PubliCE, (PubliCE) 2004

Research

Balance Energético durante 24 hs de Carrera en Cintaergómetro

Jon K Linderman[1] y Loyd L Laubach[1]

[1]*Exercise Science, University of Dayton, Dayton, OH, USA.*

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue valorar el gasto energético (GE) y la ingesta energética (CE) durante 24 hs de carrera continua en cinta. El GE se determinó a partir de telemetría de la frecuencia cardiaca (HR), utilizando una relación lineal entre el VO_2 y la HR obtenida durante una evaluación máxima. También el GE se determino utilizando un cálculo metabólico común. El ultra maratonista de sexo masculino, de 51 años de edad completó 160 km en 21 hs 59 minutos, y recorrió 172 km en 24 hs. La HR promedio del sujeto fue de 119±8 latidos/min y la HR promedio por hora cambio en función de la velocidad por hora (r=0.80). El GE estimado a partir de la telemetría de la HR y de la ecuación metabólica fue de 12820 y 12425 kcals, respectivamente. El CE total fue de 4590 kcal, y provino exclusivamente de carbohidratos. La glucosa sanguínea osciló entre 8.2 y 4.1 mmol/L, promediando 5.6±1.1 mmol/L. La oxidación de lípidos estimada fue de 5000 kcals, y la oxidación de carbohidratos fue de otras 1900 kcals. El resto de la energía fue probablemente provista por la oxidación directa de lactato, así como también la gluconeogénesis. Nuestros resultados indican que los sujetos experimentaron un déficit calórico substancial similar al visto en otros corredores de ultra maratón, pero no exhibieron hipoglucemia. Nuestra conclusión es que el CE fue suficiente para suplementar la utilización de sustrato endógeno y para mantener la euglucemia durante 24 hs de carrera.

Palabras Clave: ultra resistencia, carbohidratos, lípidos, nutrición

INTRODUCCION

Los deportes de ultra resistencia tales como las ultra maratones (>42 km), triatlones, y carreras de bicicletas requieren de grandes gastos energéticos para completar tales eventos. Utilizando calorimetría indirecta O'Brien y cols. estimaron que el gasto energético (GE) corriendo una maratón a un paso de 15-17 km/h, correspondiente al 65-73% del VO_2 máx., fue de 2500–4300 kcals, de las cuales la mayoría provenía de los carbohidratos (1). Sin embargo, a diferencia de los corredores de maratón, Davies y cols. han indicado que los corredores de ultra maratón completan la prueba a ~50% del VO_2 máx. (2), donde una fracción mayor del gasto calórico puede ser cubierto por las grasas (2). Se ha estimado que el gasto calórico para correr eventos de 160 km es de 10000–13000 kcals (3, 4). Sin embargo, hasta la fecha no han sido utilizadas mediciones de la intensidad del ejercicio, como calorimetría indirecta o telemetría de la frecuencia cardiaca, para valorar el gasto energético durante una carrera de ultra resistencia. Además, hasta la fecha las investigaciones indican que en eventos de ultra resistencia hay un gran déficit entre el GE y la ingesta energética (CE).

En conjunto, las investigaciones realizadas en corredores de ultra maratón indican que la tasa de CE (kcal/hora) esta inversamente relacionada a la velocidad de carrera promedio. Glace y cols. (8) reportaron que el consumo energético promedio fue de 230 kcal/hora en corredores que cubrieron 160 km a una velocidad promedio de ~7 km/hora. En contraste, Fallon y cols. reportaron que el consumo energético promedió 100 kcals/hora en atletas que corrieron 100 km a una velocidad de 10 km/h (5). Además, los atletas de ultra resistencia sufren frecuentemente de disconfort gastrointestinal

que puede afectar negativamente el rendimiento y la ingesta calórica (3).

Durante los eventos de ultra resistencia los atletas han reportado consumir tanto comidas sólidas como líquidas en respuesta a las demandas calóricas y de termoregulación (3, 6). En ambientes calurosos y húmedos la cantidad de ingesta de fluidos puede ser considerablemente mayor que cuando los atletas de ultra resistencia compiten en climas más regulares. La ingesta de grandes volúmenes de fluidos puede contribuir a los reportes frecuentes de disconfort gastrointestinal en corredores de ultra maratón (3). Por ello es razonable suponer que el disconfort gastrointestinal puede disminuir la ingesta energética proveniente de comidas sólidas. De esta manera, la comparación de la ingesta energética durante eventos de ultra resistencia debería considerar el efecto de las condiciones ambientales variables sobre la ingesta dietaria. Además, debido al disbalance reportado entre el gasto y la ingesta calórica durante los eventos de ultra resistencia (3, 5), se ha sugerido que la hipoglucemia puede contribuir al deterioro de la función cognitiva (3) o el estado mental percibido (6). Sin embargo, aunque el GE, la IE, y la ingesta de fluidos han sido medidas durante eventos de ultra resistencia, poco se sabe acerca de los cambios en los substratos o en la hipoglucemia durante eventos de ultra resistencia.

El propósito de la presente investigación fue valorar el gasto calórico y el consumo calórico en un atleta corriendo en cinta durante 24 hs en un ambiente moderadamente fresco (16–18 ºC). La glucosa y el lactato sanguíneo se midieron cada hora a lo largo del evento. Nuestros resultados indican que las estimaciones del gasto y de la ingesta calórica durante 24 hs de carrera en cinta son similares a aquellas estimadas con anterioridad para una carrera de ultra maratón. Además, aunque el sujeto experimento un déficit calórico substancial similar al observado en otros corredores de ultra maratón, en el sujeto de este estudio no se observó hipoglucemia.

METODOS

Sujetos

El sujeto fue un varón de 51 años de edad quien era un corredor de ultra maratón experimentado. Había competido en 27 eventos de una distancia mayor a los 42 km (Tabla 1) e intentaba romper el récord mundial de distancia corrida en cinta en 24 horas.

	Distancia (km)		
	42	42-160	≥160
Completados	11	23	4
Récords personales por distancia	2:44	8:14 (50)	21:31 (100)

Tabla 1. *Número de maratones, ultra maratones y récords personales por distancia del sujeto de 51 años de edad. Los valores entre paréntesis indican la distancia corrida.*

Procedimientos

Test de Ejercicio Máximo

Dos semanas antes de la prueba de 24 horas en cinta el sujeto realizo un test progresivo máximo discontinuo para la determinación del VO_2 máx., el umbral de lactato (U_{LAC}), y para desarrollar una relación matemática entre el VO_2 y la frecuencia cardiaca. El sujeto corrió durante 4 min en cada etapa para garantizar mediciones del VO_2 (ParvoMedics MMS-2400; East Sandy, UT) y la frecuencia cardiaca (Accumen TZ Max 50; Sterling, VA), en estado estable, y descansó 1 minuto para la recolección de lactato sanguíneo (Accusport; Boehringer Mannheim; Indianapolis, IN). Además del test de ejercicio máximo, se estimó la grasa corporal del sujeto usando un calibre para pliegues cutáneos (Lange; Cambridge, MD), y utilizando una ecuación general para hombres (7).

Rendimiento

El sujeto corrió o camino continuamente a una velocidad elegida por el mismo sobre una cinta Landice (Landice, Inc.; Randolph, NJ) por un período de 24 horas. El rendimiento del sujeto fue registrado a cada hora, así como la distancia de

carrera acumulada. La velocidad instantánea (Vi) se calculo a partir de la distancia corrida en cada intervalo de una hora.

Gasto Energético

El gasto energético se determinó por medio de telemetría de la frecuencia cardiaca, usando la ecuación de la relación lineal entre el VO_2 y la frecuencia cardiaca (y=30.3x + 63.7; r^2=0.99) obtenida durante el test de ejercicio máximo (Figura 1). La frecuencia cardiaca se promedio a cada intervalo de 5 min durante la carrera en cinta. Utilizando la ecuación mencionada se determinó el VO_2 para cada período de 5 min, y se convirtió a calorías asumiendo un equivalente calórico de 4.875 kcals/l de O_2. Este equivalente calórico para el VO_2 correspondió a un valor de RER (0.86) al 50% del VO_2 máx del sujeto. La frecuencia cardiaca promedio del sujeto durante el evento (119±8 latidos/min) correspondió al 50% del VO_2 máx., un trabajo previo realizado por Davies y cols. mostró que los sujetos promediaban un 45–50 % del VO_2 máx. durante una carrera de ultra maratón (2). Ya que durante el ejercicio ocurre una desviación tanto en el VO_2 máx. como en la HR, la validez de la relación HR- VO_2 se mantuvo durante el ejercicio prolongado.

Nutrición/Hidratación

Toda la comida consumida por el sujeto durante la carrera en cinta fue pesada inmediatamente antes de ser consumida. El consumo total de calorías se determinó por medio de la masa de comida consumida utilizando las tablas del USDA para comidas consumidas habitualmente. El volumen de fluido fue determinado a partir del peso del fluido consumido, tanto si el sujeto bebía agua, como si bebía una bebida comercial con el 6% de carbohidratos y electrolitos (Conquest; Pensacola, FL). El contenido calórico de la bebida con carbohidratos y electrolitos fue incluido en la determinación del consumo calórico.

Análisis de Orina

El volumen de orina se determinó por medio del peso neto de la orina recolectada, así como por medio del tiempo de recolección de la misma. Los análisis de orina para la determinación de glucosa, cetónas, glóbulos rojos (RBC), así como también de los subproductos de la degradación de glóbulos rojos: bilirrubina y urobilinógeno, fueron determinados utilizando Multistix® 10 SG (Bayer Corp.; Elkhart, IN).

Edad	Masa Corporal (kg)	Grasa Corporal	VO_2 max. (L/min)	VO_2 max. ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	U_{LAC} (L/min)
51	62.3	7.4%	3.6	58	2.68

Tabla 2. *Edad, composición corporal y características aeróbicas del sujeto de 51 años de edad.*

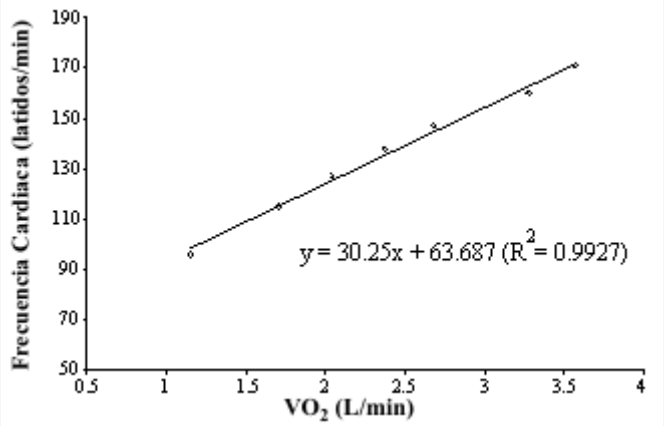


Figura 1. *Correlación entre la frecuencia cardiaca (latidos/min) y el consumo de oxígeno (VO_2; L/min) medido durante una evaluación máxima progresiva en cinta. La ecuación generada a partir de esta recta fue utilizada para estimar el gasto energético durante la carrera continua de 24 hs en cinta, como fue anteriormente descrito en la sección de Métodos.*

RESULTADOS

Características del Sujeto

Las evaluaciones de laboratorio indicaron un VO_2 máx. absoluto (58 mL. $kg^{-1}min^{-1}$) y relativo (3.6 L/min) muy alto (Tabla 2). El sujeto exhibió una masa corporal baja (62.3 kg) con un porcentaje de grasa muy bajo (7.4%). Durante la evaluación progresiva y discontinua en cinta la relación entre la frecuencia cardiaca (HR) y el VO_2 (l/min) fue lineal (Figura 1) y esta relación fue utilizada para generar una ecuación para estimar el VO_2 a partir de la HR durante la carrera de 24 hs en cinta.

Rendimiento

La velocidad instantánea del sujeto (Vi) se calculó para cada segmento de una hora. La Vi osciló entre un pico de 8.8 km/h durante la segunda hora de carrera y un mínimo de 4.5 km/h durante la hora final del evento (Figura 2). La velocidad promedio de la prueba fue de 7.2 km/h. La HR promedio por hora (Figura 3) varió en función de la Vi (r=0.80). El sujeto completo 160 km en 21 horas y 59 min y completó 172 km en 24 horas antes de finalizar su carrera en la cinta.

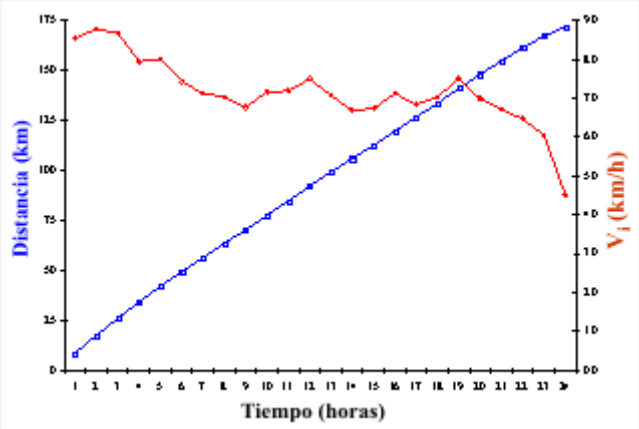


Figura 2. *Velocidad instantánea (Vi; km/h) y distancia de carrera acumulada (km) durante la carrera de 24 hs en cinta por el atleta de 51 años de edad.*

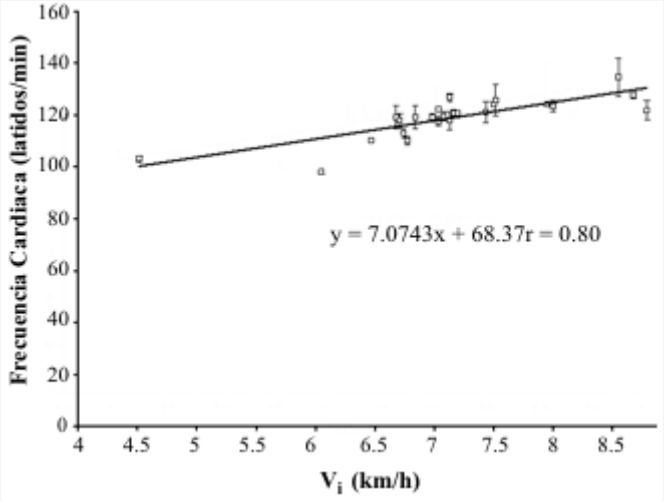


Figura 3. *Efecto de los cambios en la velocidad instantánea (Vi) sobre la HR durante el transcurso de la carrera de 24 horas en cinta.*

Energía

El gasto energético total (GE) estimado a partir de la HR fue de 12820 kcals (Figura 4). El GE estimado a partir de la velocidad, distancia y de la masa corporal fue de 12425 kcals (1). A cada hora el GE osciló entre 684–332 kcals/hora, promediando 534±76 kcals/hora. La ingesta energética total de 4590 kcals provino casi exclusivamente de carbohidratos. El nivel de glucosa sanguínea del sujeto promedio 5.6 ±1.1 mmol/l, oscilando desde un mínimo de 4.1 mmol/l al final de la 19ª hora, a un pico de 8.2 mmol/l luego de la 23ª hora de carrera (Figura 5). Nosotros entendemos que el mantenimiento, y aún el incremento en el nivel de la glucosa sanguínea suprimió la oxidación de aminoácidos, y de esta manera permitió la estimación de la oxidación de lípidos y carbohidratos utilizando la tabla de RER, que no incluye la oxidación de proteínas. La oxidación de lípidos estimada fue de un total de 5000 kcals, y la oxidación de carbohidratos un total de otras 1900 kcals. La energía restante fue probablemente aportada directamente a través de la oxidación de lactato como también por la gluconeogénesis.

Hidratación

El consumo total de fluidos fue de 12.6 L, y consistió de 2.3 L de agua y de 10.3 L de una bebida con electrolitos (Figura 6). La producción total de orina fue de 4.9 L. El sujeto perdió 0.5 kg de peso corporal desde la condición pre- hasta la condición post-ejercicio.

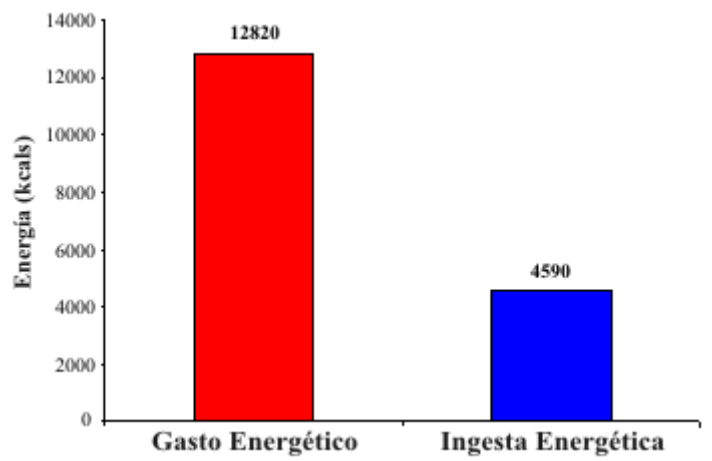


Figura 4. *Gasto energético (GE; kcals) medido a partir de telemetría de la HR, e ingesta energética (IE; kcals) durante las 24 horas de carrera en cinta.*

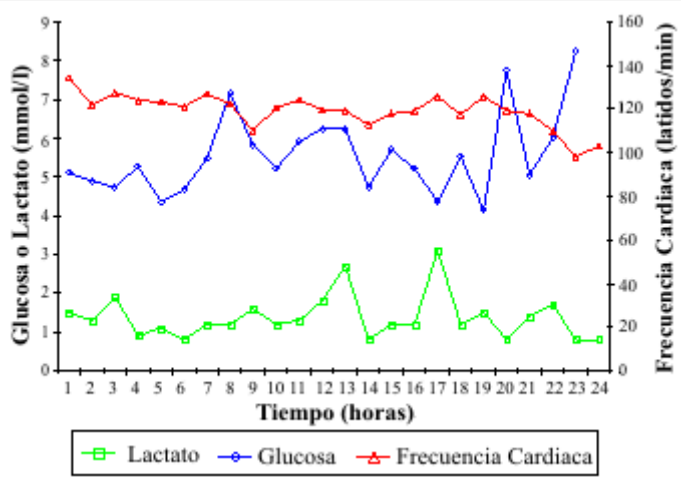


Figura 5. *Frecuencia cardiaca promedio por hora (latidos/min), y mediciones horarias de la glucosa sanguínea y el lactato (mmol/l)*

durante la carrera de 24 hs en cinta.

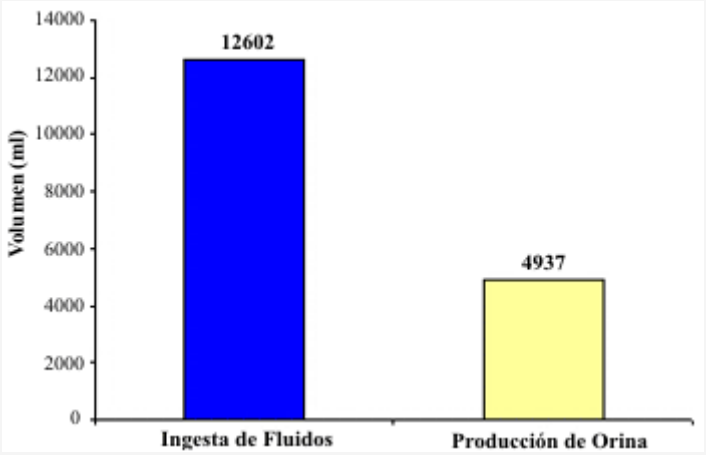


Figura 6. *Balance de fluidos, estimado a partir del consumo total de fluidos (L) y de la producción de orina (L) durante la carrera de 24 hs en cinta.*

Análisis de Orina

Durante la 11ª hora de la prueba aparecieron rastros de glóbulos rojos. En la 14ª hora de la prueba los análisis de orina revelaron grandes cantidades de glóbulos rojos los cuales continuaron siendo evidentes a este nivel por el resto de la prueba. Se detectaron rastros de proteínas en la orina durante la 12ª hora de carrera, y cerca de 30 mg/dl de proteínas continuaron siendo evidentes en la orina a lo largo del resto de la prueba. Se detectaron moderados rastros de bilirrubina durante la 14ª hora de carrera, y continuaron siendo evidentes en la orina con esta concentración durante las 8 horas restantes. No se detectaron rastros de Urobilirubina a través del análisis de orina. Las cetonas que oscilaron entre rastros (5 mg/dl) a una pequeña concentración (15 mg/dl) aparecieron durante la 22ª y 23ª hora de carrera, respectivamente, pero no fueron evidentes a ninguna otra hora.

DISCUSION

Características del Sujeto

El sujeto tenía una extensa experiencia compitiendo en ultra maratones (Tabla 1), y en el laboratorio exhibió una muy alta capacidad aeróbica para un hombre de su edad (Tabla 2). Además, dado su pequeña masa corporal total y su alta masa magra (Tabla 2), en conjunto con su alta capacidad aeróbica, el sujeto parecía estar bien posicionado para su intento de récord de carrera en cintaergométrica.

Rendimiento

El sujeto alcanzo su objetivo de correr 160 km en menos de 22 horas (21 horas y 59 min) y acumuló un total de 172 km durante las 24 horas de carrera. Interesantemente el sujeto había corrido previamente 160 km al aire libre bajo condiciones variables a una paso más rápido (Tabla 1) que sobre la cinta. Se sabe que la mecánica de la carrera en cinta difiere de la carrera sobre el suelo (8). Dado el hecho de que el sujeto corrió en un ambiente fresco sobre una superficie plana, es probable que las diferencias en el rendimiento en cinta, cuando el mismo comparado con el rendimiento alcanzado durante la carrera sobre suelo, puedan ser explicadas por diferencias en la mecánica de carrera sobre la cinta. Sin embargo, el gasto energético (GE) medido en la presente investigación (figura 4) está en concordancia con estimaciones previas del GE para carreras de ultra maratón de distancia similar (3, 4).

Balance Energético

Previamente Glace y cols. (3) reportaron que el GE para un grupo de corredores que corrió 160 km (n= 19) fue de 13560 kcals, factoreando la velocidad, duración y tiempo de carrera (9). Utilizando la misma ecuación nosotros estimamos que el GE fue de 12425 kcals. Además, utilizando la relación entre el VO_2 y la frecuencia cardiaca (HR), como se describió en la sección de Métodos (Figura 1), nosotros estimamos el GE a cada hora, y hallamos que el sujeto gasto 12820 kcals (Figura 4). Aunque es posible que las estimaciones del GE a partir de la HR fueran sobreestimadas por la elevación en la HR inducida por el calor, en la presente investigación este efecto fue minimizado a través del mantenimiento de un ambiente fresco. Si la ecuación metabólica subestimó el GE o la telemetría de la HR sobrestimó el GE, este error no fue mayor a ~3%. Además, los resultados de investigaciones pasadas y actuales indican que el GE para una carrera de 160 km, sea sobre terreno o en cinta, es de 12000–14000 kcals. Asimismo, hemos observado un déficit entre el GE y la ingesta energética (IE), similar al reportado previamente.

Se sabe bien que la ingesta de carbohidratos (CHO) anterior y durante el ejercicio puede mejorar el rendimiento y demorar el comienzo de la fatiga (10-14). En la presente investigación la IE fue de 4590 kcals (Figura 4), principalmente proveniente de CHO. El sujeto, un vegetariano, consumió principalmente bagels, maltodextrina en gel (GU; Sports Street Marketing: Berkeley, CA), papas hervidas y pretzels. La tasa promedio de IE (~200 kcal/hora) del sujeto fue similar a la reportada para carreras de ultra maratón corridas a 7 km/h y mayor que la de sujetos que corrieron a una mayor velocidad en una distancia más corta (5). Aunque los reportes de síntomas gastrointestinales son aparentemente comunes en corredores de ultra maratón (3), el sujeto no reportó molestias gastrointestinales. Además, Glance y cols. reportaron que no hubo correlaciones significativas entre la frecuencia de molestias gastrointestinales y la IE total o la ingesta de CHO (3).

En la presente investigación, la tasa promedio de ingesta de CHO (~0.8 g/ min) fue bastante similar a la tasa de ingesta de CHO tanto para atletas que corrieron 160 km, como para ciclistas que compitieron continuamente durante 12 horas (0.8-0.9 g/min) (3, 6). Rauch y cols. indicaron que la tasa máxima de oxidación de CHO endógenos es de 1 g/min (15). La oxidación de CHO ingeridos, medidos a partir de U-[13C] glucosa, fue de 1–1.2 g/min durante una carrera prolongada en cinta al 69% del VO_2 máx. (16). Similarmente, la oxidación de glucosa exógena, medida con U-[14C] glucosa fue de 0.8 g/min durante 6 horas de ciclismo al 55% del VO_2 máx (17). Conjuntamente, los resultados de investigaciones pasadas y actuales sugieren que los atletas de ultra maratón experimentados van a seleccionar la tasa de IE que se aproxima a las tasas máximas de utilización.

El déficit entre el GE y la IE, ~8000 kcals, fue también similar al reportado previamente para corredores de ultra maratón (3). A pesar del gran déficit calórico, el sujeto mantuvo la euglucemia a lo largo de la prueba. Al final de la 5ª y al 19ª hora de carrera, la glucosa sanguínea fue de 4.1 y de 4.4 mmol/L, respectivamente, indicando que el nivel de glucosa sanguínea del sujeto estaba en el límite inferior del normal. En contraste, la glucosa sanguínea excedió los 7 mmol/l al final de las 20ª, 23ª y 24ª horas. Estos niveles altos de glucosa sanguínea pueden haber resultado del consumo de geles de maltodextrina antes de la medición de la glucosa sanguínea. Por ello, aunque los corredores de ultra maratón incurran en grandes déficit calóricos, la hipoglucemia puede prevenirse a través de una IE suficiente para suplementar la oxidación de las fuentes de energía endógenas.

De acuerdo con Brooks y Mercier (18) la oxidación de grasas representa ~40% del GE al 50% del VO_2 máx. Por ello, en la presente investigación estimamos que la oxidación de grasas representaría aproximadamente 5000 kcals. Además, O'Brien y cols. estimaron que la cantidad de glucógeno hepático y muscular es de 475 g (1900 kcals) (1). La energía restante (12820 – 4590 – 6900 = 1330 kcals) fue probablemente aportada a través de la oxidación directa de lactato, así como también por la gluconeogénesis (1, 17). La oxidación directa de aminoácidos, así como también la utilización de aminoácidos tales como alanina como precursores neoglucogénicos, probablemente contribuyó al aporte de energía endógena, sin embargo, la falta total de cetónas en la orina del sujeto, sugiere una utilización de aminoácidos muy pequeña como fuente de energía. De manera general, el lactato sanguíneo cambió muy poco durante la carrera de 24 horas. Esta observación contrasta con los altos niveles de lactato observados durante una maratón en cinta corrida a un paso mucho más rápido que en la presente investigación, pero es consistente con el ciclismo submáximo prolongado al 50% del VO_2 máx. (17). En la presente investigación, el sujeto corrió por debajo de su umbral de lactato (U_{LAC}) y aunque el lactato sanguíneo no cambio marcadamente, investigaciones previas sugieren que el flujo de lactato a través de la oxidación directa, así como también a través de la gluconeogénesis, constituyen importantes vías para la eliminación del lactato y una fuente importante de energía durante el ejercicio prolongado (1, 17, 19). Conjuntamente, nuestras mediciones del GE, IE y la glucosa sanguínea, indican que las fuentes endógenas y exógenas de energía del sujeto fueron suficientes para mantener la euglucemia, mientras el sujeto corría de manera continua durante 24 horas a una intensidad correspondiente al 50% del VO_2 máx.

Balance de Fluidos

A diferencia de muchos ultra maratones que son corridos en ambientes de cálidos a calurosos, la habitación se mantuvo relativamente fresca (16–18 ºC) durante toda la prueba. La ingesta de fluidos que tuvo un volumen de 12.6 L (Figura 6),

fue similar a la reportada para corredores que compitieron en 160 km al aire libre (3). En la presente investigación, la masa corporal cambió solo 0.5 kg, sugiriendo una deshidratación mínima y una perdida urinaria que explicó menos del 50% (4.9 L) de la ingesta de fluidos. Si se asume que el fluido restante fue perdido a través de la deshidratación, la tasa de sudoración podría haber sido de 0.5–0.6 L/hora. Esta tasa de perdida de sudor es consistente con la producción de calor metabólico y la subsiguiente pérdida de sudor esperada para un ejercicio al 50% del VO_2 máx. en una ambiente fresco (20, 21).

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación indican que el GE medido tanto a través de la telemetría de la HR o por cálculos metabólicos, tiene resultados similares durante una ultra maratón realizada en cinta en un ambiente fresco. La ingesta de fluido y de energía parece ser similar para una carrera de ultra maratón, ya sea corriendo en una habitación con un ambiente fresco o al aire libre bajo condiciones ambientales variables. Además, el sujeto consumió energía a una tasa que fue suficiente para suplementar las reservas de combustibles endógenas a la vez que se evitaba el malestar gastrointestinal. Asimismo, la combinación de IE y de la oxidación exógena de grasas, carbohidratos, y lactato fue suficiente para cubrir los requerimientos energéticos y mantener estables los niveles de glucosa sanguínea.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Sr. Reg Richards por su generosa contribución a este estudio.

Dirección para correspondencia

Linderman, Jon K., Ph.D., Department of Health and Sport Science, University of Dayton, 300 College Park, Dayton, Ohio, USA, 45469-1210. Teléfono (937) 229-4207; Fax :(937)229-4244; correo electrónico: jonlinderman@udayton.edu.

REFERENCIAS

1. Davies, CTM (1986). Physiological responses to prolonged exercise in ultramarathon athletes. *J. Appl. Physiol, 61: 611-617*
2. Glace B, Murphy C, Malachy M (2002). Food and fluid intake and disturbances in gastrointestinal and mental function during an ultramarathon. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab, 12(4): 414-427*
3. O'Hara WJ, Allen C, Shephard RJ, Gill RW (1977). LaTulippe--a case study of a one hundred and sixty kilometre runner. *Brit. J. Sports Med, 11(2): 83-87*
4. Fallon KE, Broad E., Thompson WM, Reull PA (1998). Nutritional and fluid intake in a 100-km ultramarathon. *Int. J. Sport Nutr, 8(1): 24-35*
5. Linderman JK, Demchak TP, Dallas JM, Buckworth J (2003). Ultra-endurance cycling: a field study of human performance during a 12-hour mountain bike race . *JEPonline; 6 (3):10-19*
6. Jackson AS and Pollock ML (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr, 40:497-504*
7. Nigg BM, De Boer RW, Fisher V (1995). A kinematic comparison of overground and treadmill running. *Med. Sci. Sports Exer, 27: 98-105*
8. ACSM (1995). Guidelines for Exercise Testing and Prescription (6th ed.). *Philadelphia: Williams and Wilkins*
9. Coggan AR, Coyle E (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion of ingestion. *J Appl Physiol;63:2388-2395*
10. Coggan AR, Swanson SC (1992). Nutritional manipulations before and during endurance exercise: effects on performance. *Med Sci Sports Exer; 24: S331-S335*
11. Sherman WM, Lamb DR (1988). Nutrition and prolonged exercise. *In Persp. in Exerc. Sci. and Sports Medicine: Prolonged exercise, D.R. Lamb and R. Murray (Eds.). Indianapolis, IN: Benchmark Press, pp. 213-280*
12. Wright DA., Sherman WM, Dernbach AR (1991). Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling performance. *J. Appl Physiol; 71(3): 1082-1088*
13. Ventura JL, Estruch A, Rodas G, Segura R (1994). Effects of prior ingestion of glucose or fructose on the performance of exercise of intermediate duration. *Eur J Appl Physiol; 68: 345-349*
14. Rauch, H.G.L., J.A. Hawley, T.D. Dennis, SC (1998). Fuel metabolism during ultra-endurance exercise. *Eur J Appl Physiol, 436(2): 211-219*
15. Couture S, Massicotte D, Lavoie C, Hilliaire-Marcel C, Peronnet F (2002). Oral [13C]glucose and endogenous energy substrate oxidation during prolonged treadmill running. *J Appl Physiol; 92:1255-1260*
16. Hawley JA, Dennis SC, Noakes TD (2002). Oxidation of carbohydrate ingested during prolonged endurance exercise. *Sports Med, 14:27-42*
17. Brooks G., Mercier J (1994). The balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the crossover concept. *J. Appl. Physiol, 76:2253-2261*
18. Stanely, W.C., E.W. Gertz, J.A. Wisnewski, D.L. Morris, R.A. Neese, and G.A. Brooks (1985). Systemic lactate kinetics during

graded exercise in man. *m. J. Physiolo. Endocrinol. Metab, 249: E595-E602*
19. Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, Muza SR, Pandolf KB (1985). Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J Appl Physiol; 59:1394-140*
20. Sawka MN, Pandolf KB (1990). Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. *In Persp. in exerc. sci. medicine: fluid homeostasis during exercise, C.V. Gisolfi and D. R. Lamb, (Eds.). Carmel, IN: Benchmark Press, Inc, pp.1-38*

Cita Original

Linderman, Jon K., Laubach, Lloyd L. Energy Balance During 24 Hours Of Treadmill Running. JEPonline. 2004;7(1):37-44