

Investigación Experimental

PENSAR EN MOVIMIENTO:

Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud

ISSN 1659-4436

Vol. 7, No.1, pp. 1-10

ESTRATEGIAS DE REHIDRATACIÓN POST-EJERCICIO: TASA DE INGESTA DE LÍQUIDO Y TIPO DE BEBIDA

María de Lourdes Mayol Soto, M.Sc.^{1(A,B,C,D,E)} y Luis Fernando Aragón Vargas, Ph.D., FACSM^{2(A,B,D,E)}

¹Universidad Iberoamericana, México

²Catedrático, Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica

RESUMEN

Mayol-Soto, M.L., y Aragón-Vargas, L.F. (2009). Estrategias de rehidratación post-ejercicio: Tasa de ingesta de líquido y tipo de bebida. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 7(1), 1-10. El propósito del presente estudio fue investigar el efecto de una tasa rápida (R) y una tasa lenta (L) de ingesta de líquido con agua pura (AP) y una bebida deportiva (BD) sobre el balance de líquido corporal después del ejercicio, y evaluar si las diferencias conocidas entre estas bebidas dependen de la tasa de ingesta de líquido. Varones físicamente activos (n=16) realizaron cuatro pruebas en orden aleatorio. Los participantes se presentaron a cada prueba en estado de euhidratación y realizaron ejercicio intermitente en bicicleta en un cuarto de clima controlado (30-35°C) hasta alcanzar un 2% de pérdida de peso corporal. Después de 30 min de descanso, ingirieron AP o BD en un volumen equivalente al 150% de su pérdida de peso, en 45 min (tasa rápida, R) o 165 min (tasa lenta, L). A partir del momento que coincidió con el término de R se recolectaron muestras de orina cada 30 min durante 4 horas. La pérdida de peso en el ejercicio fue similar en todas las pruebas y resultó en una ingesta de líquido total de 2.48 ± 0.4 l. Al final, la producción de orina con AP excedió significativamente a la de BD a ambas tasas de ingesta de líquido (p=0.001), pero no hubo diferencias entre L y R (p=0.378). Los participantes terminaron en balance negativo de líquido en todas las pruebas. En conclusión, BD dio como resultado una restauración mejor pero incompleta del balance de líquido corporal que AP, independientemente de la tasa de ingesta de líquido. Aunque el balance de líquido al final del estudio fue igual con ambas tasas de ingesta (L y R), L fue más cómoda para los participantes.

PALABRAS CLAVE: rehidratación, bebida deportiva, agua, producción de orina.

ABSTRACT

Mayol-Soto, M.L., y Aragón-Vargas, L.F. (2009). Post-Exercise Rehydration Strategies: Rate of Fluid Intake and Beverage Type. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 7(1), 1-10. The purpose of the present study was to investigate the effect of a high (H) and a low (L) rate of fluid consumption with plain water (W) or a sports drink (SD) on post-exercise fluid balance, and to evaluate whether the known differences between beverages depend on the fluid ingestion rate. Active male subjects (n=16) performed four trials in random order. The participants arrived to the trials euhydrated and were dehydrated to 2% of body weight (BW) by cycling intermittently in a controlled climate room (30-35°C). After 30 min of rest, they

ingested either W or SD in a volume equivalent to 150% of BW loss, in 45 min (high rate, R) or 165 min (low rate, L). At the time point coinciding with the end of H, urine samples were collected every 30 min for four hours. BW loss was similar for all trials and resulted in a total fluid consumption of 2.48 ± 0.4 l. Overall, urine output in W exceeded significantly that of SD in both rates of fluid consumption ($p=0.001$), but there were no differences between L and R ($p=0.378$). Subjects finished in negative fluid balance in all trials. It is concluded that SD resulted in better but incomplete restoration of fluid balance than W, independent of the rate of fluid consumption. Although overall fluid balance was the same with both ingestion rates (L and H), L was more comfortable to the subjects.

KEY WORDS: rehydration, sports drink, plain water, urine output.

La rehidratación es una parte importante en el proceso de recuperación después del ejercicio, sobre todo para los atletas que tienen que realizar otra sesión en un intervalo corto de tiempo. Cualquier déficit de líquido después de una sesión de ejercicio puede potencialmente afectar el rendimiento en la siguiente sesión si no se reponen los líquidos adecuadamente (Shirreffs, Armstrong y Cheuvront, 2004).

Los aspectos que más se han investigado para garantizar una rehidratación adecuada son: la composición de las bebidas utilizadas para la rehidratación (Aragón-Vargas & Madriz-Dávila, 2000; González-Alonso, Heaps & Coyle, 1992; Lambert, Costill & McConnell; 1992; Maughan & Leiper, 1993; Maughan, Owen, Shirreffs & Leiper, 1994; Maughan & Leiper, 1995; Maughan, Leiper & Shirreffs, 1996; Mayol-Soto & Aragón-Vargas, 2002; Mitchell, Phillips, Mercer, Bailéis & Pizza, 2000; Shirreffs, Taylor, Leiper & Maughan, 1996; Shirreffs & Maughan, 1997; Shirreffs & Maughan, 1998; Wemple, Morocco & Mack, 1997) y el volumen que es necesario consumir para restaurar el balance de líquido (Mitchell, Grandjean, Pizza, Starling & Holtz, 1994; Mitchell et al., 2000; Shirreffs et al., 1996). Sin embargo, hay pocos estudios con respecto al consumo de la misma cantidad de bebida a diferentes tasas de ingesta de líquido, y los resultados no son consistentes (Archer & Shirreffs, 2001; Kovacs, Schmahl, Senden & Brouns, 2002).

Se ha observado que una tasa rápida de ingesta de líquido durante las primeras dos horas del periodo de rehidratación después del ejercicio aumenta significativamente el volumen plasmático (Archer & Shirreffs, 2001), lo que da como resultado una sustancial producción de orina. Beber una gran cantidad de líquido rápidamente puede llevar a que disminuya más la concentración de sodio en plasma y la osmolalidad, lo cual puede

inducir una mayor diuresis. Por lo tanto, se ha planteado la hipótesis de que el consumo de una misma cantidad de líquido pero a una tasa más moderada disminuirá estos efectos y mejorará la retención de líquido.

El agua y las bebidas deportivas se encuentran entre las bebidas más utilizadas para la rehidratación. Son varios los estudios en los que se han investigado los efectos del consumo de estas bebidas en la recuperación del balance de líquido después de la deshidratación inducida por el ejercicio, observándose que las bebidas con suficiente sodio son más efectivas para promover la rehidratación, pues dan como resultado una mayor restauración del volumen plasmático y una menor producción de orina (Costill & Sparks, 1973; González-Alonso et al., 1992; Nielsen, Sjogaard, Ugelvig, Knudsen & Dohlmann, 1986). No obstante, no hay suficientes estudios publicados que demuestren si estas diferencias dependen de la velocidad a la que se consuma el líquido.

El propósito del presente estudio es investigar el efecto de dos diferentes tasas de ingesta de líquido (tasa rápida y tasa lenta) con dos diferentes bebidas utilizadas comúnmente (agua pura y una bebida deportiva) sobre la eficacia para restaurar el balance de líquido, y evaluar si las diferencias conocidas entre estas bebidas dependen de la tasa de ingesta de líquido.

METODOLOGÍA

Participantes. En este estudio participaron 16 varones físicamente activos (que realizaban al menos 30-60 min de ejercicio, tres veces por semana), no aclimatizados al calor, cuyas características físicas (media \pm d.e.) fueron: edad 21 ± 2 años; talla 172 ± 9 cm; peso corporal, 72.1 ± 10.5 kg. La muestra fue escogida por conveniencia entre estudiantes de la carrera de Educación Física o estudiantes de cursos deportivos de la Universidad.

Los participantes dieron su consentimiento por escrito después de haber conocido los riesgos y beneficios de su participación y el proyecto fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica.

Procedimientos experimentales

Preparación de los participantes. Se pidió a los participantes que 24 horas antes de las pruebas evitaran el consumo de bebidas que tuvieran cafeína o alcohol, alimentos que tuvieran mucha sal (se estableció un límite generoso de 5 g de sodio al día, el doble del Límite Superior de Consumo), que consumieran 3 litros de líquido y evitaran el ejercicio vigoroso.

Los participantes fueron sometidos a cuatro estrategias de rehidratación post-ejercicio, separados por una semana, en los que los sujetos consumieron agua pura (AP) o bebida deportiva (BD) a una tasa rápida (R) o tasa lenta (L) de ingesta de líquido. El orden de los tratamientos se decidió aleatoriamente. Se verificó que los participantes presentaran las mismas condiciones de hidratación en las diferentes condiciones con el análisis previo de la gravedad específica de la primera orina del día (utilizando un Squibb urinometer) y con la evaluación de la ingesta de sodio y agua en las 24 horas previas a cada una de las pruebas.

Diseño del estudio. Este fue un estudio experimental de medidas repetidas, ya que todos los participantes realizaron los cuatro tratamientos. Los participantes se presentaron los días de las pruebas a las 7 a.m. en ayunas y con una muestra de la primera orina del día, la cual se utilizó para determinar el estado de hidratación del participante por medio de la medición de la gravedad específica. Posteriormente, los participantes consumieron un desayuno estandarizado y esperaron 45 min para iniciar el ejercicio, tiempo durante el cual contestaron el cuestionario de "Control de requisitos para la participación en el estudio" y una encuesta dietética de "Recordatorio de 24 horas".

Antes de iniciar el ejercicio, se pidió a los participantes que vaciaran la vejiga y se obtuvo su peso corporal sin ropa. A continuación se inició una sesión de ejercicio intermitente en bicicleta a una intensidad entre el 65-75% de la frecuencia cardiaca máxima, dentro de un cuarto de clima controlado, con una temperatura de 30-35°C y humedad relativa de 50-55%. La frecuencia cardiaca máxima se calculó con la fórmula $226 - (0.8 \times \text{edad})$ (Aragón-

Vargas, Schork & Eddington, 1993). El protocolo de ejercicio consistió en 20 min de ejercicio, seguidos de 10 min de descanso en el cual los participantes debían secarse el sudor y se les tomaba el peso para determinar las pérdidas de líquido. Esto se realizó las veces que fuera necesario hasta que los participantes alcanzaran un nivel de deshidratación equivalente al 2% de su peso corporal. Una vez alcanzado el grado de deshidratación deseado, se dejó a los participantes descansar durante 30 min fuera del cuarto. Posteriormente, los participantes vaciaron la vejiga otra vez y se determinó el volumen de esta muestra.

Después de vaciar la vejiga, se volvió a tomar el peso corporal y se determinó la cantidad de líquido que cada participante debía ingerir, que fue equivalente al 150% del peso perdido. La bebida se dividió en tres partes iguales (50% de las pérdidas por sudoración en cada una de ellas), cada una de las cuales fue consumida en periodos de 15 min, siguiendo la tasa de ingesta de líquido correspondiente (Figura 1).

- En la tasa rápida de ingesta de líquido, los participantes consumieron las tres partes en periodos de 15 min continuos, es decir, se ingirió el total del líquido en los 45 min posteriores al periodo de descanso.
- En la tasa lenta de ingesta de líquido, los participantes consumieron cada una de las partes en periodos de 15 min, separados por 60 min. En este caso, el tiempo total de rehidratación fue de 165 min (2 horas 45 min).

Las bebidas utilizadas en el presente estudio fueron agua pura y una bebida deportiva comercial (Gatorade®) sabor naranja, que contiene 58.3 g de carbohidratos, 414 mg (18 mEq) de sodio y 125 mg de potasio por litro. Todas las bebidas estuvieron a la misma temperatura (14-17°C). Al terminar de consumir la bebida, los participantes reportaron la "sensación de llenura", utilizando una escala de 1 a 5, siendo 1 vacío y 5 extremadamente lleno.

Se inició la recolección de orina después de 45 min de haber iniciado el consumo de líquido en todos los tratamientos, tiempo en el cual se bebió todo el líquido en los tratamientos de tasa rápida de consumo de líquido, y posteriormente cada 30 min hasta completar las 4 horas. Se determinó el volumen de cada muestra de orina recolectada.

Los participantes no ingirieron ningún alimento o bebida, aparte del tratamiento, sino hasta haber

obtenido todas las muestras de orina y ser pesados al final de la prueba.

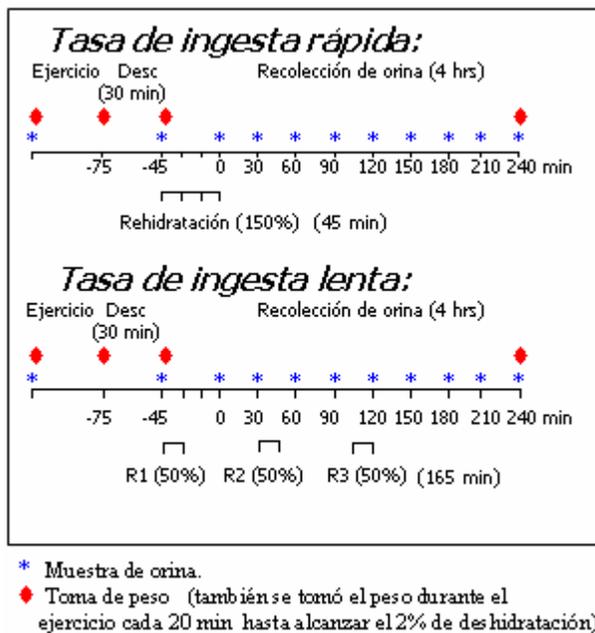


Figura 1. Protocolos de investigación según la tasa de ingesta de líquido.

Análisis Estadístico. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 10.1. Se realizó la estadística descriptiva de las variables, incluyendo curtosis y asimetría. Se verificó la normalidad de la distribución de cada una con la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizaron análisis de varianza de medidas repetidas de dos vías, (2x2) (bebidas x protocolos de rehidratación), para las condiciones iniciales: la gravedad específica de la orina al inicio del estudio, el consumo de sodio y agua del día anterior, el peso inicial, el tiempo de ejercicio requerido para alcanzar la deshidratación deseada, y el volumen de líquido ingerido en la rehidratación. Se realizaron análisis de varianza de medidas repetidas de tres vías, (2x2x9) (bebidas x protocolos x mediciones) para la producción de orina y el balance neto de líquidos. Finalmente, se realizaron análisis de varianza de medidas repetidas de dos vías, (2 x 2) (bebidas x protocolos) para el peso final, el volumen total de orina y la sensación de llenura. Para cada análisis de varianza de medidas repetidas se verificó que no se violara la suposición de esfericidad, según la prueba de Mauchly. La producción de orina se calculó como el porcentaje del volumen ingerido

que fue excretado desde el inicio de la toma de muestras de orina hasta cada medición; el balance de líquidos se determinó a partir de la diferencia en el peso entre el inicio de la prueba y al final de las 4 horas de recolección de orina.

RESULTADOS

Condiciones iniciales

Según el análisis de la primera orina del día, se observó que los participantes presentaron el mismo estado de hidratación en las diferentes pruebas, pues no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la gravedad específica de la orina ($p=0.530$) (Tabla 1). Tampoco hubo diferencias significativas en el consumo de sodio ($p=0.595$) y agua ($p=0.124$) del día anterior (Tabla 1), y los participantes presentaron el mismo peso inicial ($p=0.283$) en todos los tratamientos (Tabla 1).

Normalización, deshidratación y rehidratación

El desayuno estandarizado que se dio a los sujetos consistió en: 240 mL de agua pura; 60 g de pan blanco (2 rebanadas) con 6 g de margarina y 10 g de mermelada de fresa; y 240 mL de jugo de manzana. Este desayuno aportó 353.5 kcal, 66.9 g de carbohidratos, 5.1 g de proteína, 7.5 g de grasa, 390.1 mg de sodio y 553.9 g de agua (incluyendo el agua metabólica). Todos los sujetos consumieron el mismo desayuno en los cuatro tratamientos.

El tiempo promedio de ejercicio fue de 62.7 ± 1.3 min y no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p=0.721$) entre los cuatro tratamientos.

Como consecuencia de la sudoración en el ejercicio y el periodo de descanso, los sujetos perdieron aproximadamente un promedio de 1.65 kg (2.3% del peso). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p=0.456$).

Los voluntarios consumieron un promedio de 2.48 ± 0.36 L de bebida, a una temperatura promedio de 15.2 ± 0.65 °C y no hubo diferencias significativas entre tratamientos en el volumen ($p=0.456$) ni la temperatura ($p=0.988$) de las bebidas consumidas.

La "sensación de llenura" se determinó al terminar el consumo de líquido en cada uno de los tratamientos. A partir del análisis estadístico se observó que, aunque consumieron la misma cantidad de líquido en los cuatro tratamientos, los sujetos percibieron una menor sensación de llenura

Tabla 1. Condiciones pre-tratamiento (n=16). Se presenta la media (d.e.). AP-R: agua pura-tasa rápida, AP-L: agua pura-tasa lenta, BD-R: bebida deportiva-tasa rápida, BD-L: bebida deportiva-tasa lenta. No hubo diferencia significativa para las comparaciones entre las cuatro condiciones en ninguna de las cuatro variables ($p>0.05$).

	<i>Gravedad específica de la orina</i>	<i>Ingesta de sodio 24 h (mg)</i>	<i>Ingesta de agua 24 h (mL)</i>	<i>Peso inicial (kg)</i>
AP-R	1.014 (0.008)	2118.8 (1530.7)	4132.3 (945.4)	72.23 (10.55)
AP-L	1.015 (0.008)	2580.6 (937.7)	4060.1 (1100.1)	71.93 (10.52)
BD-R	1.015 (0.008)	2519.8 (1285.0)	4491.9 (1225.2)	72.10 (10.40)
BD-L	1.017 (0.006)	2574.1 (723.6)	3954.5 (839.1)	72.23 (10.73)

con la bebida deportiva que con el agua pura ($p=0.015$) y como era de esperarse, se sintieron menos llenos al consumir el líquido a una tasa lenta que al consumirlo a una tasa rápida ($p<0.0005$). No obstante, no hubo una interacción significativa entre el tipo de bebida y la tasa de consumo de líquido ($p=0.684$), es decir, los sujetos se sintieron más llenos al consumir agua sin importar a qué velocidad la consumieron (Figura 2). Además, un sujeto presentó vómito y dos presentaron náuseas cuando consumieron agua a una tasa rápida, lo que no sucedió en ninguno de los tratamientos con bebida deportiva.

Producción de orina

Después de 4 horas de recolección de orina, se observó una mayor producción de orina con el agua pura que con la bebida deportiva ($p=0.001$). Sin embargo, no hubo diferencias en la producción de orina entre tasas de consumo de líquido ($p=0.378$), ni se encontró una interacción entre el tipo de bebida y la tasa de consumo de líquido ($p=0.505$), lo que significa que las diferencias en la producción de orina entre bebidas se presentan independientemente de la velocidad a la que se consume el líquido (Figura 3). En la Figura 4, se puede observar cómo en un principio existieron diferencias en la producción acumulada de orina entre tasas de consumo de líquido (entre los 60 y 210 min, $p\leq 0.05$), pero al final del estudio, éstas desaparecieron.

La Figura 5 muestra el balance de líquido. Cuando los participantes ingirieron el líquido a una tasa rápida, terminaron el periodo de rehidratación con un exceso de líquido, pero este exceso se excretó con ambas bebidas 90 min después de haber terminado la rehidratación. Al término de las 4

horas de monitoreo, el déficit fue aproximadamente de 1 kg de peso corporal (Tabla 2). En la tasa lenta de ingesta de líquido, el balance de líquido sólo fue positivo justo al final de la rehidratación (120 min); 30 min después los participantes entraron en balance negativo de líquidos con ambas bebidas.

Por medio del análisis del balance de líquidos, se encontró que el peso final de los participantes fue significativamente menor que el inicial (72.12 ± 2.64 kg y 71.11 ± 2.64 kg del peso inicial y final respectivamente) ($p<0.05$). También se observó que los sujetos tuvieron un peso significativamente mayor al final del estudio cuando consumieron bebida deportiva al comparar con su peso final al consumir agua ($p=0.034$). En la Figura 5 se puede observar que las diferencias entre bebidas se empiezan a presentar 1.5 a 2 horas después de haber terminado la rehidratación, independientemente de la tasa a la que se haya suministrado el líquido.

Al final del estudio los sujetos terminaron con un déficit de peso en todos los tratamientos (Tabla 2), lo que indica que ninguna de las cuatro estrategias fue totalmente efectiva en el proceso de rehidratación. En la Tabla 2 se puede observar la procedencia de las pérdidas de líquido.

DISCUSIÓN

Los objetivos del presente estudio fueron (a) investigar el efecto de dos diferentes tasas de ingesta de líquidos (tasa rápida y tasa lenta) con dos diferentes bebidas usadas comúnmente (agua pura y una bebida deportiva) sobre la eficacia para restaurar el balance de líquidos, y (b) evaluar si las diferencias conocidas entre bebidas dependen de la tasa de ingesta de líquido.

Pocos estudios han investigado el efecto de la tasa de consumo de líquido en la rehidratación post-

ejercicio (Archer & Shirreffs, 2001; Kovacs et al., 2002), y entre estos estudios hay mucha variabilidad en los tiempos que son considerados como tasa lenta o rápida. En el presente estudio se observaron diferencias en la producción acumulada de orina entre tasas de consumo de líquido en un principio, siendo mayor la diuresis provocada al consumir el líquido rápidamente (45 min) con ambas bebidas; sin embargo, estas diferencias se debieron a que en realidad se había consumido mayor cantidad de líquido en la tasa rápida, ya que desaparecieron al final del estudio. Así, no se encontró un efecto de la tasa de consumo de líquido sobre la producción de orina y el balance de líquido corporal después de 4 horas de recuperación post-ejercicio con ambas bebidas. Estos resultados concuerdan con el estudio de Kovacs et al. (2002), donde tampoco hubo un efecto de la tasa de consumo de una solución de carbohidratos-electrolitos sobre estas variables, a pesar de las diferencias con el presente estudio en los tiempos considerados como tasa lenta y rápida. En este mismo estudio, las tasas de consumo de líquido fueron de 3 y 5 horas, dando una mayor proporción del líquido en las primeras dos horas de la tasa rápida, mientras que en la tasa lenta los líquidos se distribuyeron uniformemente; además, el tiempo de recuperación estudiado fue de 6 horas. Aún así, ambos estudios concluyen que no hay diferencias al consumir una misma bebida más rápido o más lentamente en la rehidratación post-ejercicio. Por el contrario, Archers & Shirreffs (2001) sí encontraron una diferencia significativa en la producción de orina y el balance de líquidos

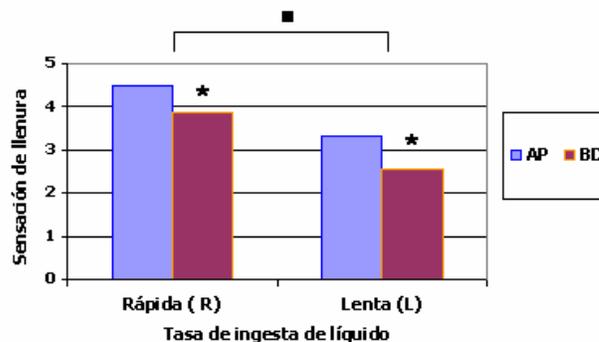


Figura 2. Sensación de llenura (n=16) (media). Se determinó al final de cada una de las estrategias de rehidratación. AP: agua, BD: bebida deportiva. *Diferencias estadísticamente significativas entre bebidas ($p < 0.05$). ■ Diferencias estadísticamente significativas entre tasas de consumo de líquido ($p < 0.05$).

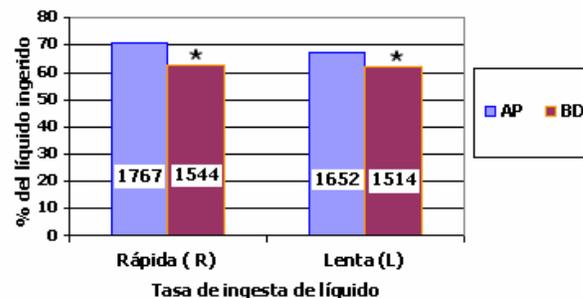


Figura 3. Producción total de orina después de 4 horas de tratamiento, expresada como porcentaje del volumen ingerido (n=16) (media). AP: agua, BD: bebida deportiva. Los valores dentro de las barras son el volumen total promedio en mL. *Diferencia estadísticamente significativa entre bebidas ($p < 0.05$).

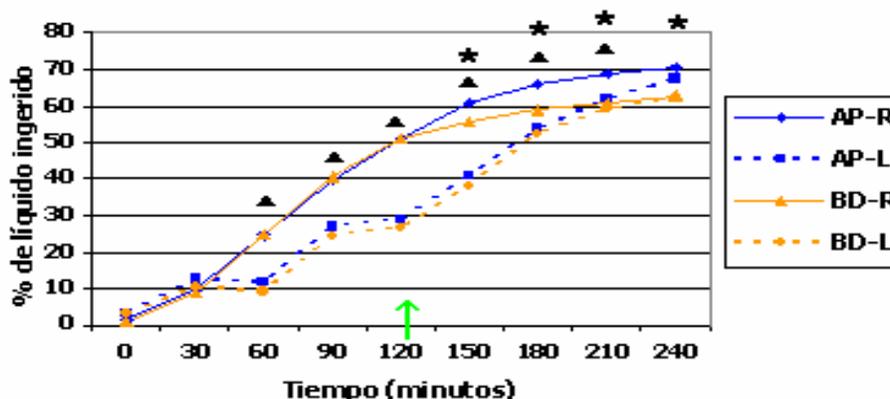


Figura 4. Producción de orina (n=16). AP-R: agua - tasa rápida, AP-L: agua - tasa lenta, BD-R: bebida deportiva - tasa rápida, BD-L: bebida deportiva - tasa lenta. El tiempo 0 es el término del consumo de líquido a una tasa rápida; ↑ muestra el término del consumo de líquido a una tasa lenta. En los tratamientos de tasa lenta de consumo de líquido se tomó en cuenta sólo el volumen que había sido consumido hasta cada momento. ▲ Diferencia estadísticamente significativa entre tasas de ingesta de líquido ($p < 0.05$). *Diferencia estadísticamente significativa entre bebidas ($p < 0.05$).

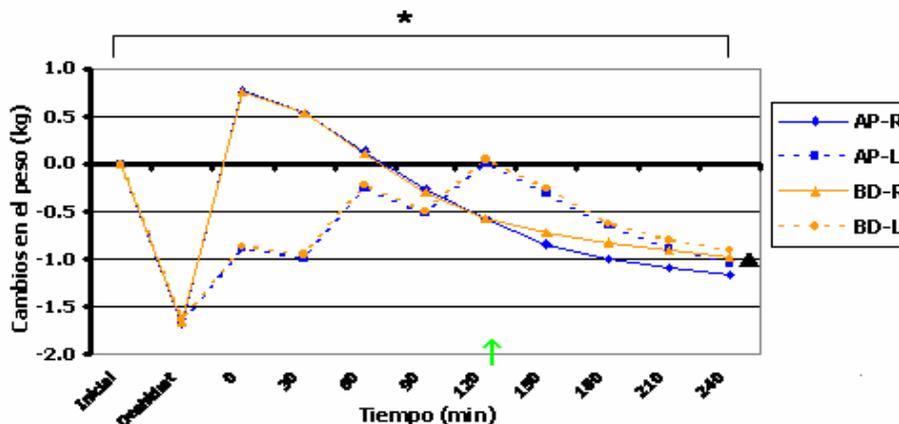


Figura 5. Balance neto de líquidos (n=16). AP-R: agua - tasa rápida, AP-L: agua - tasa lenta, BD-R: bebida deportiva - tasa rápida, BD-L: bebida deportiva - tasa lenta. Sólo se tomó el peso al inicio, después del proceso de deshidratación y al final. Los demás valores se estimaron a partir del consumo de líquido, las pérdidas por orina y por sudoración en cada momento. Se asumió que las pérdidas por sudoración fueron constantes entre la toma del peso después de la deshidratación y la toma del peso final.

↑ muestra el término del consumo de líquido a una tasa lenta.

*Diferencia estadísticamente significativa entre el peso inicial y final.

▲Diferencia estadísticamente significativa en el peso final entre bebidas (p<0.05).

Tabla 2. Pérdidas de peso por orina y sudoración después de 4.75 horas de tratamiento (n=16). Se presenta la media (d.e.).

	<i>Peso final (kg)</i>	<i>Déficit de peso (kg)</i>	<i>Peso perdido por orina (kg)</i>	<i>Peso perdido por sudor (kg)</i>
AP-C	71.07 (10.55)	1.16 (0.29)	1.77 (0.32)	0.23 (0.08)
AP-I	70.89 (10.61)	1.04 (0.43)	1.67 (0.38)	0.22 (0.07)
BD-C	71.14 (10.41)	0.97 (0.30)	1.54 (0.30)	0.25 (0.08)
BD-I	71.32 (10.71)	0.91 (0.30)	1.51 (0.33)	0.21 (0.09)

después de 4 horas de recuperación al consumir una bebida de carbohidratos-electrolitos en 30 min o en 90 min, siendo mayor la producción de orina cuando se consumió la bebida más rápidamente. Es probable que este resultado difiera con el estudio de Kovacs et al. (2002) y el presente estudio debido a que las tasas de consumo de líquido que estudiaron Archers & Shirreffs (2001) fueron más rápidas y a que el líquido se consumió en forma continua, abarcando todo el tiempo del periodo de rehidratación.

Aunque los sujetos terminaron en balance negativo de líquido en todos los tratamientos, el déficit fue menor cuando se utilizó la bebida deportiva que cuando se utilizó agua, lo cual ha sido demostrado en varios estudios (Costill & Sparks, 1973; González-Alonso et al., 1992; Mayol-Soto & Aragón-Vargas, 2002; Nielsen et al., 1986). Esta diferencia se presentó independientemente de la tasa de consumo de líquido. Dentro de las restricciones de tiempo de este estudio, pareciera que la

producción de orina no depende del tiempo que tarda en entrar el líquido al organismo, sino del contenido de sodio de la bebida. En varios estudios se ha demostrado que el grado de retención de líquido después del ejercicio aumenta cuando se consumen bebidas con una mayor concentración de sodio (Maughan et al., 1994; Maughan & Leiper, 1995; Shirreffs et al., 1996; Shirreffs & Maughan, 1998) y que es necesario que el contenido de sodio de la bebida sea lo suficientemente alto (mayor a 50 mmol/l) para conservar el líquido durante más tiempo (Maughan, 1998), o incluir alimentos que ayuden a la recuperación del sodio (Maughan, Leiper & Shirreffs, 1996). Así, el contenido de sodio de las bebidas del presente estudio fue lo suficientemente bajo como para entrar en déficit de fluidos luego de 4 horas post-rehidratación, aún siendo suministrado paulatinamente.

El sodio es el principal ion en el líquido extracelular y el principal electrolito perdido en el sudor; por tal motivo, la reposición de sodio es una

parte importante en el proceso de recuperación después del ejercicio. Si se consumen suficientes cantidades de sodio y agua, parte del sodio permanece en el espacio vascular, ocasionando que la osmolalidad del plasma y la concentración de sodio no disminuyan drásticamente como ocurre cuando se consume agua pura (Nose, Mack, Shi & Nadel, 1988). Como resultado, los niveles de vasopresina y aldosterona se mantienen, previniendo una diuresis que podría conducir a un balance negativo de líquidos (Shirreffs & Maughan, 1998).

Shirreffs & Maughan (1998) demostraron que hay una relación directa entre el balance de sodio y el balance de líquido y recomendaron que así como debe ingerirse un exceso de líquido para restaurar el balance de líquidos, también debe consumirse una cantidad de sodio mayor a las pérdidas para compensar las continuas pérdidas de sodio por orina. Por lo tanto, aunque en el presente estudio no se determinó el balance de sodio, es evidente que el sodio de las bebidas no fue suficiente ni siquiera para recuperar las pérdidas por sudoración durante el ejercicio. Los sujetos que participaron en el presente estudio no estaban aclimatados al calor, por lo que es probable que sus pérdidas de sodio hayan sido relativamente altas y que no hayan sido totalmente compensadas con el sodio de la bebida. Más aún, habría pérdida adicional de sodio en orina, como se ha mostrado en el estudio de Shirreffs & Maughan (1998).

Así, a pesar de haber suministrado el líquido a una tasa lenta, al no haber un aporte suficiente de sodio, el líquido se excretó en la misma proporción que cuando se suministró a una tasa rápida. Por lo tanto, es posible que las diferencias entre tasas de consumo de líquido puedan ser más evidentes con bebidas con un mayor contenido de sodio.

En este estudio, las diferencias en el balance de líquido corporal presentes entre las bebidas fueron independientes de la tasa de rehidratación. No obstante, es importante que después de que termine el periodo de rehidratación se dé el tiempo suficiente para observar las respuestas a un tratamiento. En varios estudios se ha observado que la mayor producción de orina se presenta de 60 a 120 min después de haber terminado de ingerir todo el líquido (Aragón-Vargas & Madriz-Dávila, 2000; Maughan et al., 1996; Mayol-Soto & Aragón-Vargas, 2002; Shirreffs et al., 1996; Shirreffs & Maughan 1997; Shirreffs y Maughan, 1998), por lo que, independientemente de la tasa a la que se

suministre el líquido, se requieren al menos de 2 horas de recolección de orina después de haber terminado la bebida, para poder evaluar en forma adecuada el grado de conservación de una bebida. Existen estudios con protocolos de rehidratación a una tasa lenta (González-Alonso et al., 1992; Mitchell et al., 1994; Mitchell et al., 2000), en los que la última toma de líquido se da 30 min antes de terminar el estudio; así, aunque en algunos de ellos se extrae el volumen de líquido que queda en el estómago para determinar adecuadamente el índice de rehidratación (Mitchell et al., 1994; Mitchell et al., 2000), no dan el tiempo suficiente para observar si el líquido que ya fue absorbido se mantiene dentro del organismo o es excretado por los riñones.

Aunque no se encontraron diferencias significativas en el balance de líquido corporal entre tasas de consumo de líquido, se observó que fue más cómodo para los sujetos consumir el líquido a una tasa lenta, ya que los sujetos reportaron sentirse significativamente menos "lentos" ($p < 0.0005$) al terminar de consumir el líquido a una tasa lenta que cuando la consumían a una tasa rápida. Este resultado era de esperarse, dado que en los tratamientos en los que se consumió el líquido a una tasa lenta hubo una hora entre cada una de las tomas (800 mL/toma aprox.) y es probable que en ese tiempo el estómago ya hubiera vaciado casi la totalidad del líquido consumido en la toma anterior; en cambio, en los tratamientos de tasa rápida, los sujetos debieron consumir alrededor de 2.5 litros de líquido en 45 min, lo cual excede ampliamente la tasa máxima de vaciamiento gástrico de líquido de aproximadamente 800 mL/h, provocando distensión estomacal e incomodidad (Noakes, 1993).

No se encontró una explicación para los resultados que mostraron que, independientemente de la tasa de ingesta de líquido, los participantes percibieron una menor sensación de llenura con la bebida deportiva que con el mismo volumen de agua pura (Figura 2). Varios estudios han demostrado que el sabor, así como el contenido de carbohidratos y electrolitos, tienen un efecto en la ingesta voluntaria de líquido, donde la palatabilidad y el consumo voluntario se correlacionan positivamente (Clapp, Bishop & Walker, 1999; Wemple, Morocco & Mack, 1997; Wilk & Bar-Or, 1996). En el presente estudio se utilizó un protocolo de rehidratación forzado donde los volúmenes fueron iguales, pero los participantes se sintieron menos llenos con la bebida deportiva que con el agua. Es posible que, bajo circunstancias de la vida

real, las personas beban más de una bebida si perciben una menor sensación de llenura.

Algunas de las limitaciones del presente estudio obedecen a su carácter exploratorio: si en este estudio se hubieran identificado claras diferencias entre los protocolos de rehidratación, se habría repetido utilizando procedimientos invasivos. Por ejemplo, al final del estudio no se extrajo el volumen de líquido que pudiera quedar en el estómago; no obstante, se dio suficiente tiempo (al menos 2 horas) entre la última toma de bebida y el término del estudio para poder garantizar que se hubiera vaciado casi la totalidad del líquido del estómago, como se ha observado en varios estudios (Murray et al., 1999; Maughan et al., 1996; Shirreffs et al., 1996; Shirreffs & Maughan 1997; Shirreff & Maughan, 1998); además, no se han encontrado diferencias significativas en el vaciamiento gástrico al utilizar agua y una bebida deportiva con 6% de carbohidratos (Murray et al., 1999). En segundo lugar, no se tomaron muestras de sangre para determinar cambios en el volumen sanguíneo y niveles de sodio en plasma. Por último, no se midieron pérdidas de sodio en orina, que junto con la medición de sodio en plasma, hubieran permitido determinar el balance de sodio y corroborar si la falta de sodio fue la causante de que ninguna de las estrategias de rehidratación del presente estudio haya sido totalmente efectiva para la recuperación de los participantes.

En conclusión, la tasa de ingesta de líquido en este estudio no tuvo efecto en el balance de líquidos cuando se consumen bebidas con un contenido de sodio bajo. La bebida deportiva utilizada fue más efectiva que el agua en cuanto al grado de conservación de líquido, pero ninguna bebida permitió que los participantes se mantuvieran euhidratados después de 4.75 h de haber iniciado el proceso de rehidratación. Además, no se encontró una interacción entre el tipo de bebida y la tasa de ingesta de líquido, por lo que se puede concluir que las diferencias en el balance de líquido entre estas dos bebidas son consistentes sin importar la velocidad a la que se administren.

RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se sugieren las siguientes recomendaciones de rehidratación post-ejercicio:

1. Espaciar el consumo del 150% de las pérdidas por sudoración a lo largo de las 3 horas siguientes al ejercicio en los casos en los que se

requiere realizar otra sesión de ejercicio. Esta tasa de consumo de líquido ayudará a evitar molestias como sentirse extremadamente lleno, con náuseas o vómito.

2. Utilizar bebidas de sabor agradable para favorecer un mayor consumo de líquido, ya que los sujetos perciben menos llenura estomacal cuando la bebida tiene sabor.
3. Consumir sodio a partir de otras fuentes (cuando la bebida no aporte suficiente cantidad de este electrolito) en las tres horas siguientes al ejercicio junto con la bebida, para recuperar el balance de sodio y permitir que el líquido ingerido se conserve dentro del organismo.

RECONOCIMIENTO

Este estudio fue financiado por el Gatorade Sports Science Institute®, bajo el proyecto de investigación de la Universidad de Costa Rica VI-245-A4-303.

REFERENCIAS

- Aragón-Vargas, L.F., & Madriz-Dávila, K. (2000). Incomplete warm-climate post-exercise rehydration with water, coconut water or a sports drink. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32(5), S238.
- Aragón-Vargas, L.F., Schork, M.A., & Eddington, D. (1993). Evaluation of conventional and new maximum heart rate prediction models for individuals. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25(5s), 10.
- Archer, D.T., & Shirreffs, S.M. (2001). Effect of fluid ingestion rate on post-exercise rehydration in human subjects. *Proceedings of the Nutrition Society* 60 (Special Issue 3), 200A.
- Clapp, A.J., Bishop, P.A., & Walker, J.L. (1999). Fluid replacement preferences in heat-exposed workers. *American Industrial Hygiene Association Journal* 60, 747-751.
- Costill, D.L., & Sparks, K.E. (1973). Rapid fluid replacement following thermal rehydration. *Journal of Applied Physiology* 34, 299-303.
- González-Alonso, J., Heaps, C.L., & Coyle, E.F. (1992). Rehydration after exercise with common beverages and water. *International Journal of Sports Medicine* 13, 399-406.
- Kovacs, E.M., Schmahl, R.M., Senden, J.M., & Brouns, F. (2002). Effect of high and low rates of fluid intake on post-exercise rehydration. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 12, 14-23.

- Lambert, C.P., Costill, D.L., & McConnell, G.K. (1992). Fluid replacement after dehydration: influence of beverage carbonation and carbohydrate content. *International Journal of Sports Medicine* 13, 285-292.
- Maughan, R.J., & Leiper, J.B. (1993). Post-exercise dehydration in man: effects of voluntary intake of four different beverages. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25, S2.
- Maughan, R.J., Owen, J.H., Shirreffs, S.M., & Leiper, J.B. (1994). Post-exercise rehydration in man: effects of electrolyte addition to ingested fluids. *European Journal of Applied Physiology* 69(3), 209-215.
- Maughan, R.J., & Leiper, J.B. (1995). Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *European Journal of Applied Physiology* 71(4), 311-319.
- Maughan, R.J., Leiper, J.B., & Shirreffs, S.M. (1996). Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: effects of food and fluid intake. *European Journal of Applied Physiology* 73, 317-325.
- Maughan, R.J. (1998). Restoration of water and electrolyte balance after exercise. *International Journal of Sports Medicine* 19, S136-S138.
- Mayol-Soto, M.L., & Aragón-Vargas, L.F. (2002). Post-exercise rehydration with different beverages: Water, Sports drink, and "Jamaica drink". *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34(5), S139.
- Mitchell, J.B., Grandjean, P. W., Pizza, F. X., Starling, R.D., & Holtz, R. W. (1994). The effect of volume ingested on rehydration and gastric emptying following exercise-induced dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 26(9), 1135-1143.
- Mitchell, J.B., Phillips, M.D., Mercer, S.P., Baylies, H.L., & Pizza, F.X. (2000). Postexercise rehydration: effect of Na⁺ and volume on restoration of fluid spaces and cardiovascular function. *Journal of Applied Physiology* 89, 1302-1309.
- Murray, R., Bartoly, W., Stofan, J., Horn, M. & Eddy, D. (1999). A comparison of gastric emptying characteristics of selected sports drinks. *International Journal of Sports Nutrition* 9, 263-274.
- Nielsen, B., Sjogaard, G., Ugelvig, J., Knudsen, B., & Dohmann, B. (1986). Fluid balance in exercise dehydration and rehydration with different glucose-electrolyte drinks. *European Journal of Applied Physiology* 55, 318-325.
- Noakes, T.D. (1993). Fluid replacement during exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 21, 297-330.
- Nose, H., Mack, G.W., Shi, X., & Nadel, E.R. (1988). Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *Journal of Applied Physiology* 65, 325-331.
- Sawka, M.N. et al. (2007). American College of Sports Medicine Position Stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39, 377-390.
- Shirreffs, S.M., Taylor, A.J., Leiper, J.B., & Maughan, R.J. (1996). Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28(10), 1260-1271.
- Shirreffs, S.M., & Maughan, R.J. (1997). Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: effects of alcohol consumption. *Journal of Applied Physiology* 83(4), 1152-1158.
- Shirreffs, S.M., & Maughan, R.J. (1998). Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses. *American Journal of Physiology* 274 (Renal Physiology 43), F868-F875.
- Shirreffs, S.M., Armstrong, L.E., & Chevront, S.N. (2004). Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Journal of Sports Sciences* 22, 57-63.
- Wemple, R.D., Morocco, T.S., & Mack, G.W. (1997). Influence of sodium replacement on fluid ingestion following exercise-induced dehydration. *International Journal of Sport Nutrition* 7, 104-116.
- Wilk, B., & Bar-Or, O. (1996). Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *Journal of Applied Physiology* 80(4), 1112-1117.

Manuscrito Recibido: 27/04/2009

Aceptado: 11/04/2010

Información para correspondencia

María de Lourdes Mayol Soto:

lourdesmayol@prodigy.net.mx

Participación: A- Financiamiento B- Diseño del estudio
C- Recolección de datos D- Análisis estadístico e interpretación de resultados E- Preparación de manuscrito.