

Monograph

Ingesta de Carbohidratos y Ejercicio: Efecto del Contenido de Carbohidratos en la Bebida

R Murray¹, John G Seifert¹, Dennis E Eddy¹, Gregory L Paul¹ y George A Halaby¹¹Exercise Physiology Laboratory, John Stuart Research Laboratories, The Quaker Oats Company, Barrington, IL, USA.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue el de determinar el efecto de la ingesta de líquidos con distintos contenidos de carbohidrato sobre la respuesta sensorial, función fisiológica, y rendimiento deportivo durante 1.25 h de ciclismo intermitente en un medio ambiente cálido ($T = 33.4^{\circ}\text{C}$). Doce sujetos (7 Hombres, 5 Mujeres) completaron cuatro sesiones separadas de ejercicio; cada sesión consistió de 3 series de 20 min de ciclismo al 65 % del $\text{VO}_{2\text{máx}}$, con 5 min de descanso entre sí. Cada sesión de ejercicio fue finalizada con una prueba de ciclismo contra reloj (1200 revoluciones de pedal). Inmediatamente antes de la primer serie de 20 min de ciclismo y durante cada período de descanso (5 min), los sujetos consumieron 2.5 mL/kg de peso de agua (Placebo - PA), o soluciones al 6 %, 8 %, e 10 % de sucrosa con electrolitos (20 mmol/L Na^+ , 3.2 mmol/L K^+). Las bebidas fueron administradas en orden doble ciego, contrabalanceado. Los tiempos promedio (\pm DE) para la prueba de ciclismo a 1200 revoluciones difirió significativamente entre las condiciones experimentales: PA = 13.62 ± 0.33 min, (*) 6 % = 13.03 ± 0.24 min, 8 % = 13.30 ± 0.25 min, 10 % = 13.57 ± 0.22 min [(*) = diferente de PA y 10 %, $p < 0.05$]. En comparación con PA, la ingesta de bebidas con CHO resultó en mayores concentraciones de insulina y glucosa plasmática, y mayores valores del cociente respiratorio (R) durante los 20 min finales de ejercicio ($p < 0.05$). Los marcadores de la función fisiológica y la percepción sensorial cambiaron en forma similar durante el ejercicio; no se observaron diferencias entre los sujetos, en respuesta a los tratamientos con las bebidas, ni en los cambios en las concentraciones plasmáticas de lactato, sodio, potasio, o en los cambios del volumen y osmolaridad plasmáticos, temperatura rectal, frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, percepción del esfuerzo, o en los índices de malestar gastrointestinal, percepción de sed, y aceptación general de las bebidas. En comparación con la ingesta del PA, el consumo de bebidas que contenían 6 % a 10 % de sucrosa provocó respuestas fisiológicas y sensoriales similares, mientras que la ingesta de la bebida con 6 % de sucrosa resultó en un rendimiento significativamente mejor al final del ejercicio, luego de sólo 60 min de ejercicio intermitente en ciclismo.

Palabras Clave: ingesta de carbohidratos, reposición de fluidos, bebidas deportivas, ayudas ergogénicas, respuesta sensorial

INTRODUCCION

Para minimizar los efectos perjudiciales de la deshidratación como resultado del ejercicio intenso en el calor, se recomienda el consumo regular de líquidos (Colegio Americano de Medicina de Deporte, 1985). Si se va a consumir una solución con carbohidratos durante el ejercicio, ésta debería contener suficientes carbohidratos para I) aumentar las propiedades organolépticas de la bebida y motivar la ingesta continua de fluidos (Boulze et al., 1983; Hubard et al., 1984;

Lamb y Brodowicz, 1986; Murray, 1987), II) promover la absorción de líquidos y mantener las respuestas cardiovasculares y termorregulatorias relacionadas con los fluidos (Candas et al., 1986; Davis et al., 1988; Lamb y Brodowicz, 1986; Murray, 1987; Owen et al., 1986), y III) brindar suficientes sustratos exógenos para mejorar la producción de trabajo (Costill, 1988; Coyle y Coggan, 1984; Lamb y Brodowicz, 1986; Murray, 1987).

El consumo de bebidas que contienen demasiados carbohidratos teóricamente resultará en una demora significativa del vaciado gástrico, menos absorción de fluidos que lo óptimo, aumento del riesgo de malestares gastrointestinales, y compromiso de la función fisiológica (Davis et al., 1988; Lamb y Brodowicz, 1986; Murray, 1987). Hasta el momento no se conoce el contenido óptimo de carbohidratos para las bebidas que se consumen durante el ejercicio, y esto se debe en gran parte a que no han sido evaluadas en forma sistemática las respuestas fisiológicas, sensoriales, y de rendimiento a la ingesta de fluidos con distintos contenidos de carbohidratos. Es de interés práctico y científico conocer más acerca de los efectos de la ingesta de carbohidratos. Por ejemplo: ¿Hay relación entre la mejoría en el rendimiento físico con la cantidad de carbohidratos consumidos?; ¿si el rendimiento físico aumenta ingiriendo más carbohidratos, está más comprometido en el proceso la homeostasis fisiológica o la aceptación sensorial?; ¿puede provocar la ingesta de carbohidratos un mejor rendimiento deportivo, durante ejercicios que duran sólo 60 min? Para responder estas preguntas, nosotros estudiamos las respuestas fisiológicas, sensoriales, y de rendimiento a la ingesta de soluciones con 6 %, 8 %, y 10 % de sucrosa vs. un placebo con agua durante ejercicios en cicloergómetro en un ambiente caluroso.

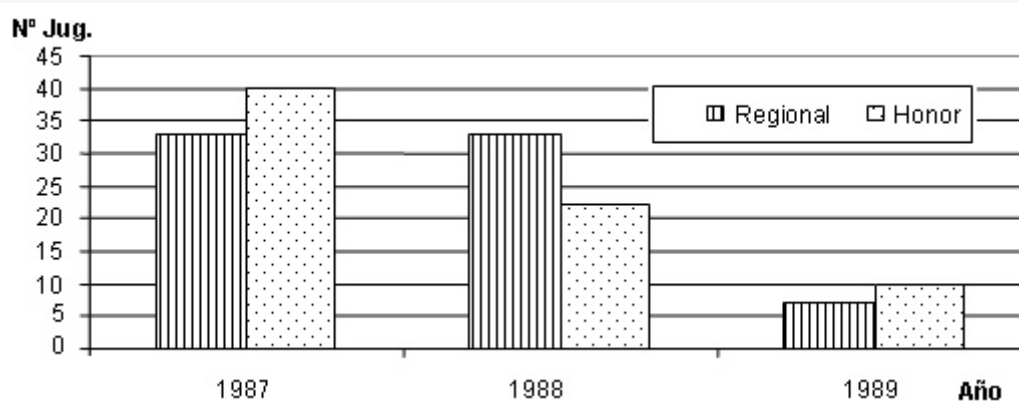
METODOS

Sujetos

Luego de ser informados sobre los riesgos asociados con el estudio, 12 adultos (7 hombres y 5 mujeres) moderadamente activos, dieron su consentimiento por escrito para participar en el mismo. Las medias (\pm DE) de los sujetos respecto del peso, estatura, edad, y máximo consumo de oxígeno fueron de 69.2 ± 4.2 kg, 1.73 ± 0.33 m, 30.7 ± 1.4 años, y 42.8 ± 1.8 mL/kg/min, respectivamente.

Familiarización y Pruebas Preliminares

El máximo consumo de oxígeno fue determinado utilizando un protocolo estándar progresivo (Murray et al., 1987) realizado en un cicloergómetro con cupla electromagnética (Conval 400, Quinton Instruments, Seattle, WA, USA). Para ayudar a reducir la variabilidad y el efecto del aprendizaje comúnmente asociados con la evaluación del rendimiento físico en el laboratorio, (Gleser y Vogel, 1971), se incluyeron tanto una sesión de familiarización, como una sesión experimental de práctica, para ambientar a los sujetos con las demandas y condiciones del protocolo experimental. Los sujetos no sabían que la primera sesión era un tratamiento de práctica en el cual todos ingerían un placebo con agua. Los datos recolectados durante los tratamientos de práctica no están incluidos en los resultados. Se les instruyó a los sujetos a continuar con su alimentación habitual entre los tests, y fueron alentados a mantener una dieta relativamente constante durante el día anterior a cada prueba. Las pruebas estuvieron separadas por un período promedio de ocho días (rango = 7 a 10 días) y los sujetos no realizaron actividades físicas el día anterior a cada test. Los sujetos se presentaban en el laboratorio a las 16.00 hs, no habiendo comido durante 4 hs. Posteriormente se les dio un desayuno y un almuerzo normal, los que proporcionaban un total de 4060 kJ.



Procedimiento Experimental

Se registró el peso corporal desnudo y se insertó un termómetro rectal a una profundidad de 10 cm, más allá del esfínter anal y fijado con una cinta adhesiva. Los sujetos usaron shorts, medias y zapatillas (las mujeres usaban una remera de algodón suelta). Se insertó un catéter calibre 20 en una vena superficial del antebrazo; para mantenerlo permeable se realizaron inyecciones periódicas de 10 unidades USP de heparina/mL de solución salina. Luego de la inserción del catéter venoso los sujetos entraban en un salón climatizado y permanecían descansando sentados durante 20 min. Las condiciones ambientales medias (\pm DE) fueron: WBGT = $24 \pm 0.2^\circ\text{C}$; Tdb = $33.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$; HR = 43.8 ± 0.9 %. Antes del ejercicio se registraron la frecuencia cardíaca y la temperatura rectal en reposo, y se extrajo una muestra sanguínea. Todas las muestras de sangre fueron recogidas sin estasis en tubos Vacutainer heparinizados de 10 mL, con el sujeto sentado.

Protocolo de Ejercicio

La Figura 1 ilustra el protocolo experimental. Los sujetos realizaron ejercicios al 65 % del VO_2 máx en un cicloergómetro con resistencia mecánica (Monark, modelo 868, Quinton Instruments, Seattle, WA, EEUU); cada serie era seguida por un período de descanso de 5 min. Durante los períodos de descanso los sujetos se sentaban en forma pasiva, mientras se calibraba la resistencia del cicloergómetro, y de ser necesario, se volvía a calibrar. Luego del último período de descanso de 5 min, los sujetos intentaban completar 1200 revoluciones de pedal lo más rápido posible. La resistencia era mantenida a una carga tal que provocaba el 65 % del VO_2 máx a 60 rpm. El número acumulativo de revoluciones del pedal derecho era mostrado en forma continua para que los sujetos pudieran observar su progreso. Como una motivación adicional para el esfuerzo máximo, se ofrecieron premios monetarios relacionados con los tiempos de rendimiento

Formulación y Administración de las Bebidas

Todas las bebidas tenían sabor a lima-limón. Las bebidas con 6%, 8 %, y 10 % de sucrosa contenían 20.0 mmol/L de Na^+ , 3.2 mmol/L de K^+ , y 11.8 mmol/L de Cl^- . El placebo era agua destilada, azucarada en forma artificial (Nutrasweet, G.D Searle), con una intensidad de endulzado similar a la bebida con 6 % de sucrosa. Las bebidas fueron administradas con un diseño doble ciego, contrabalanceado, siendo los sujetos su propio grupo control. Inmediatamente antes del comienzo del ejercicio y durante cada uno de los 3 períodos de reposo, los sujetos consumieron 2.5 mL de bebida/kg de peso corporal (media = 174 ± 6 mL por ración). Todas las bebidas eran servidas frías (8°C) y consumidas en las botellas estándar que se usan en las bicicletas. El volumen y el momento del consumo de la bebida se establecieron de acuerdo a las recomendaciones publicadas para la reposición de líquidos durante ejercicios en el calor (Colegio Americano de Medicina del Deporte, 1985). Este régimen resultó en un consumo total promedio de 692 ± 42 mL de fluidos y una cantidad de 0.0 g, 41.5 ± 6.0 g, 55.3 ± 8.0 g y 69.2 ± 10 g de sucrosa para las soluciones PA, y al 6 %, 8 %, y 10 % de sucrosa, respectivamente

Mediciones Metabólicas, Cardiovasculares y Termorregulatorias

Se recolectaron muestras de aire espirado en la mitad de cada serie de ciclismo de 20 min, cuando se alcanzaba un estado de equilibrio con la carga (estado estable); las mismas fueron analizadas en la forma descripta previamente (Murray et al., 1987).

Se registró la frecuencia cardíaca (Monitor de frecuencia cardíaca Exersentry, Computer Instruments Corp., Hempstead, NY, EEUU), la temperatura rectal (Teletermómetro YSI modelo 47, Yellow Springs, OH), y el índice de esfuerzo percibido (Escala de Borg) como se ilustra en la Figura 1.

Mediciones Sensoriales

A los 5 min de cada serie de 20 min en estado estable, los sujetos completaron un breve cuestionario (ver Figura 2) que evaluaba la respuesta al consumo de la bebida, percibida sensorialmente. Se les pedía que calificaran la percepción de la sed, náuseas, distensión estomacal, dolor estomacal, intensidad de la dulcificación de la bebida, y aceptación general de la misma. Esta técnica de calificación se utiliza frecuentemente en la evaluación de las percepciones sensoriales de la ingesta de alimentos y líquidos (Peryam y Pilgrim, 1957; Sociedad Americana para la Evaluación y Materiales, 1968).

Análisis Sanguíneo

Las muestras de sangre fueron analizadas por duplicado para la evaluación del hematocrito (técnica de microhematocrito), hemoglobina (espectrofotómetro de reflectancia Ames Seralyzer, División Ames, Laboratorio Miles Elkhart, IN, USA), y

lactato (Analizador YSI modelo 27, Yellow Springs, OH, USA). Los cambios en el volumen plasmático fueron calculados a partir de los valores de hemoglobina y hematocrito (Dill y Costill, 1974). Las muestras plasmáticas fueron analizadas para conocer los niveles de glucosa (espectrofotómetro de reflectancia Ames Seralyzer, División Ames, Lab. Miles, Elkhart, IN, USA), insulina (Series Minaxi Auto-Gamma 5000, Packard Instrument Company, Downers Grove, II, USA), osmolaridad (micro-osmómetro modelo 3MO, Advanced Instruments Inc., Needham Heights, MA, USA), sodio y potasio (Fotómetro de llama modelo 943, Instrumentation Laboratory, Lexington, MA, USA).

Análisis Estadísticos

Los datos fueron analizados a través de análisis de variancia ANOVA de una vía, para mediciones repetidas. Cuando se obtenían valores F significativos, se utilizaba el procedimiento de Student Newman-Keul para comparaciones *post-hoc* entre medias individuales. Las diferencias entre las medias se asumieron como significativas cuando $p < 0.05$.

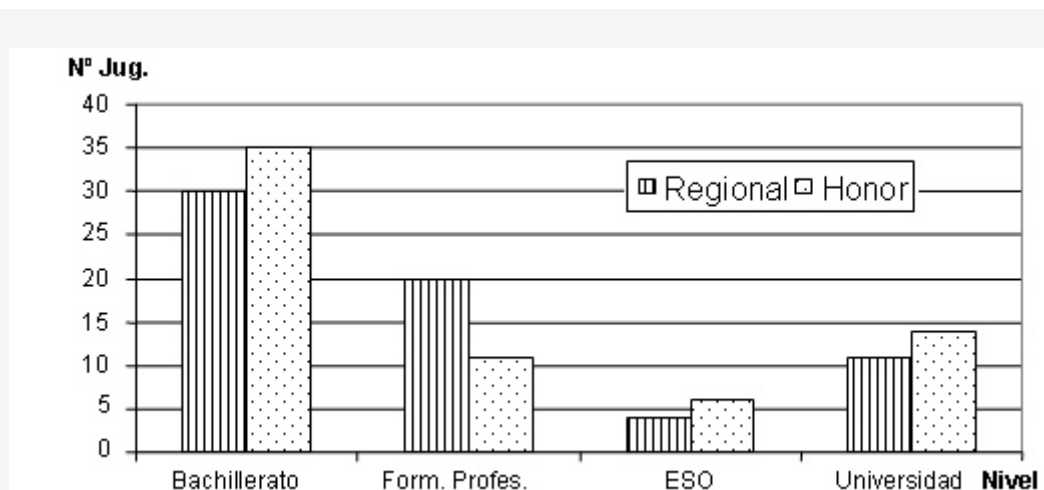


Figura 2. Cuestionario de respuesta sensorial. Los números entre paréntesis denotan el valor numérico asignado durante la recolección de datos.

RESULTADOS

Rendimiento en las Pruebas de Ciclismo

Los valores medios (\pm DE) de los tiempos para las series de 1200 revoluciones fueron: PA= 13.62 ± 0.33 min, 6 % = 13.03 ± 0.24 min, 8 % = 13.30 ± 0.25 min, 10% = 13.57 ± 0.22 min. Con el tratamiento de 6 % de sucrosa, los sujetos completaron la serie significativamente más rápido que con los tratamientos de 10 % de sucrosa y PA. El tiempo medio de rendimiento para el tratamiento con 8 % de sucrosa no fue estadísticamente diferente al de los otros tratamientos

Cambios en el Peso Corporal

El peso corporal disminuyó en promedio 0.67 ± 0.01 kg, equivalente a un porcentaje medio de disminución en el peso de 1.00 ± 0.14 %. No se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos

Respuesta Metabólica, Circulatoria y Termorregulatoria

El consumo de oxígeno se mantuvo entre el 62 y el 68 % del $VO_{2\text{máx}}$ durante las tres series de ciclismo de 20 min. No se observaron diferencias en el consumo de oxígeno en respuesta al tratamiento con las bebidas. Tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, en los cambios de volumen y osmolaridad plasmáticos, o en la frecuencia cardíaca (Figura 3). Durante la serie final de 20 min, el CR (Figura 3) asociado con el tratamiento con 10 % de sucrosa fue significativamente mayor que para los otros tratamientos (10 % = 0.911; 8 % = 0.892; 6 % = 0.897; PA= 0.868), y los valores medios de CR para los tratamientos con 6 % y 8 % de sucrosa fueron significativamente más elevados que para PA. Los cambios en la concentración media de sodio y potasio plasmáticos no fueron afectados por el tratamiento con las distintas bebidas.

La elevación de la temperatura rectal promedio fue similar entre los tratamientos, aumentando aproximadamente de 37.3°C en reposo a 38.4°C, durante la última parte de la serie de ejercicio.

Glucosa plasmática, insulina, y lactato.

En la Figura 4 se muestran los cambios en la glucosa e insulina plasmáticas, y en el lactato sanguíneo. No es sorprendente que la ingesta de bebidas con carbohidratos haya provocado mayores niveles de glucosa e insulina plasmáticas que los que resultaron por la ingesta de PA. Los valores medios de glucosa plasmática no cayeron por debajo de los 4.6 mmol/L, y ninguno de los tratamientos produjo, ni los sujetos experimentaron hipoglucemia, ni siquiera leve (e.g., glucosa plasmática < 3.3 mmol/L), durante el ejercicio. El lactato sanguíneo varió de manera similar entre los tratamientos; no observándose diferencias significativas.

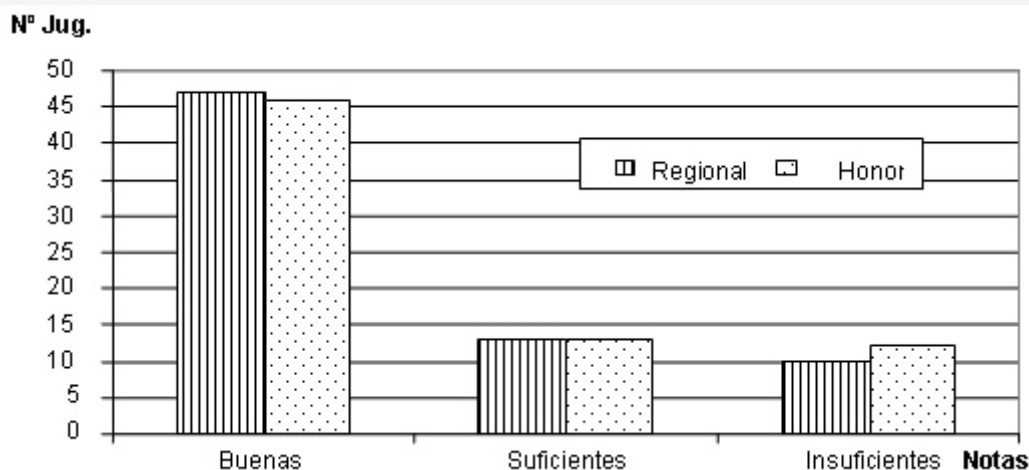


Figura 3. Índice de intercambio respiratorio (R), % de cambios en el volumen plasmático, osmolaridad plasmática, y frecuencia cardiaca, en reposo y durante el ejercicio. (a) = 10% sucrosa > 8% y 6 % sucrosa > placebo con agua, $p < 0.05$. Las curvas ondulatorias fueron producidas por una interpolación de ajuste cúbica de los puntos que graficaban los datos

Respuesta sensorial

El índice de esfuerzo percibido, la sed percibida, la aceptación en general de la bebida, y los índices de molestias gastrointestinales (náuseas, distensión o repleción abdominal, dolor de estómago; Tabla 1), variaron en forma similar entre los tratamientos. A pesar de que los sujetos fueron capaces de distinguir las bebidas más dulces de las menos dulces (Tabla 1), las tasas de percepción del sabor no influyeron en las tasas de aceptación general, ya que todas las bebidas fueron calificadas en el rango de “me gusta un poco”.

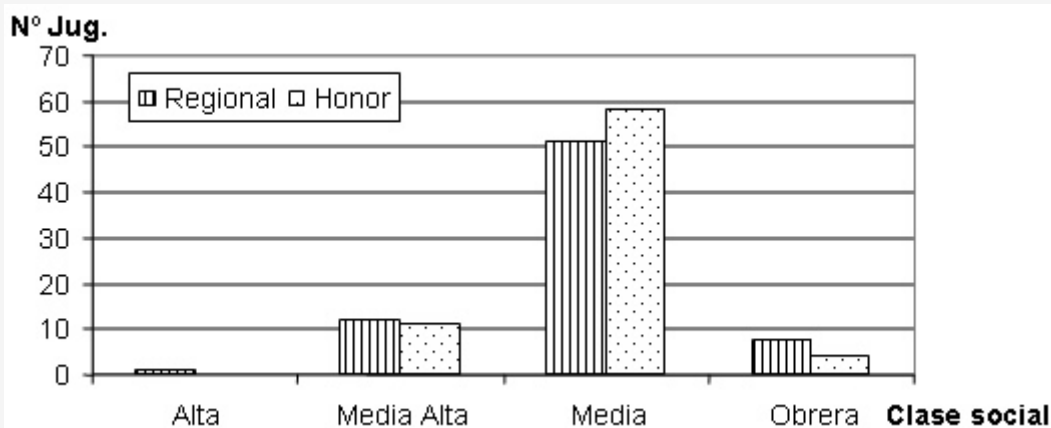


Figura 4. Valores de glucosa e insulina plasmáticas, y lactato sanguíneo durante el reposo y el ejercicio. (a) = todas las bebidas con

sucrosa > placebo con agua; (b)= 8% y 6% sucrosa > placebo con agua; (c) = 8 % sucrosa > 10% y PA; (d)= 10% y 8% sucrosa > PA. Las curvas ondulatorias fueron producidas por una interpolación de ajuste cúbica de los puntos, que graficaban los datos.

Series de Ciclismo de 20 minutos			
RPE (Escala de Borg)			
PA	10.8(0.5)	12.4(0.4)	13.9(0.3)
6%	10.6(0.6)	12.3(0.4)	13.2(0.3)
8%	10.6(0.5)	12.6(0.3)	13.8(0.3)
10%	10.5(0.5)	12.3(0.4)	13.3(0.4)
Sed (1 = nada de sed; 5 = muy sediento)			
PA	2.6 (0.3)	2.8(0.3)	3.3(0.3)
6%	2.7(0.2)	2.9(0.2)	3.3(0.3)
8%	2.7(0.2)	3.0(0.2)	3.1(0.2)
10%	2.4(0.3)	2.7(0.3)	3.4(0.3)
Grado de dulzura (1 = para nada dulce; 5 = muy dulce)			
PA	3.3(0.2)	3.3(0.3)	3.3(0.3)
6%	3.1(0.2)	3.0(0.3)	3.0(0.3)
8%	3.4(0.2)	*3.5(0.2)	3.3(0.3)
10%	3.9(0.3)	*4.0(0.3)	3.8(0.2)
Náuseas (1 = sin náuseas; 5 = con muchas náuseas)			
PA	1.1(0.1)	1.2(0.1)	1.1(0.1)
6%	1.1(0.1)	1.1(0.1)	1.2(0.1)
8%	1.2(0.2)	1.1(0.1)	1.2(0.2)
10%	1.0(0.1)	1.2(0.2)	1.3(0.1)
Distensión (1 = para nada distendido; 5 = muy distendido)			
PA	1.3(0.2)	1.3(0.2)	1.3(0.1)
6%	1.1(0.1)	1.3(0.1)	1.3(0.2)
8%	1.2(0.1)	1.1(0.1)	1.4(0.3)
10%	1.3(0.1)	1.3(0.2)	1.3(0.2)
Dolor de estómago (1 = sin dolor; 5 = con mucho dolor)			
PA	1.1(0.1)	1.2(0.1)	1.1(0.1)
6%	1.2(0.1)	1.0(0.0)	1.2(0.1)
8%	1.0(0.0)	1.0(0.0)	1.3(0.2)
10%	1.0(0.0)	1.0(0.0)	1.1(0.1)
Aceptación de la bebida (1 = disgusta en extremo; 9 = gusta en extremo)			
PA	6.0(0.3)	5.7(0.3)	6.1(0.2)
6%	6.0(0.2)	5.8(0.2)	6.2(0.2)
8%	6.2(0.3)	6.3(0.3)	6.1(0.3)
10%	5.8(0.4)	5.9(0.5)	5.5(0.3)

Tabla 1. Percepciones sensoriales del esfuerzo, características de la bebida, y confort gastrointestinal durante el ejercicio. Todos los valores representan la media (\pm DE). (*) Valores significativamente mayores que 6 %, $p < 0.05$.

DISCUSION

El efecto ergogénico del consumo de carbohidratos ha sido demostrado experimentalmente, utilizando una variedad de métodos para medir el rendimiento físico. Estos métodos incluyen I) medición del tiempo hasta el agotamiento, durante o luego de ejercicios prolongados de caminatas, carreras, o ciclismo (Bjorkman et al., 1984; Coggan y Coyle, 1987; Coyle et al., 1983; Coyle et al., 1986; Fielding et al., 1985; Hargreaves et al., 1984; Ivy et al., 1983); II) medición de la cantidad de trabajo realizado en un período determinado de tiempo (Mitchell et al., 1988); o III) medición del tiempo necesario para

completar una tarea determinada (Murray et al., 1987), como en este estudio.

La observación que la ingesta de carbohidratos está asociada con el aumento del rendimiento físico durante ejercicios prolongados, ha sido interpretada como indicativo de que los carbohidratos exógenos pueden servir como combustible suplementario en el momento en que las reservas de glucógeno muscular se vuelven limitadas (Coyle et al., 1986). En realidad, a menudo, se reporta que el rendimiento físico mejora cuando se evita la disminución de glucosa sanguínea a través de la ingesta de carbohidratos (Bjorkman et al., 1984; Coyle et al., 1983; Coyle et al., 1986; Ivy et al., 1979; Murray et al., 1987). Las reducciones de glucosa sanguínea pueden provocar una disminución en el consumo de glucosa muscular, disminución en la tasa de oxidación de carbohidratos, y reducción en el rendimiento físico (Coggan y Coyle, 1987; Coyle et al., 1986). Por el contrario, el aumento en la producción de esfuerzo se corresponde bien con valores elevados del CR como resultado de la ingesta de carbohidratos (Coggan y Coyle, 1987; Coyle et al., 1986; Ivy et al., 1983; Neuffer et al., 1987).

En el presente estudio, en comparación con la ingesta de agua del grupo placebo, el consumo de bebidas con sucrosa produjo valores significativamente mayores de glucosa plasmática y CR, durante los 20 min finales del ciclismo en estado estable. Sin embargo, sólo el tratamiento con 6 % de sucrosa estuvo asociado con tiempos de rendimiento significativamente más rápidos. A la luz de niveles normalmente mantenidos de glucosa plasmática y valores de CR comparativamente altos, es difícil discernir por qué la ingesta de bebidas con 8 % y 10 % de sucrosa no estuvo asociada con mejores rendimientos. Desafortunadamente, los datos no son ilustrativos a este respecto. Posiblemente, otros factores, además de los asociados con la disponibilidad y utilización de carbohidratos, podrían influir en la capacidad para realizar un ejercicio de alta intensidad bajo estas circunstancias.

Las molestias gastrointestinales, las mayores reducciones en el volumen plasmático, y las temperaturas rectales más elevadas, son factores que podrían perjudicar considerablemente el rendimiento físico (Davis et al., 1988; Lamb y Brodowicz, 1986; Murray et al., 1987). En el presente estudio, ninguno de los tratamientos con fluidos estuvo asociado con respuestas sensoriales o fisiológicas que pudieran haber influido negativamente en el rendimiento. Si bien podrían diferir las respuestas sensoriales y fisiológicas asociadas con el consumo de líquidos durante ejercicios de mayor duración, aparentemente bajo las condiciones impuestas por este estudio, las soluciones con sucrosa fueron bien toleradas, tanto desde el punto de vista sensorial como fisiológico. Estos resultados son consistentes con los de investigaciones previas que demuestran que la ingesta de agua o bebidas que contienen hasta 10 % de carbohidratos producen respuestas cardiovasculares y termorregulatorias similares durante ejercicios en el calor (Candas et al., 1986; Costill et al., 1970; Davis et al., 1988; Murray et al., 1987; Owen et al., 1986). Es interesante la observación de que la ingesta de una bebida con 6 % de sucrosa resultó en un mejor rendimiento físico, durante sólo 60 min de ciclismo intermitente, ya que se creía que el consumo de carbohidratos sólo era beneficioso durante eventos en los cuales las reservas de glucógeno muscular y hepático eran limitadas, o sea, durante ejercicios de resistencia que duraban más de 90 a 120 min (Coyle y Coggan, 1984; Costill, 1985; Evans y Hughes, 1985). Considerando que los sujetos en este estudio se habían presentado sin comer durante las 4 h anteriores a realizar el ejercicio de ciclismo de duración e intensidad moderadas, es probable que la mejoría en el rendimiento que acompaña a la ingesta de carbohidratos no esté necesariamente limitada a aquellas ocasiones en que las reservas de glucógeno muscular están deprimidas. A la luz de las observaciones de este y otros estudios (Coyle et al. 1983; Coyle et al., 1986; Murray et al., 1987; Owen et al., 1986) se deberían modificar las recomendaciones de que "solo se debe ingerir durante el ejercicio de corta duración, agua o soluciones muy diluidas de carbohidratos" (i.e., menos de 2.5 % de CHO; Asociación Dietética Americana, 1987; Costill y Saltin, 1974; Foster et al., 1980), y que la ingesta de carbohidratos es necesaria solamente durante ejercicios prolongados (i.e., > a 90 min.; Asociación Dietética Americana, 1987). En resumen, los resultados de este estudio indican que el consumo de agua (placebo) y de bebidas que contienen 6 %, 8 %, y 10 % de carbohidratos (sucrosa) provocan similares respuestas sensoriales y fisiológicas, pero solo la bebida con 6 % de CHO mejoró el rendimiento físico. Se deben buscar mejores fundamentos del porqué el rendimiento físico está influenciado por la tasa de ingesta de carbohidratos, así como por su tipo, para dilucidar los mecanismos actuales por los que el consumo de CHO durante el ejercicio sirve para aumentar el rendimiento. Sin embargo, es claro que el aumento en la tasa de ingesta de CHO superior a 45 gr/h no mejoró, y hasta podría perjudicar de alguna manera el rendimiento físico en este estudio. Es probable, que para mantener el nivel de esfuerzo actúen respuestas heterogéneas a la ingesta de CHO. Se debería estudiar la protección del glucógeno muscular y hepático, la oxidación de carbohidratos aumentada, las alteraciones en el metabolismo de las grasas, el mantenimiento de la glucosa plasmática, y otras posibilidades fisiológicas y bioquímicas para entender mejor cómo el consumo de carbohidratos mejora el rendimiento físico.

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine (1985). The prevention of thermal injuries during distance running. *American College of Sports Medicine, Position Stands and Opinión Statements (1975-1985)*. ACSM, Indianapolis, USA
2. American Dietetic Association (1987). Position of the American Dietetic Association: Nutrition for physical fitness and athletic performance for adults. *J Am Diet Assoc* 87: 933-939
3. American Society for Testing and Materials (1968). Manual on Sensory Testing Methods. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA, USA
4. Bjorkman O, Sahlin K, Hagenfeldt, L, Wahren J (1984). Influence of glucose and fructose ingestion on the capacity for long-term exercise in well-trained men. *Clin Physiol* 4:483-494
5. Boulze D, Monstruc P, Cabanao M (1983). Water intake, pleasure and water temperature in humans. *Physiol Behav* 30: 97-102
6. Candas V, Lipert JP, Brandenberger G, Sagot JC, Amoros C, Kahn JM (1986). Hydration during exercise: effects on thermal and cardiovascular adjustments. *Eur J Appl Physiol* 55: 113-122
7. Coggan AR, Coyle EF (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J Appl Physiol* 63: 2388-2395
8. Costill DL (1985). Carbohydrate nutrition before, during, and after exercise. *Fed Proc* 44: 364-368
9. Costill DL (1988). Carbohydrate for exercise: dietary demands for optimal performance. *Int J Sports Med* 9: 1-18
10. Costill DL, Saltin S (1974). Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 37: 679-683
11. Costill DL, Kammer WF, Fisher A (1970). Fluid ingestion during distance running. *Arch Environ Health* 21: 520-525
12. Coyle EF, Coggan AR (1984). Effectiveness of carbohydrate feeding in delaying fatigue during prolonged exercise. *Sports Med* 1:446-458
13. Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrates. *J Appl Physiol* 61: 165-172
14. Coyle EF, Hagberg JM, Hurley BF, Martin WH, Ehsani AA, Holloszy JO (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol* 55:230-235
15. Davis JM, Lamb DR, Burgess WA, Bartoli WP (1987). Accumulation of deuterium oxide in body fluids after ingestion of D₂O-labelled beverages. *J Appl Physiol* 63: 2060-2066
16. Davis JM, Burgess WA, Slentz CA, Bartoli WP, Pate RR (1988). Effects of ingesting 6% and 12% glucose-electrolyte beverages during prolonged intermittent cycling exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol* 57: 563-569
17. Dill DB, Costill DL (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* 37: 247-248
18. Evans WJ, Hughes VA (1985). Dietary carbohydrates and endurance exercise. *Am J Clin Nutr* 41: 1149-1154
19. Fielding RA, Costill DL, Fink WJ, King DS, Hargreaves M, Kowaleski JE (1985). Effect of carbohydrate feeding frequencies and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 17: 472-475
20. Foster C, Costill DL, Fink WJ (1980). Gastric emptying characteristics of glucose and glucose polymers. *Res Quart Exerc Sport* 51: 299-305
21. Gleser MA, Vogel JA (1971). Endurance exercise: effect of work-rate schedules and repeated testing. *J Appl Physiol* 31: 735-739
22. Hargreaves M, Costill DL, Coggan AR, Fink WJ, Nishibata I (1984). Effect of carbohydrate feedings on muscle glycogen utilization and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 16: 219-222
23. Hubbard RW, Sandick BL, Matthew WT, Francesconi RP, Sampson JB, Durkot MJ, Maller O, Engell DB (1984). Voluntary dehydration and alliesthesia for water. *J Appl Physiol* 57: 868-875
24. Ivy JL, Costill DL, Fink WJ, Lower RW (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 11:6-11
25. Ivy JL, Miller W, Dover V, Sherman WM, Farrell S, Williams H (1983). Endurance improved by ingestion of a glucose polymer supplement. *Med Sci Sport Exerc* 15: 466-471
26. Lamb DR, Brodowicz GR (1986). Optimal use of fluids of varying formulation to minimize exercise-induced disturbances in homeostasis. *Sports Med* 3: 247-274
27. Mitchell JB, Costill DL, Houmard JA, Flynn MG, Fink WJ, Beltz JD (1988). Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 20: 110-115
28. 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
29. Murray R, Eddy DE, Murray TW, Seifert JG, Paul GL, Halaby GA (1987). The effect of fluid and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc* 19: 597-604
30. Neuffer PD, Costill DL, Flynn MG, Kirwan JP, Mitchell JB, Houmard J (1987). Improvements in exercise performance: effects of carbohydrate feeding and diet. *J Appl Physiol* 62: 983-988
31. Owen MD, Kregel KC, Wall PT, Gisolfi CV (1986). Effects of carbohydrate ingestion on thermoregulation, gastric emptying and plasma volume during exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 18: 568-575
32. Peryam DR, Pilgrim FJ (1957). Hedonic scales of measuring food preferences. *Food Technol* 9: 11

Cita Original

Roben Murray, John G. Seifert, Dennis E. Eddy, Gregory L. Paul, George A. Halaba. Ingesta de Carbohidratos y Ejercicio: Efecto del Contenido de Carbohidratos en la Bebida. Resúmenes del Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte □ Bases de Nutrición Deportiva para el Nuevo Milenio. Biosystem 40-47 (2000)