Maughan R. J., Leiper J. B., Vist G. E (2004). Gastric emptying and fluid availability after ingestion of glucose and soy protein hydrolysate solutions in man. *Exp Physiol*, 89:101-108

Cita Original

Jeukendrup Asker E., Kevin Currel, Juliette Clarke, Johnny Cole and Andrew K. Blannin. Efecto del Contenido de Glucosa y Sodio de la Bebida sobre el Transporte de Fluido. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*; 6: 9, 2009.