PubliCE, (PubliCE) 1992

Monograph

Influencia del Grado de Deshidratación sobre la Hipertermia y los cambios Cardiovasculares, durante el Ejercicio

Edward F Coyle y Scott J Montain

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo para determinar el efecto de diferentes grados de deshidratación, inducidos a través de la ingesta de distintos volúmenes de fluidos durante ejercicios prolongados, sobre la hipertermia, la frecuencia cardíaca (FC), y el volumen sistólico (VS). En cuatro ocasiones diferentes, ocho ciclistas de resistencia o fondo [edad 23 +/- 3 (DS) años, peso corporal 71,9 +/- 11,6 kg, máximo consumo de O_2 4,72 +/- 0,33 1/min], pedalearon durante dos horas a una intensidad equivalente al 6267% de su VO_2máx. en un ambiente templado (33° C, 50% de humedad relativa, velocidad del viento 2,5 m/s). En forma aleatoria (al azar), durante el ejercicio no recibieron ningún fluido (NF), o ingirieron poco (PF), mediano (MF), o gran (GF) volumen de fluido que reemplazó a 20+/-1 %, 48+/-1 %, y 81+/- 2 %, respectivamente, del fluido perdido por la transpiración, durante el ejercicio. El protocolo resultó en magnitudes graduadas de deshidratación, a medida que el peso corporal disminuía 4,2+/- 0,1; 3,4+/- 0,1; 2,3 +/-0,1; y 1,1+/-0,1 %, respectivamente, durante NF, PF, MF, y GF. Luego de dos horas de ejercicio, la temperatura del esófago (Tes), la FC, y el VS fueron significativamente diferentes en las cuatro series (P< 0,05), con la excepción de NF y de PF. La magnitud de la deshidratación, aumentada luego de dos horas de ejercicio en las cuatro series, estuvo linealmente relacionada con el aumento de la Tes (r = 0,98; P< 0,02), el aumento de la FC (r = 0,99; P< 0,01),y la disminución del VS (r = 0,99; P< 0,01). GF atenuó la hipertermia, aparentemente gracias al mayor flujo sanguíneo de la piel, debido a que el flujo sanguíneo en el antebrazo fue 20-22 % mayor durante PF y NF a los 105 minutos (P< 0,05). No se encontraron diferencias en la tasa de transpiración en ninguna de las cuatro series. En cada sujeto, el aumento de la Tes, desde los 20 hasta los 120 minutos de ejercicio, estuvo altamente correlacionada con el aumento en la osmolaridad del suero (r = 0,81-0,98, P< 0,02-0,19) y con el aumento de la concentración de sodio en el suero (r = 0,87-0,99, P< 0,01-0,13), desde los 5 a los 120 minutos de ejercicio. En resumen, la magnitud del aumento de la temperatura y de la FC, y la disminución del VS, estuvo graduada en proporción al nivel de deshidratación ocurrida durante el ejercicio.

Palabras Clave: reposición de fluidos, regulación de la temperatura, pletismografía, volumen sistólico, frecuencia c

INTRODUCCION

El consumo de líquido durante un ejercicio prolongado es altamente recomendado para reducir la hipertermia y los riesgos del golpe de calor. Sin embargo, aun no es clara la relación que existe entre la tasa de reposición de líquidos, la cual

compensa la deshidratación en varios niveles, y la hipertermia. Estudios previos acerca de los efectos del consumo de fluidos sobre la regulación de la temperatura durante la marcha en ambientes templados, concluyeron que la tasa óptima de consumo de líquido era aquella que estaba más cerca de la pérdida de agua corporal durante el ejercicio (8, 17, 25).

Adicionalmente, Rothstein y Towbin (27) reportaron que la temperatura durante el ejercicio estaba linealmente relacionada con la magnitud de la deshidratación Sin embargo, otros investigadores observaron que una reposición parcial de fluidos era suficiente para prevenir la progresiva hipertermia ocurrida cuando no se ingería nada de líquidos, durante 2 horas de ejercicio de intensidad moderada (4, 11). Además, hay datos cross seccionales que sugieren que la temperatura corporal podría no estar linealmente relacionada con la magnitud de la deshidratación ocurrida durante ejercicios de intensidad moderada (31).

Hasta el presente, ningún estudio ha caracterizado la influencia de distintos grados de deshidratación sobre las respuestas cardiovasculares, durante ejercicios prolongados de intensidad moderada. Esta bien documentado que la frecuencia cardíaca es reducida durante el ejercicio, cuando la ingesta de fluidos compensa a la deshidratación, tanto en esfuerzos de intensidad baja (17, 25, 27) como moderada (14, 19). Sin embargo, ninguna investigación ha variado en forma sistemática, la tasa de deshidratación inducida por el ejercicio, con volúmenes graduados de reposición de fluidos, para determinar la influencia de la deshidratación sobre la frecuencia cardíaca, el volumen sistólico, el flujo sanguíneo de la piel y la hipertermia.

Varias investigaciones demostraron que la hipovolemia (9, 20), la hiperosmolaridad, y/o la hipernatremia (10, 12, 13, 16, 21, 22) inducidas antes del ejercicio, pueden aumentar la reserva de calor e incrementar la frecuencia cardíaca durante ejercicios subsiguientes. Los resultados de estos estudios sugieren que el calor es almacenado durante la deshidratación inducida por el ejercicio, debido a los efectos de la hipovolemia, hiperosmolaridad y/o hipernatremia sobre la capacidad para disipar calor. Sin embargo, nosotros demostramos, recientemente, que la reposición de líquidos no atenta el almacenamiento de calor, manteniendo un alto volumen sanguíneo, al menos no en ciclistas de resistencia (19). Ninguna investigación ha alterado, sistemáticamente, la tasa de reposición de líquidos durante la deshidratación inducida por el ejercicio, para determinar el grado en el que, subsiguientes elevaciones en la osmolaridad del suero y en la concentración de sodio en el suero, están relacionadas con la magnitud de la hipertermia que acompaña a la deshidratación.

El propósito de esta investigación fue el de determinar el efecto de diferentes tasas de deshidratación, inducida a través de la ingesta de distintos volúmenes de líquido durante el ejercicio, sobre la hipertermia, la frecuencia cardíaca, y el volumen sistólico. Adicionalmente, el flujo sanguíneo del antebrazo, la osmolaridad en el suero, y la concentración de sodio en el suero, fueron medidos para evaluar, en consecuencia, su relación con la hipertermia durante la deshidratación inducida por el ejercicio.

METODOS

Sujetos

Ocho ciclistas de resistencia o fondo que entrenaban regularmente, tiempos > 1 h/día, 3-5 días/semana, en un clima cálido, completaron este protocolo experimental. La edad, peso, y máximo consumo de O_2 (VO_2 máx) de los sujetos fue de 23+/-3 (DS) años; 71,9+/-11,6 kg; y 4,72+/-0,331/min, respectivamente.

El estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Revisión de la Universidad de Texas en Austin. Los sujetos dieron su consentimiento por escrito, antes de participar en el estudio.

Evaluación preliminar

Todos los participantes realizaron una prueba ergométrica en bicicleta, con carga progresiva, para determinar su VO_2 máx. (5). Además, cada ciclista pedaleó, por un periodo de 2 horas, en un ambiente caluroso utilizado para la evaluación experimental [32,7+/- 0,2+/- C (DS); 50+/- 2% de humedad relativa (hr); velocidad del viento 2 ,~ m/s], a una intensidad equivalente al 62% de su VO_2 máx. El propósito de esta serie de 2 horas de ciclismo era que los sujetos se familiarizaran con el ambiente y los procedimientos experimentales, y para determinar las tasas de transpiración, para el cálculo de los volúmenes de líquido necesarios para reponer el 20, 50 y 80% de la pérdida de sudor durante el ejercicio.

Diseño experimental

En cuatro ocasiones diferentes, los sujetos pedalearon continuamente por espacio de 2 horas en una bicicleta ergométrica (Jaeger), en un ambiente caluroso (32,7+/- 0,2+/-C; 50 +/- 2% hr; velocidad del viento 2,5 m/s), y a una intensidad (206

+/-14 W) equivalente al 62% de su VO_2 máx.

Durante el ejercicio los sujetos, al azar, recibieron «nada» de fluidos (NF), o una pequeña (PF), mediana (MF), o gran (GF) cantidad de fluidos, los que repusieron 20 +/-1, 1,48 +/-1, y 81 +/-2 %, respectivamente, del líquido perdido a través del sudor durante el ejercicio. La solución usada para la reposición de líquidos fue una bebida con carbohidratos y electrolitos, disponible comercialmente (Gatorade, Quaker Oats Co.). Todas las series estuvieron espaciadas por un periodo ≥ a 72 horas.

Los sujetos se presentaron en el laboratorio en condiciones normales de hidratación, y al menos 3 hs de la última ingesta. Al llegar al laboratorio, cada sujeto entraba en la sala experimental. Se registró el peso corporal sin ropas, se le introdujo transmisores de temperatura en el recto (Tre) y esófago (Tes), y finalmente, se le insertó un catéter Teflón en una vena antecubital para obtener muestras de sangre. Luego, el sujeto se subía a la bicicleta ergométrica y quedaba en reposo durante % a 15 minutos. En este periodo, los transmisores eran adheridos a la piel, y el equipo para la recolección del flujo sanguíneo del antebrazo (FSA) era colocado en el brazo izquierdo. Luego de más o menos 15 minutos de reposo, se le extraía una muestra de sangre de 9 ml a través del catéter, y el sujeto comenzaba el ejercicio de 2 horas.

Durante el ejercicio, se registró la frecuencia cardíaca, Tre, y Tes con intervalos de 10 minutos. El consumo de O_2 (VO_2) fue medido durante un periodo de 4 minutos, luego de los 3, 53, y 90 minutos de ejercicio, y durante cada determinación del volumen minuto cardíaco (VM). El VM cardíaco fue medido, por triplicado, durante un periodo de 8 a 10 minutos, luego de los 7, 57, y 107 minutos de ejercicio. FSA fue medido 8-10 veces durante un periodo de 5 minutos luego de los 25, 45, 75, y 100 minutos del ejercicio. El volúmen venoso del antebrazo (VVA) fue medido a los 30, 50, 80, y 105 minutos del ejercicio. Las muestras de sangre (9 ml), fueron extraídas luego de los 5 y 20 minutos, y cada 20 minutos, desde los 20 y 120 minutos de ejercicio. Se registró el nivel o «rating» de percepción del esfuerzo (RPE por escala de Borg), luego de los 30, 60, 90, y 120 minutos de ejercicio (1).

Durante las series de experimentación de reposición de líquidos, el fluido fue ingerido inmediatamente antes de comenzar el ejercicio, y luego de los 20, 35, 50, 65, 80, y 95 minutos de ejercicio. Durante PF y MF, la cantidad total de líquido a ingerir fue dividida en siete volúmenes iguales. Durante GF, el volumen total también fue dividido en siete partes, pero las primeras dos ingestas contenían, cada una, el 20% del volumen total, mientras que las otras cinco ingestas contenían el 12% de la cantidad total repuesta. El volumen de líquido consumido al minuto 0 y al minuto 20, durante GF, fue mayor para asegurar que se repletara el estómago al comienzo del ejercicio y se facilitará el consumo total, o casi total, de la bebida al final del mismo. La temperatura del fluido, en todas las series, fue de 37 ° C.

Inmediatamente luego del ejercicio, todos los instrumentos colocados en el sujeto eran sacados rápidamente. Luego, el sujeto se quitaba la ropa, se secaba con una toalla, y se le tomaba el registro de peso post-esfuerzo. A posteriori, el participante orinaba, para poder determinar de esta manera el volumen de orina formado durante el ejercicio.

El nivel de hidratación previo a cada serie fue standardizado, instruyendo a los sujetos a que adoptaran la misma dieta, régimen de ejercicio, e ingesta de líquidos, durante las 24 horas precedentes a cada serie. Además, los sujetos eran instruidos para consumir 5 ml de agua por cada kilogramo de peso, 2 horas antes de presentarse en el laboratorio. Se obtuvieron registros sobre las dietas y ejercicios de los sujetos, para facilitar su cumplimiento.

Para comprobar que la hidratación era normal, a cada sujeto se le tomó el peso corporal antes del ejercicio, la concentración de hemoglobina y hematocrito en reposo, la frecuencia cardíaca luego de 10 minutos de ejercicio, y la Tes y Tre, luego de 20 y 40 minutos de ejercicio, respectivamente. Si el sujeto parecía estar hipohidratado, sobre la base de los criterios mencionados anteriormente, se suspendía el test y se lo postergaba para otro día.

Medición de la temperatura corporal

La Tre fue medida utilizando un termistor (modelo YSI401, Yellow Springs Instr.), insertado a 15 cm., por dentro del esfínter anal. La Tes fue medida a través de un termistor (modelo YSI 491 A), insertado a través de las vías nasales, una distancia igual a un cuarto de la altura de pie del sujeto.

Se midió la temperatura de la piel en seis sitios: parte superior del brazo, antebrazo, tórax, espalda, muslo, y gemelo lateral. La temperatura media de la piel se calculó utilizando el esquema de peso de Hardy y DuBois (15). Todos los termistores estaban conectados, a través de una interfase, a un teletermómetro (modelo YSI 2100).

Determinación del VO_2

Los sujetos respiraban a través de una válvula de Daniel, mientras se media el volumen de aire inspirado (Parkinson-Cowan CD4). El aire espirado fue analizado para obtener las concentraciones de O_2 (Ametek S-3A/1) y de CO_2 (Ametek CD-3A). Los analizadores de gases también estaban conectados, en interfase a la computadora, para el calculo del VO_2 y de la tasa de

cociente respiratorio (R). Los analizadores fueron calibrados utilizando gases, cuyas concentraciones habían sido previamente determinadas por análisis químicos.

Determinación del volumen minuto cardíaco (VM)

El VM cardiaco fue determinado usando la versión computarizada de la técnica de re-ventilación de CO_2 de Collier (3). El VO_2 y la producción de CO_2 (VCO_2) fueron medidos, como se describió anteriormente, durante el período de 1 minuto, antes de cada procedimiento de re-ventilación. El PCO_2 de final ventilatorio fue medido, por técnica de ventilación a ventilación (breath-by- breath), extrayendo muestras continuamente a la altura de la boquilla, analizando las mismas con el analizador de CO_2 (Ametek CD-3A), también conectado a la computadora. El PCO_2 venoso mixto fue estimado a partir del equilibrio de PCO_2 obtenido durante el procedimiento de re-ventilación. Los criterios para el equilibrio de PCO_2 fueron: 1) el equilibrio fue obtenido dentro de los 12 segundos, luego de la iniciación del procedimiento de re-ventilación, y 2) PCO_2 varió < 1 Torr por un período de 5 segundos. Las estimaciones del volumen minuto cardíaco fueron corregidos para las concentraciones de hemoglobina, utilizando las ecuaciones de McHardy (18).

Determinación del Flujo Sanguíneo y Volumen Sanguíneo del Antebrazo (FSA y VVA)

FSA y VVA fueron medidos usando pletismografía de oclusión venosa, con un tensiómetro de mercurio (30). El codo y la mano fueron apoyados en una plataforma suspendida desde el techo, con el antebrazo elevado levemente por encima del nivel del corazón para facilitar el vaciado venoso. El FSA fue medido 8-10 veces, con separaciones de 20 segundos, durante cada período de medición, inflando el tensiómetro hasta la presión óptima (por ej., 50-60 mmHg), previamente determinada para cada sujeto. El flujo sanguíneo de la mano fue eliminado, durante el período de medición, inflando un tensiómetro en la muñeca a 250 mmHg. La, confiabilidad test-retest, entre días, para FSA durante el ejercicio fue r = 0,91 (n = 6 sujetos). Además, en 73 series en las cuales se midió el FSA seis a ocho veces, el promedio de coeficiente de variación fue de 4,8 %. El VVA fue medido inflando el tensiómetro hasta el punto óptimo de presión, y manteniendo la presión hasta que el volumen del miembro no aumentara más, luego de 1-2 minutos. Una vez que se alcanzó un volumen estable, el tensiómetro se desinfló y el volumen del miembro retomó a la línea de base. El VVA fue determinado por la diferencia entre la amplitud, obtenida antes de que la presión fuera liberada, y la amplitud de la línea de base, luego de que la presión fuera liberada.

Tasa de transpiración.

La tasa de transpiración de todo el cuerpo fue estimada utilizando el cambio de peso corporal, antes y después del ejercicio, siendo corregido por la ingesta de fluidos, la pérdida de agua por respiración, y la pérdida de peso debido al intercambio de O_2 y CO_2 (26). El porcentaje de pérdida de transpiración, reemplazada por la ingesta de fluidos, fue calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{\% de pérdida de transpiración repuesta} = 100x \frac{\text{Ingesta total de fluidos}}{\text{(volumen de transpiración/2 h + volumen urinario post-ejercicio)}}$$

Análisis de sangre

El hematocrito fue medido, por triplicado, luego de microcentrifugación y corregido por plasma atrapado y muestra venosa. La concentración de hemoglobina fue determinada utilizando la técnica de cianmetahemoglobina. Los cambios en los volúmenes sanguíneo y plasmático fueron calculados, de acuerdo a lo descripto por Dill y Costill (6). La osmolaridad del suero fue medida por la depresión del punto de congelamiento (Advanced Instruments 3MO). Las concentraciones de potasio y sodio en suero fueron medidas con un analizador de electrolitos (Nova 5).

Análisis estadístico

Los datos fueron evaluados utilizando un análisis de variancia de dos vías (Two-way ANOVA) con mediciones repetidas. Las diferencias estadísticas fueron identificadas usando el procedimiento para diferencias significativas de Tukey. Cuando se creyó apropiado, las diferencias entre las series, fueron también identificadas, usando un análisis de variancia a una vía (One-way ANOVA) a través de repetición de mediciones. Las diferencias entre dos medias fueron consideradas estadísticamente significativas, cuando P < 0,05. Los datos son presentados como las medias +/- SE.

RESULTADOS

No hubo diferencias, antes del ejercicio, en el peso corporal ni en la concentración de hemoglobina en ninguna de las cuatro series (Tabla 1). El VO_2 y el cálculo de producción de calor también fueron similares, a través de las 4 series. Sin embargo, el VO_2 aumentó un 8%, durante el período entre los 10 y 110 minutos de ejercicio, durante cada serie (2,90+/- 0,05 a 3,12+/- 0,06 1/min, P< 0,05).

Serie	Peso corporal, kg:		% cambio en peso corporal	Pre-ej. (Hb) g/dl	Tasa transpir. l/h	Vol. Fluido ingerido ml	% pérdida transpir. respuesta
	Pre-ejercicio	Post-ejercicio					
NF	72.22+/-3.89	69.21+/-3.77	4.2+/-0.1	15.0+/-0.3	1.32+/-0.08	0+/-0	0.0+/-0
PF	71.87+/-3.87	69.44+/-3.77	3.4+/-0.1	14.9+/-0.3	1.35+/-0.06	583+/-27	20.2+/-0.9
MF	71.54+/-3.78	69.91+/-3.74	2.3+/-0.1	14.8+/-0.4	1.34+/-0.05	1,423+/-48	48.2+/-1.3
GF	71.88+/-3.85	71.11+/-3.84	1.1+/-0.1	14.9+/-0.3	1.39+/-0.05	2,380+/-93	80.5+/-0.7

Tabla 1. *Cambios en el peso corporal, concentración de hemoglobina pre-ejercicio, tasa de transpiración, ingesta de fluidos durante el ejercicio, y porcentaje de pérdidas por transpiración, restituidas por la ingesta de fluidos durante el ejercicio.*
Los valores representan las medias +ASE para 8 sujetos. (Hb): concentración de hemoglobina. NF: no fluido; PF: pequeño volumen de fluido; MF moderado volumen de fluido; GF: gran volumen de fluido.

Ingesta de Fluido

Durante las pruebas GF, MF, y PF, los sujetos consumieron 2.380+/-93; 1.423 +/- 48; y 583 +/- 27 ml, respectivamente. Los diferentes volúmenes de ingesta de fluidos, durante los cuatro tests dieron como resultado una magnitud de deshidratación que fue progresivamente mayor (1,1 +/- 0,1 a 4,2 +/0,1 % de pérdida de peso; P< 0,05; Tabla 1). Ninguno de los sujetos manifestó sensaciones subjetivas de haber quedado con líquido remanente en el estómago, luego de las 2 horas de ejercicio, aún luego de GF.

Tes, Tre, y temperatura media de la piel, durante el ejercicio

Durante NF, Tes y Tre aumentaron progresivamente durante las 2 horas de ejercicio (Figura 1). El consumo de líquido redujo la magnitud de la hipertermia ocurrida durante el final de la primer hora de ejercicio, observándose la mayor disminución en Tes y Tre, en la serie de GF. Luego de 120 minutos de ejercicio, Tes y Tre se elevaron en proporción a la magnitud de la deshidratación ocurrida durante el ejercicio, y todas las series fueron significativamente diferentes unas de otras (P< 0,05), con la excepción de la comparación estadística entre NF y PF. Tes a los 120' fue de 37,9 +/- 0,1; 38,2 +/ - 0,1; 38,5 +/- 0,1; y 38,7+/- 0,1+/-C, durante GF, MF, PF, y NF, respectivamente. En forma similar, Tre a los 120' fue de 38,4 +/- 0,1; 38,6 +/-0,1; 38,9+/ - 0,1; y 39,1 +/- 0,1 +/- C, durante GF, MF, PF, y NF, respectivamente.

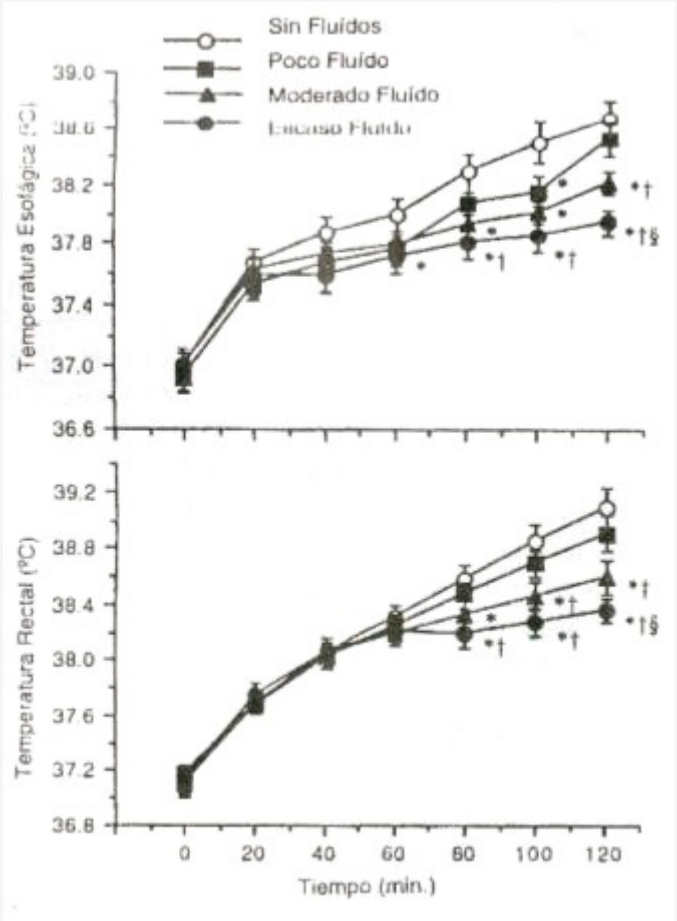

Figura 1. *Temperaturas esofágica (n = 7) y rectal (n = 8), durante 120 minutos de ejercicio, durante tests ergométricos en los cuales no se ha ingerido ningún fluido, o se restituyeron volúmenes pequeños, moderados, o grandes de líquidos. Los valores son las medias +/-SE. (*) Significativamente menor que «no fluido», P< 0,05. (+) Significativamente menor que pequeño volumen de fluido, P< 0,05. (&) Significativamente menor que moderado volumen de fluido, P< 0, 05.*

La figura 2 presenta la relación entre el aumento de Tes, durante el periodo entre los 20 y los 120 minutos de ejercicio, y el porcentaje de peso corporal perdido, luego de los 120 minutos de ejercicio, para los cuatro tests (respuestas individuales y promedio grupal). El aumento en Tes desde los 20 a los 120 minutos de ejercicio fue elegido para la correlación, porque, en forma contraria a Tre, el período de aumento rápido de Tes se completa luego de los 20 minutos de ejercicio. Las dos variables estuvieron linealmente relacionadas, con un rango de correlación para cada sujeto entre r = 0.79 (P < 0,21) y r = 0,99 (P < 0,01), y con una correlación para la respuesta medida de r = 0,98 (P < 0,02).

Por lo tanto, hay una relación lineal entre el aumento de Tes y la magnitud de la deshidratación (evaluada por el porcentaje de pérdida de peso corporal).

No se observaron diferencias significativas en el promedio de la temperatura de la piel, durante las dos horas de ejercicio, en ninguna de las series. Sin embargo, la temperatura media de la piel, en las cuatro series, tendió a disminuir durante las dos horas (P < 0,14). El promedio fue de 34,2+/-0,1; 34,4+/-0,1; 34,3+/-0,1; 34,3+/-0,1° C, durante el período entre los 10 y los 120 minutos para NF, PF, MF, y GF respectivamente.

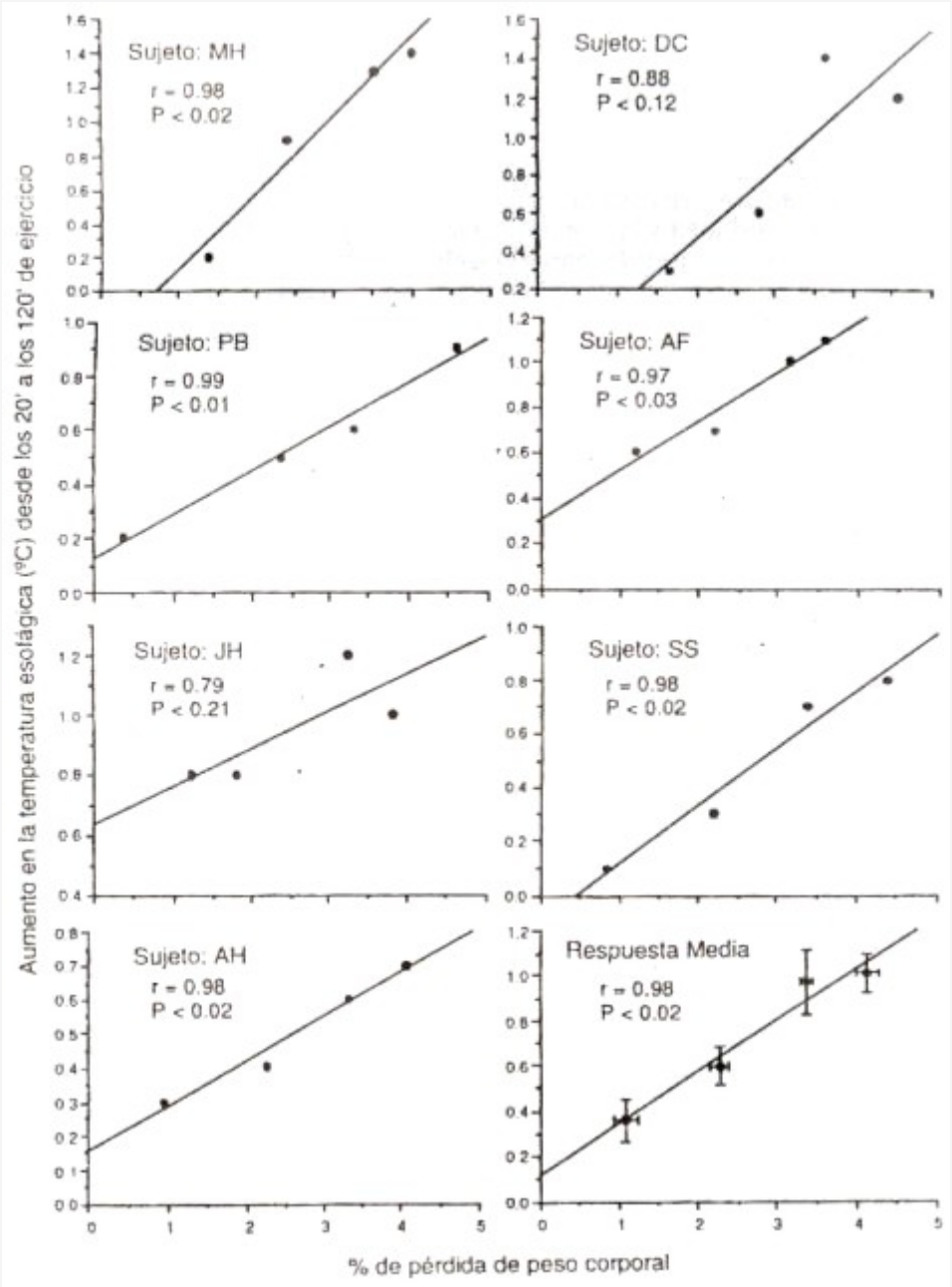

Figura 2. *Correlaciones entre a) el porcentaje de reducción del peso (luego de 120 minutos de ejercicio), y b) el aumento de la temperatura esofágica (durante el período entre 20 y 120 minutos de ejercicio) para cada individuo. La respuesta media (n = 7) también está incluida. Ecuación de regresión para la respuesta media: y = 0,11 + 0,23.x.*

Respuesta Cardiovascular al ejercicio

Durante NF, el volumen minuto cardíaco disminuyó progresivamente durante el período entre los 10 y los 110 minutos de ejercicio (P< 0,05). La reposición de líquidos atenuó esta disminución, cuya magnitud durante PF, MF, y GF estuvo en proporción al grado de deshidratación, luego de las 2 horas de ejercicio (Figuras 3 y 4). A los 110 minutos de pedaleo, el volumen minuto cardíaco fue significativamente mayor durante GF que durante NF, PF, y MF (P< 0,05). Además, fue significativamente mayor durante MF que durante NF (P< 0,05).

En forma similar, durante NF, la frecuencia cardíaca aumentó progresivamente entre los 10 y los 110 minutos (P< 0,05; Figura 3). La reposición de fluidos atenuó el incremento de la frecuencia cardíaca observada durante NF; el grado de atenuaci6n estuvo en relaci6n a la ingesta. Luego de 110 minutos de pedaleo, la frecuencia cardíaca fue significativamente diferente en todas las series (P< 0,05), con la excepción entre NF y PF. Esta magnitud de aumento estuvo linealmente relacionada con el porcentaje de pérdida de peso, luego de 120 minutos de ejercicio (r = 0,99; P< 0,01; Figura 4).

El volumen sistólico en NF disminuyó un 27%, durante el período de 10 a 110 minutos (P< 0,05; Figura 3). La reposición de fluidos atenuó la disminución en el volumen sistólico, en proporción a dicha reposición. En el minuto 110, las cuatro series tuvieron volúmenes significativamente diferentes (P< 0,05), con la excepción entre NF y PF. Además, la disminución del volumen sistólico, durante el período entre 10 y 110 minutos, estuvo inversamente relacionada con el porcentaje de pérdida de peso corporal, luego de 2 horas de ejercicio (r = -0,99, P< 0,01).

FSA no fue estadísticamente diferente en ninguna de las cuatro series, durante los primeros 80 minutos (Figura 3). Sin embargo, a los 105 minutos, FSA fue 20-22% mayor durante GF que durante PF (P< 0,05), y fue significativamente mayor en MF que en NF (P< 0,05). FSA no fue estadísticamente diferente durante MF y GF, o durante NF y PF, en ningún momento de las 2 horas de ejercicio. Además el cambio en FSA durante el período entre 50 y 105 minutos, en las cuatro series, estuvo inversamente relacionado al porcentaje de pérdida de peso corporal, Luego de Las 2 horas (Figura 4).

El VVA no fue significativamente diferente en ninguna de las cuatro series, y en ningún momento; tampoco cambió en forma significativa durante los 25 y 105 minutos de ejercicio. Esta variable tuvo promedios (en los minutos 30, 50, 80, y 105 de cada serie) de 2,56 +/- 0,24; 2,53 +/-0,18; 2,36 +/- 0,22; y 2,49 +/- 0,16 (SE) ml/ 100 ml, durante NF, PF, MF, y GF, respectivamente.

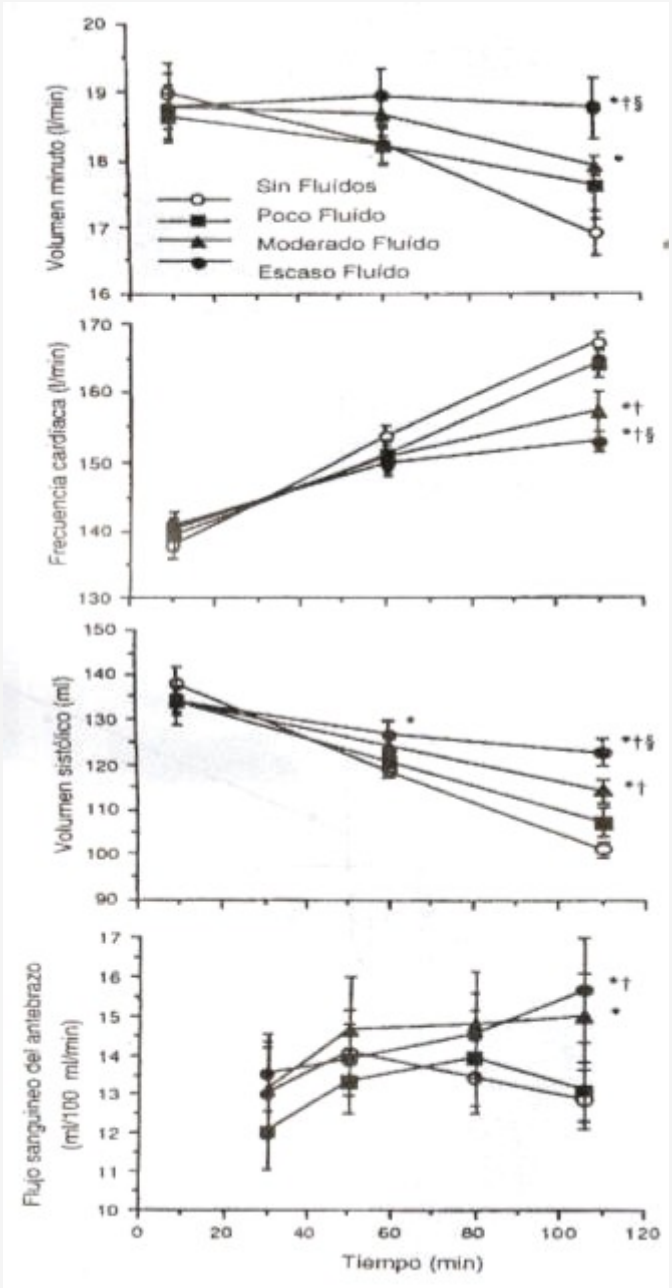

Figura 3. *Volumen minuto cardíaco, frecuencia cardíaca, volumen sistólico y flujo sanguíneo del antebrazo durante 110 minutos de*

ejercicio, durante esfuerzos, donde no se ha ingerido nada de fluido, o con ingesta de volúmenes pequeños, moderados, o grandes de líquido. Los valores son las medias +/- SE, para 8 sujetos.(*) Significativamente diferente que «no fluido», P< 0,05. (+) Significativamente diferente que con pequeño volumen de fluido, P< 0,05. (&) Significativamente diferente que con moderado volumen de fluido, P< 0,05.

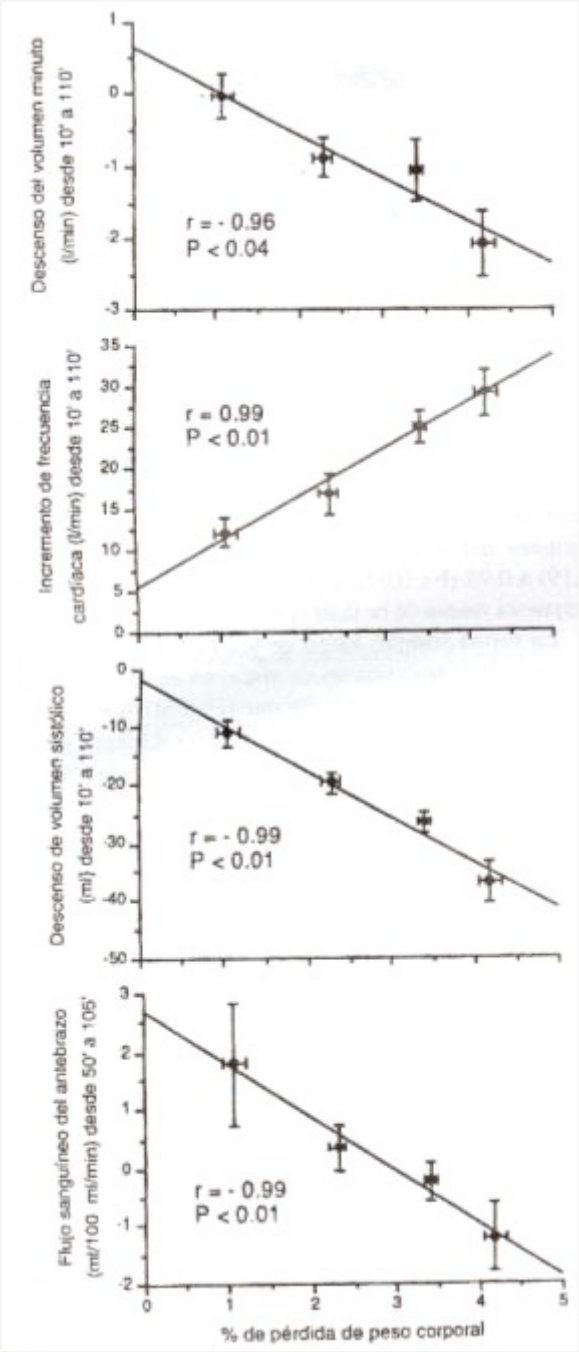

Figura 4. *Influencia de la deshidratación (evaluada a través del % de reducción en el peso), luego de 2 horas de ejercicio, sobre el cambio en el volumen minuto cardíaco, frecuencia cardíaca, volumen sistólico y flujo sanguíneo del antebrazo, durante el ejercicio.*

Tasa de sudoración: La tasa de sudoración fue similar entre las cuatro series (Tabla 1).

Volúmenes sanguíneo y plasmático durante el ejercicio

Durante el periodo entre 0 y 40 minutos de ejercicio, los patrones de cambio en estos volúmenes no fueron

significativamente diferentes, entre las cuatro series (Figura 5). Sin embargo, disminuyeron entre 2 y 3%, con respecto a los niveles de reposo, desde los 40 a los 120 minutos de ejercicio durante NF y PF (P<0,05). Luego de los 100 minutos fueron mayores en GF que en NF y PF (P< 0,05). No hubo diferencias estadísticamente significativas en estos volúmenes, durante GF vs. MF o durante NF vs. PF. El análisis de correlación para comparar el aumento de Tes (durante el periodo entre 20 y 120 minutos) con la disminución del volumen sanguíneo durante los 5 y 120 minutos, para cada sujeto varió desde r = 0,26 a 0,97 (P< 0,03), con una correlación para la respuesta media de r = 0,96 (P< 0,04).

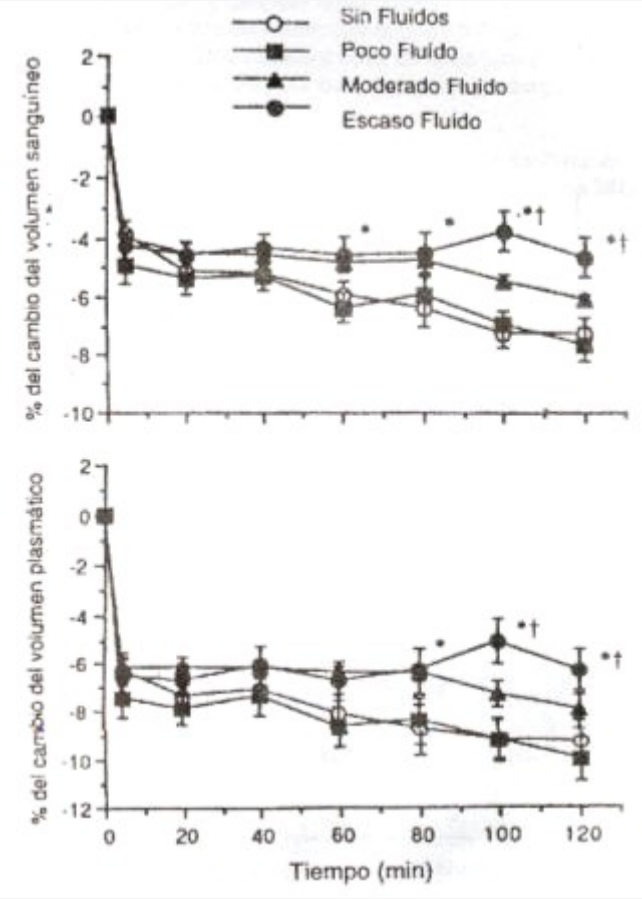

Figura 5. *Porcentaje de disminución, por debajo de los valores de pre-ejercicio, de los volúmenes sanguíneo y plasmático (durante 120 minutos de ejercicio), en situaciones de no ingesta de fluidos, o cuando su consumo fue pequeño, moderado, o grande. Los valores son las medias +/- SE, para 7 sujetos.Significativamente mayor que «no fluido», P< 0,05. (+) Significativamente mayor que un pequeño volumen de fluido, P< 0,05.*

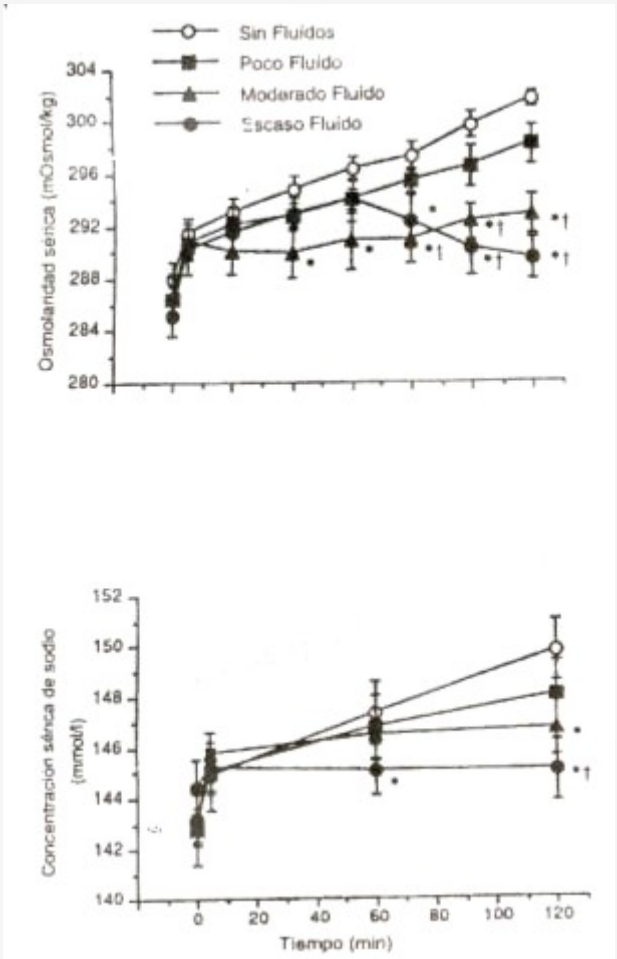

Figura 6. *Osmolaridad en el suero y concentración de sodio, durante 120 minutos de ejercicio, en situaciones de no ingesta de fluidos, o cuando su consumo fue pequeño, moderado, o grande. Los valores son las medas +/-SE, para 7 sujetos.*
( ) Significativamente menor que «no fluido», P< 0,05.*
(+) Significativamente menor que un pequeño volumen de fluido, P< 0,05.

Osmolaridad del suero y concentraciones de sodio y potasio

La osmolaridad del suero en reposo tuvo promedios de 288+/- 3; 286 +/- 2; 287 +/- 4; y 285 +/- 4 mosmol/kg, durante NF, PF,,MF, y GF, respectivamente. Durante NF, la osmolaridad aumentó, en forma progresiva, durante las 2 horas de ejercicio (Figura 6). La reposición de fluidos atenuó este incremento. Luego de 120 minutos de ejercicio, los promedios de osmolaridad fueron de 289+/- 2; 293 +/- 2; 298 +/- 2; y 302 +/- 1 mosmol/kg durante GF, MF, PF, y NF, respectivamente, siendo esta osmolaridad significativamente menor durante GF y MF, que durante NF y PF (P< 0,05).

La Figura 7 presenta la correlación de la relación lineal entre el incremento en la osmolaridad del suero (durante los 5 y 120 minutos de ejercicio), y el incremento en Tes desde los 20 a los 120 minutos, durante las cuatro series, tanto para las respuestas individuales como para medias grupales. Las correlaciones individuales variaron desde r = 0,81 (P< 0,19) a 0,98 (P< 0,02), con una correlación para la respuesta media de r = 0,98 (P< 0,02).

En forma similar, luego de los 120 minutos de pedaleo, la concentración de sodio en el suero fue significativamente menor durante GF y MF que durante NF (P< 0,05), y también fue menor durante GF que durante PF (P< 0,05; Figura 6). Los promedios de estas concentraciones, luego de los 120 minutos, fueron de 145,0 +/-1,2; 146,7+/- 1, 1; 148,0 +/- 1,4; y 149,8 +/- 1,2 mmol/l, durante GF, MF, PF, y NF, respectivamente. La correlación para la relación lineal entre el aumentó en la concentración de sodio, durante los 5 y 120 minutos de ejercicio, y el aumentó de Tes, desde los 20 a los 120 minutos, durante las cuatro series para cada individuo, varió de r = 0,87 (P< 0,13) a 0,99 (P< 0,01), con una correlación promedio de r = 0,94 (P< 0,06).

Cuando se realizó un análisis de regresión múltiple con los datos individuales, teniendo al aumento de Tes como variable

dependiente, y a los cambios en el volumen sanguíneo, en la osmolaridad, y en la concentración de sodio como variables independientes, el incremento de la concentración de sodio fue la variable que mejor predijo el aumentó de Tes (r = 0,73, P< 0,05).

Las concentraciones de potasio en el suero fueron similares en las cuatro series, durante las 2 horas de pedaleo. Sin embargo, en todas ellas, su concentración aumentó un 7% durante los 5 y 120 minutos de ejercicio (4,93 +/- 0,09 a 5,29 +/- 0,08 mmol/l, P< 0,05).

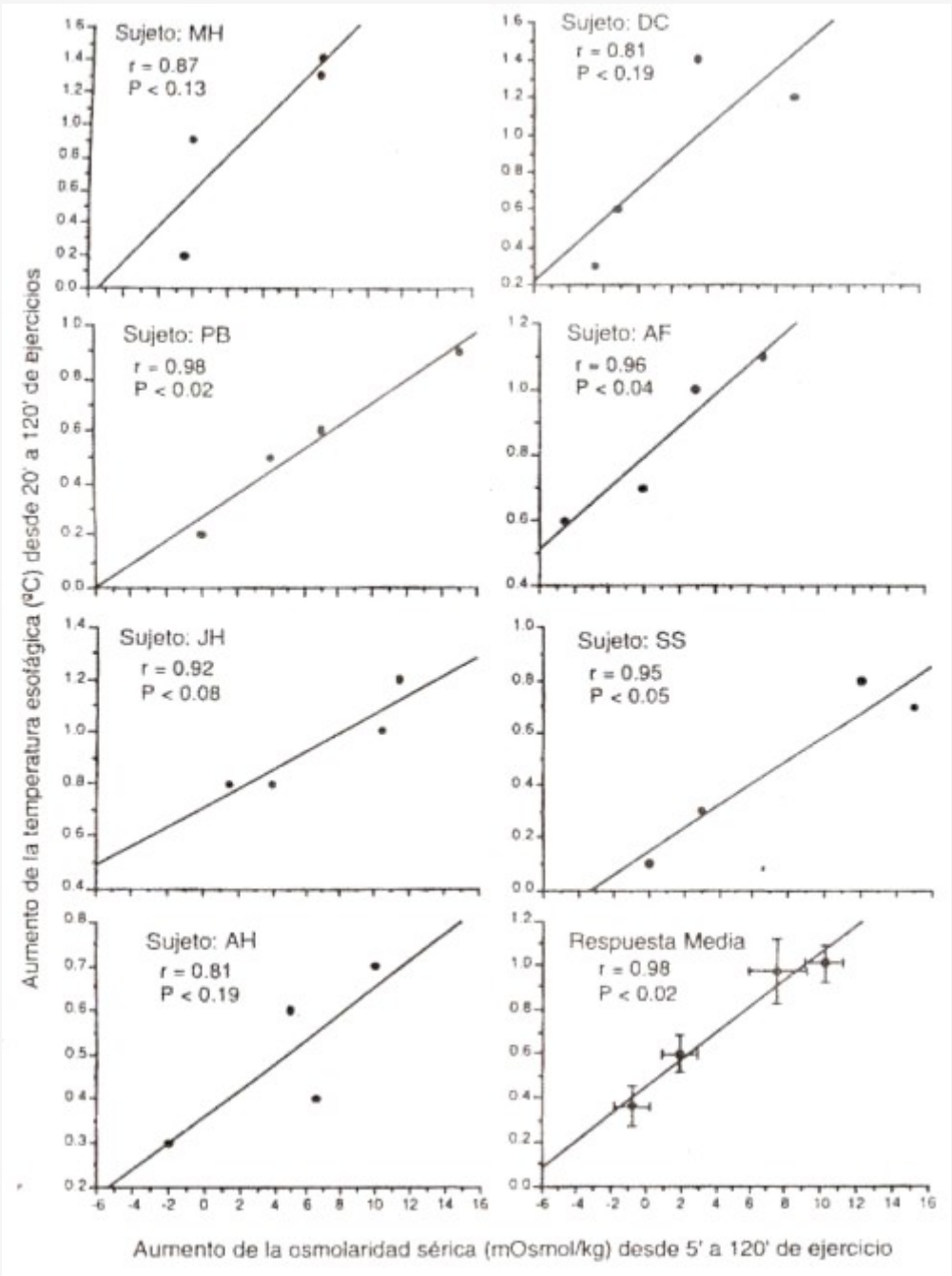

Figura 7. *Correlaciones entre el aumento en la osmolaridad del suero (durante los 5 y los 120 minutos de ejercicio), y el aumento de la temperatura esofágica (durante el período entre los 20 y los 120 minutos de ejercicio), para cada individuo. La respuesta media también está incluida (n = 7).*

RPE y rendimiento deportivo: Durante NF, la RPE aumentó progresivamente en las 2 horas de ejercicio, alcanzando 17,6 +/- 0,3 unidades al final de la serie (Figura 8). La reposición de líquidos atenuó el aumento de la RPE. Sin embargo, la

RPE durante GF y MF nunca llegó a ser «extenuante» o «dura» (por ej.: RPE = 15), para los sujetos evaluados. Además, esta variable fue significativamente diferente en todas las series (P< 0,05), con excepción de GF y MF.

El rendimiento deportivo también se vio afectado por la cantidad de líquido ingerido durante el ejercicio. Con NF, dos sujetos no pudieron finalizar la serie, debiendo parar luego de 112 y 115 minutos (sus datos finales fueron incluidos en los datos del minuto 120). Sin embargo, ambos ciclistas pudieron completar las 2 horas de ejercicio cuando ingirieron PF, MF, o GF.

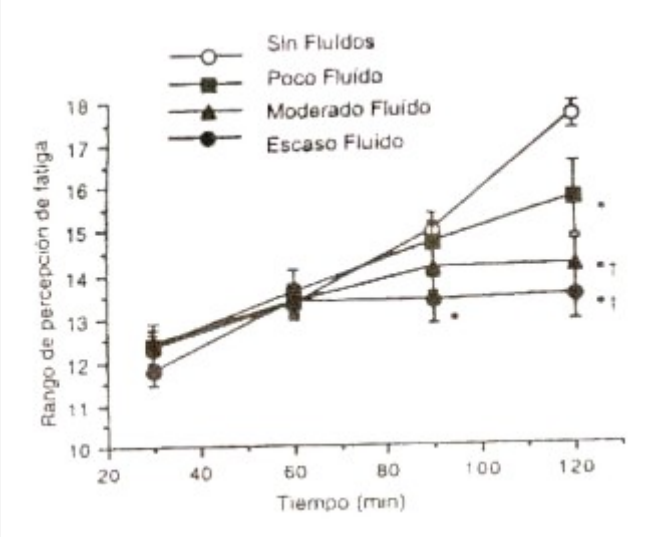

Figura 8. *Rango de la percepción de esfuerzo durante 120 minutos de ejercicio, en situaciones de no ingesta de fluidos, o cuando su consumo fue pequeño, moderado, o grande.*
( ) Significativamente menor que «no fluido», P< 0,05.*
(+) Significativamente menor que un pequeño volumen de fluido, P< 0,05.

DISCUSION

En esta investigación los participantes o no ingirieron nada de líquidos, o consumieron un volumen de fluido suficiente para reponer el 20, 48, y 81 % de pérdida por sudor, durante 2 horas de ejercicio de intensidad moderada en un ambiente caluroso (33° C, una humedad relativa del 50%, y una velocidad del viento de 2,5 m/s), para determinar la influencia de diferentes tasas de deshidratación sobre la temperatura corporal y las respuestas cardiovasculares. Observamos que la magnitud del aumento de la temperatura corporal y de la frecuencia cardíaca, y la disminución del volumen sistólico, estuvieron directamente relacionados con la pérdida del peso corporal (y por lo tanto aumento de la deshidratación) durante el ejercicio. De esta manera, cuando los sujetos entrenan al 62-67% de su VO_2 máx. la tasa óptima de ingesta de líquidos para atenuar la hipertermia y los cambios cardiovasculares, es aquella que más se acerca al fluido perdido a través del sudor.

Concordando con el presente estudio, las investigaciones realizadas varias décadas atrás, demostraron que el consumo de fluidos suficiente para reponer el agua corporal total perdida por el mecanismo de sudoración, es más efectivo para atenuar la hipertermia, que el consumo de líquidos que resulte insuficiente para prevenir la deshidratación, durante ejercicios prolongados de baja intensidad, en ambientes calurosos (7, 17, 25, 27); además, aun una pequeña deshidratación (reducción de 1 % del peso), durante ejercicios de intensidad moderada, puede aumentar la temperatura corporal (8). Sin embargo, en un estudio cross-seccional, Wyndham y Strydom (31) sugirieron que, durante ejercicios de moderada intensidad, la deshidratación no altera el calor corporal hasta que no se produzca una reducción en el peso del 3%. Además, Noakes y cols. (23, 24), recientemente, propusieron que altas tasas de reposición de líquidos no eran necesarias para atenuar la temperatura corporal, durante ejercicios prolongados de intensidad moderada. En esta investigación, nosotros alteramos, en forma sistemática, la tasa de deshidratación durante dos horas de ejercicio moderado en evaluaciones repetidas, para determinar la relación entre la pérdida de peso gracias a la deshidratación y la hipertermia. Los datos obtenidos demuestran claramente, que la hipertermia esta directamente relacionada con el grado de

deshidratación ocurrida durante ejercicios moderados en ambientes calurosos (Figura 2). Por lo tanto, aún una pequeña deshidratación inducida por el ejercicio, aumentara la hipertermia durante el mismo. Sawka y cols. (29) son los únicos otros investigadores que alteraron, sistemáticamente, el contenido de agua corporal en mediciones repetidas, para determinar la influencia de la pérdida de agua sobre la hipertermia, durante el ejercicio. En su protocolo, los sujetos fueron hipohidratados en 0, 3, 5, y 7% del peso corporal, a través de una combinación de ejercicio, exposición al calor y restricción de comida/bebida antes del ejercicio. Ellos reportaron una relación lineal entre la magnitud de la hipohidratación y la hipertermia, y además notaron que, para cada 1 % de reducción en el peso, Tre aumentaba 0,15° C, por encima de los valores observados durante ejercicios, en condiciones normales de hidratación. Sin embargo, ellos no registraron una diferencia estadística en Tre durante el ejercicio cuando los sujetos eran hipohidratados en 3 % en comparación con la serie de hidratación normal. Por lo tanto, Sawka y cols. (29) no pudieron demostrar que pequeñas cantidades de pérdida de agua corporal (hasta reducciones del 3% del peso), aumentan la hipertermia durante el ejercicio. Sin embargo, la variabilidad de los participantes pudo haber influido en sus resultados.

En el presente estudio, la tasa de aumento de la frecuencia cardíaca y la disminución del volumen minuto y del volumen sistólico estuvieron directamente relacionadas con la cantidad de peso corporal perdido, luego de 2 horas de ejercicio (Figura 4). En un estudio previo (18), nosotros demostramos que una infusión intravenosa de 398 +/- 23 ml de un expansor del volumen sanguíneo, que era suficiente para mantener un volumen similar a cuando se ingerían grandes cantidades de fluidos durante el ejercicio (suficiente para reponer el 80% de las pérdidas por sudor), prevenía la disminución del volumen minuto durante 2 horas de ejercicio, atenuando la mitad de la disminución del volumen sistólico que ocurría cuando no se ingería nada de líquidos. Por lo tanto, las reducciones del volumen sanguíneo son, en parte, responsables de los cambios en el volumen minuto cardíaco y volumen sistólico, durante ejercicios prolongados. Sin embargo, así permanece sin explicación el mecanismo responsable del aumento de la frecuencia cardíaca y disminución del volumen sistólico durante el ejercicio. En forma similar a nuestro trabajo previo (l9), las reducciones del volumen sistólico observadas en el presente estudio, no pueden ser explicadas por una redistribución del flujo sanguíneo a la circulación cutánea, al menos no en el antebrazo, debido a que el flujo sanguíneo del antebrazo fue menor durante NF y PF que durante GF, luego de 105 minutos de ejercicio. Sin embargo, los datos actuales claramente demuestran que los cambios cardiovasculares son proporcionales a la magnitud de la deshidratación (Figura 4) y al grado de aumento en la temperatura corporal que acompaña a dicha deshidratación (Figura 2).

Otro descubrimiento en esta investigación fue la alta correlación, en cada sujeto, entre el aumento de la Tes y el aumento de la osmolaridad plasmática ($r = 0,81$-$0,98$, $P < 0,02$-$0,19$) y de la concentración de sodio ($r = 0,87$-$0,99$, $P < 0,01$-$0,13$) durante un período de ejercicios de 120 minutos (Figura 7). Estos resultados apoyan a las investigaciones previas que demostraron que aumentar la osmolaridad y/o la concentración de sodio, antes del ejercicio, puede alterar la regulación de la temperatura durante el ejercicio subsiguiente (10, 12, 13, 16, 21, 22). Sobre la base de nuestras investigaciones previas, donde veíamos que la reposición de fluidos no atenúa la hipertermia manteniendo un alto volumen sanguíneo (19), los datos presentes sugieren que el objetivo del consumo de líquidos durante ejercicios prolongados, puede ser prevenir la elevación de la osmolaridad, de la concentración de sodio, o de alguna otra variable que responde a la deshidratación.

Se piensa que las reducciones en el volumen de agua corporal durante un golpe de calor, inducido por el ejercicio, aumentan la hipertermia reduciendo la capacidad para disipar calor. Nuestros datos sugieren que la reducción en la transferencia de calor desde el interior a la periferia fue responsable, en parte, de la acumulación de calor durante la deshidratación inducida por el ejercicio. En forma similar a investigaciones previas, que observaban que no había diferencias en la tasa de sudoración, cuando se comparaba a la ingesta de fluidos con la no ingesta de fluidos durante ejercicios prolongados (2, 4, 11, 14, 17), nosotros tampoco encontramos diferencias en dicha tasa entre las series de tests, al variar la cantidad de líquido consumido durante las 2 horas de ejercicio. Esto es contrario a otros estudios que observaron una reducción en la tasa de sudoración, cuando los sujetos comenzaban a entrenar y estaban hipohidratados y/o tenían una tonicidad sanguínea elevada (9, 10, 12, 21, 22, 29).

La metodología utilizada para determinar esta tasa de sudoración, puede llegar a explicar el por qué nosotros y otros investigadores, no hemos encontrado diferencias entre dicha tasa y el grado de deshidratación. Es posible que el método utilizado para determinar el sudor a partir de cambios en el peso corporal no posea la sensibilidad para detectar pequeñas reducciones en la sudoración, debidas a la variabilidad en la pérdida de sudor de la superficie corporal, antes de la medición del peso sin ropas. Además, el método usado para determinar la tasa de sudoración a partir de la pérdida de peso durante el ejercicio, no puede evaluar si hay diferencias en la eficiencia de dicha sudoración entre los cuatro tests. Por lo tanto, es posible que la deshidratación haya reducido la capacidad de perder. calor a través de la sudoración.

Otros investigadores han interpretado estas observaciones, acerca de que no hay diferencias en el volumen de sudoración, a pesar de mayores temperaturas corporales durante la deshidratación inducida por el ejercicio, como una reducción en la tasa de sudoración (2).

Durante las series de reposición de fluidos en esta investigación, los sujetos ingirieron una bebida con 6% de carbohidratos

y electrolitos. A pesar de que es posible que esta solución haya alterado la hipertermia, en comparación con la ingesta de agua, esto es poco probable; debido a que varios estudios reportaron temperaturas corporales similares durante ejercicios prolongados, cuando los sujetos consumían varias soluciones de carbohidratos y electrolitos o agua (2, 4, 28). También existen pocas razones para sospechar que las diferencias en las concentraciones de glucosa plasmática entre las series, hayan alterado la magnitud de la hipertermia o de las respuestas cardiovasculares. Durante la serie con NF, la concentración de glucosa plasmática fue bien mantenida en forma normal, durante las 2 horas de ejercicio, alcanzando un promedio de 4,2 +/- 0,2 mM, durante la hora final de ejercicio. Además, a los 120 minutos de ejercicio, no se encontraron diferencias en esta concentración, en ninguna de las cuatro series, alcanzando medias de 4,3 +/- 0,2; 4,4 +/- 0,2; 4,3 +/0,2; y 4,3+/- 0,3 mM durante NF, PF, MF, y GF, respectivamente.

A pesar de que nuestros resultados demuestran que la ingesta de fluidos equivalente al 81% de la pérdida por sudoración, es más efectiva para atenuar la hipertermia que las ingestas de menores volúmenes de liquido, durante el ejercicio, la intensidad del mismo y las condiciones ambientales son factores

importantes en el almacenamiento del valor. Específicamente, elegimos una intensidad y las condiciones ambientales que aseguraran la máxima reserva de calor, cuando no se ingirieran fluidos durante el ejercicio, pero que también provocaran la estabilización en la temperatura corporal cuando se consumieran grandes volúmenes de líquido. No sabemos si la misma recomendación se podría aplicar para ejercicios realizados a otras intensidades o bajo distintas condiciones ambientales. Si la intensidad fuera mayor, o el ambiente fuera más «estresante», la reserva de valor sería más grande, y es posible que los aumentos en el flujo sanguíneo de la piel que acompañan a la reposición de fluidos, fueran menos efectivos para atenuar la hipertermia.

En resumen, nosotros observamos que la magnitud de la hipertermia y de los cambios cardiovasculares, durante 2 horas de ejercicio de intensidad moderada y en un ambiente cálido, estuvo relacionada con el grado de deshidratación ocurrida durante el ejercicio. Por lo tanto, es tasa óptima de reposición de fluidos para atenuar la hipertermia y los cambios cardiovasculares durante ejercicios prolongados, es aquella que más se acerque a la pérdida de líquido por sudoración. El consumo de líquidos atenuó la hipertermia promoviendo un mayor flujo sanguíneo de la piel, durante la segunda hora de ejercicio. Finalmente, las altas correlaciones entre el aumento de Tes y el aumento de la osmolaridad y de la concentración de sodio en el suero, durante ejercicios prolongados, sugieren que el objetivo del consumo de fluidos puede ser prevenir las elevaciones de dichas variables, o de otras también asociadas con la deshidratación.

Agradecemos el excelente apoyo técnico de George Petrek 111, José González-Alonso, y Jeff Horowitz. Esta investigación se realizó con una beta del Gatorade Sports Science Institute y del Louise Scence Griffeth Fellowship de la Universidad de Texas, en Austin.

REFERENCIAS

1. BORG, G (1975). Simple rating methods for estimatiurl of perceived exertion. *In: Physical Work and ir'lfurt, edited by (s. l3org. New Turk: Pergalnon, I). 39-46*
2. CANDAS, V., J. P. LIIrERT, G. IWANDENIJE1tUCIt, J. C. SAGOT, C. AMOROS, AND J. M. KAHN (1986). I lydralion during exercise. Effects on thermal and cardiovascular adjustments. *Eur. J. Appt. Physiol. Occup. Physiol. 55: 113-122*
3. COLLIER, C. It (1956). Determination of mixed venous CO, lunsions lly rebreathing. *J. Appl. Ph□siol. 9: 25-29*
4. COSTILI, D. I.., W. F. KAMMEP, AND A. FISEIEK (1970). Fluid ingestioal during distance running. *Arch. Enuiron. 11calth 21: 520-52*
5. COYLE, L. F., M. K. HEMMLIYP, AND A. H. COGGAN (1986). Effect of tie training oil cardiovascular responses to exercise: role of blood volume. *J. Appl. Phyiacol. 60: 95- 99*
6. DIM, D. B., AND D. I.. COSTILL (1974). Calculation of percentage changes Ill Volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J. Appl. Physiol. 37: 247 248*
7. EICHNA, l,. W., W. B. BEAN, W. F. AsiIE, AND N. NELSON (1945). Performance in relation to environmental temperature. *Bull Johns Hopkins Hosp. 76: 25-58*
8. EKBLOM, B., C. ,I, CRI ENLEAF, J. GREENLEAF, AND L. HERMANSEN (1970). Temperature regulation during exercise dehydration in man. *Acts Physiol. Stand. 79: 475-48;1*
9. FORTNEY, S. M., E. It. NADEL, C. B. WENGER, AND J. R. BOVE (1981). Effect of blood volume on sweat rate and body fluids in exercising humans. *J. Appt Physiol. 51: 1594-1600*
10. FORTNEY, S. M., C. B. WENGER, J. R. BOVE, AND L. R. NADEL (1984). Effect of Ilyperosluolality on control of blood Iluw and sweating. *J. Appl. Physiol. 57: 1688--1695*
11. GISOLFI, C. V., AND J. R. CUPPING (1974). Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Afed. Sci. Sports 6: 108-113*
12. GREENLEAF, J. E., B. L. CASTLE, AND D. H. CARD (1974). Blood electrolytes and temperature regulation du ring exercise in man.

Acta Physiol. Pol. 25: 397-410
13. GRERNI.EAF, J. E., S. KOLZOWSKi, K. NAZAR, H. KACIUUAUSCILKO, Z. BRZEZINSKA, AND A. ZIEMRA (1976). Ion- osmotic hyperlherrnia during exercise in dogs. *Am. J. Physiol. 230: 74-79*
14. HAMILTON, M. T., J. GONZALEZ ALONSO, S. J. MONTAIN, AND E. F. COYLE (1991). Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevents cardiovascular drift. *J. Appl. Physiol. 71: 871-877*
15. HAMILTON, M. T., J. GONZALEZ ALONSO, S. J. MONTAIN, AND E. F. COYLE (1991). Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevents cardiovascular drift. *J. Appl. Physiol. 71: 871-877*
16. HARDY, J. D., AND E. F. DUBOIS (1938). The technique of measuring radiation and convection. *J. Nulr. 15: 461-475*
17. KOZLOWSKI, S., J. E. GREENLEAF, E. TURLEJSKA, AND K. NAZAR (1980). Extracellular hyperosmolality and body temperature during physical exercise in dogs. *Am. J. Physiol. 239 (Regulatory Integrative Comp. Physiol. 8): R180-RI83*
18. LADELL, W. S. S (1955). The effects of water and salt intake upon the performance of men working in hot and humid ehvironmenls. *J. Physiol. Lond. 127: I1-46*
19. MCHARDY, G. J. R (1967). Relationship between the differences in pressure and content of carbon dioxide in arterial and venous blood. *Clin. Sci. Land. 32: 299-309*
20. MONTAIN, S. J., AND E. F. COYLE (1992). Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of blood volume. *J. Appl. Physiol. 73: 903-910*
21. NADEL, E. R., S. M. FORTNEY, AND C. B. WENGER (1980). Effect of hydra. tion state on circulatory and thermal regulations. *J. Appl. Physiol 49:715-721*
22. NIELSEN, B (1973). Effects of changes in plasma volume and osinolarity on thermoregulation during exercise. *Acts Physiol. Scand 90:725730*
23. NIELSEN, B (1974). Effect of changes in plasma Na+ and Ca+ ion concentration on borly temperature during exercise. *Acts Physiol. Scano 91:123-120*
24. NOAKES, T. D., B. A. ADAMS, K. H. MYBURGII, C. GREENLEAF, T LOTZ, AND H I. NATHAN (1988). The danger of inadequate water intake during prolonged exercise. A novel concept revisited. *Eur. J. Appe Physiol. Occup. Physiol. 57: 210-219*
25. NOAKES, T. D., K. H. MYBURGH, J. D. PLESSIS, L. LANG, M. LAM BERT, C. VAN DER RIET, AND R. SCHALL (1991). Metabolic rate, not per cent dehydration, predicts rectal temperature in marathon run ners. *Afed. Sci. Sports Exercise 23: 443-449*
26. PITTS, G. C., R. E. JOHNSON, AND F. C. CONSOLAZIO (1944). Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. *Am. J. Physiol 142:253-259*
27. PucH, L. G. C., J. I. CORRETT, AND R. H. JOHNSON (1957). Rectal tempera tuxes, weight losses, and sweating rates in marathon runnin. *J Appl. Physiol. 23:347-1152*
28. RGTHSTEIN, A., AND E. J. TOWBIN (1947). Blood circulation and tempera Cure of men dehydrating in the heat. *In: Physiology o/ Man in tit Desert, edited by E. F. Adolph. New York: Interscience, p 190-191*
29. RYAN, A. J., T. L. BLEILER, J. E. CARTER, AND C. V. GiSOLFI (1989). Gastric emptying during prolonged cycling exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exercise 21: 51-58*
30. SAWKA, M. N., A. J. YOUNG, R. P. FRANCESCONI. S. R. MUZA, AND K. B. PANDOLF (1985). Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol. 59: 139-1. 1401*
31. WHITNEY, R. J (1953). The measurement of volume changes in humai limbs. *J. Physiol. Land. 121: 1-27*
32. WYNDHAM, C. H., AND N. B. STRYDOM (1969). The danger of inadequate water intake during marathon running. *S. Afr. Med. J. 43:893-896*

Cita Original

Scott J. Montain y Edward F. Coyle. Influencia del Grado de Deshidratación sobre la Hipertermia y los cambios Cardiovasculares, durante el Ejercicio. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 5 Nº 15. 1997.