PubliCE, (PubliCE) 2002

Research

La Hipohidratación Afecta de Manera Adversa al Umbral Láctico en Atletas de Resistencia

Robert W Kenefick[1], Nicholas V Mahood[1], Craig O Mattern[1], Robert Kertzer[1] y Timothy J Quinn[1]

[1]*Department of Kinesiology, University of New Hampshire, New Hampshire Hall, Durham, New Hampshire.*

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue observar el efecto de la hipohidratación (-4% de la masa corporal) sobre el umbral láctico (LAT) en 14 atletas universitarios (8 hombres y 6 mujeres; edad 20.9±0.5 años; talla, 171.1±2.4cm; masa corporal, 64.8±2.3kg; VO_2 máx., 62.8±1.9 ml.kg¹.min¹; porcentaje de grasa, 11.4±1.5%). Los sujetos realizaron 2 series discontinuas y aleatorias en cinta ergométrica a una temperatura de bulbo seco (Tdb) de 22°C hasta el agotamiento volitivo en 2 estados de hidratación, euhidratados e hipohidratados. La condición de hipohidratación fue alcanzada en un ambiente térmicamente neutral (Tdb, 22°C, humedad, 45%) con el ejercicio conducido a una intensidad moderada como fue definido por la fatiga percibida (RPE, aproximadamente 12) 12-16 horas antes de la evaluación. En promedio, los sujetos disminuyeron su masa corporal en un 3.9% antes del test en condiciones de hipohidratación. Fueron medidos el lactato sanguíneo, hematocrito, VO_2, ventilación por minuto (V_E), valor R, frecuencia cardiaca (HR), y RPE durante cada etapa de cuatro minutos de la evaluación. En la condición de hipohidratación, el LAT ocurrió significativamente antes durante el ejercicio y a un menor VO_2 absoluto, V_E, índice de intercambio respiratorio, RPE, y concentración de lactato sanguíneo. También, la concentración de lactato sanguíneo fue significativamente menor en la condición de hipohidratación (6.7±0.8 mmol) en comparación con la condición de euhidratación (10.2±0.9 mmol) en el ejercicio de intensidad pico. No hubo diferencias en la HR o el porcentaje de la HR máxima en el LAT ni los gráficos de VCO_2/VO_2 revelaron diferencias en el amortiguamiento por el bicarbonato durante el ejercicio entre las 2 condiciones. A partir de estos resultados nosotros especulamos que la hipohidratación no alteró significativamente la función cardiovascular o la capacidad amortiguadora, pero causó que el LAT ocurriera a una menor intensidad absoluta de ejercicio.

Palabras Clave: hidratación, metabolismo, deshidratación inducida por el ejercicio

INTRODUCCION

La pérdida de agua corporal puede influenciar de manera adversa el rendimiento en el ejercicio. Ha sido reportado que la hipohidratación en un factor tan pequeño como 2% de la masa corporal resulta en disminuciones en la potencia aeróbica máxima y en la capacidad de trabajo (25). Aunque numerosos estudios han examinado el efecto de la hipohidratación sobre las funciones circulatorias y termorregulatorias (1, 2, 6, 7, 10-12, 14, 15, 22-26, 29), menos se sabe con respecto a sus efectos sobre el metabolismo. Ha sido propuesto que la hipohidratación acumula metabolitos, tales como lactato sanguíneo y aumenta la concentración de iones hidrógeno, incrementa la producción de catecolaminas (22), acelera la depleción de las reservas energéticas, y posiblemente altera la capacidad amortiguadora (10, 19). Además, ha sido demostrado que la hipohidratación, ya sea, incrementa la concentración de ácido láctico (16) o no tiene ningún efecto (10).

Los estudios que observan específicamente el efecto de la hipohidratación sobre el umbral láctico (LAT) no están bien establecidos. Algunas investigaciones han encontrado alteraciones del lactato sanguíneo o el LAT con los distintos grados de hipohidratación (2, 27, 32). Por ejemplo, Armstrong et al. (2) han demostrado una disminución en las concentraciones de lactato sanguíneo en sujetos que realizaron pruebas por tiempo de 5 y 10 km en un estado de hipohidratación (-2% de la masa corporal) en comparación con la condición de euhidratación. De manera opuesta, Webster et al. (32) reportaron disminución de los valores de lactato sanguíneo pico y LAT en un grupo de luchadores con una hipodratación de aproximadamente 6% de su masa corporal. Otros investigadores no han observado ningún cambio en los valores de lactato sanguíneo y LAT luego de la hipohidratación en comparación con las sesiones de control en estado de euhidratación (11, 12).

El hecho de que los investigadores hayan reportado resultados variables con respecto al efecto de la hipohidratación sobre el LAT puede deberse a los diferentes protocolos de hipohidratación usados para inducir pérdidas en el agua corporal. Estos métodos incluyen el uso de diuréticos (2), sauna (18), restricción calórica, ejercitación con o sin ropa para transpirar, o combinación de los mismos (32). Un trabajo anterior de Caldwell et al. (7) ha demostrado que estos métodos de inducción de un estado de hipohidratación tienen efectos variables sobre la producción de trabajo y el VO_2 máx. Específicamente, Kozlowki y Saltin (18) han demostrado que la hipohidratación inducida por el ejercicio resulta en una mayor pérdida de agua intracelular en comparación con un protocolo de inducción de transpiración (sauna). Adicionalmente, Armstrong et al. (2) usó un diurético para inducir un estado de hipohidratación. Este tipo de hipohidratación usualmente resulta en un índice de pérdida plasmática/pérdida de agua corporal mucho más grande, con menos pérdida de fluido intracelular en comparación con la hipohidratación inducida por transpiración o por ejercicio (19). Por consiguiente, para estudiar el efecto de la hipohidratación en atletas de resistencia entrenados y para determinar si ocurre un cambio en el LAT, es importante seleccionar un método de hipohidratación que sea consistente y específico de la actividad elegida por el atleta.

De este modo, el propósito de esta investigación fue observar el efecto de la hipohidratación (-4% de la masa corporal) sobre el LAT en atletas universitarios bien entrenados. Para aproximar mejor las condiciones similares a las que los atletas pueden encontrar en una base día a día, nosotros elegimos un protocolo de ejercicio que no usó la actividad en un ambiente cálido, diuréticos, sauna o ropa para transpirar para alcanzar el estado de hipohidratación.

METODOS

Sujetos

14 miembros del equipo de esquí Nórdico de la universidad físicamente entrenados (8 hombres y 6 mujeres) se ofrecieron voluntariamente para participar en la investigación. Las características físicas (media±DS) incluyen las siguientes variables: edad, 20.9±0.5 años; talla, 171.1±2.4cm; peso, 64.8±2.3kg; porcentaje de grasa, 11.4±1.5%; VO_2 máx., 62.8±1.9 $ml.kg^{1}.min^{1}$. Las características físicas por sexo son presentadas en la Tabla 1. Cada sujeto completó un documento de consentimiento informado por escrito y un cuestionario de historia médica después de que fue informado el propósito del experimento y los posibles riesgos. El comité de revisión institucional de la universidad aprobó el uso de humanos como sujetos.

Todos los sujetos habían entrenado el año antes de la investigación, con una frecuencia mínima de 5 días por semana. Los regimenes de entrenamiento incluyeron largo esfuerzos de resistencia (carrera y esquí), carreras fartlek, esfuerzos en el umbral (carrera y esquí), entrenamiento intervalado, y esfuerzos supramáximos. En el momento de las evaluaciones los atletas estaban en la fase de entrenamiento de resistencia.

Mediciones Preliminares

Antes de las evaluaciones experimentales, los sujetos realizaron un test de VO_2 máx. (9) y fue estimado su porcentaje de grasa corporal. La densidad corporal fue determinada con la técnica de pesaje hidrostático descrita por Katch y Katch (17). La grasa corporal fue determinada a partir de la fórmula de Brozek et al. (5). La capacidad vital fue medida por medio de espirometría, y el volumen pulmonar residual fue estimado a partir de estos valores (33).

Las mujeres completaron un cuestionario de historia menstrual y registraron sus temperaturas basales durante 1-2 meses antes de las evaluaciones. Todas las evaluaciones experimentales fueron realizadas en la fase folicular temprana de su ciclo, en un esfuerzo de controlar cualquier fluctuación posible en el nivel de agua corporal total (20).

A los sujetos que participaron en el estudio se les pidió que mantuviesen dietas similares durante los 3 días anteriores a cada prueba experimental y que mantuvieran un registro dietario de 3 días antes de cada sesión de evaluaciones. Estos

diarios alimentarios fueron analizados para contenido de kilocalorías, carbohidratos, grasas, proteínas, sodio, y potasio (Nutritionist 4, N-Squared Computin, San Bruno, CA).

Pruebas Experimentales

Los sujetos realizaron aleatoriamente 2 series en cinta ergomética en un ambiente neutral (temperatura de bulbo seco [Tdb], 22°C, 50% de humedad relativa [rh]), una en una condición de euhidratación, y la otra en un estado de hipohidratación. El protocolo en la cinta consistió de etapas de ejercicio con inclinación discontinuo, de 4 minutos. Fue usado un protocolo de Astrand modificado en el cual los sujetos seleccionaban ellos mismos la velocidad de carrera, y este ritmo no era alterado durante la duración del test. La graduación de la cinta ergométrica era incrementada en un 2% cada etapa hasta la fatiga volitiva. Al final de cada etapa de 4 minutos, el sujeto cruzaba sus piernas a los lados de la cinta mientras eran tomadas muestras sanguíneas de lactato en duplicado para la determinación del hematocrito y lactato. El segundo test fue conducido a la misma velocidad del primero. Para asegurar la seguridad del sujeto mientras se ejercitaba durante la prueba de hipohidratación, fue monitoreada la temperatura rectal por medio de un transmisor flexible (Yellow Springs Instruments, series 401, Yellow Springs, OH). El consumo de oxígeno, la ventilación minuto (V_E), y el índice de intercambio respiratorio (RER) fueron medidos continuamente durante cada evaluación usando una carta metabólica (SensorMedics 2900, SensorMedics, Yorba Linda, CA). La frecuencia cardiaca (HR) fue registrada en cada minuto de ejercicio (Polar Accurex II, Polar CIC, Inc., Port Washington, NY). Los sujetos reportaron un índice de fatiga percibida (RPE, escala de 0-10) luego de cada etapa de ejercicio de 4 minutos (24).

La hipohidratación fue definida como una reducción de 4% en la masa corporal total y fue establecida a través del ejercicio en un ambiente térmico neutral (Tdb, 22 ºC, 45% rh). De 12 a 16 horas antes de las evaluaciones experimentales, los sujetos corrieron, anduvieron en bicicleta, o alternaron los modos de ejercicio cada 30 minutos hasta que fue alcanzada una reducción del 4% en la masa corporal total. Los sujetos fueron pesados cada 25-30 minutos hasta que la reducción de 4% fue evidente. Los sujetos realizaron ejercicios que serían considerados de moderada intensidad (RPE, aproximadamente 12 usando la escala de Borg de categoría 15 [4]). La intensidad fue elegida debido a que no depletaría las reservas de glucógeno y sería similar a una serie de entrenamiento si hubiera sido prescrito un esfuerzo de larga distancia. La cantidad de tiempo para alcanzar este nivel de hipohidratación estuvo entre 90-180 minutos. Los sujetos también restringieron la ingesta de fluidos y comieron comidas relativamente secas antes del test de hipohidratación.

Variables

El lactato fue analizado en duplicado por medio de un pinchazo en el dedo luego de cada etapa de ejercicio de 4 minutos con un analizador de lactato portátil (YSI 1500 Sport Lactate Analyzer, Yellow Springs, Inc.). Antes de cada sesión de evaluación, el analizador fue calibrado de acuerdo a las especificaciones del fabricante. El LAT fue determinado usando un gráfico del logaritmo de la concentración de lactato vs. el logaritmo del VO_2 como fue descrito por Beaver et al. (3). El hematocrito fue medido en duplicado mediante el método de microhematocrito. Los cambios en el volumen plasmático fueron calculados a partir de los cambios en el hematocrito usando la fórmula de Van Beaumont (31). Los cambios porcentuales en el volumen plasmático (% ΔPV) fueron calculados a partir de los puntos de tiempo pre-ejercicio hasta los puntos de tiempo en los cuales ocurrió el LAT en cada condición.

Análisis Estadísticos

Fueron hechas comparaciones estadísticas del porcentaje del VO_2 máx., VO_2 absoluto y relativo, V_E, RER, HR, lactato sanguíneo, RPE,% ΔPV, y tiempo de rendimiento con respecto al LAT y a la intensidad pico en las condiciones de euhidratación e hipohidratación usando ANOVA multivariado. Fue usado un test post hoc de Newman-Keuls cuando fueron encontrados efectos principales significativos para determinar diferencias específicas. La significancia fue establecida a un nivel $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Los sujetos en el estudio alcanzaron una reducción de 3.9±0.4% en la masa corporal (masa corporal pre-ejercicio, 65.4±2.2 kg; masa corporal post-ejercicio, 62.8±2.1 kg) debido al protocolo de hipohidratación usado. La HR pre-ejercicio no fue diferente entre las pruebas en las condiciones de euhidratación e hipohidratación (68±3 lat.min^1 vs. 67±3 lat.min^1, respectivamente). El contenido total de kilocalorías, carbohidratos, grasas, proteínas, sodio y potasio y la ingesta de fluidos analizada para el registro dietario de 3 días antes de las pruebas en condiciones de euhidratación e hipohidratación no fueron estadísticamente diferentes.

La Figura 1 muestra las concentraciones de lactato sanguíneo en función del porcentaje del VO_2 máx. en las condiciones de hipohidratación y euhidratación. Aunque los valores de lactato sanguíneo no fueron diferentes a ningún porcentaje del VO_2 máx., el LAT ocurrió significativamente antes ($p<0.05$) durante el ejercicio en la condición de hipohidratación. Además, el LAT en el estado de hipohidratación ocurrió a un menor VO_2 absoluto, V_E, RER, RPE, y concentración de lactato sanguíneo (Tabla 2). El % ΔPV desde el pre-ejercicio hasta el LAT no fue diferente entre las condiciones de euhidratación (-6.3±1.5%) o hipohidratación (-3.2±1.0%). En la intensidad pico, el lactato sanguíneo o los valores R fueron significativamente más altos en el estado de euhidratación (Tabla 3). Aunque no fue significativamente diferente, el tiempo hasta la fatiga volitiva fue menor en la condición de hipohidratación.

Características	Hombres (n=8)	Mujeres (n=6)
VO_2 máx. ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	67.3±1.3	56.9±1.2
Grasa (%)	8.2±1.1	15.7±1.2
Edad (años)	21.3±0.5	20.3±0.4
Talla (cm)	176.5±1.7	164.0±2.1
Peso (kg)	69.7±1.3	58.3±2.2

***Tabla 1**. Características de los sujetos (medias±DS).*

Variable	Condición EU	Condición HYPO
% del VO_2 máx.	74.5±1.7	71.0±2.0
VO_2 relativo ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	47.3±1.6	44.8±1.4
VO_2 absoluto ($L.min^{-1}$)	4.0±0.2	2.8±0.1 *
V_E($L.min^{-1}$)	77.9±6.0	65.1±3.0 *
RER	0.93±0.02	0.87±0.02 *
Frecuencia cardiaca ($lat.min^{-1}$)	164.0±4.1	158.5±3.2
% de la frecuencia cardiaca máxima	85.1±1.5	82.6±1.4
Acido láctico ($mmol.l^{-1}$)	2.3±0.3	1.3±0.2 *
RPE	4.9±0.4	3.9±0.3 *
Tiempo hasta LAT (min)	19.1±1.1	16.0±0.9 *
Tiempo hasta el agotamiento (min)	31.4±1.3	29.5±0.6

***Tabla 2.** Variables seleccionadas en el umbral del ácido láctico en las condiciones de euhidratación (EU) e hipohidratación (HYPO) (media±SE). V_E=ventilación minuto; RER=índice de intercambio respiratorio; RPE=índice de fatiga percibida; LAT=umbral láctico. *p<0.05, HYPO*