

Influencia de la ingesta ad libitum de bebidas con diferente osmolaridad sobre algunas variables fisiológicas durante una actividad física de alta intensidad y larga duración.

JUAN CARLOS ARISTIZÁBAL RIVERA¹, JAIME ALBERTO PÉREZ GIRALDO², ÁLVARO ORTIZ URIBE³, HILDA NORHA JARAMILLO LONDOÑO⁴

RESUMEN

OBJETIVO: establecer la influencia de la ingesta ad libitum de diferentes bebidas hidratantes sobre el porcentaje de pérdida del peso corporal (%PC), el aumento de la frecuencia cardíaca (FC) y la reducción porcentual del volumen plasmático (%VP) en deportistas sometidos a una actividad física de alta intensidad y larga duración.

METODOLOGÍA: luego de nueve minutos de calentamiento, en banda rodante con velocidad equivalente al 50% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR), siguieron

.....
¹ ND, MSc Fisiología del Ejercicio, profesor auxiliar de la Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia.

² MD, Especialista en Medicina Deportiva, profesor asociado de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.

³ MD, Especialista en Medicina Deportiva.

⁴ MD, MSc Fisiología, profesora titular de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia

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

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.

Envío de correspondencia: Juan Carlos Aristizábal R. Departamento de Formación académica, Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia. 1226. Medellín. Teléfonos: (094)4259219, (094)4259232; fax: 2633509. e-mail:jcaristi@pjaos.udea.edu.co

Recibido: febrero 09 de 2006

Aceptado: mayo 03 de 2006

88 minutos de carrera, durante la cual la velocidad se incrementó al 80% de la FCR; al final, 90 minutos de recuperación. No se hizo reposición hídrica durante el tratamiento deshidratado (DH); durante los tratamientos con hidratación se emplearon volúmenes similares, ingeridos ad libitum, de cada una de tres bebidas, a saber: hiperosmolar (Hiper), hiposmolar (Hipo) e isoosmolar (Iso).

RESULTADOS: se observó en cada uno de los tratamientos un aumento del porcentaje de pérdida del peso corporal (%PC) ($p < 0,001$) y de la FC ($p < 0,05$) al igual que una correlación entre el %PC y el incremento de la FC ($p < 0,000$); en los tratamientos DH e Hiper hubo una reducción del volumen plasmático (%VP) ($p < 0,05$). Se observó interacción tiempo-tratamiento con el %PC.

CONCLUSIONES: la ingesta ad libitum fue menor que la cantidad recomendada en la literatura internacional, por lo que, probablemente, no se pudieron establecer los efectos de la osmolaridad de las bebidas hidratantes sobre las variables estudiadas. La magnitud del %PC, del incremento de la FC y de la reducción del %VP fueron proporcionales a la duración de la actividad física; la relación existente entre el %PC y la %VP se modificó por la osmolaridad de la bebida.

PALABRAS CLAVE

ACTIVIDAD FÍSICA

BEBIDAS HIDRATANTES

FRECUENCIA CARDÍACA

OSMOLARIDAD

PESO CORPORAL

VOLUMEN PLASMÁTICO

SUMMARY

INFLUENCE OF AD LIBITUM INTAKE OF BEVERAGES WITH DIFFERENT OSMOLARITIES ON SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS DURING A HIGH-INTENSITY, LONG-DURATION PHYSICAL ACTIVITY

OBJECTIVE: To establish the influence of ad libitum intake of hydrating beverages with different osmolarities on the percentage of body weight loss (%BW), the increase of heart rate (HR), and the percentage of plasma volume decrease (%PV) in athletes during a high-intensity and long-time run.

METHODOLOGY: After 9 warm-up minutes on a treadmill at a speed equivalent to 50% of the heart rate reserve, the athletes performed a run at 80% of the heart rate reserve speed, followed by 90 minutes of recovery. During the “dehydrated treatment” no fluid replacement was given, but during the “hydrated treatments” similar volumes were ad libitum drunk of each of three hydrating beverages, namely hyperosmolar (Hiper), hypoosmolar (Hipo) and isoosmolar (Iso).

RESULTS: In all treatments there were increases of the percentage of body weight loss (%BW) ($p < 0.001$) and of the HR ($p < 0.05$), and there was a correlation between the %BW and the increase of HR ($p < 0.000$); in the DH and Hyper treatments a decrease of the percentage of plasma volume loss (%PV) ($p < 0.05$) was observed. An interaction treatment-time with the %WB was observed.

CONCLUSIONS: Ad libitum intake of rehydrating beverages was less than the amount recommended in the international literature. That may have been the reason why the effects of osmolarity of such beverages on the analyzed parameters could not be determined. The amount of the %BW, the HR increase and the %PV decrease were proportional

to the duration of physical activity. The relationship between the % BW and the %PV was modified by the osmolality of beverages.

KEY WORDS

BODY WEIGHT

HEART RATE

HYDRATING BEVERAGES

OSMOLALITY

PHYSICAL ACTIVITY

PLASMA VOLUME

INTRODUCCIÓN

AL REALIZAR UNA ACTIVIDAD FÍSICA se eliminan líquidos a través de la piel y del tracto respiratorio, mediante la sudación y la respiración, mecanismos indispensables para disipar el calor generado por los músculos.^{1,2} La producción de calor y, en consecuencia, el líquido eliminado son modificados por el tipo, la intensidad y la duración de la actividad física al igual que por las condiciones ambientales bajo las cuales ésta se realiza (temperatura y humedad) y los estados de aclimatación e hidratación del individuo.^{2,3}

La no reposición de los líquidos perdidos durante una actividad física ocasiona, dependiendo de la magnitud de ésta, disminución del peso corporal, reducción porcentual del volumen plasmático y disminución del volumen sistólico de eyección; produce, por el contrario, aumento de la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y la osmolaridad plasmática. La hidratación hiperosmolar durante una actividad física modifica la capacidad de trabajo y deteriora el rendimiento deportivo.^{4,5}

Una hidratación adecuada durante la realización de una actividad física aeróbica de alta intensidad y larga duración disminuye la hiperosmolaridad plasmática y la pérdida de peso corporal y evita la reducción del gasto cardíaco y del rendimiento deportivo.^{6,7} No hay acuerdo en cuanto a la cantidad y la composición de los líquidos por reponer. La Asociación de Directores Médicos de las Maratonas Internacionales (IMMDA por su sigla en inglés: Internacional Marathon Medical Directors Association) sugiere una ingesta de bebidas hidratantes entre 400 y 800 mL/h;⁸ el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM por su sigla en inglés: American College of Sport Medicine), entre 600 y 1.200 mL/h⁹ y la Comisión Médica del COI (Comité Olímpico Internacional), entre 750 y 1.000 mL/h;¹⁰ la cantidad recomendada por la IMMDA es la que más se acomoda a los hábitos de los atletas.^{8,11} Las recomendaciones del ACSM y del COI se sustentan en la revisión de la literatura científica al respecto y se basan en el promedio de líquidos perdidos por hora en un ambiente caluroso; sin embargo, en la práctica diaria, se observa que, a pesar de que las pérdidas por sudor estén por encima de 1 L/h durante la competición, la ingesta rara vez supera los 500 mL/h en un ambiente térmico neutro.^{6,12}

El ACSM recomienda una ingesta de bebidas hidratantes entre 150 y 350 mL cada 15 a 20 minutos, con una concentración del 4 al 8% de carbohidratos y con 0,5 a 0,7 g/L (20 a 30 mmol/L) de sodio; aconseja, además, que los deportistas deberían aprender a competir con un cierto volumen de líquidos en el estómago con miras a promover el vaciamiento gástrico.^{9,11}

El enfoque terapéutico recomendado para una deshidratación hiperosmolar leve a moderada, independientemente de la causa, es el empleo de soluciones isoosmolares, por la vía oral o la endovenosa.¹³ Las bebidas hidratantes disponibles en Colombia son de alta osmolaridad; sus ventajas, para el manejo de la deshidratación hiperosmolar

secundaria a la práctica de una actividad física de alta intensidad y larga duración, si bien han sido muy publicitadas, son científicamente controvertidas.¹⁴ Por otro lado, al parecer, la osmolaridad de la solución afecta la velocidad del vaciamiento gástrico y la de la absorción intestinal; las bebidas hiperosmolares retardan tanto la una como la otra, por lo que se recomienda el uso de soluciones de baja osmolaridad.^{15,16}

Con miras a aportar cantidades adecuadas de sustratos energéticos, la concentración de éstos en las bebidas utilizadas en la presente investigación varió entre el 2 y el 5% y fue este componente el responsable de la osmolaridad de la bebida. Se utilizó una concentración de electrólitos similar en las tres bebidas, en mayor cantidad que la encontrada en las bebidas comerciales, pero similar a la del sudor de los deportistas de alto rendimiento.¹⁷

El objetivo del presente trabajo fue establecer la influencia de la ingesta *ad libitum* de bebidas hidratantes de diferente osmolaridad sobre el peso corporal, la frecuencia cardíaca y el volumen plasmático, en deportistas de alto rendimiento, durante la ejecución de una actividad física de alta intensidad (80% de la frecuencia cardíaca de reserva) y larga duración (88 minutos), bajo condiciones ambientales neutras.

MATERIALES Y MÉTODOS

SE REALIZÓ EN EL LABORATORIO DE FISIOLÓGÍA del Ejercicio de Indeportes Antioquia, situado en Medellín a 1.538 msnm, con una temperatura promedio de 24,2°C (SEM \pm 0,1), una humedad relativa ambiental de 51,8 (SEM \pm 1,4) y una presión barométrica de 674 mm Hg.

Se siguió el protocolo descrito en el artículo "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".¹⁸ En resumen: una semana después de la determinación de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}), mediante la aplicación de una prueba máxima de carga ascendente, a cada uno de los nueve deportistas se lo sometió, inicialmente, al tratamiento deshidratado (DH): luego de nueve minutos de calentamiento sobre la banda rodante, con una pendiente del 1% y con una velocidad correspondiente al 50% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR₅₀) siguieron 88 minutos de ejercicio, en tres intervalos, con igual pendiente y con una velocidad correspondiente al 80% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR₈₀); finalmente, 90 minutos de recuperación en tres intervalos. Dos a tres semanas más tarde se le repitió a cada deportista este mismo protocolo en tres ocasiones, y en cada una de ellas se le suministró, aleatoriamente, un volumen similar de una de las tres bebidas, isoosmolar (Iso), hipoosmolar (Hipo) o hiperosmolar (Hiper) (Tabla N°1).

Se registró la edad (años y meses); se determinaron: la estatura en cm (tallímetro Andac, de 0,1 cm de sensibilidad); los pliegues cutáneos (adipómetro Harpenden, de 0,2 mm de sensibilidad), y se calculó el porcentaje de grasa corporal por el método de Yuhasz.¹⁹ La determinación del peso corporal (báscula Detecto, de 0,1 kg de sensibilidad) se hizo al inicio del procedimiento y al final de las etapas del ejercicio y de la recuperación. Se obtuvieron muestras de sangre al inicio del procedimiento, al final del calentamiento y de cada intervalo de la etapa del ejercicio y de la recuperación para la dosificación de hemoglobina y hematocrito (anализador de células Sysmex 4500 Roche) y con ella se calculó el porcentaje de variación del volumen plasmático por el método de Dill y Costil.²⁰ Se verificó la osmolaridad de las bebidas empleando un osmómetro de presión (Wescor 5500), las concentraciones de sodio y potasio con un espectrofotómetro (Corning 410C) y las de

cloro mediante la técnica del ion selectivo (Electrolyte analyzer Nova 10⁺).

Todos los datos se procesaron mediante el paquete Statistica 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.

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

Composición de las bebidas hidratantes						
Bebidas	Sodio meq/L	Cloro Meq/L	Potasio meq/L	Dextrosa		Osmolaridad mOsm/L
				g%	mmol/L	
Isoosmolar (Iso)	50	40	9	3,5	194	293
Hipoosmolar (Hipo)	50	40	9	2,0	111	210
Hiperosmolar (Hiper)	50	40	9	5,0	277	376

RESULTADOS

EN LA TABLA N° 2 SE PRESENTAN los valores promedio y los respectivos errores estándar de la media, de la edad, el peso corporal, la estatura y el porcentaje de grasa.

Al inicio de cada uno de los diferentes tratamientos (Co) no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables estudiadas (peso corporal, frecuencia cardíaca y volumen plasmático).

En la figura N° 1 se observa el comportamiento del porcentaje de la pérdida del peso corporal

Tabla N° 2
PROMEDIOS DE LA EDAD, EL PESO CORPORAL, LA ESTATURA Y EL PORCENTAJE DE GRASA CORPORAL DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN, REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS

Variable	Promedio	SEM
Edad (años)	25,1	1,8
Peso (kg)	60,2	2,1
Estatura (cm)	168,2	1,0
Porcentaje de grasa corporal	7,0	0,4

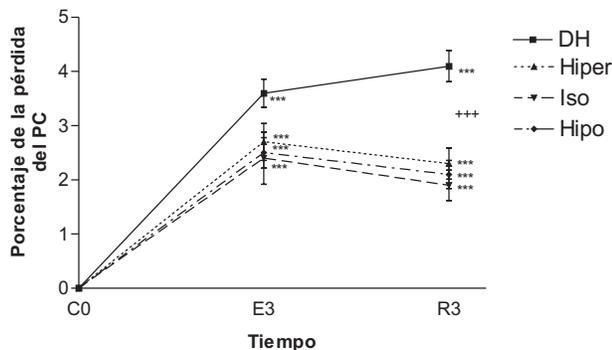
(%PC). Hubo diferencias estadísticamente significativas al final del ejercicio y de la recuperación en cada uno de los tratamientos ($p < 0,001$). Al final de la etapa de ejercicio no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos; sí las hubo al final de la etapa de recuperación entre el tratamiento deshidratado y los tratamientos con hidratación ($p < 0,001$). Al aplicar un ANOVA de dos vías a todo el procedimiento —calentamiento, ejercicio y recuperación—, hubo interacción tiempo-tratamiento ($p < 0,001$).

La pérdida hídrica, calculada con base en la pérdida de peso corporal, ocurrida durante el tratamiento sin hidratación, fue reemplazada en un 47,4% durante los tratamientos con hidratación. El 22,3% del volumen calculado fue ingerido durante la etapa

de ejercicio y el 25,1% restante, durante la etapa de recuperación.

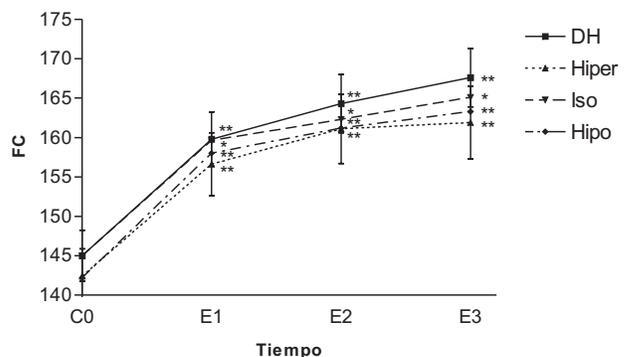
En la figura N° 2 se observa el comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) durante la etapa de ejercicio. En ésta, el incremento fue estadísticamente significativo en los tratamientos DH, Hipo, Hiper ($p < 0,01$) e Iso ($p < 0,05$). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En la figura N° 3 se observa el comportamiento del porcentaje de recuperación de la FC durante los diez primeros minutos de esta etapa. Éste fue estadísticamente significativo a partir del minuto tres con los tratamientos DH e Iso ($p < 0,001$) y a partir del minuto cinco con los tratamientos Hiper ($p < 0,05$) e Hipo ($p < 0,01$). No hubo diferencias

Figura N° 1
PORCENTAJE DE LA PÉRDIDA DEL PESO CORPORAL DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, 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, Hiper: tratamiento de hidratación con la bebida hiperosmolar, Iso: tratamiento de hidratación con la bebida isoosmolar, Hipo: tratamiento de hidratación con la bebida hipoosmolar. *: 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. *** $p < 0,001$, +++ $p < 0,001$.

Figura N° 2
FRECUENCIA CARDÍACA DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE LA ETAPA DEL EJERCICIO DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS.

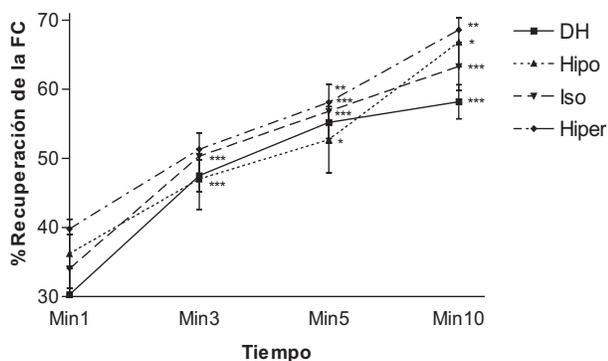


ANOVA de mediciones repetidas. DH: tratamiento deshidratado, Hiper: tratamiento de hidratación con la bebida hiperosmolar, Iso: tratamiento de hidratación con la bebida isoosmolar, Hipo: tratamiento de hidratación con la bebida hipoosmolar. *: Diferencias en el tiempo para cada uno de los tratamientos. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

estadísticamente significativas entre los tratamientos. Al aplicar un ANOVA de dos vías, a la FC, a

todo el procedimiento, sólo hubo interacción en el tiempo ($p < 0,0001$) (figura N° 4).

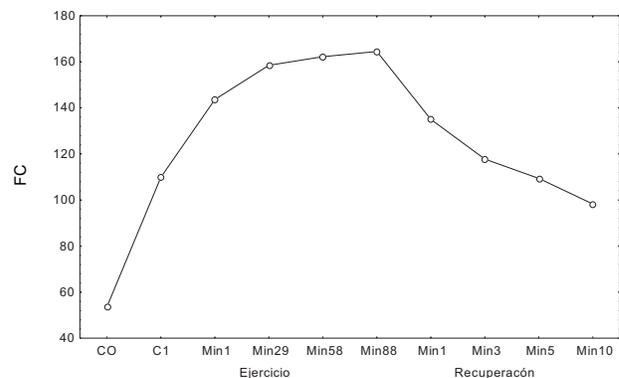
Figura N° 3
PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE LOS DIEZ MINUTOS INICIALES LUEGO DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS



ANOVA de mediciones repetidas. DH: tratamiento deshidratado, Hiper: tratamiento de hidratación con la bebida hiperosmolar, Iso: tratamiento de hidratación con la bebida isoosmolar, Hipo: tratamiento de hidratación con la bebida hipoosmolar. *: Diferencias en el tiempo para cada uno de los tratamientos. *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$.

En la figura N° 5 se observa el comportamiento de la variación porcentual del volumen plasmático (%VP). Hubo una reducción estadísticamente significativa ($p < 0,05$) al inicio del ejercicio (E_1) con el tratamiento Hiper y al final de esta etapa (E_3) con el tratamiento DH. Durante la etapa de ejercicio no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos. Durante la etapa de recuperación el incremento %VP no fue estadísticamente significativo en ninguno de los tratamientos; hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre DH e Hiper al final

Figura N° 4
FRECUENCIA CARDÍACA DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE LAS ETAPAS DEL EJERCICIO Y LA RECUPERACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS.

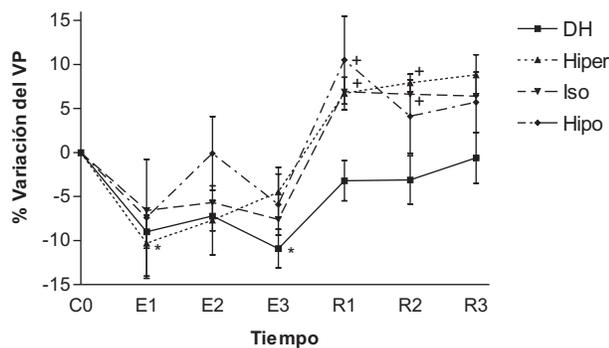


ANOVA de dos vías. Diferencias en el tiempo con respecto a la condición inicial (C_0) para el promedio de todos los tratamientos. **** $p < 0,0001$.

de R_1 y R_2 , entre DH e Hipo al final de R_1 y entre DH e Iso al final de R_2 . Al aplicar un ANOVA de dos vías, a la variación %VP, a todo el procedimiento, sólo hubo interacción en el tiempo ($p < 0,0001$) (figura N° 6).

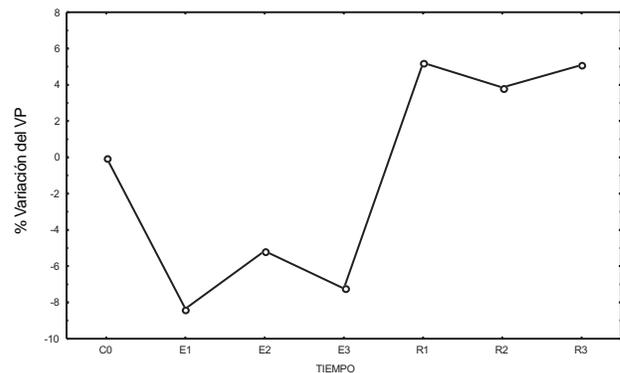
En la figura N° 7 se observa el coeficiente de correlación, altamente significativo ($p < 0,000$) en todos los tratamientos, entre el %PC y el incremento de la FC. En la tabla N° 3 se observan los otros coeficientes de correlación entre las diferentes variables del estudio.

Figura N° 5
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL VOLUMEN PLASMÁTICO DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE LAS ETAPAS DEL EJERCICIO Y LA RECUPERACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS



ANOVA de mediciones repetidas. DH: tratamiento deshidratado, Hiper: tratamiento de hidratación con la bebida hiperosmolar, Iso: tratamiento de hidratación con la bebida isoosmolar, Hipo: tratamiento de hidratación con la bebida hiposmolar. *: Diferencias en el tiempo, con respecto a C₀, para cada uno de los tratamientos. + Diferencias entre los tratamientos. * p < 0,05, + p < 0,05.

Figura N° 6
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL VOLUMEN PLASMÁTICO DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE LAS ETAPAS DEL EJERCICIO Y LA RECUPERACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS



ANOVA de dos vías. Diferencias en el tiempo con respecto a la condición inicial (C₀) para el promedio de todos los tratamientos. ****p < 0,0001.

Figura N° 7
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LA PÉRDIDA DEL PESO CORPORAL Y EL INCREMENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE LA REALIZACIÓN DE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS.

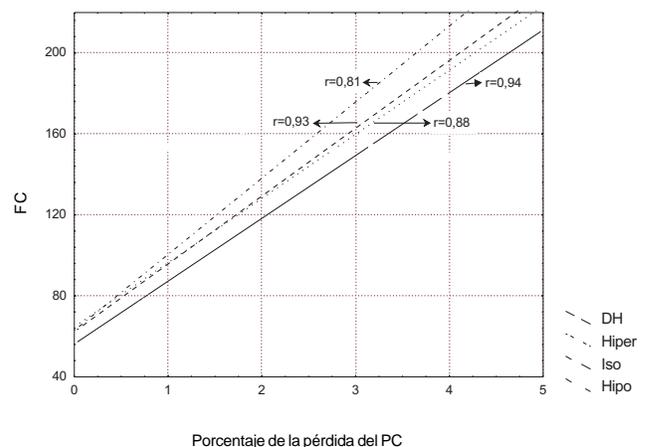


Tabla N° 3
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LA PÉRDIDA DEL PESO CORPORAL, EL INCREMENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y LA REDUCCIÓN PORCENTUAL DEL VOLUMEN PLASMÁTICO DE NUEVE DEPORTISTAS, CON ENTRENAMIENTO AERÓBICO, SOMETIDOS A CUATRO TRATAMIENTOS CON HIDRATACIÓN, DURANTE UNA ACTIVIDAD FÍSICA DE ALTA INTENSIDAD Y LARGA DURACIÓN REALIZADA BAJO CONDICIONES AMBIENTALES NEUTRAS

Variables correlacionadas	N	Tratamiento							
		DH		Isoosmolar		Isoosmolar		Hipoosmolar	
		r	p	R	p	R	p	R	p
%PC vs FC	36	0,94	0,000	0,88	0,000	0,81	0,000	0,93	0,000
%PC vs VP	36	0,85	0,000	0,43	0,075	0,75	0,000	0,39	0,11
VP vs FC	36	0,46	0,002	0,41	0,006	0,39	0,009	0,20	0,20

DISCUSIÓN

SE ACEPTA QUE DURANTE LA EJECUCIÓN de una actividad física de alta intensidad y larga duración, aun bajo condiciones ambientales neutras, se genera una pérdida hidroelectrolítica cuya magnitud afecta el rendimiento físico; de ahí la importancia de una adecuada hidratación, si bien no hay consenso sobre la cantidad ni la composición de los líquidos por ingerir.⁸⁻¹⁰ En la presente investigación encontramos que la ingesta *ad libitum*, por nuestros deportistas, tanto durante la etapa de ejercicio como durante la de recuperación, fue menor que la recomendada internacionalmente, razón por la cual, probablemente, no se observaron diferencias estadísticamente significativas durante la etapa del ejercicio, entre el tratamiento deshidratado y los tratamientos con hidratación, ni entre los diferentes tratamientos con hidratación, sobre las variables en estudio (%PC, incremento de la FC y reducción %VP).

Como se ha reportado previamente, la menor ingesta de líquidos durante la etapa del ejercicio fue debida, probablemente, al temor de los deportistas de presentar molestias digestivas (sensación

de pesadez, distensión abdominal y dolor en los hipocondrios izquierdo o derecho); de manera similar, la baja ingesta durante todo el procedimiento pudo ser ocasionada por la poca palatabilidad de las soluciones utilizadas dado su alto contenido de cloruro de sodio y glucosa.^{21,22}

En la presente investigación se encontró que, como ya se ha informado, la pérdida de peso corporal es proporcional a la duración de la actividad física y es modificada por la ingesta líquida;^{4,23} infortunadamente, en nuestro caso, la poca cantidad ingerida durante todo el procedimiento (1,152 ml) sólo permitió observar diferencias estadísticamente significativas entre hidratados y no hidratados al final de la recuperación.

Cuando la ingesta líquida reemplaza más del 50% de la pérdida hídrica, durante la realización de actividades físicas de alta intensidad y larga duración, después de la primera hora de trabajo, el incremento de la FC es menor.^{5,24} Existe, al parecer, una correlación directamente proporcional entre la pérdida de peso corporal por deshidratación y

los incrementos adicionales de la FC.^{4,25,26} En el presente estudio se encontró, en todos los tratamientos, un alto coeficiente de correlación entre el %PC y el incremento de la FC. Lo anterior valida nuestra afirmación de que la reposición hídrica, durante la etapa de ejercicio, de sólo el 25,1% de las pérdidas, no fue suficiente para atenuar los incrementos adicionales de la FC, secundarios a la deshidratación; tampoco lo fue para establecer los efectos de la osmolaridad de las bebidas hidratantes sobre la FC.

Igualmente, en la presente investigación se encontró que, como se ha informado previamente, el incremento de la FC durante la etapa de ejercicio es proporcional a la duración de la actividad física;^{27,28} no se observó modificación de ella con la ingesta líquida. Durante la etapa de recuperación las diferencias observadas, desde el minuto tres, en el incremento del porcentaje de recuperación de la FC, en deshidratados y cuando ingirieron la bebida isoosmolar obedecieron, probablemente, a que en estos tratamientos se alcanzaron al final del ejercicio las FC más altas. La ausencia de diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos puede ser atribuida, de nuevo, al bajo reemplazo hidroelectrolítico.

Contrario a lo esperado,^{4,29} se observó que durante la etapa de ejercicio la reducción %VP, a pesar de su magnitud, sólo fue momentáneamente significativa al final del ejercicio en individuos deshidratados, mientras que la reducción %VP al inicio del ejercicio sólo se observó cuando los deportistas ingirieron la bebida hipertónica. De igual manera, durante la etapa de la recuperación el incremento %VP, de magnitud similar en los tratamientos con hidratación, no fue estadísticamente significativo y sólo se diferenció del tratamiento deshidratado en diferentes momentos. La variación %VP durante todo el procedimiento (ANOVA de dos vías, figura N° 6) sólo fue proporcional a la duración de la actividad física; no se observó modificación de esta variación porcentual con la

ingesta líquida a pesar de que durante la etapa de ejercicio hubo diferencias intratratamiento y durante la etapa de recuperación las hubo intertratamiento (figura N° 5).

Dado el alto coeficiente de correlación entre el %PC y la reducción %VP en atletas deshidratados ($r = 0,85$ y $p = 0,000$) es aceptable la explicación de que a medida que progresa la duración de la actividad física se incrementan las pérdidas hídricas y, por ende, la pérdida del PC, lo que determina ($r^2 = 72\%$) la reducción porcentual del VP. Esta hipótesis es válida tanto para el tratamiento DH como para el tratamiento Iso ($r = 0,75$, $p = 0,000$ y $r^2 = 0,56$) pero no para los tratamientos hipo e hiper, en donde, probablemente, el flujo osmótico de las bebidas, su vaciamiento gástrico y su absorción intestinal modifican la relación existente entre la pérdida del PC y la reducción %VP.

¿Qué puede haber sucedido con cada una de las bebidas? Con la bebida hiperosmolar, la reducción %VP (de 7,5) sólo fue significativa al inicio de la etapa del ejercicio (E_1), reducción ocasionada por el eflujo de líquido hacia la luz duodenal, para lograr la isoosmolaridad de la solución, requisito indispensable para su absorción.^{30,31} Posteriormente (en E_2 y E_3), el ingreso de la bebida al espacio vascular atenuó la reducción %VP. Durante la recuperación (en R_1 y R_2) la diferencia observada en DH se debió, probablemente, a que esta bebida mantuvo elevada la osmolaridad plasmática (dada su alta concentración de glucosa, 276 mmol/l) lo que genera un eflujo hídrico del compartimiento intracelular al vascular; adicionalmente, refuerza el estímulo para la liberación de la hormona antidiurética y, en consecuencia, favorece el aumento del VP.

Con la bebida isoosmolar la reducción %VP en E_1 , a pesar de su magnitud (de 6,6), no fue estadísticamente significativa. Su absorción no requiere eflujo hídrico hacia la luz intestinal; una vez absorbida permanece en el lecho vascular (en E_2 ,

E_3), por lo que la reducción %VP continúa siendo no significativa. Durante la etapa de recuperación el incremento no significativo del VP sólo se diferenció de DH al final de R_2 , probablemente porque su concentración de glucosa (194 mmol/l), mayor que la plasmática (5 mmol/l), ocasiona eflujo de agua intracelular hacia el compartimiento vascular. Si bien, para generar un movimiento significativo de líquidos requiere un tiempo mayor que la bebida hiperosmolar y al igual que ésta refuerza el estímulo para la liberación de la hormona antidiurética, lo que también favorece el aumento del VP.

Ahora bien, la reducción porcentual no significativa del VP con la bebida hipoosmolar durante la etapa de ejercicio, fue la menor. Al parecer, esta bebida promovió una rápida absorción de agua (en E_1) para alcanzar la isoosmolaridad en el duodeno;³² su ingreso al lecho vascular (en E_2 y E_3) atenuó la reducción del volumen de este subcompartimiento. Probablemente esta bebida —con igual contenido de electrolitos que las anteriores y con la menor concentración de glucosa (111 mmol/L) pero aún mayor que la plasmática— también generó un eflujo intracelular de líquidos. Durante la etapa de recuperación el incremento no significativo del VP sólo presentó diferencia con DH al final de R_1 ; esta bebida se comportó de manera similar a la bebida hiperosmolar en cuanto a la velocidad de ingreso al lecho vascular; comparativamente con ella se pudo haber diferenciado en cuanto a la velocidad del vaciamiento gástrico o a la velocidad de absorción intestinal dado que la máxima velocidad de absorción intestinal del agua se da con concentraciones entre 100 y 150 mmol/l de glucosa.³³

En resumen: el comportamiento de la reducción %VP durante la etapa del ejercicio fue similar en los cuatro tratamientos. Luego de la reducción inicial —probablemente debida a la redistribución del flujo sanguíneo hacia los músculos y la piel— ésta se mantuvo, sin mayores variaciones, independien-

temente de la ingesta líquida. No sucedió lo mismo durante la etapa de recuperación, ya que el volumen plasmático regresó 90 minutos más tarde a los valores iniciales —inversión de la redistribución sanguínea—. En los tratamientos con hidratación, independientemente de la osmolaridad de la bebida, la recuperación inicial del volumen plasmático requirió menos tiempo que en DH, y a diferencia de éste, presentó una sobreexpansión.

Ahora bien, llama la atención que la reducción %VP observada durante la etapa de ejercicio, si bien presenta variaciones, no se modifica significativamente con la hidratación.^{4,29,34} Parece existir un mecanismo que mantiene la reducción %VP —reducción relativa en la que el volumen central disminuye a expensas del volumen periférico que aumenta— y que tendría como funciones: 1) mantener un adecuado flujo sanguíneo a los tejidos periféricos, los cuales requieren un buen aporte de oxígeno y de nutrientes, y 2) favorecer la disipación del calor, con miras a evitar el incremento de la temperatura corporal. Formaría parte de este mecanismo el sistema nervioso simpático, cuya descarga aumenta durante una actividad física proporcionalmente con su duración e intensidad.^{28,35} Como efecto fisiológico secundario se reduce el flujo sanguíneo del área esplácnica, lo que lentifica la motilidad y la absorción intestinales procesos indispensables para la absorción de las bebidas hidratantes.^{21,22} Una vez finalizada la etapa de ejercicio disminuye la actividad simpática y se restablece la función intestinal por lo que, probablemente, aun con bajas ingestas, como la del presente trabajo, se observan diferencias en la etapa de recuperación entre deshidratados e hidratados.

Queremos llamar la atención sobre los conceptos de osmolaridad y tonicidad de una bebida hidratante, términos bastante publicitados en la última década para promocionar su ingesta durante la ejecución de una actividad física. Una solución, o una mezcla, es isoosmolar cuando tiene la misma osmolaridad que aquella con la cual se la

compara, mientras que es isotónica cuando arrastra agua en igual cantidad que el plasma. Así pues, una solución isotónica, que ocasiona un flujo hídrico similar al plasma, no necesariamente tiene la misma osmolaridad que éste; en la mayoría de los casos tiene una composición diferente. Es así como en nuestro caso, la bebida que definimos teóricamente como isoosmolar tenía: 1) una osmolaridad similar a la del plasma, 293 vs 290 mosm/l; 2) una composición diferente a la del plasma, en mOsm/l: a) 50 de sodio, en lugar de 140, b) 40 de cloro, en lugar de 110, c) 9 de potasio, en lugar de 4,5 y d) 111 de glucosa en lugar de 5, y 3) un comportamiento osmótico inicial (tonicidad) similar al de una bebida hipertónica dado su alto contenido de glucosa.

Es evidente la necesidad de un mayor número de investigaciones sobre la efectividad de las bebidas hidratantes, su composición y su ingesta antes, durante o después de la realización de actividades físicas de alta intensidad y larga duración, para dar respuestas a varios interrogantes sobre los cuales no hay acuerdo, como la composición ideal de las bebidas hidratantes, la cantidad por ingerir en cada toma y el intervalo entre ellas, entre otros.

En conclusión, la ingesta *ad libitum* de las bebidas hidratantes por este grupo de deportistas fue menor que la cantidad recomendada internacionalmente, razón por la cual, probablemente, no se pudo establecer la influencia de la hidratación ni de la osmolaridad de las bebidas sobre el %PC, el incremento de la FC y la reducción %VP, durante una actividad física de alta intensidad (FCR_{80}) y de larga duración (88 minutos). Los resultados de la presente investigación sugieren que la magnitud %PC, el incremento de la FC y la reducción %VP son proporcionales a la duración de la actividad física; que existe, además, una importante relación entre el % PC y el incremento de la FC y que la relación existente entre el %PC y la reducción %VP puede ser modificada por la osmolaridad de la bebida ingerida durante la ejecución de una activi-

dad física de alta intensidad (FCR_{80}) y de larga duración (88 minutos), bajo condiciones ambientales neutras (24,2° C).

AGRADECIMIENTOS

A LABORATORIOS MINERALÍN por la preparación y suministro de las bebidas hidratantes; a la bacterióloga Rubiela Flórez por su asistencia técnica, a la doctora Diana Patricia Díaz y al licenciado Luis Hernando Valbuena por su ayuda durante la realización del proyecto, al doctor César González L. por la revisión del manuscrito. A los deportistas y entrenadores por su valiosa colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GISOLFI CV, DUCHMAN SM. Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 678-687.
2. SAWKA M. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 657-670.
3. SAWKA M, CONVERTINO V, EICHNER E, SCHNIEDER S, YOUNG A. Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 332-348.
4. 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.
5. MONTAIN SJ, COYLE EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol* 1992; 73: 1340-1350.
6. NOAKES TD. Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 1993; 21: 297-330.

7. MURRAY R. Dehydration, Hyperthermia, and Athletes: Science and Practice. *J Athletic Training* 1996; 31: 248-252.
8. NOAKES TD. IMMDA Advisory statement on guidelines for fluid replacement during marathon running. *Clin J Sport Med* 2003;13: 309-318.
9. American College of Sports Medicine. Position stand on exercise and fluid replacement. *Med Sci Sport Exerc* 1996; 28: 1-7.
10. Comisión Médica del Comité Olímpico Internacional. Manual de Medicina Deportiva. Publicado por Solidaridad Olímpica, Lausanne, Suiza, 1990. 498p.
11. 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.
12. DARIES HN, NOAKES TD, DENNIS SC. Effect of fluid intake volume on 2-h running performances in a 25° C environment. *Med Sci Sport Exerc* 2000;10: 1783-1789.
13. SINGER GC, BRENNER BM. Fluid and electrolyte disturbances. IN: Harrison. Principles of Internal Medicine. 15ª ed, Norte América; McGraw-Hill-Interamericana; 2001: 271-283.
14. COOMBES JS, HAMILTON KL. The effectiveness of commercially available sport drinks. *Sports Med* 2000; 29: 181-209.
15. MAUGHAN RJ, LEIPER JB. Limitations to fluid replacement during exercise. *Can J Appl Physiol* 1999; 24: 173-187.
16. MAUGHAN RJ, BETHELL LR, LEIPER JB. Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabolic responses to prolonged exercise in man. *Exp Physiol* 1996; 81: 847-859.
17. SHIRREFFS SM, MAUGHAN RJ. Whole body sweat collection in humans: an improved method with preliminary data on electrolyte content. *J Appl Physiol* 1997; 82: 336-341.
18. ARISTIZÁBAL JC, DÍAZ DP, PÉREZ JA, JARAMILLO HN. 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. *Iatreia* 2004;17: 203-215.
19. YUHASZ MS. Physical fitness manual. London, Ontario: University of Western Canada, 1974.
20. DILL DB, COSTILL DL. Calculation of percentage changes in volume of blood, plasma and red cell in dehydration. *J Appl Physiol* 1974; 37: 247-248.
21. PETERS HP, AKKERMANS LM, BOL E, MOSTERD WL. Gastrointestinal symptoms during exercise. *Sports Med* 1995; 20: 65-76.
22. 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.
23. MALLIE J, AIT-DJAFER Z, SAUNDERS C, PIERRAT A, CAIRA M, COURROY O, et al. Renal handling of salt and water in humans during exercise with or without hydration. *Eur J Appl Physiol* 2002; 86:196-202.
24. MCCONELL GK, BURGE CM, SKINNER SL, HARGREAVES M. Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand* 1997;160: 149-156.
25. SANDERS B, NOAKES TD, DENNIS SC. Water and electrolyte shifts with partial fluid replacement during exercise. *Eur J Appl Physiol* 1999; 80: 318-323.
26. GONZÁLEZ AJ, MORA JR, BELOW PR, COYLE EF. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* 1997; 82: 1229-1236.
27. GONZÁLEZ AJ, MORA JR, COYLE EF. Stroke volume during exercise: interaction of environment and hydration. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000; 278: H321-H330.
28. COYLE EF. Cardiovascular drift during prolonged exercise and the effects of dehydration. *Int J Sports Med* 1998; 19: S121-S124.

29. 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.
30. LAMBERT GP, CHANG RT, XIA T, SUMMERS RW, GISOLFI CV. Absorption from different segments during exercise. *J Appl Physiol* 1997; 83: 204-212.
31. GISOLFI CV, LAMBERT GP, SUMMERS RW. Intestinal fluid absorption during exercise: role of sport drink osmolality and [Na]. *Med Sci Sport and Exerc* 2001; 33: 907-915.
32. SHI X, SUMMERS WR, SCHEDL HP, CHANG RT, LAMBERT GP, GISOLFI CV. Effects of solution osmolality on absorption of select fluid replacement solutions in human duodenojejenum. *J Appl Physiol* 1994; 77:1178-1184.
33. GISOLFI CV, SUMMERS RW, SCHEDL H. Intestinal absorption of fluids during rest and exercise. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Vol. 3 Fluid Homeostasis during Exercise*. Norte América. Cooper Publishing Group LLC. U.S.A. 1990: 129-180.
34. JIMÉNEZ C, MELIN B, KOULMAN N, ALLEVARD A, LAUNAY JC, SAVOUREY G. Plasma volume changes during and after acute variations of body hydration level in humans. *Eur J Appl Physiol* 1999; 80: 1-8.
35. GONZÁLEZ AJ, MORA JR, BELOW PR, COYLE EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol* 1995; 79: 1487-1496.

