

Efectos de la ingesta ad libitum de bebidas hidratantes sobre el peso corporal, la frecuencia cardíaca y el volumen plasmático durante una actividad física de alta intensidad y larga duración -Informe preliminar-

JUAN CARLOS ARISTIZÁBAL R.¹, HILDA NORHA JARAMILLO L.², DIANA PATRICIA DÍAZ H.³,
JAIME ALBERTO PÉREZ G.⁴, RUBIELA FLÓREZ MANRIQUE⁵

RESUMEN

OBJETIVO: DETERMINAR LA MAGNITUD de la ingesta ad libitum de tres bebidas hidratantes de diferente osmolaridad y establecer sus efectos sobre el porcentaje de pérdida del peso corporal (PC), el aumento de la frecuencia

-
1. ND, MSc Fisiología del Ejercicio, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.
 2. MD, MSc Fisiología, profesora titular de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.
 3. MD, MSc Fisiología del Ejercicio, profesora asociada de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.
 4. MD, Especialista en Medicina Deportiva, profesor asociado de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.
 5. Bacterióloga y Laboratorista, Esp. en Hematología, empleada no docente, Universidad de Antioquia.

Grupo de Fisiología del Ejercicio. Universidad de Antioquia-Indeportes Antioquia

Envío de correspondencia: Juan Carlos Aristizábal Rivera, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, AA 1226. Medellín. Teléfonos: (094)5106038, (094)5106030; fax: 2633509

e-mail: jcaristi@pijaos.udea.edu.co

La presente investigación fue realizada con el auspicio del Comité para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad de Antioquia (CODI) e Indeportes Antioquia.

Fecha de recepción: 6 de julio de 2004

Fecha de aceptación: 16 de agosto de 2004

cardíaca (FC) y la reducción porcentual del volumen plasmático (VP) en nueve deportistas con entrenamiento aeróbico, sometidos, bajo condiciones ambientales neutras, a una actividad física de alta intensidad $\frac{3}{4}$ 80% de la FC de reserva (FCR_{80}) $\frac{3}{4}$ y larga duración $\frac{3}{4}$ 88 minutos $\frac{3}{4}$.

Metodología: el protocolo experimental se realizó en banda rodante, luego de nueve minutos de calentamiento, a una velocidad equivalente al 50% de la FCR y con una pendiente del 1%; siguieron 88 minutos de carrera, en tres intervalos, los dos iniciales de 29 minutos y el último de 30; la pendiente se mantuvo y la velocidad se incrementó al 80% de la FCR; finalmente, 90 minutos de recuperación, en tres intervalos de 30 minutos cada uno. No se hizo reposición hídrica durante el tratamiento deshidratado (DH); durante los tratamientos con hidratación se empleó un volumen similar de tres bebidas de diferente osmolaridad (H-I, H-II, H-III), el cual fue ingerido ad libitum.

Resultados: durante la etapa de ejercicio la pérdida hídrica fue de 1.440 ml/h mientras que el volumen ingerido fue de 407 ml/h. Se observó, en cada uno de los tratamientos, una pérdida porcentual del PC ($p < 0,001$); un incremento de la FC ($p < 0,05$), y excepto con H-II y H-III una reducción porcentual del VP ($p < 0,05$). No hubo diferencias intertratamientos en el porcentaje de la pérdida del PC, en el aumento de la FC ni en la reducción porcentual del VP.

Conclusiones: la ingesta ad libitum fue menor que la cantidad recomendada internacionalmente por lo que, probablemente, no se pudieron establecer los efectos de la osmolaridad de las bebidas hidratantes sobre las variables estudiadas. Estos hallazgos nos obligan a revisar las prácticas de hidratación de nuestros deportistas ya que, al parecer, no ingieren la cantidad adecuada de líquidos para obtener los beneficios atribuidos a la hidratación.

PALABRAS CLAVE

DEPORTISTAS
BEBIDAS HIDRATANTES
INGESTA AD LIBITUM
PESO CORPORAL
FRECUENCIA CARDÍACA
VOLUMEN PLASMÁTICO

INTRODUCCIÓN

DURANTE LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES FÍSICAS aeróbicas de larga duración $\frac{3}{4}$ más de 10 minutos $\frac{3}{4}$ y de alta intensidad $\frac{3}{4}$ entre 70-89% de la frecuencia cardíaca máxima ($FC_{máx}$) $\frac{3}{4}$ (1,2) se genera gran cantidad de calor como resultado del aumento del metabolismo muscular; para evitar la elevación de la temperatura corporal se incrementa el flujo sanguíneo cutáneo y se inicia el proceso de la sudación (3,4). La pérdida de líquidos por sudor bajo condiciones ambientales neutras $\frac{3}{4}$ 19 a 25 °C $\frac{3}{4}$ es de 1,0 a 1,5 l/h (5,6) y bajo condiciones ambientales extremas $\frac{3}{4}$ por encima de 28°C $\frac{3}{4}$ excede los 3 l/h (3). Como consecuencia de lo anterior, en eventos de larga duración, aun bajo condiciones ambientales neutras, se presenta una pérdida hídrica que conduce a deshidratación, la cual se evidencia por disminución, entre el 2 y el 6%, del peso corporal (PC). Bajo condiciones ambientales extremas las pérdidas hídricas y por ende la pérdida del PC superan el 6% (3). A pesar de lo anterior, la ingesta voluntaria o ad libitum de líquidos por el deportista rara vez supera el 0,5 l/h por lo que no se corrige su deshidratación (5,7); a este comportamiento se lo conoce como deshidratación "voluntaria" dado que el deportista no ingiere la cantidad adecuada de líquidos por temor a sufrir molestias digestivas o a perder

tiempo durante la competencia, o porque las bebidas hidratantes no poseen la palatabilidad deseada (8,9). Además, durante la actividad física la sed es un estímulo inadecuado para la reposición de líquidos dado que sólo aparece cuando la pérdida del peso corporal supera el 2% (8).

Ahora bien, durante la realización de una actividad física de larga duración y alta intensidad se observan, además de lo anterior, importantes respuestas homeostáticas del sistema cardiovascular: 1) aumento de la frecuencia cardíaca (FC) proporcional a la intensidad y duración de la actividad física, debido a la estimulación procedente del sistema nervioso simpático (10); 2) incremento, a su vez, del gasto cardíaco, y 3) reducción porcentual del volumen plasmático (VP); para algunos autores esta reducción obedece a las alteraciones de las fuerzas de Starling (11-13), pero para otros, se debe a la redistribución del flujo sanguíneo desde el área esplácnica hacia los músculos y la piel (14,15). No hay consenso sobre las variaciones de la reducción porcentual del VP a medida que progresa el grado de deshidratación; algunos autores han observado reducciones adicionales significativas (16,17) pero otros no las han encontrado (14,18).

Por un lado, se acepta que la deshidratación ocurrida durante una actividad física, aun bajo condiciones ambientales neutras, equivalente a una pérdida del 3% del PC, disminuye la velocidad de sudación e incrementa el trabajo del sistema cardiovascular (3,19). Una pérdida hídrica mayor incrementa, aún más, las demandas sobre este sistema, lo que deteriora el rendimiento deportivo (9,20). Por otro lado, existe consenso en que la reposición hídrica mejora el rendimiento deportivo en actividades de larga duración, aun bajo condiciones ambientales neutras, al atenuar los efectos de la deshidratación sobre los incrementos

de la temperatura corporal y de la FC (9,21,22); pero no hay acuerdo sobre la cantidad de líquidos por reponer, ni sobre el momento más oportuno para ello. Algunos autores (21,23,24) recomiendan ingerir líquidos desde el comienzo del ejercicio, vigilar la pérdida del PC e ingerir una cantidad que iguale dicha pérdida; otros, por el contrario, consideran que la pérdida del PC sobreestima las pérdidas hídricas (6,20). El Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) recomienda ingerir entre 600 y 1.200 ml/h, en tomas de 150 a 350 ml cada 15 a 20 minutos para prevenir las molestias digestivas y promover un vaciamiento gástrico rápido (23); por el contrario, la Asociación de Directores Médicos de las Maratones Internacionales (IMMDA) recomienda la ingesta de líquidos ad libitum, y preferiblemente, entre 400 y 800 ml/h (25).

Existe controversia sobre las ventajas de la hidratación con bebidas hidratantes; se postula que la efectividad de estas para atenuar el grado de deshidratación depende, entre otros factores, de la cantidad y el tipo de carbohidratos que contengan. Los más utilizados son los monosacáridos glucosa y fructosa, el disacárido sacarosa y los polímeros de la glucosa como las maltodextrinas. Estas sustancias, que se emplean en concentraciones del 4 al 8%, favorecen la absorción intestinal de agua y aportan energía para el trabajo muscular (4,26). Igualmente, generan controversia las concentraciones ideales de electrolitos, principalmente las de sodio, cloro y potasio; estos se emplean en concentraciones variables $\frac{3}{4}$ el sodio de 3 a 20 mEq/l, el cloro de 0 a 10 mEq/l y el potasio de 3 a 16 mEq/l $\frac{3}{4}$ (26); reponen las pérdidas por sudor y favorecen la absorción intestinal de agua (4,9). La osmolaridad afecta, al parecer, tanto la velocidad de vaciamiento gástrico como la de absorción intestinal; su valor ideal no se ha establecido. Algunos autores han encontrado que

las soluciones hipoosmolares abandonan más rápidamente el estómago (27,28); otros no han encontrado diferencia en la velocidad de vaciamiento gástrico con soluciones isoosmolares e hipoosmolares (29,30). En cuanto a la velocidad de absorción intestinal, también hay hallazgos contradictorios; algunos autores han encontrado que se absorben más rápido las soluciones hipoosmolares (31,32) mientras que otros no han encontrado diferencias en la velocidad de absorción intestinal de soluciones con diferente osmolaridad (29,30).

En una investigación anterior habíamos determinado la influencia de la hidratación con agua, sin electrolitos, sobre el rendimiento deportivo, en atletas con entrenamiento aeróbico, durante una actividad física de alta intensidad (80% de la capacidad física de trabajo-PWC₈₀ por su sigla en inglés) y larga duración (90 minutos), bajo condiciones ambientales neutras; encontramos que ella lo mejora a partir del minuto 61 de la etapa de ejercicio (14). En la presente investigación nos interesaba determinar la magnitud de la reposición hidroelectrolítica ad libitum con tres bebidas hidratantes de diferente osmolaridad y sus efectos sobre el porcentaje de pérdida del PC, el incremento de la FC y la reducción porcentual del VP, en nueve deportistas con entrenamiento aeróbico, sometidos, bajo condiciones ambientales neutras, a una carrera en banda rodante, de alta intensidad (80% de la frecuencia cardíaca de reserva, FCR₈₀) y larga duración (88 minutos).

MATERIALES Y MÉTODOS

Población

Se estudiaron nueve hombres deportistas, con entrenamiento aeróbico: cinco de ellos eran atletas

corredores de fondo y cuatro, triatletas, quienes se encontraban en su período de preparación física específica; después de ser informados del protocolo que se iba a seguir dieron su consentimiento escrito.

Protocolo experimental

Se realizó en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia, situado en Medellín, a 1.538 msnm, con una temperatura promedio de 24,2°C (SEM±0,1), una humedad relativa ambiental de 51,8% (SEM±1,4) y una presión barométrica de 674 mm de Hg.

La FC_{máx} se determinó para cada deportista mediante la aplicación de una prueba máxima de carga ascendente, sobre la banda rodante (Quinton 1845), con una pendiente constante del 1%, a una velocidad, durante los tres primeros minutos, de 1,56 m/s, con incrementos posteriores cada minuto, de 0,22 m/s, hasta la fatiga total. La velocidad de carrera correspondiente al 80% de la FC de reserva (FCR₈₀) se calculó mediante el método de Karvonen (33).

Una semana después cada deportista acudió al laboratorio entre las 5:00 y las 8:00 a.m. una hora después de ingerir un desayuno estándar de aproximadamente 350 Kcal (210 Kcal de carbohidratos, 100 Kcal de proteínas y 40 Kcal de lípidos). Fue pesado en ropa interior y con la vejiga vacía. Después de ponerse pantaloneta y zapatos deportivos se le colocó el pulsómetro y esperó sentado hasta alcanzar su FC de reposo ±10 ppm (etapa C₀). Se le introdujo un catéter de teflón (Insyte N° 18) en la vena antecubital, zona del pliegue, el cual fue fijado adecuadamente. Se le extrajeron 3 ml de sangre en tubo estéril con EDTA-K₃, para la determinación del hematocrito (Hct) y

la hemoglobina (Hb); finalmente, se heparinizó el catéter con 200 µl de una solución de heparina (Liquemine®-Roche) y suero salino (1:10.000).

La etapa de calentamiento (C_1), de nueve minutos de duración, consistió en una carrera sobre la banda rodante con una pendiente del 1%. El protocolo se diseñó de tal manera que la velocidad inicial y sus dos incrementos posteriores, en los minutos tres y seis, no ocasionaran un aumento de la FC superior al 50% de la FC de reserva (FCR); esta se determinó, para cada deportista, sustrayendo de la $FC_{máx}$ la FC de reposo.

El calentamiento fue seguido de la etapa de ejercicio (E) que consistió en una carrera sobre la banda rodante, de 88 minutos de duración, realizada en tres intervalos (E_1 a E_3); E_1 y E_2 tuvieron una duración de 29 minutos cada uno y E_3 , de 30. La pendiente inicial del 1% y la velocidad de carrera, correspondiente a la FCR_{80} de cada individuo, permanecieron constantes.

Al finalizar el intervalo E_3 los deportistas iniciaron la etapa de recuperación (R), de 90 minutos de duración, en tres intervalos (R_1 a R_3) de 30 minutos cada uno; durante los tres minutos iniciales de R_1 llevaron a cabo una recuperación activa caminando sobre la banda rodante a una velocidad de 1,34 m/s; posteriormente abandonaron la banda rodante y se los pesó luego de secarse, cambiar su ropa interior y evacuar la vejiga. El peso obtenido se consideró como el peso E_3 . Por último, permanecieron sentados hasta el final de la recuperación cuando, después de un nuevo vaciamiento vesical, se los pesó por última vez.

El tiempo transcurrido entre una y otra etapa del protocolo (C, E y R) y entre los intervalos de las etapas del ejercicio y la recuperación, fue inferior a un minuto; lo necesario para la toma de las muestras de sangre.

A todos los participantes se les realizó cuatro veces el procedimiento anteriormente descrito con intervalos de dos a tres semanas; en la primera ocasión no se les permitió la ingesta de líquidos $\frac{3}{4}$ tratamiento deshidratado (DH) $\frac{3}{4}$; en las ocasiones siguientes los atletas ingirieron aleatoriamente, desde el comienzo de la etapa de ejercicio hasta el final de la etapa de recuperación, una de tres bebidas $\frac{3}{4}$ tratamientos con hidratación (H) $\frac{3}{4}$. El volumen ingerido durante el primer tratamiento con hidratación fue ad libitum y el mismo volumen se dio en tomas de aproximadamente 34 ml, con intervalos de 5 minutos en los otros dos tratamientos.

Las tres bebidas hidratantes tuvieron un contenido igual de electrolitos $\frac{3}{4}$ concentración similar a la promedio del sudor de atletas de alto rendimiento $\frac{3}{4}$ (34) y se les adicionaron concentraciones crecientes de dextrosa hasta obtener una bebida hipoosmolar (de 210 mOsm/l), una isoosmolar (de 293 mOsm/l) y una hiperosmolar (de 376 mOsm/l) que se rotularon aleatoriamente como bebidas I, II y III; se les dieron sabor y color artificial a naranja para enmascarar su composición y se les ofrecieron a los deportistas a temperaturas entre 10 y 15°C. La identidad de las bebidas es aún desconocida tanto por los deportistas como por los investigadores (Tabla N° 1).

Tabla N° 1
COMPOSICIÓN DE LAS BEBIDAS HIDRATANTES, DE DIFERENTE OSMOLARIDAD, INGERIDAS POR NUEVE DEPORTISTAS CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, DURANTE LA REALIZACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN, BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS

Solución	Composición de las bebidas hidratantes					Osmolaridad mOsm/l
	Sodio mEq/l	Cloro mEq/l	Potasio mEq/l	Dextrosa		
				g%	mMol/l	
Isoosmolar	50	40	9	3,5	194	293
Hipoosmolar	50	40	9	2,0	111	210
Hiperosmolar	50	40	9	5,0	277	376

Medición de las variables

La edad de los deportistas se reportó en años y meses; la estatura se midió con un tallímetro (Andac) de 220 cm de capacidad y 0,1 cm de sensibilidad; el peso corporal, con una balanza mecánica (Detecto) de 200 kg de capacidad y 0,1 kg de sensibilidad. Los pliegues cutáneos se midieron con un calibrador (Harpenden) de 60 mm de capacidad y 0,2 mm de sensibilidad; para la determinación del porcentaje de grasa corporal se aplicó la ecuación de Yuhasz (35).

El porcentaje de pérdida del peso corporal se estableció teniendo en cuenta su variación al final del ejercicio y al final de la recuperación, aplicando las siguientes fórmulas: $100 \frac{(\text{Peso Co} - \text{Peso E}_3)}{\text{Peso Co}}$ y $100 \frac{(\text{Peso Co} - \text{Peso R}_3)}{\text{Peso Co}}$, respectivamente.

La FC se registró minuto a minuto durante la etapa de ejercicio.

Al final del calentamiento y de cada intervalo de las etapas de ejercicio y recuperación se obtuvieron muestras de sangre para determinar el Hct y la

Hb, para lo cual se empleó un equipo para determinaciones hematológicas (Sysmex 4500 Roche); se determinó el porcentaje de variación del VP según la ecuación de Dill y Costill (36).

La osmolaridad calculada de las bebidas hidratantes se verificó empleando un osmómetro de presión de vapor (Wescor 5500); las concentraciones de sodio y potasio se midieron en un espectrofotómetro de llama (Corning 410C) y para la de cloro se utilizó la técnica del ion selectivo (Electrolyte analyzer Nova 10⁺).

Análisis estadístico

Todos los datos se procesaron mediante el paquete Estadística 6.0 (StafSoft Inc.). Se estableció la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro Willks y se aplicaron un ANOVA de mediciones repetidas y una evaluación post-hoc mediante la prueba de Newman-Keuls. La significancia estadística se fijó en $p < 0,05$. Para el análisis de regresión lineal y el coeficiente de asociación se aplicó el método de Pearson. Se presentan el promedio y el error estándar de la media (SEM) de todos los datos.

RESULTADOS

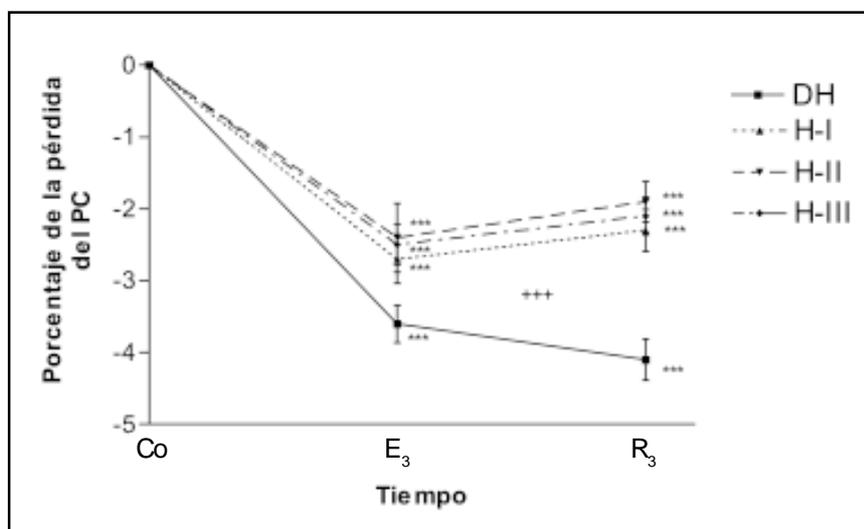
EL PROMEDIO DE EDAD FUE **25,1 AÑOS** (SEM±1,8); el de peso, 60,2 kg (SEM±2,1); el de estatura, 168,2 cm (SEM±1,0) y el de porcentaje de grasa corporal, 7,0 % (SEM±0,4).

El porcentaje promedio de pérdida de peso corporal, durante todo el procedimiento (ejercicio y recuperación), fue 4,1% con DH (SEM± 0,29);

pérdida de peso corporal, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) en cada uno de los tratamientos durante todo el procedimiento; no hubo diferencias significativas entre ellos. Sólo al final de la recuperación se presentó diferencia ($p < 0,001$) entre DH y H (Figura N° 1).

El volumen promedio total ingerido fue de 1.152 ml a saber: 611 ml durante el ejercicio y 541 ml durante la recuperación. Un volumen similar fue

Figura N° 1
PORCENTAJE DE PÉRDIDA DEL PESO CORPORAL DE NUEVE DEPORTISTAS CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS, DURANTE LAS ETAPAS DEL EJERCICIO Y LA RECUPERACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN, BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS.



ANOVA de mediciones repetidas. DH: tratamiento deshidratado, H-I: tratamiento de hidratación con la bebida I, H-II: tratamiento de hidratación con la bebida II, H-III: tratamiento de hidratación con la bebida III. *: Diferencias en el tiempo en cada uno de los tratamientos, +: Diferencias entre tratamientos. C₀: condición inicial, E₃: final del ejercicio, R₃: final de la recuperación. *** $p < 0,001$, +++ $p < 0,001$.

2,3% con H-1 (SEM±0,29); 1,9% con H-II (SEM±0,28), y 2,2% con H-III (SEM±0,27) (Figura N° 1). Con respecto al porcentaje de

ingerido durante los tres tratamientos con hidratación y reemplazó el 47,4% de las pérdidas hídricas ocurridas durante todo el tratamiento DH,

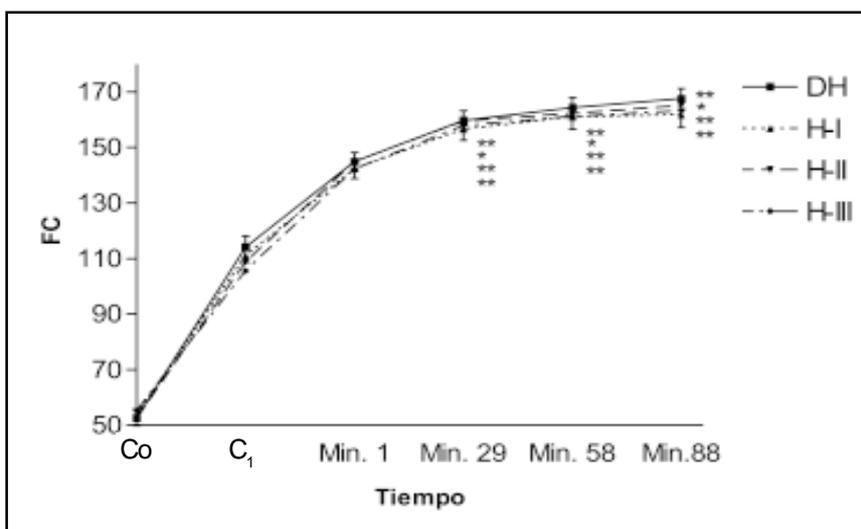
calculadas con base en la pérdida de peso corporal en 2.431 ml. El 47.4% del reemplazo se distribuyó así: 25.1% de las pérdidas ocurridas durante el ejercicio y 22.3% de las que tuvieron lugar durante la recuperación.

Durante la etapa del ejercicio y en cada uno de los tratamientos, la FC se incrementó paulatinamente

($p < 0,01$) y con H-II ($p < 0,05$). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Figura N° 2).

La variación porcentual promedio del VP durante la etapa de ejercicio fue de 9,1 (SEM \pm 1,1) con DH; de 7,5 (SEM \pm 2,0) con H-I; de 6,6 (SEM 1,5) con H-II, y de 4,5 (SEM \pm 2,8) con H-III. La

Figura N° 2
FRECUENCIAS CARDÍACAS DE NUEVE DEPORTISTAS CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS, DURANTE LAS ETAPAS DEL CALENTAMIENTO Y DEL EJERCICIO DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN, BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS

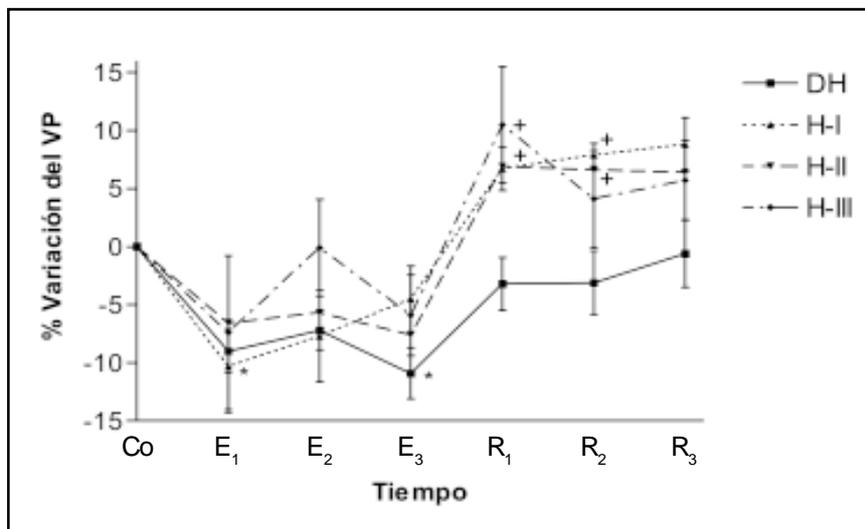


ANOVA de mediciones repetidas. DH: tratamiento deshidratado, H-I: tratamiento de hidratación con la bebida I, H-II: tratamiento de hidratación con la bebida II, H-III: tratamiento de hidratación con la bebida III. Diferencias en el tiempo con respecto al min. 1 para cada uno de los tratamientos. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

con el tiempo de carrera. Se observaron diferencias significativas entre el minuto siguiente a haber alcanzado la velocidad de carrera correspondiente a la FCR₈₀ y el final de cada intervalo de la etapa de ejercicio (minutos 29, 58 y 88), con DH, H-I, H-III

reducción porcentual observada sólo fue significativa ($p < 0,05$) en E₁ con H-I y en E₃ con DH. No se observó diferencia estadísticamente significativa con H-II y H-III y tampoco la hubo entre los tratamientos (Figura N° 3).

Figura N° 3
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL VOLUMEN PLASMÁTICO DE NUEVE DEPORTISTAS CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS, DURANTE LAS ETAPAS DEL EJERCICIO Y LA RECUPERACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN, BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS.



ANOVA de mediciones repetidas. DH: tratamiento deshidratado, H-I: tratamiento de hidratación con la bebida I, H-II: tratamiento de hidratación con la bebida II, H-III: tratamiento de hidratación con la bebida III. *: Diferencias en el tiempo con respecto a C₀ para cada uno de los tratamientos. + Diferencias entre los tratamientos.

La variación porcentual promedio del VP durante la etapa de la recuperación fue de -2,3 (SEM±1,5) con DH; de +7,8 (SEM±1,0) con H-I; de +6,6 (SEM±1,4) con H-II, y de +6,8 (SEM±2,4) con H-III (Figura N° 3); no se observó diferencia estadísticamente significativa con ninguno de los tratamientos. Sí la hubo ($p < 0,05$) entre DH y H-I al final de R₁ y R₂, entre DH y H-III al final de R₁ y entre DH y H-II al final de R₂ (Figura N° 3).

DISCUSIÓN

EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN se encontró que durante la etapa de ejercicio la ingesta ad libitum de bebidas hidratantes fue sólo de 407 ml/h,

significativamente más baja que la pérdida hídrica, la cual fue de 1.440 ml/h, calculada con base en la pérdida de peso corporal. La ingesta hidroelectrolítica fue insuficiente para producir diferencias estadísticamente significativas con respecto al porcentaje de pérdida del PC entre DH y H durante la etapa de ejercicio. La diferencia significativa ($p < 0,001$), observada entre DH y H, al final de la recuperación, puede explicarse porque en esta etapa, a diferencia de la etapa de ejercicio, la cantidad promedio ingerida fue de 361 ml/h y duplicó la pérdida hídrica de 173 ml/h.

Con respecto a la FC, en el presente estudio, la reposición hídrica durante la etapa de ejercicio, equivalente al 25,1% de las pérdidas,

probablemente no fue suficiente para atenuar sus incrementos adicionales secundarios a la deshidratación; tampoco lo fue para establecer los efectos de la osmolaridad de las bebidas hidratantes sobre la FC.

Durante la etapa de ejercicio la reducción porcentual del VP de -9,1 con DH y de -7,5 con H-I sólo fue significativa ($p < 0,05$) al final de E_3 y de E_1 , respectivamente $\frac{3}{4}$ resultados no esperados por nosotros (14,37) $\frac{3}{4}$. ¿Qué impidió encontrar la diferencia desde el comienzo del ejercicio durante DH? ¿Qué determinó la pérdida de la significancia estadística con H-I durante E_2 y E_3 ? ¿Por qué las reducciones porcentuales del VP de 6,6 con H-II y de 4,5 con H-III no fueron estadísticamente significativas? ¿Qué ocasionó una menor reducción con H-III? Una posible explicación a los interrogantes planteados sería que, si bien tanto la pérdida de peso corporal como el volumen ingerido fueron similares con los tres tratamientos, el vaciamiento gástrico, la absorción intestinal y el flujo hídrico ocasionado por las bebidas ingeridas fueron diferentes para cada una de ellas.

En la presente investigación, la solución hiperosmolar (376 mOsm/l) es también hipertónica (con 276 mMol/l de glucosa), lo cual, por un lado retarda el vaciamiento gástrico y la absorción intestinal; por otro lado, genera aflujo hídrico hacia la luz intestinal lo que acentúa, durante la realización de una actividad física, la reducción porcentual del VP. Una vez que la solución ingresa al lecho vascular genera aflujo hídrico hacia este subcompartimiento lo que atenúa, posteriormente, la reducción porcentual del VP. Este comportamiento parece corresponder a H-I.

Ahora bien, una solución hipoosmolar no retarda el vaciamiento gástrico ni la velocidad de absorción intestinal pero ocasiona eflujo hídrico desde la luz

intestinal hacia el lecho vascular (30), lo que atenúa durante una actividad física, la reducción porcentual del VP. En esta investigación, la bebida hipoosmolar (210 mOsm/l) luego de su ingreso al lecho vascular se comporta como una solución hipertónica, al igual que la anterior, dado su alto contenido de glucosa (111 mMol/l) lo que invierte el flujo hídrico; en consecuencia, hay movimiento de agua hacia el subcompartimiento vascular lo que ocasiona un incremento mayor de su volumen. Este comportamiento puede ser atribuido a la H-III.

Finalmente, en teoría, una solución isoosmolar ingresa rápidamente al subcompartimiento vascular y no genera flujo hídrico en el bulbo duodenal ni en el subcompartimiento vascular; su ingesta representa una ganancia neta para el líquido vascular. En la presente investigación, si bien la bebida es isoosmolar (293 mOsm/l) su concentración de glucosa (194 mMol/l) hace que se comporte como una solución hipertónica que ocasiona aflujo hídrico hacia el subcompartimiento vascular lo que disminuye o atenúa, durante la actividad física, la reducción porcentual del VP. Comportamiento probable de la bebida H-II.

Durante la etapa de recuperación con el tratamiento DH el VP regresó a los valores iniciales; varios han sido los mecanismos propuestos para explicar este comportamiento, entre ellos: el retorno de las proteínas plasmáticas al lecho vascular, a través del flujo linfático (38), y el aumento del volumen sanguíneo central dado que se invierte el proceso de redistribución sanguínea. Con la ingestión de bebidas hidratantes se observó una sobreexpansión no significativa del VP, que obedeció probablemente a que la glucosa aportada por las bebidas hidratantes mantuvo elevada la osmolaridad plasmática lo que generó, por un lado, un flujo de líquidos hacia este subcompartimiento y, por otro, reforzó el estímulo para la liberación de hormona antidiurética.

En la presente investigación los deportistas evaluados no ingirieron la cantidad suficiente de líquidos para reponer las pérdidas probablemente porque: 1) tuvieron temor de presentar molestias digestivas durante la prueba, ya que estas son frecuentes cuando la intensidad del ejercicio supera el 80% del consumo máximo de oxígeno y en los deportes que exigen movimientos verticales como el atletismo (39,40); 2) el sabor de la bebida no fue agradable pues las soluciones con concentraciones entre 40 y 60 mEq/l de sodio son consideradas desagradables (34), y 3) probablemente la sensación de sed se presentó sólo al final de la etapa de ejercicio cuando la pérdida del PC superó el 2%, valor umbral para desencadenarla (19). Se requiere un mayor número de investigaciones para cuantificar la ingesta ad libitum de bebidas hidratantes en estudios de campo y establecer la efectividad de ingerirlas antes, durante y después de las actividades físicas de alta intensidad y larga duración.

En conclusión, la ingesta ad libitum de bebidas hidratantes por este grupo de deportistas fue menor que la cantidad recomendada internacionalmente, por lo que, probablemente, no se pudo establecer la influencia de la hidratación ni de la osmolaridad de dichas bebidas sobre el porcentaje de pérdida del PC, el incremento de la FC y la reducción porcentual del VP, durante una actividad física de alta intensidad (FCR_{80}) y larga duración (88 minutos), bajo condiciones ambientales neutras. Estos hallazgos nos obligan a revisar las prácticas de hidratación de nuestros deportistas ya que, al parecer, no ingieren la cantidad adecuada de líquidos para obtener los beneficios atribuidos a la hidratación.

ABSTRACT

EFFECTS OF AD LIBITUM INTAKE OF REHYDRATING BEVERAGES ON THE

BODY WEIGHT, THE HEART RATE, AND THE PLASMA VOLUME DURING A HIGH-INTENSITY, LONG-DURATION RUN

Objective: to determine the amount of ad libitum intake of three rehydrating beverages of different osmolalities, and to establish their effects on the percentage of body weight loss, the increase of heart rate and the reduction of plasma volume, in nine subjects with aerobic training, during a high-intensity, long-duration run.

Methodology: the experiment was carried out on a treadmill with 1% of inclination that was kept constant throughout the procedure; it started with 9 minutes of warm-up at a speed equivalent to 59% of the reserve heart rate; then, 88 minutes of running divided in three intervals (29, 29, and 30 minutes) at 80% of the reserve heart rate; finally, 90 minutes of recovery in three intervals of 30 minutes each. During the "dehydrated treatment" no fluid replacement was done; during the "Hydrating treatments" (H-I, H-II, H-III) equivalent volumes were drunk of the aforementioned rehydrating beverages.

Results: during the exercise period the fluid loss was 1.440 ml/h. In each one of the treatments there was a loss of body weight ($p < 0.001$), an increase of heart rate (< 0.05) and, except for H-II and H-III, a reduction of plasma volume ($p < 0.05$).

There were no differences between the treatments in these three parameters.

Conclusions: ad libitum intake was less than the amount internationally recommended; probably that explains that the effects of osmolality of the rehydrating beverages on the analyzed parameters could not be determined. These findings ought to motivate a review of the hydrating practices of our athletes because, seemingly, they are not ingesting an adequate amount of fluids to obtain the benefits attributed to hydration.

KEY WORDS:

ATHLETES
HYDRATING BEVERAGES
AD LIBITUM INTAKE
BODY WEIGHT
HEART RATE
PLASMA VOLUME

BIBLIOGRAFÍA

1. ZINTL F. La resistencia desde una perspectiva práctica del entrenamiento en: Zintl F, ed. Entrenamiento de la resistencia, 1ª ed. Barcelona: Martínez Roca; 1991: 88-109.
2. American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 971-975.
3. SAWKA M. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 657-670.
4. GISOLFI CV, DUCHMAN SM. Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 679-687.
5. NOAKES TD. Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 1993; 21: 297-330.
6. REHRER NJ. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sport Med* 2001; 31: 701-715.
7. DARIES HN, NOAKES TD, DENNIS SC. Effect of fluid intake volume on 2-h running performances in a 25°C environment. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 10: 1.783-1.789.
8. HUBBARD RW, SZLYK PC, ARMSTRONG LE. Influence of thirst and fluid palatability on fluid ingestion during exercise. In: Gisolfi CV, Lamb DR, eds. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, 1ª ed. Vol 3, Fluid Homeostasis During Exercise. Carmel: Cooper Publishing Group LLC. 1990: 39-95.
9. MAUGHAN R. Fluid and carbohydrate intake during exercise. En: Burke L, Deakin V, eds. *Clinical Sports Nutrition*, 2ª ed. Sydney: McGraw-Hill; 2000: 369-390.
10. LOPEZ CHJ, FERNANDEZ VA, eds. *Fisiología del ejercicio*, 2ª ed. Madrid: Panamericana; 1998: 139-145.
11. MAW G, MACKENZIE I, TAYLOR N. Human body-fluid distribution during exercise in hot, temperate and cool environments. *Acta Physiol Scand* 1998; 163: 297-304.
12. VIRU A, VIRU M. Hematological and immunological indexes and water-electrolyte balance. In: Bahrke M, ed. *Biochemical Monitoring of Sport Training*, 1ª ed. EE.UU.: Human Kinetics 2001: 116-117.
13. SAWKA MN. Body fluid responses and hypohydration during exercise-heat stress. In: Pandolf KB, Sawka MN, Gonzalez RR, eds. *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*, 1ª ed. Carmel: Cooper Publishing Group; 1986: 227-266.
14. CALDAS ZR, DÍAZ DP, ORTIZ A, JARAMILLO HN. Influencia del estado de hidratación sobre la capacidad física y las variables urinarias y plasmáticas en corredores de larga distancia. *Acta Médica Colombiana* 1997; 22: 132-139.
15. FORTNEY SM, VROMAN NB, BECKETT WS, PERMUTT S, LAFRANCE ND. Effect of exercise hemocentration and hyperosmolality on exercise responses. *J Appl Physiol* 1988; 65: 519-524.
16. SANDERS B, NOAKES TD, DENNIS SC. Water and electrolyte shifts with partial fluid replacement during exercise. *Eur J Appl Physiol* 1999; 80: 318-323.
17. MONTAIN SJ, COYLE EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 1992; 73: 903-910.
18. JIMENEZ C, MELIN B, KOULMAN N, ALLEVARD A, LAUNAY JC, et al. Plasma volume changes during and after acute variations of body hydration level in humans. *Eur J Appl Physiol* 1999; 80: 1-8.

19. SAWKA MN. Balance de líquidos y electrólitos durante la actividad física en ambientes calurosos. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva* 2000; 3: 29-32.
20. CHEUVRONT S, HAYMES E. Thermoregulation and marathon running: biological and environmental influences. *Sport Med* 2001; 31: 743-762.
21. MURRAY R. Dehydration, hyperthermia, and athletes: Science and Practice. *J Athletic Training* 1996; 31: 248-252.
22. GONZÁLEZ-ALONSO J, COYLE EF. Efectos fisiológicos de la deshidratación. ¿Por qué los deportistas deben ingerir líquidos durante el ejercicio en el calor? *Apunts* 1998; 54: 46-52.
23. American College of Sports Medicine. Position stand on exercise and fluid replacement. *Med Sci Sport Exerc* 1996; 28: 1-7.
24. CASA DJ, ARMSTRONG LE, HILLMAN SK, MONTAIN SJ, REIFF RV, RICH BS, et al. National Athletic Trainers Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. *J Athletic Training* 2000; 35: 212-224.
25. NOAKES TD. IMMDA Advisory statement on guidelines for fluid replacement during marathon running. *Clin J Sport Med* 2003;13: 309-318.
26. COOMBES JS, HAMILTON KL. The effectiveness of commercially available sport drinks. *Sports Med* 2000; 29: 181-209.
27. DAVENPORT HW, ed. *Fisiología de la digestión*, 2a ed. México: Inteamericana; S.A: 1968: 159-178.
28. GIRANDOLA RN, BASSIN SL, YANG RD, BHARNE A. Gastric emptying of fluid replacement in healthy volunteers: A randomized prospective comparison of two commercial beverages. *Med Sci Sport Exerc* 1997; 29 (Supplement): 763.
29. SHI X, SUNNERS WR, SCHEDL HP, CHANG RT, LAMBERT GP, GISOLFI CV. Effects of solution osmolality on absorption of select fluid replacement solutions in human duodenojejunum. *J Appl Physiol* 1994; 77: 1.178-1.184.
30. GISOLFI CV, SUMMERS RW, LAMBERT GP, XIA T. Effect of beverage osmolality on intestinal fluid absorption during exercise. *J Appl Physiol* 1998; 85: 1.941-1.948.
31. MAUGHAN RJ, BETHELL LR, LEIPER JB. Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabolic responses to prolonged exercise in man. *Experim Physiol* 1996; 81: 847-859.
32. MAUGHAN RJ, LEIPER JB. Limitations to fluid replacement during exercise. *Can J Appl Physiol* 1999; 24:173-187.
33. KARVONEN J, VUORIMA T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports Med* 1988; 5: 303-312.
34. NADEL ER, MACK GW, NOSE H. Influence of fluid replacement beverages on body fluid homeostasis during exercise and recovery. In: Grisolfi CV, Lamb DR, eds. *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, 1ª ed. Vol 3 Fluid Homeostasis During Exercise. Carmel: Cooper Publishing Group. 1990: 181-205.
35. YUHASZ MS, *Physical Fitness Manual*, 1ª ed. London, Ontario: University of Western Canada, 1974.
36. DILL DB, COSTILL DL. Calculation of percentage changes in volumen of blood, plasma and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* 1974; 37: 247-248.
37. JARAMILLO HN, CALDAS R, DÍAZ DP, ORTIZ A. Índices urinarios y plasmáticos en la valoración del estado de hidratación en corredores de fondo sometidos a una actividad física intensa y de larga duración. *Acta Médica Colombiana* 1998; 3: 69-76.
38. GILLEN CHM, LEE R, MACK GW, TOMASELLI CM, NISHIYASU T, NADEL ER. Plasma volume expansion in humans after intense exercise protocol. *J Appl Physiol* 1991; 71: 1.914-1.920.
39. PETERS HP, AKKERMANS LM, BOL E, MOSTERD WL. Gastrointestinal symptoms during exercise. *Sports Med* 1995; 20: 65-76.
40. NIEUWENHOVEN MA, BROUNS F, BRUMMER R. Exercise and gastrointestinal function. In: Garret WE, Kirkendall DT, eds. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2000: 191-216.