

Monograph

Comparación de las Características del Vaciado Gástrico de Bebidas Deportivas Seleccionadas

R Murray¹, Dennis E Eddy¹, William Bartoli¹, John Stofan¹ y Mary Hom¹¹Laboratorio de Fisiología del Ejercicio Gatorade, 617 West Main St., Barrington, IL 60010.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar los efectos de la ingesta repetitiva de bebidas que contenían distintas concentraciones de carbohidratos sobre la tasa de vaciado gástrico durante un ejercicio en estado estable. En cinco ocasiones separadas, 14 sujetos realizaron ejercicio en cicloergómetro durante 90 min, a una potencia promedio de 151 ± 2 Watts. Con intervalos de 15 min, los sujetos ingirieron 223 ± 3 mL, ya sea de agua o soluciones con 4 % de carbohidratos (CHO), 6 % CHO, u 8 % CHO. Antes de consumir cada bebida, y a los 90 min, se determinó el volumen gástrico utilizando la técnica modificada de doble muestreo. Los volúmenes gástricos brutos fueron significativamente mayores, y las tasas promedio de vaciado gástrico y el porcentaje de bebida consumida vaciada del estómago, fueron significativamente menores con 8 % CHO. Estos datos indican que la ingesta repetitiva de una bebida con 8 % CHO durante el ejercicio reduce significativamente la tasa de vaciado gástrico, mientras que no ocurre lo mismo con concentraciones más bajas de carbohidratos. Además, la osmolaridad de la bebida no es tan importante como el contenido calórico de la misma en la influencia sobre la tasa de vaciado gástrico a estas concentraciones de carbohidratos.

Palabras Clave: vaciado gástrico, reemplazo de líquidos, bebidas deportivas

INTRODUCCION

Está bien establecido que el incremento en el contenido calórico (e.g., concentración de carbohidratos) en las bebidas ingeridas resulta en una disminución en la tasa de vaciado gástrico dependiente de la dosis (6, 11, 15, 16, 23, 36). Es menos claro cuál es la concentración de carbohidratos a la cual el vaciado gástrico está significativamente inhibido, en comparación con el agua. A pesar de que existen informes que indican que algunas soluciones con carbohidratos (i.e., < 7 % de carbohidratos) se eliminan del estómago a tasas similares a la del agua (9, 20, 24, 25, 34, 39), otros estudios (3, 6, 11, 26, 32, 35, 36) han reportado una inhibición en el vaciado gástrico con concentraciones de carbohidratos comparativamente bajas (< 5 % de carbohidratos). El entendimiento de cómo pequeños cambios en la concentración de carbohidratos afecta el vaciado gástrico es de interés científico y práctico, ya que el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM), en su Declaración de Posición sobre el Ejercicio y la Reposición de Fluidos (elaborada en 1996) (2) recomendaba que la ingesta de soluciones con 4 % al 8 % de carbohidratos podría aportar gran cantidad de carbohidratos durante el ejercicio sin comprometer la absorción de líquidos. La mayoría de las bebidas deportivas contienen entre el 6 % y el 8 % de carbohidratos.

Aún no son completamente claros los mecanismos de control de la movilidad gástrica, luego del consumo de alimentos y bebidas. Existen datos que indican que receptores en el intestino, y quizás en la vasculatura portal y hepática (19), son

sensibles a la glucosa y proveen un control de retroalimentación (“*feedback*”) negativo del vaciado gástrico a través de vías de transmisión neurológicas.

Hormonas y neurotransmisores como la gastrina, la colecistokina (CCK), el péptido inhibidor gástrico (PIG), el péptido intestinal vasoactivo (PIV), la somatostatina, el glucagón, y la dopamina parecen, todos en conjunto, influir en la tasa de vaciado gástrico, y su relación con el ingreso de la señal neurológica constituye un mecanismo complejo de control para la movilidad gástrica (12). Sin embargo, independientemente del mecanismo específico por el cual se controla el vaciado gástrico, el contenido de carbohidratos (i.e., energía) de las bebidas deportivas debería ser tal que el vaciado gástrico no sufra impedimentos en comparación con el agua. El propósito de este estudio fue determinar las tasas de vaciado gástrico de agua y de tres soluciones con carbohidratos (concentraciones de carbohidratos de 4 %, 6 %, y 8 %) con el fin de identificar el nivel de carbohidratos asociado con la reducción del vaciado gástrico durante el ejercicio.

MÉTODOS

Sujetos

Catorce sujetos sanos (10 hombres y 4 mujeres), sin antecedentes de problemas gastrointestinales, participaron en este estudio. Los sujetos tenían 36 ± 1 años de edad, 177 ± 1 cm de estatura, y 75.6 ± 1.2 kg de peso, con un VO_2 pico promedio de 3.48 ± 0.05 L/min. Antes de comenzar con el estudio, se les explicó a los sujetos las características del mismo y cada uno brindó su consentimiento por escrito, concordante con los lineamientos del ACSM y aprobado por un Comité de Ética para la Investigación con Sujetos Humanos.

Evaluación Preliminar

Se determinó el consumo pico de oxígeno (VO_2 pico) a través de un test de esfuerzo máximo realizado en un cicloergómetro Velodyne (Frontline Technology, Irving, CA). El cicloergómetro fue calibrado para cada sujeto en la forma descrita por el fabricante. Luego de 5 min de entrada en calor, la carga del cicloergómetro se incrementó cada minuto hasta el agotamiento volitivo, o hasta que la potencia del sujeto cayera 25 W por debajo de la potencia deseada. El consumo de oxígeno (VO_2) fue medido utilizando un sistema de medición del metabolismo Quinton QPlex I (Quinton Instrument Company, SeatŪe, W A). El VO_2 pico fue identificado como el máximo VO_2 observado durante 1 min de ejercicio.

Al menos 48 hs. después del test de VO_2 máx, los sujetos se presentaron en el laboratorio para realizar un test de ejercicio submáximo. Luego de que el ergómetro fuese calibrado, los sujetos pedalearon durante 5 min a diferentes cargas, mientras se determinaba el VO_2 . La carga era ajustada hasta observar que provocaba aproximadamente el 70 % del pico de VO_2 .

Recolección de Datos

Los sujetos se presentaron en el laboratorio luego de 10 hs. de ayuno. Se les permitió tomar la cantidad de agua que desearan antes de arribar al laboratorio. También eran incentivados a beber agua durante la noche anterior y la mañana de cada test, para vaciar la mayor cantidad posible de comida previa. Luego del arribo al laboratorio, se registraba el peso del sujeto desnudo, y se insertaba un tubo nasogástrico (AN13, tubo gástrico 12 FR adulto, H.W. Anderson Products Inc., Chapel Hill, NC) a través del canal nasal y hasta el estómago. El tubo nasogástrico fue ligeramente cubierto con una solución viscosa de hidrocloreuro de lidocaína (Barre National Inc., Baltimore, MD) para reducir la irritación. El estómago de los sujetos fue lavado varias veces con agua destilada hasta que el líquido aspirado se mantuviera claro. Luego se aspiraba la mayor cantidad posible de líquido del estómago. La ubicación del tubo era verificada colocando 180 mL de agua, y luego aspirando todos los contenidos gástricos. Cuando se recuperaba cerca de 180 mL de fluidos, el tubo nasogástrico se marcaba para proveer una referencia para futuros posicionamientos. Luego de haber completado el procedimiento de lavado gástrico, los sujetos descansaban 10 min sobre su costado derecho para facilitar el vaciado a través del píloro de cualquier fluido residual que hubiese escapado a la aspiración.

Los sujetos pedalearon a una potencia promedio de 151 ± 2 W (70.4 ± 0.5 % del VO_2 pico) en una cámara ambiental mantenida a temperatura de Bulbo Húmedo (WBGT) a 22.8 ± 0.1 Grados Celsius. Durante cada sesión, se les permitió a los sujetos adoptar su propia cadencia de pedaleo y de multiplicación, y la potencia del ergómetro se mantuvo constante. Se midió la frecuencia cardíaca a los 10, 40, y 85 min de ejercicio, utilizando un cardiotacómetro CIC Protrainer (Computer Instruments Corporation, Hempstead, NY). Se midió el VO_2 a los 10, 40, y 85 min con un sistema de recolección de gases a través de una máscara facial que sellaba su estructura alrededor del tubo nasogástrico, previniendo pérdidas de aire. También se determinó el índice de esfuerzo percibido a los 10, 40, y 85 min de la prueba, mediante el uso de la Escala de Borg (índice de esfuerzo percibido o RPE). Se les recomendó a los sujetos registrar los puntos más bajos y más altos de la

escala de esfuerzo percibido durante el Test de VO₂max, y se les pidió que recordaran estos límites como puntos de referencia durante las pruebas de ejercicio subsiguientes. También se registraron índices de confort gastrointestinal (sensación de llenado gástrico) inmediatamente después de que los sujetos ingirieran cada bebida, y justo antes de la determinación final del volumen gástrico.

Determinación del Volumen Gástrico

El volumen gástrico fue determinado en forma serial, tal como ha sido descrito previamente (4, 23). En resumen, a los 15, 30, 45, 60, y 75 min, los sujetos ingerían 3.0 mL/kg de peso de la bebida experimental (un volumen promedio de 227 ± 3.0 mL) tan rápido como les fuese posible (< 1 min). Las bebidas experimentales contenían aproximadamente 25 ppm de rojo fenol (Aldrich Chemical Co., Milwaukee, WI). El rojo fenol no es absorbido a través de la membrana gástrica (12), y la dilución de la concentración del rojo fenol indica el agregado o adición de las secreciones gástricas.

A medida de que cada bebida era ingerida, el contenido del estómago era repetidamente aspirado e infundido utilizando una jeringa de 60 mL adherida al tubo nasogástrico para asegurar que la bebida ingerida fuera cuidadosamente mezclada con los contenidos gástricos. Luego de este procedimiento de mezclado, aproximadamente 20 mL de líquido eran aspirados en la jeringa para remover el volumen del espacio muerto en el tubo nasogástrico. Posteriormente, este volumen era recolocado después de que las muestras subsiguientes eran recolectadas. En cada momento de recolección de muestras se recogían dos aspiraciones de 5 mL para el análisis de la concentración del rojo fenol. Se registró el momento en que cada muestra era recolectada para su uso en los cálculos del vaciado gástrico. La primer muestra de 5 mL de contenidos gástricos estuvo seguida por una infusión de 15 mL de una solución consistente en la bebida que se estaba evaluando con 500 ppm de rojo fenol. Una vez más, los contenidos gástricos fueron mezclados por aspiración e infusión, luego de lo cual se recolectó la segunda muestra de 5 mL. Para asegurar mediciones precisas, las jeringas que contenían la solución fueron pesadas antes y después de cada procedimiento para determinar con exactitud cuánto líquido era introducido. De manera similar, los contenedores de las bebidas también fueron pesados antes y después de la ingesta de las mismas, y el peso de la bebida era corregido por la densidad de la misma (ver Tabla 1).

Las muestras gástricas de 5 mL fueron filtradas a través de un filtro de 25 mm con poros de 0.005 mm (Germán Science, Ann Arbor, MI). Dos alícuotas de 1.0 mL de la muestra filtrada fueron diluidas con 10 mL de solución amortiguadora de fosfato al 1.5 % (fosfato de sodio, dodecabutirato tribásico, Aldrich Chemical Co., Milwaukee, WI). Las muestras y los estándares que contenían las concentraciones conocidas de rojo fenol fueron analizadas a 559 nm, usando un espectrofotómetro Vanan DMS 300 (Varían Instrument Group, Palo Alto, CA).

	H ₂ O	4% CHO	6% CHO	8% CHO
Osmolaridad (mosm/kg H ₂ O)	0	201	403	412
Na ⁺ (mmol/l)	0	18	19	5
K ⁺ (mmol/l)	0	3	3	4
Glucosa (gr/100ml)	0	1	3.1	2.5
Sacarosa (gr/100ml)	0	0	0.6	0.2
Fructosa (gr/100)	0	3	2.3	3.5
Maltodextrina (de=18; gr/100ml)	0	0	0	2
Densidad (gr/ml)	0.99	1.02	1.03	1.04

Tabla 1. Características de las bebidas experimentales. Nota: La osmolaridad y la densidad fueron medidas a 23°C con 25 ppm de rojo fenol en cada bebida.

Bebidas Experimentales

Las soluciones evaluadas (Tabla 1) fueron agua (H₂O) y tres bebidas con carbohidratos-electrolitos: 4 % de carbohidratos (CHO), 6 % CHO (Gatorade Thirst Quencher, The Quaker Oats Company, Chicago, IL), y 8 % CHO (Powerade Thirst Quencher, The Coca Cola Company, Atlanta, GA). Las composiciones de las bebidas se presentan en la Tabla 1. Todas las bebidas fueron servidas a 9.3 ± 0.1°C. Se evaluaron dos bebidas deportivas comerciales porque sus composiciones complementaban el diseño experimental, y porque son habitualmente consumidas durante el entrenamiento y la competencia. Al momento de realizar este estudio no había comercialmente disponible bebidas con 4 % de carbohidratos, lo que requirió que nosotros formuláramos una bebida de este tipo para el experimento. Se eligieron proporciones de 4 %, 6 %, y 8 % de carbohidratos de manera tal que se pudiera utilizar un método de respuesta a la dosis en la evaluación de

cómo el vaciado gástrico variaba con la concentración de carbohidratos, en el rango utilizado en la mayoría de las bebidas deportivas. Para minimizar las diferencias en osmolaridad entre las bebidas con 6 % y de 8 %, formulamos la bebida de 6 % con monómeros de carbohidratos (glucosa y fructosa) y una pequeña cantidad de sacarosa. Esto produjo osmolaridades de O (agua), 201 (4 % CHO), 403 (6 % CHO), y 412 (8 % CHO) mosm/kg H₂O.

Análisis Estadísticos

Los datos fueron evaluados estadísticamente utilizando el análisis de varianza ANOVA para medidas repetidas. Cuando era apropiado, se realizaron comparaciones múltiples de las medias utilizando contrastes ortogonales. Se estableció un nivel de significancia para todos los análisis de $p < 0.05$. Todos los datos se presentan como medias \pm error estándar (EE).

RESULTADOS

No hubo diferencias significativas en el peso corporal o en los cambios en el peso a través de los cuatro tratamientos. Las tasas de sudoración fueron consistentes entre los cuatro tratamientos, con un promedio de 1.14 ± 0.05 L/h. Durante los 90 min de ejercicio, los sujetos repusieron cerca del 65 % de la pérdida total de líquidos por sudoración. Los valores del VO₂ fueron similares entre los tratamientos, variando desde un promedio bajo de 2.38 ± 0.13 L/min en la serie con H₂O hasta un promedio alto de 2.54 ± 0.14 L/min en la serie con 6 % CHO. Las frecuencias cardíacas fueron similares entre los tratamientos. El índice de intercambio respiratorio (RER) no fue significativamente diferente entre los tratamientos, pero tendió a disminuir en la sesión de ejercicio con H₂O (de 0.94 a 0.89) y se mantuvo en los tratamientos con 4 % CHO (0.91), 6 % CHO (0.90), y 8 % CHO (0.93).

La tasa de vaciado gástrico y el porcentaje de bebida vaciada, entre los sujetos a través de los tratamientos, varió considerablemente. Por ejemplo, cuando se combinaron todos los tratamientos, el porcentaje de vaciamiento de bebida varió desde el 31.5 al 91.6 % del volumen ingerido, mientras que las tasas de vaciado gástrico variaron de 4.9 a 16.4 mL/min. En otros estudios (5,7) se observó una variabilidad similar entre sujetos.

Para clarificar las características del vaciado gástrico, los datos fueron expresados como el volumen gástrico bruto (Figura 1), como el porcentaje de vaciamiento de bebida durante el período de 90 min de ejercicio (Figura 1), y como las tasas de vaciado gástrico, en mL/min (Tabla 2). El volumen gástrico bruto fue significativamente mayor, y el porcentaje de vaciamiento de bebida del estómago significativamente menor, con la solución con 8 % CHO que con las otras bebidas, a los 45, 60, 75, y 90 min de ejercicio. La tasa promedio de vaciado gástrico con la bebida con 8 % CHO (en mL/min; Tabla 2) fue significativamente más lenta que con todas las otras soluciones, durante todo el período de muestreo (valor promedio desde los 15 a los 90 min), y en ciertos momentos del muestreo (45, 60, y 75 min) versus H₂O y con 4 % CHO. La secreción gástrica no fue diferente entre las distintas bebidas, variando en un volumen acumulativo de 70 a 100 mL durante el período experimental de 90 min.

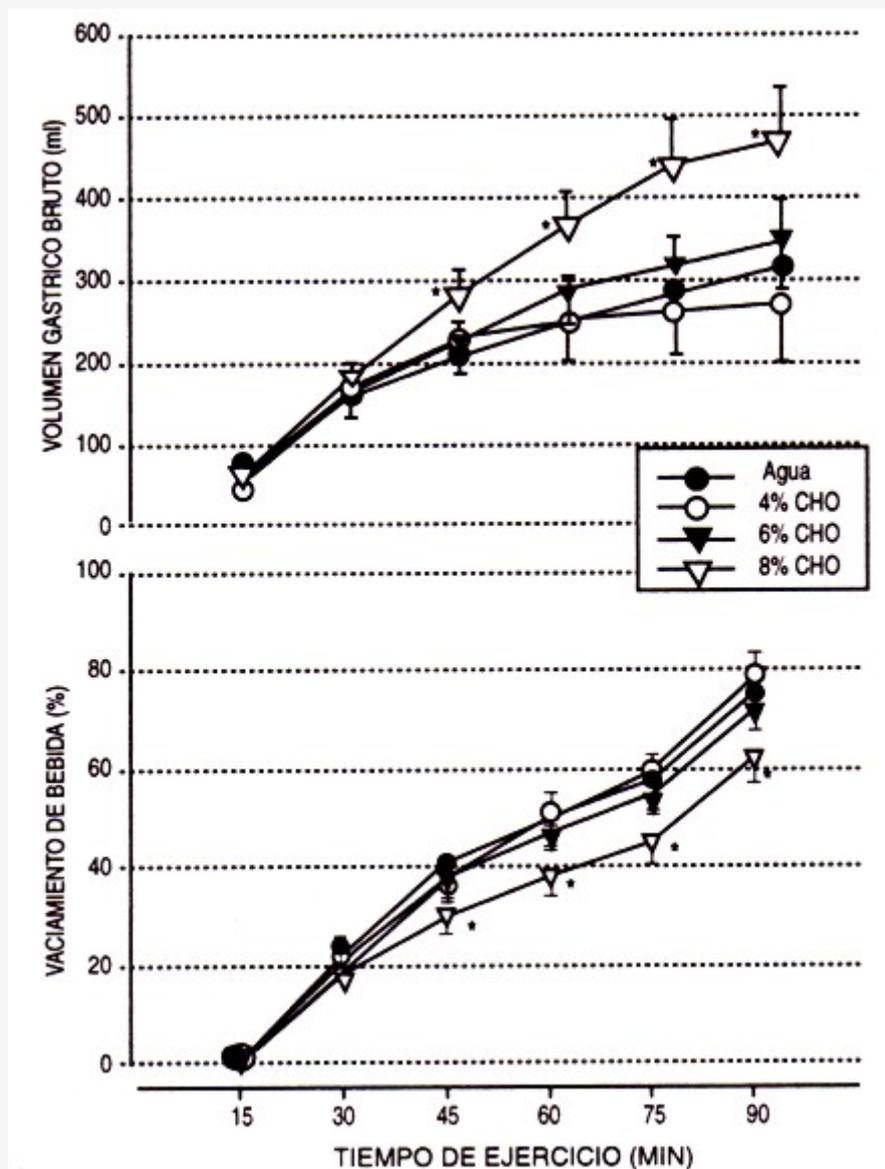


Figura 1. Características del vaciado gástrico de las bebidas experimentales. La figura superior presenta el volumen gástrico bruto o total con el tiempo, mientras que el gráfico inferior muestra el porcentaje de bebida ingerida, vaciado del estómago con el tiempo. (*) Significativamente diferente de todas las otras bebidas ($p < 0.05$).

No se observaron diferencias significativas en el RPE entre los tratamientos. Hubo diferencias significativas entre los mismos, en las percepciones de plenitud gástrica, aceptación general de la bebida, dulzura de la misma, y sabor de los fluidos (Tabla 3). El H₂O y la solución con 4 % CHO tuvieron, uniformemente, valores o calificaciones más bajas en la aceptación general de la bebida, en el gusto por el sabor y la dulzura, y en la percepción de saciar la sed que con las bebidas con 6 % y 8 % CHO. Es interesante observar que la percepción de plenitud gástrica fue mayor para el H₂O que para todas las otras bebidas.

	H ₂ O		4% CHO		6% CHO		8% CHO	
	M	EE	M	EE	M	EE	M	EE
15-30 min	8.67	1.83	7.14	1.41	7.91	1.25	5.96	0.66
30-45 min	11.35	1.44	10.46	1.43	9.73	1.42	7.79*	1.09
45-60 min	12.10	1.57	13.07	1.05	11.10	0.81	9.39**	1.11
60-75 min	12.86	1.22	14.55	1.54	12.93	1.08	10.51**	1.16
75-90 min	12.53	2.02	13.65	2.48	13.25	1.60	12.00	1.02
1 5-90 min	11.50	0.73	11.78	0.79	10.98	0.60	9.13***	0.51

Tabla 2. Promedio de las tasas de vaciado gástrico (mL/min), medidas cada 15 min durante el ejercicio. (*) Significativamente diferente del H₂O. (**) Significativamente diferente de la bebida con 4% CHO. (***) Significativamente diferente de todas las otras bebidas ($p < 0.05$)

	H ₂ O		4% CHO		6% CHO		8% CHO	
	M	EE	M	EE	M	EE	M	EE
Aceptación general	3.6*	0.2	5.7*	0.2	6.9	0.1	6.8	0.1
Sabor	3.6*	0.2	5.8*	0.2	6.9	0.1	6.9	0.1
Dulzura	3.6*	0.2	5.9*	0.2	6.8	0.1	6.7	0.1
Percepción de saciar la sed	4.5*	0.3	5.4*	0.2	6.4	0.2	6.3	0.2
Percepción de plenitud gástrica	3.4*	0.2	2.6	0.2	2.7	0.2	2.7	0.2

Tabla 3. Características de percepción. Nota: La aceptación general, el agrado por el sabor y por la dulzura fueron calificados de acuerdo a una escala de 9 puntos, donde 1 = me desagrada en extremo, y 9 = me agrada en extremo. Las percepciones de la satisfacción de saciado de la sed y de plenitud gástrica fueron calificadas utilizando una escala de 10 puntos, donde 1 = ausencia de la característica, y 10 = fuerte presencia de la característica. (*) Significativamente diferente de todas las otras bebidas, $p < 0.05$

DISCUSION

Vaciado Gástrico

En la Figura 1 y en la Tabla 1 se muestra el impacto del contenido calórico de la bebida sobre la tasa de vaciado gástrico. Los datos demuestran que la ingesta de la bebida con 8 % CHO redujo significativamente la tasa de vaciado gástrico. Es interesante observar que este efecto inhibitorio no se observó en las bebidas con 4 % y 6 % CHO, indicando que podría existir un punto de inflexión en la concentración de carbohidratos por debajo del cual el vaciado gástrico sigue su proceso sin impedimentos. Si bien el contenido de carbohidratos (es decir, contenido energético) de una bebida ingerida es un poderoso determinante de la tasa de vaciado gástrico, la literatura científica no es tan clara en lo que respecta a la concentración exacta de carbohidratos a la cual la tasa de vaciado gástrico se ve significativamente disminuida con relación al agua. Por ejemplo, existen estudios que observan que el vaciado gástrico se hace significativamente más lento con concentraciones de carbohidratos tan bajas como del 4 % (36) o, en el otro extremo, no sucede tal cosa hasta que la concentración de carbohidratos no exceda el 10 % (28). Parte de esta variabilidad en los resultados se debe a diferencias en los métodos utilizados para medir el vaciado gástrico. Las dos metodologías más comunes para evaluar el vaciado gástrico son la aspiración gástrica (11) y el doble muestreo (8,14). La aspiración gástrica supone la aspiración completa de los contenidos gástricos, en un momento determinado, luego de la ingesta de una cantidad conocida de bebida. La técnica de muestreo doble permite la determinación serial del volumen gástrico luego del consumo de una bebida, permitiendo la evaluación del vaciado gástrico a intervalos predeterminados, y la ingesta continua de líquidos. Debido a que el vaciado gástrico ocurre exponencialmente (6,18), los resultados generados por la técnica de aspiración gástrica dependen, en parte, del tiempo transcurrido desde la ingesta de la bebida hasta antes de que sean aspirados los contenidos del estómago. En consecuencia, debido a que el tiempo de aspiración difiere entre los distintos estudios, es difícil comparar los resultados. Esto es especialmente cierto cuando el tiempo de aspiración es mayor a 20 min luego de la ingesta del fluido, cuando la mayor parte de los líquidos consumidos durante el ejercicio ya han sido eliminados del estómago (24,36).

Existen otros factores que se suman a la dificultad de comparar los datos del vaciado gástrico entre distintos estudios. El

volumen de líquido ingerido, la frecuencia de consumo, los tipos de carbohidratos en las bebidas, la osmolaridad de las mismas, la intensidad del ejercicio, y el modo de ejercicio, pueden interactuar para influir en la tasa de vaciado gástrico (10,17). Como resultado, aún luego de revisar la literatura sobre el vaciado gástrico, es difícil determinar la concentración de carbohidratos a la cual el vaciado gástrico se hace significativamente más lento, comparado con el consumo de agua. Los resultados del presente estudio demuestran que la ingesta de una solución con concentración de carbohidratos del 8 % (80 gr/L) reduce significativamente la tasa de vaciado gástrico. En estudios previos (24, 25), hemos reportado que no existían diferencias cuando comparamos la tasa de vaciado gástrico (usando el método de doble muestreo) entre el agua y soluciones con 6 % de carbohidratos (compuestas por sucrosa y glucosa). Resultados similares fueron reportados por Mitchell et al. (20), quienes no encontraron diferencias cuando compararon el vaciado gástrico (a través de la aspiración gástrica) del agua y una solución con 6 % de carbohidratos que contenía maltodextrinas y sacarosa. Por el contrario, otros estudios (11, 25, 30, 33) han indicado que bebidas que contenían 5 % de carbohidratos (distintos tipos) se eliminaban del estómago más lentamente que el agua (en cada uno de estos estudios se utilizó la técnica de aspiración gástrica).

Algunos estudios no han observado diferencias en la tasa de vaciado gástrico entre el agua y las bebidas que contenían más de 6 % de carbohidratos. Por ejemplo, Ryan et al. (33) no reportaron diferencias en la tasa de vaciado gástrico entre el agua y bebidas que contenían 6 %, 8 %, y 9 % de carbohidratos (distintas combinaciones de sacarosa, glucosa, fructosa, y maltodextrinas), ingeridas durante 85 min de ejercicio en bicicleta al 65 % del $\text{VO}_2\text{máx}$. El vaciado gástrico fue medido utilizando la técnica de doble muestreo, con los sujetos deshidratados un -2.7 % del peso corporal. Además, los sujetos consumieron un promedio de 364 mL de líquido 5 min antes del ejercicio, otros 182 mL después de 5 min de ejercicio, y un promedio de 182 mL cada 10 min, de allí en más. La ingesta total de líquidos promedió 1.83 L, equiparando las pérdidas por sudoración de los sujetos. Es probable de que la combinación entre deshidratación y la ingesta frecuente de líquidos minimizara las diferencias en las tasas de vaciado gástrico entre todas las bebidas, porque la deshidratación retarda el vaciado gástrico (27, 30), y el consumo frecuente de fluidos mantiene el volumen gástrico, factor principal regulador del vaciado gástrico (10,17). Además fue interesante observar que el volumen residual gástrico con la bebida con 9 % de carbohidratos fue significativamente mayor (405 mL) que con los otros tres tratamientos (con un promedio de 162 mL), diferencia que los autores creen que podría ser responsable de la similitud en la tasa de vaciado gástrico entre las bebidas (17-19 mL/min).

Respaldando los resultados de Ryan et al. (33), Mitchell et al. (21) tampoco observaron diferencias en las tasas de vaciado gástrico (utilizando el método de aspiración gástrica) entre el agua y bebidas que contenían 6 % o 7.5 % de carbohidratos (mezclas de maltodextrinas, fructosa, y sacarosa). Es interesante señalar que los autores no reportaron que una bebida con 5 % de carbohidratos se eliminara del estómago más lentamente que el agua. Owen et al. (28) no observaron diferencias en las tasas de vaciado gástrico entre el agua, con 10 % de glucosa, y con 10 % de maltodextrinas cuando los contenidos del estómago eran aspirados luego de 2 hs. de carrera en cinta ergométrica en el calor, al 65 % del $\text{VO}_2\text{máx}$. Resultados similares fueron obtenidos por Zachwieja et al. (39), quienes compararon las tasas de vaciado del agua y de soluciones con 10 % de carbohidratos (mezclas con glucosa y fructosa) por el método de aspiración gástrica, luego de 2 hs. de ciclismo al 70 % del $\text{VO}_2\text{máx}$.

En oposición a los resultados previamente mencionados, Vist y Maughan (36), utilizando el método de muestreo doble, observaron que las soluciones con 4 % y 6 % de glucosa se eliminaban del estómago a una tasa significativamente más lenta que el agua o que una solución con 2 % de glucosa, en sujetos en reposo luego de la ingesta de 600 mL de bebida. Estos datos sugieren que el vaciado gástrico es sensible a las pequeñas diferencias en el contenido calórico de las bebidas, a la osmolaridad, o al posible efecto inhibitorio de la glucosa como la única fuente de recurso de carbohidratos. Nuestros datos agregan a esta observación la idea que la osmolaridad de la bebida juega un rol mínimo en la determinación de la tasa de vaciado gástrico: Aún a pesar de que las osmolaridades de las bebidas con 6 % y 8 % eran similares, la tasa de vaciado fue significativamente más lenta con la ingesta de la solución con 8 % CHO, enfatizando la importancia de la concentración de carbohidratos más que la osmolaridad, como factor primario de la regulación del vaciado gástrico. Los datos de otros estudios (7, 25, 37) respaldan la conclusión de que la osmolaridad de la bebida no es un determinante importante del vaciado gástrico. La literatura no es tan clara en cuanto a la influencia del tipo de carbohidratos sobre el vaciado. Algunos datos indican que las soluciones con fructosa se eliminan más rápidamente que las soluciones con glucosa (13, 22, 38), pero no se sabe cómo podría modificarse este efecto incluyendo fructosa con otros carbohidratos. Nuestros datos vuelcan un poco de luz sobre este tema ya que no variamos sistemáticamente el tipo de carbohidratos; sin embargo, aunque la bebida con 4 % CHO contenía 3 % de fructosa y 1 % de glucosa, su tasa de vaciado gástrico fue similar tanto a la ingesta de agua como de la bebida con 6 % CHO (que contenía proporcionalmente más glucosa y menos fructosa). Esto implica que si la fructosa acelera el vaciado gástrico, tal efecto podría ser mitigado aún por la presencia de cantidades pequeñas de glucosa. Por el contrario, es difícil creer que una bebida con 4 % CHO que contenía solamente fructosa se hubiese eliminado del estómago más rápido que el agua. Quizás con concentraciones más elevadas de carbohidratos (> 8 % CHO), la fructosa discerniblemente acelera el vaciado gástrico. Nuestros datos no sustentan tal efecto con concentraciones más bajas de carbohidratos.

Nuestros datos parecen ser consistentes con este concepto en cuanto a que el aumento en la ingesta total de

carbohidratos, asociada con la bebida con 8 % CHO, fue suficiente para retardar el vaciado gástrico. Tal demora, acoplada con la absorción más lenta en el intestino delgado (33), sugiere que una solución con 8 % CHO no es óptima para una rápida reposición de fluidos.

Respuestas relacionadas con la Percepción

Las percepciones de los sujetos acerca del bienestar o confort gástrico difirieron entre los tratamientos experimentales (Tabla 3). La aceptación general, el gusto por el sabor, por la dulzura, y la percepción de saciar la sed fueron significativamente menores con las series con agua y con bebidas con 4 % CHO que con las series con 6 % y 8 % CHO. No se utilizaron edulcorantes artificiales para endulzar las bebidas, por lo cual no es extraño que la valoración de los sujetos respecto del gusto por el sabor y de la dulzura fueran menores para las bebidas con 4 % CHO que para las bebidas con 6 % y 8 % CHO.

Es de particular interés la observación de que la percepción de saciar la sed fuera menor y la percepción de plenitud gástrica fuera mayor con el agua que con las bebidas con 6 % y 8 % CHO. Una posible razón de esta disminución en la percepción de la sed y del aumento en la calificación de plenitud con la ingesta de agua puede relacionarse con que la retroalimentación orofaríngea haya podido reducir la necesidad de beber y aumentar la percepción de plenitud con el fin de proteger contra el hecho de beber demasiada agua. Cuando los seres humanos consumen agua, la sensación de sed disminuye antes de que ocurra cualquier cambio en la osmolaridad plasmática. Por ejemplo, Rolls et al. (31) demostraron que la sed disminuye rápidamente dentro de los 5 min posteriores a la ingesta, aún cuando los cambios significativos en la osmolaridad plasmática no ocurren sino hasta más de 10 min después. La inhibición de la sed que resulta de tragar líquidos, pero no comida (29), ocurre ostensiblemente a través del estímulo neurológico aferente al cerebro. También se sabe de que la distensión del estómago disminuye la sed e inhibe las ganas de beber (1). Si bien es imposible determinar, a partir de nuestros datos, si tales señales son suficientes para disminuir la ingesta voluntaria de líquidos durante el ejercicio, los datos ciertamente apuntan en tal dirección. La ingesta de agua disminuyó significativamente las percepciones de sed y aumentó las calificaciones de plenitud gástrica, aún a pesar de no haber diferencias en los volúmenes gástricos entre el agua y las bebidas con 4 % y 6 % CHO. Son necesarios más trabajos de investigación para determinar si tales resultados son reproducibles.

CONCLUSIONES

Los datos de este estudio sugieren que el vaciado gástrico durante el ejercicio se ve significativamente reducido por el consumo de bebidas que contienen 8 % de carbohidratos. Estos resultados están en conflicto con las recomendaciones dadas por en la Declaración de Posición del ACSM sobre el Ejercicio y la Reposición de Fluidos (2), el cual indica de que la ingesta de bebidas que contienen 4 % a 6 % de carbohidratos pueden cubrir adecuadamente las necesidades de líquidos y de energía de las personas físicamente activas. Si el vaciado gástrico y la absorción intestinal (33) son menores luego de la ingesta de una bebida con 8 % de carbohidratos, la reposición de líquidos se verá comprometida y podría aumentar el riesgo de malestares gastrointestinales. Sin embargo, no existe ninguna indicación de que la percepción de plenitud gástrica fuera diferente entre las tres bebidas hidrocarbonadas evaluadas en este estudio. Queda por determinar si la disminución significativa en el vaciado gástrico con la bebida de 8 % CHO resultaría en algún malestar gástrico si los sujetos la consumieran en grandes volúmenes. Esta posibilidad demuestra la necesidad de investigación adicional que apunte al efecto del volumen de la bebida y al contenido calórico sobre el vaciado gástrico durante el ejercicio, particularmente durante ejercicios de alta intensidad en el calor, donde la reposición de líquidos es imprescindible y el riesgo de malestar gastrointestinal es mayor.

REFERENCIAS

1. Adolph, E.F (1950). Thirst and its inhibition in the stomach. *Am. J. Physiol.* 161:374-386
2. American College of Sports Medicine (1996). Position Stand on exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:i-vii
3. Beckers, E.J., N.J. Rehrer, F. Brouns, F. Ten Moor. And W.H.M. Saris (1988). Determination of total gastric volume, gastric secretion and residual meal using the double sampling technique of George. *Gut* 29:1725-1729
4. Beckers, E.J., N.J. Rehrer, W.H.M. Saris, F. Brouns, F. Ten Moor, and A.D.M Kester (1991). Daily variation in gastric emptying when using double sampling technique. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23(10):1210-1212
5. Brener, W., T.R. Hendrix, and P.R. McHugh (1983). Regulation of gastric emptying of glucose. *Gastroenterology* 85:76-82

6. Brouns, F.J., J. Senden, E.J. Beckers, and W.H.M. Saris (1995). Osmolarity does not affect the gastric emptying rate of oral rehydration solutions. *J. Parenteral Enteral Nutr.* 19:403-406
7. Borg, G (1982). Psychophysical basis of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14:377-381
8. Candas, V., J.P. Libert, G. Brandenberger, J.C. Sagot, C. Amoros, and J.M. Kahn (1986). Hydration during exercise: Effects on thermal and cardiovascular adjustments. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55:113-122
9. Costill, D.L (1990). Gastric emptying of fluid during exercise. In: Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Fluid Homeostasis During Exercise. *C.V. Gisolfi and D.R. Lamb (Eds.). Indianapolis, IN: Benchmark Press, pp. 97-128*
10. Costill, D.L., and B. Saltin (1974). Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J. Appl. Physiol.* 37(5):679-683
11. Davenport, H.W (1982). Physiology of the Digestive Tract (5th ed.). *Chicago: Yearbook*
12. Elias, E., G.J. Gibson, L.F. Greenwood, J.N. Hunt, and H.J. Tripp (1968). The slowing of gastric emptying by monosaccharides and disaccharides in test meals. *J. Physiol.* 194:317-326
13. George, J.D (1968). New clinical method for measuring the rate of gastric emptying: The double sampling test meal. *Gut* 9:237-242
14. Hunt, J.N., and J.D. Pathak (1960). The osmotic effects of some simple molecules and ions on gastric emptying. *J. Physiol. (Lond.)* 154:254- 269
15. Hunt, J.N., J.L. Smith, and C.L. Jiang (1985). Effect of meal volume and energy density on the gastric emptying of carbohydrates. *Gastroenterology* 89:1326-1330
16. Maughan, R.J (1993). Gastric emptying during exercise. *Sports Science Exchange* 6(5): 1-5
17. McHugh, P.R., and T.H. Moran (1989). Calories and gastric emptying: A regulatory capacity with implications for feeding. *Am. J. Physiol.* 5(3):R254-R260
18. Mei, N (1985). Intestinal chemosensitivity. *Physiol. Rev.* 65:211-237
19. Mitchell, J.B., D.L. Costill, J.A. Houmard, W.J. Fink, R.A. Robergs, and J.A. Davis (1989). Gastric emptying: Influence of prolonged exercise and carbohydrate concentration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21(3):269- 274
20. Mitchell, J.B., D.L. Costill, J.A. Houmard, M.G. Flynn, W.J. Fink, and J.D. Beltz (1988). Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20(2):110-115
21. Moran, T.H., and P.R. McHugh (1981). Distinctions among three sugars in their effects in gastric emptying and satiety. *Am. J. Physiol.* 241: R25-R30
22. 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
23. Murray, R.W.P. Bartoli, D.E. Eddy, and M.K. Horn (1997). Gastric emptying and plasma deuterium accumulation following ingestion of water and two carbohydrate-electrolyte beverages. *Int. J. Sports Nutr.* 7:144-153
24. Murray, R., D.E. Eddy, W.P. Bartoli, and G.L. Paul (1994). Gastric emptying of water and isocaloric carbohydrate solutions consumed at rest. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29(6):725-732
25. Neuffer, P.D., D.L. Costill, W.J. Fink, J.P. Kirwan, R.A. Fielding, and M.G. Flynn (1986). Effects of exercise and carbohydrate composition on gastric emptying. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18(6):658-662
26. Neuffer, P.D., A.J (1989). Young, and M.N. Sawka. Gastric emptying during exercise: Gastric emptying during exercise: Effects of heat stress and hypohydration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58:433-439
27. Owen, M.D., K.C. Kregel, P.T. Wall, and C.V. Gisolfi (1986). Effects of ingesting carbohydrate beverages during exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18(5):568-575
28. Ramsay, D.J., and T.N. Thrasher (1986). Hyperosmotic and hypervolemic thirst. In: The Physiology of Thirst and Sodium Appetite. *G. de Caro, A.N. Epstein, and M. Massi (Eds.). New York: Plenum Press, pp. 83-96*
29. Rehrer, N.J., E.J. Beckers, F. Brouns, F. Ten Moor, and W.H.M. Saris (1990). Effects of dehydration and gastrointestinal distress while running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22(6):790-795
30. Rolls, B. J., R. J. Wood, and E.T. Rolls (1980). Thirst: The initiation, maintenance, and termination of drinking. In: Progress of Psychobiology and Physiological Psychology. *J.M. Sprague and A.N. Epstein (Eds.). New York: Academic Press, pp. 263-321*
31. Ryan, A.J., G.P. Lamben, X. Shi, R.T. Chang, R.W. Summers, and C.V. Gisolfi (1998). Effect of hypohydration on gastric emptying and intestinal absorption during exercise. *J. Appl. Physiol.* 84(5): 1581-1588
32. Vist, G.E., and R.J. Maughan (1994). Gastric emptying of ingested solutions in man: Effect of beverage glucose concentration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26(10): 1269-1273
33. Vist, G.E., and R.J. Maughan (1995). The effect of osmolality and carbohydrate content on the rate of gastric emptying of liquids in man. *J. Physiol.* 486:523-531
34. Vist, G.E., and R.J. Maughan (1995). The effect of glucose and fructose solutions with and without sodium on gastric emptying and blood glucose concentration in man (Abstract). *J. Physiol.* 451:51
35. Zachwieja, J.L., D.L. Costill, G.C. Beard, R.A. Robergs, D.D. Pascoe, and D.E. Anderson (1992). The effects of a carbonated drink on gastric emptying, gastrointestinal distress, and exercise performance. *Int. J. Sports Nutr.* 2:239-250

Cita Original

Roben Murray, William Bartoli, John Stofan, Mary Hom, y Dennis Eddy. Comparación de las Características del Vacío Gástrico de Bebidas Deportivas Seleccionadas. Resúmenes del Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte □ Bases de Nutrición Deportiva para el Nuevo Milenio. Biosystem 48-56 (2000)