PubliCE, (PubliCE) 2000

Monograph

Efectos de la Ingesta de Carbohidratos o Carbohidratos más Triacilglicéridos de Cadena Media sobre el Rendimiento en una Prueba de Ciclismo

Mark Hargreaves[2], Damien J Angus[1], Jane Dancey[1] y Mark A Febbraio[1]

[1]*Exercise Physiology and Metabolism Laboratory, Department of Physiology, The University of Melbourne, Parkville, Victoria 3052.*
[2]*School of Health Sciences, Deakin University, 221 Burwood Highway, Burwood, Australia, 3125.*

RESUMEN

Este estudio examinó la efectividad de la ingesta de carbohidratos o carbohidratos+triacilglicéridos de cadena media (MCT) sobre el metabolismo y el rendimiento en ciclismo. Ocho hombres entrenados en resistencia [consumo de O_2 pico =4.71±0.09(EE)l/min] completaron 35kJ/kg tan rápido como fuera posible [prueba de tiempo (TT)] a la vez que consumían 250ml/ 15min de una solución a base de carbohidratos (C) al 6% (peso/volumen), una solución al 6% de carbohidratos+4.2% de MCT (C+M) o placebo dulce (P). El tiempo para completar la cantidad de trabajo establecido se redujo tanto con el consumo de C como con el consumo de C+M en comparación con P en un 7 y 5%, respectivamente (C: 166±7min; C+M: 169±7min; P: 178±11min; $p<0.01$). La concentración de glucosa plasmática se mantuvo en o por encima de los valores de reposo a través de las pruebas cuando se consumió tanto C como C+M, pero descendió ($p<0.05$) por debajo de los valores de reposo en P hacia el final de la TT. La tasa estimada de oxidación de carbohidratos no fue diferente durante los primeros 90 minutos de ejercicio, pero a partir de allí se redujo ($p<0.05$) en P y se mantuvo tanto en C como en C+M. Estos datos demuestran que la ingesta de carbohidratos durante el ejercicio mejora el rendimiento en una TT de 100km en comparación al placebo dulce, pero la administración de MCT no proporciona ninguna mejora adicional en el rendimiento.

Palabras Clave: ejercicio de resistencia, glucosa

INTRODUCCIÓN

Durante el ejercicio prolongado de resistencia, el cuerpo debe manejar cuidadosamente el equilibrio entre la disponibilidad de sustratos y la utilización de combustibles. Las reservas musculares y hepáticas de glucógeno son relativamente pequeñas, y la deplección de estas reservas ha sido asociada con la fatiga durante ejercicios con carga constante (3, 7). No es sorprendente que las investigaciones se hallan enfocado en las estrategias de ingesta de carbohidratos (CHO) durante el

ejercicio, las cuales han mostrado mantener las tasas de oxidación de CHO, evitar la hipoglucemia e incrementar significativamente el rendimiento durante el ejercicio (3-5, 7, 8, 22-24). En algunos estudios previos, la medición del rendimiento fue el tiempo de ejercicio hasta que el sujeto fuera incapaz de mantener una producción de potencia deseada (3-5, 7, 8). Esta medición del rendimiento no refleja con precisión un ambiente competitivo convencional, en el cual debe completarse una distancia lo más rápidamente posible.

Un estudio reciente (19) examinó los efectos de la ingesta de CHO durante una prueba de laboratorio de ciclismo prolongado (TT) (2.5hs) en atletas bien entrenados. Los autores reportaron que la ingesta de CHO, en comparación con la ingesta de un placebo dulce, durante los 100km de ciclismo prolongado no mejoró el rendimiento. Además, en comparación con la ingesta de CHO, en ningún momento durante la prueba con placebo el nivel de glucosa plasmática promedio cayó por debajo de los 4.5mmol/l, ni hubo alguna diferencia significativa en el índice de intercambio respiratorio (RER). Estos resultados sugieren que durante una TT prolongada, la disponibilidad de CHO no limita el rendimiento (19). Estos hallazgos están en contraste con los resultados de otros estudios de ingesta de CHO, en los cuales la medida de rendimiento utilizada fue el tiempo hasta el agotamiento (3-5, 7, 8) o una corta TT subsiguiente a un período de ejercicio en estado estable (9, 10, 22-24). Esta discrepancia en la literatura publicada sugiere que la administración de CHO no mejora el rendimiento en el ejercicio prolongado en cualquier circunstancia.

Recientemente, se ha desarrollado la idea de que la ingesta de triacilglicéridos de cadena media (MCT) podría ser un medio de mejorar el rendimiento durante eventos prolongados de ejercicios de resistencia. Los MCT son líquidos a temperatura ambiente y se ha hallado que luego de la ingesta estos son rápidamente degradados en glicerol y tres ácidos grasos de cadena media en el intestino delgado (1). A diferencia de los ácidos grasos de cadena larga (C_{16-20}), los ácidos grasos de cadena media (C_{8-10}) exhiben una mayor solubilidad en agua y son transportados dentro de la mitocondria independientemente de la carnitina y han mostrado una mayor tasa de vaciado gástrico en reposo en comparación con bebidas isocalóricas de CHO (2). Además, en la absorción hacia la circulación, los MCT muestran una más rápida oxidación tanto durante el reposo (21), como durante el ejercicio (15, 20), en comparación con los ácidos grasos de cadena larga. Varios estudios previos han examinado los efectos de dosis en bolo de MCT antes de la realización de ejercicios submáximos (14, 15, 27) o de 30min de ejercicios de alta intensidad (13). En estos estudios no se reportaron cambios en la utilización de substratos (13-15, 27) ni mejoras en el tiempo de ejercicio hasta el agotamiento (27). Además, se ha reportado que la ingesta en forma de bolo con más de 30g de MCT produce problemas gastrointestinales (GI), tales como retortijones o disconfort (14). La alimentación de los sujetos durante el ejercicio permite que una mayor cantidad de MCT sea transportada en dosis pequeñas más frecuentes, reduciendo la probabilidad de distrés gastrointestinal. Massicotte y cols. (20) demostraron que durante 2hs de ejercicio al 65% del consumo de O_2 pico (VO_2 pico), los MCT ingeridos pueden ser oxidados, contribuyendo en una proporción similar al gasto energético total que la ingesta de una bebida isocalórica a base de CHO. Durante la última hora de un período de 3hs de ciclismo al 50% de la tasa máxima de trabajo, se ha hallado que cuando se ingirieron MCT con CHO, la contribución de la oxidación de los MCT al gasto energético total se incremento desde 3.2 hasta 6.4% (16).

Solo dos estudios han examinado la ingesta de MCT y CHO durante el ejercicio y el subsiguiente rendimiento en una TT. Van Zyl y cols. (28) hallaron que la ingesta de una bebida con el 4.3% de MCT+10% de CHO durante 2hs de ejercicio al 60% del VO_2 pico mejoró el rendimiento en una subsiguiente TT de 40km, en comparación con la ingesta de una solución a base de CHO. Los autores observaron que la ingesta de grandes cantidades de MCT (~85g) durante el período de ejercicio en estado estable incrementó la concentración de ácidos grasos libres (FFA) reduciendo la oxidación de CHO y provocando un ahorro de las reservas de glucógeno, lo que resultó en la mejora del rendimiento en la TT. En contraste, un estudio reciente (17) adoptó un diseño de investigación similar pero no se observó una elevación significativa de los FFA, ni un incremento en la incidencia de retortijones gastrointestinales o una mejora en el subsiguiente rendimiento con la administración de MCT+CHO. El propósito de el presente estudio fue comparar la ingesta de una solución a base de CHO o a base de CHO+MCT con la ingesta de placebo dulce durante una prueba de ciclismo de 100km simulados (2.5 a 3hs). Este protocolo podría determinar si los beneficios favorables de la ingesta de CHO+MCT sobre el rendimiento pueden ser replicados cuando se somete a los sujetos a que pedaleen durante toda la prueba experimental, en lugar de realizar una prueba subsiguiente a un período de ejercicio de baja intensidad y en estado estable. A pesar de que los productos que contienen MCT ya están comercialmente disponibles, no hay ningún estudio hasta la fecha que halla examinado la efectividad de esta supuesta ayuda ergogénica a una intensidad de ejercicio sostenida similar a la de los eventos competitivos de resistencia. Además, la ingesta de MCT se ha asociado con el distrés gastrointestinal (14, 17), y esto puede afectar adversamente al rendimiento en una TT, debido a que una alta intensidad de ejercicio (>70% del VO_2 pico) reduce el flujo sanguíneo esplánico hacia el tracto gastrointestinal (26). Nosotros planteamos que la ingesta de CHO produciría un menor tiempo en la prueba de rendimiento, pero que la adición de MCT a la bebida ingerida no produciría un aumento adicional en el rendimiento durante el ejercicio.

MÉTODOS

Sujetos

Ocho ciclistas/triatletas entrenados en resistencia [22±0.5 años; 72±2kg; 177±1cm; VO_2 pico= 4.71±0.09(EE)l/min] se ofrecieron voluntariamente para servir como sujetos en esta investigación, la cual fue aprobada por el Comité de Etica para la Investigación Humana de la Universidad de Melbourne. Los sujetos fueron completamente informados acerca de los procedimientos y riesgos asociados con el estudio, tanto verbalmente como por escrito. Todos los sujetos completaron un cuestionario médico y dieron su consentimiento por escrito. Para determinar el VO_2 pico cada sujeto realizo una prueba de ciclismo progresivo (Lode, Groningen, Holanda) hasta el agotamiento al menos 7 días antes de la primer prueba experimental.

Protocolo Pre-Experimental

Los sujetos fueron provistos con una ración de alimentos (~15.36 MJ, 71% CHO, 15% proteínas, 14% grasas) para las 24hs previas a la prueba experimental. Fueron instruidos para adherirse estrictamente a la dieta, consumir agua ad libitum, y de abstenerse de realizar ejercicios, consumir alcohol, tabaco y cafeína en este período. En la mañana de la prueba, los sujetos arribaron al laboratorio 2hs después del desayuno (1.3 MJ, 66% CHO) similar a la que se consume antes de una competencia (2 barras de muesli, 250ml de jugo de naranja y 300ml de agua). Hemos hallado que este ejercicio previo a la prueba y el control del estilo de vida resultaron en niveles hormonales y de metabolitos reproducibles en todos los sujetos antes de cada prueba experimental (ver valores basales).

Pruebas Experimentales

Los sujetos fueron pesados en el momento en que arribaron al laboratorio, y se les insertó un catéter (Turumo, Toyko, Japan) en la vena antecubital de uno de los antebrazos para la recolección de muestras de sangre. El peso registrado durante la primera prueba fue utilizado para calcular la carga requerida para todas las pruebas. Luego de una entrada en calor de 5min a una carga fija de 200W, el ergómetro fue puesto en el modo en el cual la producción de potencia dependía de la frecuencia de pedaleo. Con este modo en el ergómetro, un incremento en la cadencia de pedaleo resultaba en una elevación proporcional en la carga requerida. Los sujetos tenían que completar 35kJ/kg de peso corporal “tan rápido como fuera posible” en cada prueba. Durante la TT el trabajo total completado por el sujeto fue registrado cada 15min. Para reproducir el ambiente de la competencia en el laboratorio, los sujetos fueron recompensados por disminuir el tiempo en cada TT como una alternativa para incentivar a los sujetos a completar las pruebas en el tiempo más corto posible. Además, se tuvo cuidado de estimular a cada sujeto de manera similar por el mismo investigador en cada prueba. Todas las pruebas fueron realizadas en condiciones ambientales templadas (20-22ºC) y se utilizó un ventilador eléctrico para hacer circular el aire y de esta manera minimizar el estrés térmico. A los sujetos se les proporcionó 250ml de la bebida correspondiente para el test al comienzo del ejercicio y 250ml cada 15 minutos hasta el final de la TT.

Bebidas

La bebida proporcionada a los sujetos consistió de una solución al 6% (peso/volumen) de CHO (C; Gatorade, Quaker Oats); una solución al 6% de CHO más 4.3% de MCT (C+M; Mead Johnson); o placebo dulce (P, bebida dietética suave sin gas). El líquido de los MCT comprendió triacilglicéridos que contenían 71% de ácido caprilico (C_8) y 23% de ácido cáprico (C_{10}). Todas las soluciones tenían sabor a limón (para disimular la adición de CHO y MCT), estaban bien mezcladas y no contenían gas. En las tres pruebas experimentales las bebidas fueron administradas en un envase opaco de manera aleatoria doble ciego.

Medición de la Frecuencia Cardiaca y del Intercambio de Gases

Cada 30 minutos durante el ejercicio, se registró la frecuencia cardiaca (Electro, Polar) y se recolectaron los gases espirados en bolsas de Douglas. Las muestras de gas espirado fueron analizadas para obtener las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono (Applied Electrochemistry S-3A/II and CD-3A, Ametek, Pittsburgh, PA). Estos analizadores fueron calibrados utilizando gases comerciales de composición conocida. El volumen de gas espirado fue medido con un gasómetro Parkinson-Cowan calibrado con un espirómetro Tissot. La determinación de consumo de oxígeno (VO_2), el RER y la ventilación se realizaron utilizando ecuaciones convencionales. Asumiendo un cociente respiratorio no proteico (25), la oxidación corporal total de CHO y grasas fue calculada a través de calorimetría indirecta utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Oxidación\ de\ CHO = 4.585\ VCO_2 - 3.226\ VO_2$$

Oxidación de Grasas=1.695 VO_2 – 1.701 VCO_2

donde VCO_2 es la producción de dióxido de carbono.

Análisis de Metabolitos y Hormona en la Sangre

Se obtuvieron muestras de sangre en reposo, cada 30 minutos durante el ejercicio, y al final de la TT, para la medición de la glucosa plasmática, lactato, FFA e insulina. Una fracción (~1.5ml) de la muestra de sangre fue puesta en un tubo que contenía un conservante (EGTA y GSH). El plasma fue separado por medio de centrifugación y congelado a –20ºC para los posteriores análisis de la concentración de FFA a través de la técnica de ensayo espectrofotométrico (FFA-C test kit, Wako Chemicals, Neuss, Alemania). El resto de la sangre total fue colocada en tubos con heparina y fluoruro, centrifugada para extraer el plasma, congelada y guardada para los posteriores análisis de glucosa plasmática, utilizando el método automatizado de glucosa oxidasa (YSI 2300, Yellow Springs, OH). La insulina plasmática fue medida por medio de radioinmunoensayo (Incstar, Stillwater, MN), mientras que para la determinación del lactato el plasma fue desproteinizado en 8% de ácido perclórico, centrifugado, congelado y guardado para el análisis utilizando la técnica enzimática estándar (18).

Análisis Estadísticos

Los datos de las tres pruebas fueron comparados utilizando el análisis de varianza ANOVA de dos factores para mediciones repetidas (tiempo y tratamiento). Para comparar el tiempo que se requirió para completar las TT se utilizó el análisis de varianza de una vía, estableciendo la significación a $p<0.05$. Cuando el ANOVA arrojó alguna interacción significativa, las diferencias específicas fueron localizadas por medio del test post hoc de Student-Newman-Keuls. Se utilizó un programa de procesamiento de datos biomédicos para comparar estas estadísticas, los datos comparativos son reportados como medias±EE.

RESULTADOS

Cuando los sujetos consumieron cualquiera de las dos bebidas que contenían CHO (C o M), el tiempo para completar los 100km simulados se redujo ($p<0.05$) en un 7% y 5%, respectivamente en comparación con la ingesta de P (C: 166±7min; M: 169±7min; P: 178±11 min; Figura 1). Los sujetos mantuvieron una producción de potencia promedio de 251±1W en los primeros 135min de la TT, sin tener en cuenta la bebida consumida (Figura 1). Sin embargo en el período final de la TT, la producción de potencia se redujo ($p<0.05$) a 212±18W en el grupo que consumió P, mientras que se mantuvo tanto en el grupo C como en el grupo M (257±7 y 252±8W, respectivamente). Como se muestra en la Tabla 1, las primeras 2hs de ejercicio requirieron un VO_2 promedio de 3.5±0.1 l/min en todas las pruebas. Esto es equivalente al 75±1% del VO_2 pico. Cerca del final de la TT se obtuvo una medición final de las variables respiratorias (promedio 158min) lo que reveló una reducción en el VO_2 en la prueba con P ($p<0.05$), que sin embargo se mantuvo tanto en la prueba con C como en la prueba con C+M (Tabla 1). Del mismo modo, la frecuencia cardiaca fue similar en todas las pruebas, con excepción de la medición final, en donde la FC fue menor ($p<0.05$) en la prueba con P en comparación con las pruebas con C y con C+M (Tabla 1). El RER se redujo en todas las pruebas ($p<0.05$), sin tener en cuenta la bebida consumida (Tabla 1). Sin embargo, la tasa de disminución fue diferente ($p<0.05$) entre las pruebas, siendo las mediciones finales en P menores ($p<0.05$) que en C y que en C+M (0.84±0.02, 0.91±0.01, y 0.90±0.01 para P, C, y C+M; respectivamente).

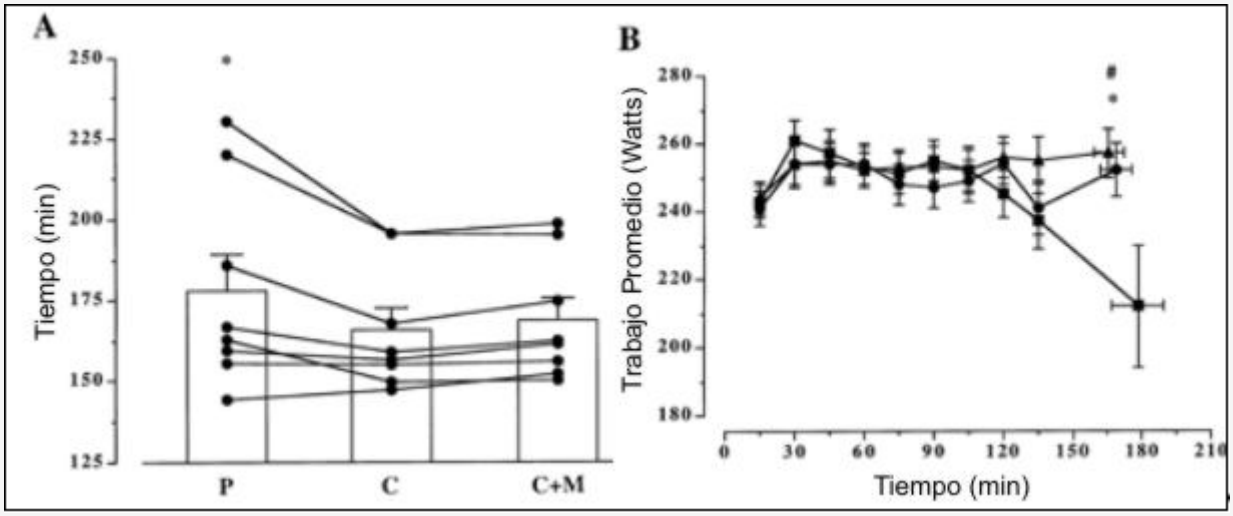


Figura 1. *A: Efecto de la ingesta de placebo (P), carbohidratos (CHO, prueba C) o carbohidratos más triacilglicéridos de cadena media (C+M) durante una prueba de 100km simulados (TT) sobre el tiempo para completar la misma. Los valores son presentados como medias±EE; n=8 sujetos. * P es significativamente diferente con respecto a C y C+M (p<0.05). B: producción de potencia promedio (W) durante la prueba de 100mts simulados cuando se consumieron P (■), C ( ) o C+M (●). Los valores son presentados como medias±EE; n=8 sujetos. * P es significativamente diferente con respecto a C (p<0.05). # P es significativamente diferente con respecto a C+M (p<0.05).*

	30 min	60 min	90 min	120 min	Final
Frecuencia Cardiaca (Latidos/min)					
P	162±5	161±5	163±3	162±3	158±4
C	164±3	164±3	164±4	165±5	174±3 *
C+M	165±3	165±3	165±3	167±3	175±4 *
VO_2 (l/min)					
P	3.5±0.1	3.5±0.1	3.6±0.1	3.5±0.1	3.0±0.2
C	3.5±0.1	3.5±0.1	3.5±0.1	3.5±0.1	3.8±0.1 *
C+M	3.5±0.1	3.5±0.1	3.5±0.1	3.6±0.1	3.7±0.1 *
RER					
P	0.94±0.01	0.93±0.01	0.92±0.01	0.88±0.01	0.84±0.02
C	0.95±0.01	0.95±0.01	0.92±0.01	0.92±0.00 *	0.91±0.01 *
C+M	0.95±0.01	0.93±0.01	0.92±0.00	0.91±0.01 *	0.90±0.01 *

Tabla 1. *Frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno y RER durante la TT de 100km simulados cuando se consumieron las bebidas a base de placebo, carbohidratos o carbohidratos más triacilglicéridos de cadena media. Los valores son presentados como medias±EE; n=8 sujetos. VO_2, consumo de oxígeno; RER, índice de intercambio respiratorio; P, C, C+M, placebo, carbohidratos y carbohidratos más triacilglicéridos de cadena media, respectivamente; Final, medición final, cerca de la finalización de la prueba. * Significativamente diferente (p<0.05) con respecto al grupo P.*

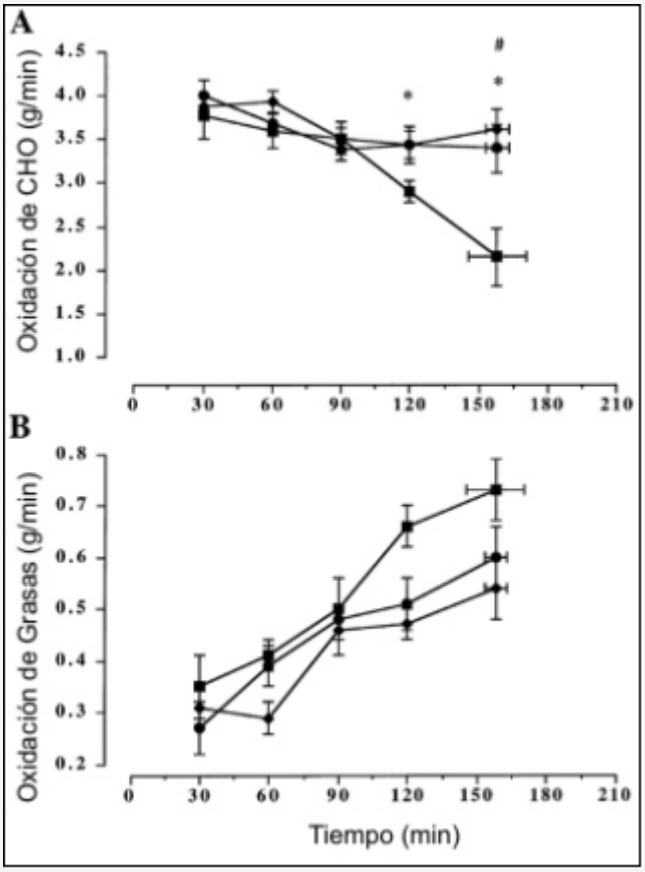


Figura 2. *Tasa de oxidación corporal de CHO (A) y de grasas (B) durante la TT de 100km simulados con el consumo de bebidas a base de P, C o C+M. Los valores son presentados como medias±EE, n=8 sujetos. Todos los símbolos son los mismos que en la Figura 1. * P es significativamente diferente con respecto a C. # P es significativamente diferente con respecto a C+M (p<0.05).*

La concentración de glucosa plasmática se incremento (p<0.05) al comienzo del ejercicio en todas la pruebas (Figura 3). Luego de 30min de ejercicio y por el resto de la prueba, la concentración de glucosa plasmática en C fue mayor (p<0.05) en comparación con P. Similarmente, la glucosa plasmática fue mayor (p<0.05) en C+M que en P luego de 60, 120min y al final de la TT. Al final de la TT, la concentración plasmática de glucosa fue mayor en C+M que en C (p<0.05). En la prueba con P, las concentraciones plasmáticas de glucosa disminuyeron continuamente (p<0.05) a través de la TT, alcanzando 3.9±0.2mmol/l, un valor más bajo (p<0.05) que el medido antes del ejercicio. Los niveles de lactato plasmático se incrementaron (p<0.05) luego de 30 minutos de ejercicio, hasta un promedio de 4.6±0.3mmol/l (Figura 3). Para los siguientes 90min de ejercicio, el lactato plasmático se mantuvo en un promedio de 3.7mmol/l, con un incremento en la concentración de lactato hacia el final de la TT con todas las bebidas evaluadas (p<0.05). No hubo un efecto significativo del tipo de bebida sobre la concentración plasmática de lactato.

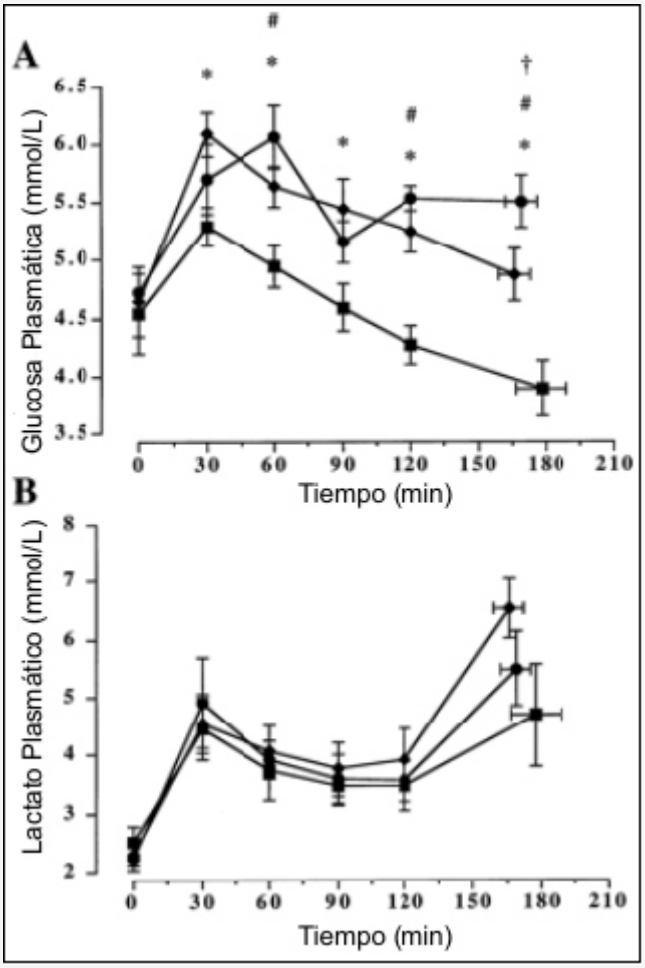


Figura 3. *Concentraciones plasmáticas de glucosa (A) y de lactato (B) en reposo y durante la TT de 100km simulados con el consumo de bebidas a base de P, C o C+M. Los valores son presentados como medias±EE; n=8 sujetos. Todos los símbolos son los mismos que en la Figura 1. * P es significativamente diferente con respecto a C (p<0.05). # P es significativamente diferente con respecto a C+M. † C es significativamente diferente con respecto a C+M (p<0.05).*

Las concentraciones plasmáticas de FFA se incrementaron durante la TT de manera similar en las tres pruebas (Figura 4, p<0.05). Luego de la ingesta de C, las concentraciones plasmáticas de FFA fueron menores (p<0.05) que en la prueba con P a partir de los 120 minutos y hasta el final de la prueba (p<0.05). Similarmente, luego de la ingesta de C+M, las concentraciones de FFA fueron menores (p<0.05) que en la prueba con P a partir del minuto 90 y hasta el final de la prueba (p<0.05). Las concentraciones plasmáticas de insulina cayeron (p<0.05) durante el ejercicio en todas las pruebas (Figura 4; p<0.05). En la prueba con P, las concentraciones plasmáticas de insulina fueron menores (p<0.05) a través de la TT, en comparación con C y C+M.

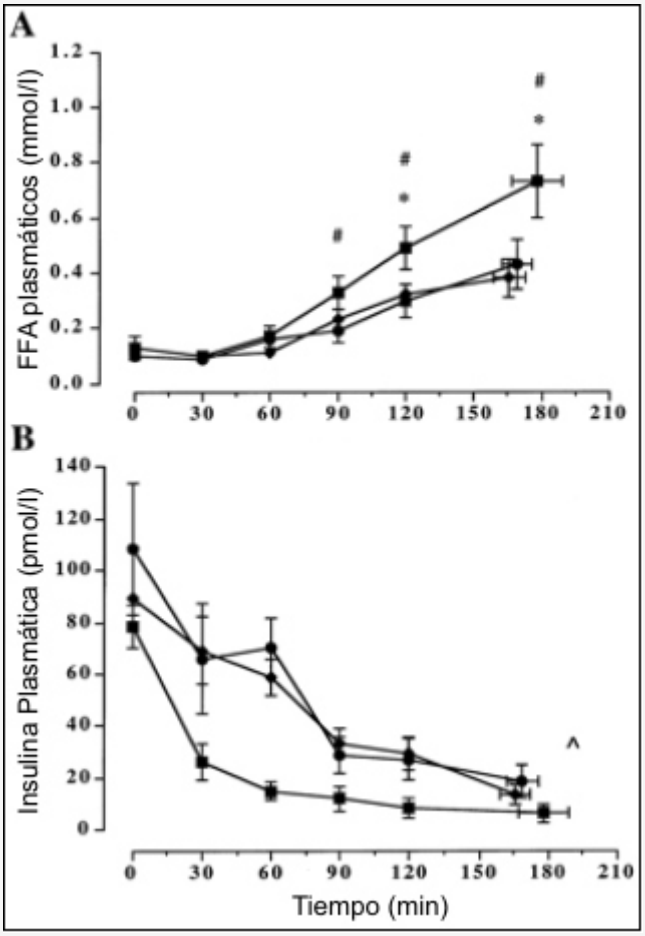


Figura 4. *Concentraciones plasmáticas de ácidos grasos libres (FFA; A) e insulina (B) en reposo y durante la TT de 100km simulados cuando se consumieron las bebidas a base de P, C o C+M. Los valores son presentados como medias±EE; n=8 sujetos. Todos los símbolos son los mismos que en la Figura 1. * P es significativamente diferente con respecto a C (p<0.05). # P es significativamente diferente con respecto a C+M (p<0.05). ^ Efecto principal de tratamiento (p<0.05), P diferente de C y C+M.*

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio fue que la ingesta de una bebida al 6% de CHO mejoró el rendimiento en una TT de 100km simulados en comparación con la administración de placebo dulce (Figura 1). Esta observación coincide con varios estudios previos que han demostrado claramente que la ingesta de CHO durante el ejercicio puede prolongar el tiempo hasta el agotamiento con carga constante (3-5, 7, 8). Sin embargo, el beneficio en el rendimiento de la entrega de CHO durante una TT prolongada realizada a una velocidad individual, observado en este estudio contrasta con un reciente estudio que no reportó beneficio alguno de la ingesta de CHO en comparación con la ingesta de placebo dulce (19). Hay varias explicaciones posibles para los hallazgos opuestos con respecto al rendimiento durante el ejercicio y la ingesta de CHO en una TT. Los sujetos tanto en el presente estudio como en el estudio previo (19) fueron capaces de elegir su carga de ejercicio, completar una TT de aproximadamente 100km y de realizar tiempos similares para completar la prueba con la ingesta de CHO [166±7; Figura 1 vs. 160±4 min; Madsen et al. (19)]. La intensidad promedio elegida en las primeras 2hs de ejercicio en el presente estudio, sin tener en cuenta la composición de la bebida, fue del 75±1% del VO_2 pico. Esta intensidad contrasta con el valor <70% del estudio de Madsen y cols. Como podría esperarse, la elevada intensidad de ejercicio seleccionada por los sujetos en el presente estudio resultó en un RER elevado a través del ejercicio [valor a los 30min; 0.95; Tabla 1 vs. 0.89; Madsen y cols.]. La diferencia en el RER indica una contribución de los CHO al gasto energético total del 83 y 63% para el presente estudio y para el estudio previo (19), respectivamente. Una reducción del 20% en la oxidación de CHO reduce la probabilidad de la deplección de las reservas endógenas de CHO y por lo tanto no muestra beneficio alguno de la ingesta de CHO exógenos sobre el rendimiento (19). Una disponibilidad de CHO reducida en ausencia de ingesta de CHO en el presente estudio (Figura 1) y en estudios previos (3-5, 7, 8) contribuyó a la reducción en el rendimiento. La concentración plasmática de glucosa disminuyó significativamente en ausencia de la ingesta de CHO

(Figura 3) alcanzando un valor mínimo de 3.9±0.4mmol/l, un valor menor al medido antes del ejercicio. En contraste, Madsen y cols (19) no reportaron diferencias en el RER y el mantenimiento de la euglucemia durante la TT prolongada, sin tener en cuenta la ingesta exógena de CHO. Estas diferencias en los datos metabólicos sugieren que los sujetos en el presente estudio se ejercitaron a un mayor porcentaje del VO_2 pico, por lo cual obtuvieron mayor energía a partir de los CHO, y depletaron sus reservas endógenas de CHO.

La carga promedio para los sujetos fue similar durante los primeros 120 minutos de ejercicio (Figura 1) lo que sugiere una selección prudente de la carga apropiada para una TT prolongada. Las concentraciones promedio de lactato plasmático fueron de al menos 3.7mmol/l (Figura 3) durante la TT, lo que demuestra el mantenimiento de una alta tasa de trabajo y la alta capacidad de resistencia de este grupo de sujetos. Fue solamente en el segmento final de la TT en donde la reducción de la oxidación de CHO, el RER y la glucosa plasmática, en combinación, provocaron una reducción en la cantidad de trabajo realizado, cuando no se ingirieron CHO exógenos. De esta manera, la ingesta de CHO permitió que los sujetos mantuvieran la tasa de trabajo hasta el final de la prueba, reduciendo el tiempo para completar la TT. Interesantemente, a pesar de las estrictas instrucciones dadas antes de la prueba de abstenerse de realizar ejercicios, de consumir una dieta alta en CHO y de una comida alta en CHO 2hs antes del ejercicio, el rendimiento en la TT durante la prueba de control estuvo limitado por la disponibilidad de CHO.

Recientemente, Van Zyl y cols. (28) administraron una bebida a base de CHO y MCT durante 2hs de ciclismo en estado estable (al 57% de VO_2 pico) y reportaron una mejora del rendimiento en la subsiguiente TT de 40km, en comparación con la ingesta de solamente CHO. El mecanismo propuesto para el aumento del rendimiento fue que la ingesta de MCT provocó una elevación de la concentración plasmática de FFA, incrementando la oxidación de grasas y ahorrando el glucógeno muscular. Cuando los niveles de FFA estuvieron elevados por infusiones de Intralipid y heparina (6, 29) o por ingesta de grasas (29), se observó un incremento en la oxidación de grasas, un ahorro del glucógeno muscular y un retraso de la fatiga. Jeukendrup y cols. (17) realizaron un experimento similar al de Van Zyl y cols. (28) y no observaron una mejora del rendimiento en una subsiguiente TT de 15min, ni un incremento en la oxidación de grasas, como así tampoco diferencias significativas en la concentración de FFA con la administración de CHO y MCT en comparación con la administración de CHO, aunque hubo una tendencia hacia una mayor concentración de FFA con la ingesta de CHO y MCT en comparación con la ingesta solamente de CHO (17).

En el presente estudio no se observaron diferencias en el RER (Tabla 1), en la oxidación total de grasas (Figura 2) o en la concentración plasmática de FFA (Figura 4) durante la TT cuando los sujetos ingirieron C+M en comparación con la ingesta de C. Estos resultados sugieren que la intensidad del ejercicio pudo haber sido muy severa como para que los ácidos grasos de cadena media fueran absorbidos hacia la corriente sanguínea, o como para ser oxidados, debido a que los CHO fueron los sustratos preferidos durante la TT (contribuyendo en un 83% al gasto energético total durante las 2 primeras horas). Se ha mostrado que el ejercicio de alta intensidad reduce el flujo sanguíneo esplánico hasta un 70% (26), lo que ilustra una posible explicación para la reducción en la absorción de los MCT ingeridos durante la TT en el presente estudio. Además, de los ocho sujetos evaluados, cuatro reportaron síntomas de disconfort gastrointestinal luego de la prueba con MCT, ~2hs post-ejercicio (sensación de pesadez estomacal, vómitos y diarrea), con dos de los sujetos experimentando síntomas mas severos (vómitos y/o diarrea). Se ha reportado distrés gastrointestinal en otros estudios en los cuales los sujetos han ingerido MCT (14, 17). Aunque se hicieron esfuerzos para administrar los MCT en dosis pequeñas y frecuentes para minimizar el disconfort, el disconfort gastrointestinal potencial es un hallazgo de importancia práctica, ya que es probable que se pueda adoptar la ingesta de MCT como una estrategia durante situaciones de TT.

Otro posible obstáculo para la movilización y oxidación de los lípidos durante estas TT fue el poderoso efecto de la insulina para disminuir la lipólisis y elevar la oxidación de CHO. Los atletas a menudo consumen comidas altas en CHO 2-4hs antes de la competición. En este estudio, los sujetos fueron instruidos para consumir un desayuno 2hs antes reportarse al laboratorio. Se debe señalar que las concentraciones de insulina pre-ejercicio fueron mayores que los valores característicos del estado postabsortivo (Figura 4), y que se ha hallado que una elevada concentración de insulina reduce la tasa de oxidación de grasas (12). La elevación de la concentración de insulina de reposo como consecuencia del consumo de una comida pre-ejercicio en este estudio pudo afectar la capacidad de todos los lípidos para ser oxidados, incluidos los MCT ingeridos.

En resumen, este estudio demostró que la ingesta de CHO durante una TT de 100km simulados en atletas bien entrenados mejora el rendimiento durante el ejercicio. La adición de MCT a la bebida con CHO, sin embargo, ni altera las concentraciones plasmáticas de FFA ni provee una reducción adicional en el tiempo necesario para completar la TT.

Agradecimientos

Este estudio fue respaldado por un subsidio del Instituto Gatorade de Ciencias del Deporte.

Dirección para el pedido de reimpresiones y otra correspondencia

M. Febbraio, Exercise Physiology and Metabolism Laboratory, Dept. of Physiology, The Univ. of Melbourne, Parkville, Victoria 3052, Australia. (correo electrónico: m.febbraio@physiology.unimelb.edu.au).

REFERENCIAS

1. Bach, A. C., and V. K. Babayan (1982). Medium chain triglycerides: an update. *Am. J. Clin. Nutr. 36: 950-962*
2. Beckers, E. J., A. E Jeukerndrup, F. Brouns, A. J. Wagenmakers, and W. H. Saris (1992). Gastric emptying of carbohydrate-medium chain triglyceride suspensions at rest. *Int. J. Sports Med. 13: 581-584*
3. Bergstrom, J., L. Hermansen, E. Hultman, and B. Saltin (1967). Diet, muscle glycogen and physical perfomance. *Acta Physiol. Scand. 71: 140-150*
4. Coggan, A. R., and E. F. Coyle (1988). Effect of carbohydrate feedings during high-intensity exercise. *J. Appl. Physiol. 65: 1703-1709*
5. Coggan, A. R., and E. F. Coyle (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J. Appl. Physiol. 63: 2388-2395*
6. Costill, D. L., E. Coyle, G. Dalsky, W. Evans, W. Fink, and D. Hoopes (1977). Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol. 43: 695-699*
7. Coyle, E. F., A. R. Coggan, M. K. Hemmert, and J. L. Ivy (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. Appl. Physiol. 61: 165-172*
8. Coyle, E. F., J. M. Hagberg, B. F. Hurley, W. H. Martin, A. A. Ehsani, and J. O. Holloszy (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenous exercise can delay fatigue. *J. Appl. Physiol. 55: 230-235*
9. Fielding, R. A., D. L. Costill, W. J. Fink, D. S. King, M. Hargreaves, and J. E. Kovaleski (1985). Effect of carbohydrate feeding frequency and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 17: 472-476*
10. Hargreaves, M., D. L. Costill, A. Coggan, W. J. Fink, and I. Nishibata (1984). Effect of carbohydrate feedings on muscle glycogen utilization and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 16: 219-222*
11. Horowitz, M., K. M. Cunningham, J. M. Wishart, K. L. Jones, and N. W. Read (1996). The effect of short term dietary supplementation on gastric emptying of glucose and fructose and oral glucose tolerance in normal subjects. *Diabetologia 39: 481-486*
12. Horowitz, J. F., R. Mora-Rodriguez, L. O. Byerley, and E. F. Coyle (1997). Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 273: E768-E775*
13. Horowitz, J. F., R. Mora-Rodriguez, L. O. Byerley, and E. F. Coyle (2000). Preexercise medium-chain triglyceride ingestion does not alter muscle glycogen use during exercise. *J. Appl. Physiol. 88: 219-225*
14. Ivy, J. L., D. L. Costill, W. J. Fink, and E. Maglischo (1980). Contribution of medium and long chain triglyceride intake to energy metabolism during prolonged exercise. *Int. J. Sports Med. 1: 15-20*
15. Jeukendrup, A. E., W. H. Saris, R. Diesen, F. Brouns, and A. J. Wagenmakers (1996). Effect of endogenous carbohydrate availability on oral medium-chain triglyceride oxidation during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol. 80: 949-954*
16. Jeukendrup, A. E., W. H. Saris, P. Schrauwen, F. Brouns, and A. J. Wagenmakers (1995). Metabolic availability of medium-chain triglycerides coingested with carbohydrates during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol. 79: 756-762*
17. Jeukendrup, A. E., J. J. Thielen, A. J. M. Wagenmakers, F. Brouns, and W. H. Saris (1998). Effect of MCT and carbohydrate ingestion during exercise on substrate utilization and subsequent cycling performance. *Am. J. Clin. Nutr. 67: 397-404*
18. Lowry, O. H., and J. V. Passonneau (1972). A Flexible System of Enzymatic Analysis. *New York: Academic, p. 199-201*
19. Madsen, K., D. A. MacLean, B. Kiens, and D. Christensen (1996). Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100km. *J. Appl. Physiol. 81: 2644-2650*
20. Massicotte, D., F. Peronnet, G. R. Brisson, and C. Hillaire-Marcel (1992). Oxidation of exogenous medium-chain free fatty acids during prolonged exercise: comparison with glucose. *J. Appl. Physiol. 73: 1334-1339*
21. Metges, C. C., and G. Wolfram (1991). Medium and long chain triglycerides labeled with 13C: a comparison of oxidation after oral or parenteral administration in humans. *J. Nutr. 121: 31-36*
22. Murray, R., D. E. Eddy, T. W. Murray, J. G. Seifert, G. L. Paul, and G. A. Halaby (1987). The effect of fluid and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 19: 597-604*
23. Murray, R., J. G. Seifert, D. E. Eddy, G. L. Paul, and G. A. Halaby (1989). Carbohydrate feeding and exercise: effect of beverage carbohydrate content. *Eur. J. Appl. Physiol. 59: 152-158*
24. Neufer, P. D., D. L. Costill, M. G. Flynn, J. P. Kirwan, J. B. Mitchell, and J. Houmard (1987). Improvements in exercise performance: effects of carbohydrate feedings and diet. *J. Appl. Physiol. 62: 983-988*
25. Peronnet, F., and D. Massicotte (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. Can. *J. Sport Sci. 16: 23-29*
26. Rowell, L. B., J. R. Blackmon, and R. A. Bruce (1964). Indocyanine green clearance and estimated blood flow during mild to maximal exercise in upright man. *J. Clin. Invest. 43: 1677-1690*
27. Satabin, P., P. Portero, G. Defer, J. Bricout, and C. Y. Guezennec (1987). Metabolic and hormonal responses to lipid and carbohydrate diets during exercise in man. *Med. Sci. Sports Exerc. 19: 218-223*
28. Van Zyl, C. G., E. V. Lambert, J. A. Hawley, T. D. Noakes, and S. C. Dennis (1996). Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performanc. *J. Appl. Physiol. 80: 2217-2225*
29. Vukovich, M. D., D. L. Costill, M. S. Hickey, S. W. Trappe, K. J. Cole, and W. J. Fink (1993). Effect of fat emulsion infusion and fat feeding on muscle glycogen utilization during cycle exercise. *J. Appl. Physiol. 75: 1513-1518*

Cita Original

Damien J. Angus, Mark Hargreaves, Jane Dancey, and Mark A. Febbraio, Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. J Appl Physiol; 88: 113-119, 2000.