PubliCE, (PubliCE) 1993

Research

La Rehidratación Post-Ejercicio, Mediante el Uso de Bebidas Comunes y Agua

Edward F Coyle[1], José González Alonso[1] y C. L Heaps[1]

[1]*Human Performance Laboratory, Department of Kinesiology and Health Education, The University of Texas at Austin, TX 78712, Estados Unidos.*

RESUMEN

Este estudio investiga la efectividad de dos bebidas habituales, usadas en rehidratación (una bebida cola diet cafeinada (DC) y una solución con 6% de carbohidratos y electrolitos (CE)), comparadas con el agua (W), en cuanto a su efectividad para un proceso de rehidratación corporal post-esfuerzo. Además se estudia el vaciado gástrico y volumen sanguíneo (BV) durante un período de restauración de 2 hs. posteriores a un ejercicio, en el que se indujo deshidratación. Se estudian 19 sujetos (VO_2max = 4.2 +/ 0.6 1. min^{-1}). Los mismos son sometidos a esfuerzos al 60-80% de su VO_2max en ambiente cálido (32° C; 40% h. r.), hasta perder, aproximadamente, 2.5% (1.95 +/- 0.12 kg) de su peso corporal. Luego de este ejercicio, los sujetos estudiados descansaron, sentados, en un ambiente térmicamente neutro (21° C; 60% h. r.); en dicho lugar fueron rehidratados mediante la ingestión de las diferentes soluciones, bebiendo un volumen de DC, W y CE igual al volumen de fluido perdido. Los fluidos fueron ingeridos en dos degluciones, promediando 1.046 +/-198 y 912 +/- 186 mi, al minuto 0 y al minuto 45 del período de rehidratación, respectivamente. Al final del período de rehidratación (en total 2 hs), no había líquido remanente en el estómago en ninguno de los grupos tratados, comprobado por estudios de impedancia epigástrica. Sin embargo, en todos los tratamientos, los estudiados estaban hipohidratados (rango entre 0.6 - 0.9 kg por debajo del peso corporal (BW) de la euhidratación; $p < 0.05$), luego de las dos horas del período de rehidratación, ya que el agua adicionada y el peso corporal (BW) se perdieron como resultado de la formación de orina, agua perdida por respiración, por sudor y por metabolismo (formas habituales de pérdida de agua). El porcentaje de peso corporal perdido que fue recuperado (usando como indicador un % de rehidratación), en los rehidratados con DC (54 +/- 5%) fue significativamente más bajo que con W y CE (64 +/ - 5 % y 69 +/- 5 %, respectivamente; $p < 0.05$, $n = 10$). Adicionalmente, el porcentaje de rehidratación con W fue significativamente más bajo que con CE (65 +/ - 3 % vs 73 +/- 3 %, respectivamente $p< 0,05$; $n = 1$ 9). El descenso del volumen sanguíneo como resultado del ejercicio no fue restaurado durante el período de rehidratación, cuando se ingirió DC y W, mientras que fue plenamente recuperado con la ingestión de CE (bebida con hidratos de carbono y electrolitos; $p < 0.05$). Por lo tanto, la ingestión de DC (cola diet) es menos efectiva que la de agua para una rehidratación corporal completa, mientras que la ingestión de CE fue mas efectiva que ambas (agua (W) y DC).

Palabras Clave: deshidratación inducida por ejercicio físico, volumen sanguíneo, bebidas carbohidratadas con electro

INTRODUCCION

La sudoración intensa durante el ejercicio puede causar una excesiva pérdida de fluidos corporales de 1 litro por hora (2). El restablecimiento de los fluidos corporales perdidos, es necesario para una óptima función cardiovascular y para la

termorregulación en subsiguientes trabajos físicos (3, 12, 19). El reemplazo de agua y electrolitos en el curso de la rehidratación puede limitarse por el vaciado gástrico y la absorción intestinal, así como por la capacidad del organismo para retener los líquidos ingeridos (ej. reducción de la diuresis) (6, 10).En estudios previos se ha demostrado que la cantidad de fluidos que se retienen está fuertemente determinada por los solutos contenidos en las bebidas (14). Adicionalmente, el tipo de soluto contenido en ellas, influencia la distribución de los fluidos retenidos en los diferentes compartimientos del organismo (7, 13,14).

Es claro que el contenido de sodio de la solución rehidratante influencia sobremanera la restauración de fluidos del compartimiento extracelular, especialmente del volumen plasmático (14). Convencionalmente, las bebidas cafeinadas pueden ser causa de diuresis, produciendo una rehidratación despareja (5).

Sabiendo que el soluto y la cafeína que contienen las soluciones rehidratantes influencia el monto de fluidos retenidos por el cuerpo luego de la ingestión, nosotros determinamos la efectividad de dos populares bebidas de rehidratación (una diet cola cafeinada (DC) aceptada comercialmente y una bebida (CE) con carbohidratos y electrolitos, solución al 6%), comparadas con el agua (W), chequeando rehidratación corporal completa, vaciado gástrico y la restauración del volumen sanguíneo, durante un período de 2 horas, posteriores a una deshidratación inducida por ejercicio.

MATERIAL Y METODOS

SUJETOS DEL ESTUDIO

Dieciséis varones y tres mujeres estudiantes secundarios, quienes practicaban rutina de ejercicios físicos, participaron en este estudio. Su peso corporal medio (+/- SD), edad y consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) eran: 73,9 +/- 12.8 kg; 22,8 +/- 2,8 años y 4,2 +/- 0,6 l min^{-1}, respectivamente. En el primer estudio, fueron testeados diez de ellos comparando DC, W y CE. Un tratamiento, sin aporte de fluidos, fue también incluido en este l er. estudio. Un grupo adicional de 9 fue testeado, examinando por separado, la diferencia entre CE y W. Antes de comenzar los trabajos experimentales, les fue explicada la naturaleza y riesgos de estos procedimientos, obteniéndose un consentimiento por escrito. El estudio fue aprobado por el Institutional Review Board of The University of Texas at Austin.

TESTEOS PREVIOS

El VO_2 max fue determinado mediante prueba en ergómetro (Monark 818), utilizando un protocolo de incremento del esfuerzo hasta alcanzar fatiga, luego de 8 a 10 min. El consumo máximo de O_2 fue establecido por el "plateau" de la captación de O_2, y cuando el cociente respiratorio alcanzaba valores mayores a 1.10. Los estudiados completaron un tratamiento de familiarización, simulando las condiciones experimentales, antes de comenzar con el trabajo experimental propiamente dicho.

DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El objetivo principal del diseño consistió en chequear la efectividad de dos bebidas comunes (comparadas con el agua), en la rehidratación, durante un período de 2 horas, luego de haber sido inducida una deshidratación por ejercicio. Los sujetos estudiados se sentaron en un medio ambiente neutro térmicamente (21 1'C, 60% h. r.). En otro tratamiento, los estudiados están las dos horas mencionadas en igual ambiente, pero sin beber ningún fluido, para determinar en que grado el volumen sanguíneo es restaurado cuando no hay ingesta alguna. Los cuatro trabajos tuvieron una semana de separación entre si. Durante cada uno de los trabajos con fluidos, los sujetos bebieron un volumen equivalente al peso corporal perdido durante el ejercicio. A los 45' de cesado el ejercicio, bebieron el 53% del volumen líquido calculado, y el 47% remanente fue ingerido 45 minutos después. Las bebidas ingeridas fueron: agua potable de la canilla (W), una cola dietetica cafeinada (128 $mg.l^{-1}$)(DC; Diet Coke, Coca Cola Co.) y una bebida carbohidratada con electrolitos en solución al 6% (CE, Gatorade, Quaker Oats Co.). En la Tabla 1 se especifican la composición de estas bebidas a una temperatura de 8 a 10° C.

Variables	Agua	DC*	CE
Sucrosa (gr.l-')	-	-	40
Glucosa (gr.l')	-	-	20
Aspartamo (gr.l')	-	5	-
Na+ (mEq.l^{-1})	-	4	20
K+ (mEq.1^{-1})	-	-	3
CI- (mEq.l^{-1})	-	-	20
Osmolalidad	10(mOsm.kg^{-1})	59	395

Tabla 1. *Composición química y osmolalidad de las bebidas. * Cola Diet que contiene 128 mg.l^{-1} de cafeína. Por lo tanto los sujetos ingirieron un promedio de 250 mg de cafeína, equivalente a 2 tazas y media de infusión de café.*

Los sujetos llegaron al laboratorio 2 a 3 horas después de un desayuno standarizado. Noventa minutos antes del arribo al laboratorio, bebieron aproximadamente 500 ml de agua para asegurar un estado normal de hidratación. A su llegada, vaciaron sus vejigas y reposaron calmadamente, hasta que 30 minutos después se les tomara una muestra de sangre de una vena del antebrazo, evitando éstasis. En esta muestra, representativa del estado de euhidratación (hidratación normal) se analizó: hemoglobina, hematocrito, osmolalidad sérica y electrolitos séricos (Na^+, Cl^- y K^+). Se determinó también el peso corporal (desnudos), luego que a los sujetos se les removiera todo el sudor de la piel (Acme Scale Co Model 150 FW KAI, exactitud de pesaje con error de +/- 2 gr).

Posteriormente, los atletas hicieron la prueba de esfuerzo en un ambiente climatizado cálido (32° C, 40% h. r.), a una intensidad individualizada del 6080% VO_2 max (140-160 latidos/min), hasta perder 2,5% BW (peso corporal). Aproximadamente 80100 min de carrera o pedaleo fue el tiempo requerido para obtener la reducción del 2,5% como nivel de deshidratación. Los sujetos, periódicamente, interrumpían el trabajo para ser pesados; de esta manera cesaron el mismo al alcanzar el BW perseguido. Después del ejercicio, se recogió el total de los electrolitos perdidos por el sudor, usando la técnica de lavado descendente descripta por Costill et al. (4).

Luego, los estudiados se secaron con toallas y fue determinado la pérdida de peso corporal (BW), representando su nivel de deshidratación. Se colocaron camisa y pantalones cortos y se sentaron, mientras se les colocaba un cateter venoso de teflon en una vena del antebrazo. A los cuarenta y cinco minutos del fin del ejercicio, y luego de 30 minutos sentados, se les tomo una muestra de sangre (estado de deshidratación). Inmediatamente después, bebieron un volumen rehidratante, constituido por el 53% (ej., promedio: 1,046 +/- 198 ml) del fluido perdido. Esto marcó el comienzo del período de rehidratación de las 2 horas. Después de otros 45 min, ingirieron el remanente del 47% (912 +1- 186 ml) de la bebida rehidratante, para reemplazar el 100% del fluido perdido. Al final del período de rehidratación de 2 horas, se determinó el peso corporal (desnudos) y el volumen de orina emitido. Adicionalmente, a los 5', 40', 50', 80'y 115' respondieron preguntas acerca de: sensaciones gustativas, replección gástrica y presión.

Las respuestas fueron escaladas de 1 a 5 con conceptos correspondientes a: "definitivamente no"; "no"; "neutral"; "si"; "definitivamente si", respectivamente.

PORCENTAJE DE REHIDRATACION

El porcentaje de peso corporal perdido que fue recuperado, se utilizó como índice de rehidratación corporal total (porcentaje de rehidratación). Este porcentaje representó la cantidad de fluidos ingeridos que fueron retenidos en el organismo al fin del período de 2 horas de rehidratación. La rehidratación porcentual fue calculada como:

$$\%\ \text{rehidratacion} = \frac{[\text{BW perdido en el ejercicio} - (\text{BW euh} - \text{BW reh})(\text{kg})]}{\text{Fluido incorporado (kg)}} \times 100$$

BW euh es peso corporal en condiciones de euhidratación y BW reh es peso corporal, luego del período de rehidratación de 2 horas. Un mi de DC, W y CE pesan 0.987 g,1.000 g y 1.024 g, respectivamente.

VOLUMEN GASTRICO

Fue determinado utilizando impedancia epigástrica por el método descripto por Mc Clelland y Sutton, 1985. Para detectar

cambios en la impedancia epigástrica se generó una corriente alterna (AC) de 4mA (de pico a pico), a 100 KHz con un Impedancio-Cardiógrafo Minnesota (Modelo 304 A), a través de electrodos de plata-plata clorada, uno anterior y otro posterior al estómago. Las fluctuaciones de la impedancia, a través de la región epigástrica fueron medidas por electrodos de registro adicionales. Las mediciones fueron hechas mientras los sujetos estaban sentados, con el tronco en posición vertical y las piernas extendidas horizontalmente. La línea de base de la impedancia epigástrica fue determinada al comienzo del período de rehidratación de 2 horas, en un momento en que era dable esperar que el estómago estuviese vacío.

Entre 5 y 10 min previos a la ingestión de fluidos, hallamos una línea de base de impedancia estable. Luego, los estudiados ingirieron el 53% del fluido perdido (1.046 ml), en dosis de 300 ml, utilizando para ello un tiempo de ingestión de las bebidas de 58 minutos. El consumo de cada uno de los 300 ml tomó, no mas de 1 minuto en los tratamientos, exceptuando la DC en la que el tiempo promedio aumento a dos minutos, debido al gas carbónico que contienen. La impedancia epigástrica fue registrada en periodos de 30" entre los tragos.

Al ingerir el fluido en bolos de 300 mi, para cada sujeto fue establecida una relación de volumen gástrico versus impedancia epigástrica. La impedancia epigástrica se registro a los 15, 30 y 45 minutos.

Después de 45 minutos de rehidratación, los sujetos bebieron el volumen remanente de la solución de reemplazo, también en bolos de 300 ml (47% o 912 mi). Nuevamente, a los 60, 70 y 120 minutos del período de rehidratación fue medida la impedancia epigástrica.

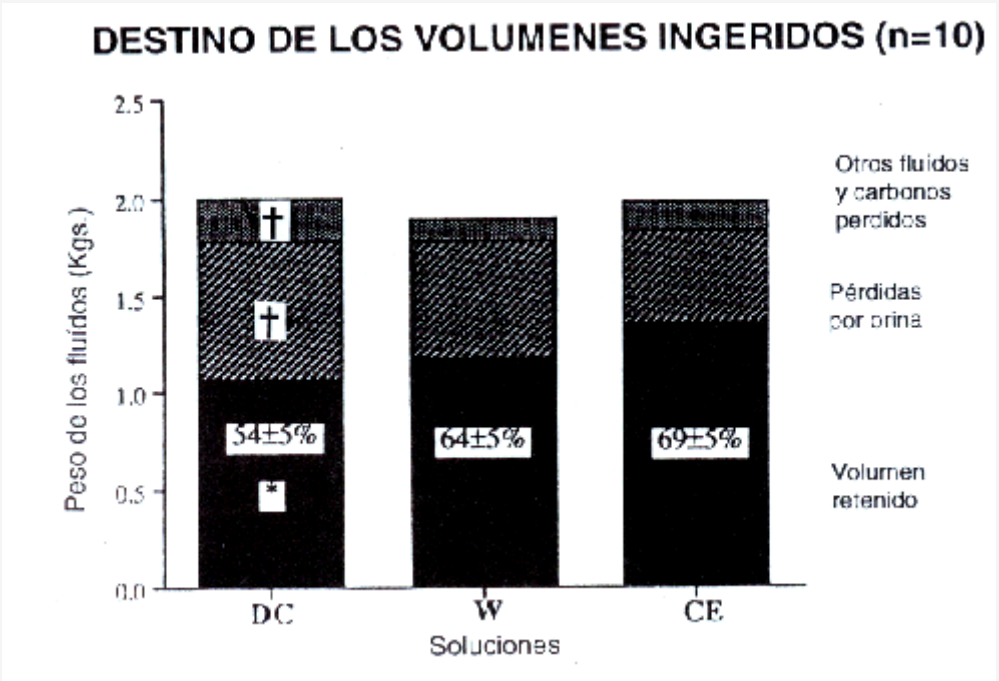


Figura 1. *Destinos de los volúmenes ingeridos cuando se comparan DC, W y CE (n= 10). La altura, en este gráfico, representa el monto total de fluido consumido expresado en kg. Las fracciones de las barras representan los destinos del volumen ingerido: El fluido ingerido fue retenido en el cuerpo o fue perdido en forma de orina, sudoración o con la respiración. El porcentaje de peso corporal perdido que fue ganado nuevamente (porcentaje de rehidratación), fue utilizado como indicador del volumen retenido. La rehidratación porcentual subsiguiente a la ingestión de DC, fue significativamente menor que con CE y W (p <0,05; n= 10). (++) La orina emitida, posterior a la ingestión de DC, fue significativamente mayor que con CE (p <0,05; n= 10). (+) Los fluidos y carbonos perdidos, subsiguientemente a la ingesta de DC, fueron significativamente mayores que luego de CE y W (p <0, 05; n= 10).*

ANALISIS SANGUINEO

Todas las muestras de sangre (5 mi) fueron obtenidas de una vena antecubital después de que los sujetos habían permanecido sentados al menos 30 minutos. La concentración de hemoglobina (Hb) fue determinada usando la técnica de

la cianmetahemoglobina y el hematocrito fue determinado, por triplicado, por microcentrifugación. Los cambios porcentuales del volumen de sangre fueron calculados por las modificaciones en la hemoglobina (Hb). Cada muestra de sangre fue puesta en un tubo plástico de testeo para posterior centrifugación y separación del suero, el cual fue congelado para analizar la osmolalidad (método del punto de congelamiento; Advance Micro Osmometer, 3MO) y la concentración sérica de Na^+, K^+, Cl^- (analizador electrolítico Nova 5).

ANALISIS ESTADISTICO

La comparación entre DC, CE y agua, y entre CE y agua, fueron hechas usando un análisis de variancia a dos vías (two-way ANOVA), tratamiento por vez, con repetición de medidas. La primera comparación fue analizada usando los datos de 10 sujetos. Datos adicionales de 9 sujetos se usaron para comparar entre CE y agua (n= 19). No obstante, las respuestas sobre volumen sanguíneo y osmolalidad siguientes a la ingestión de las tres soluciones, fueron comparadas con las respuestas observadas, en situación de la no ingesta de fluidos (n= 10). Se establecieron diferencias significativas, usando el análisis posthoc de Tukey. Fue aceptado un nivel significativo de $p < 0.05$, para todas las comparaciones.

RESULTADOS

CAMBIOS EN EL PESO CORPORAL Y LOS FLUIDOS INGERIDOS

Ejercitándose en el calor, los sujetos perdieron un promedio (+/- SE) de 2.5 +/- 0.1 % de su peso corporal inicial euhidratado, en ambos casos: el primer estudio (ej. 1,95 +1- 0,7 kg; n = 10; comparación entre DC, W y CE; n = 10), y el segundo estudio (1,82 +/- 0,09 kg; ; comparación entre W y CE; n = 19). Durante el período de rehidratación, los sujetos bebieron un promedio de 1,95 +/- 0,12 kg durante el ler. estudio (Fig. l), y 1,82+/-0,09 kg en el 2do. estudio (Fig. 2). Al fin del período de rehidratación de 2 horas, los sujetos estaban aún algo hipohidratados bajo todas las condiciones estudiadas: rango 0.62-0.94 kg por debajo del peso corporal (BW) euhidratado; $p < 0,05$; n = 10, (Fig. 1); rango 0.49-0.64 kg; $p < 0.05$; n = 19, (Fig 2). La rehidratación incompleta es resultado de los fluidos perdidos durante el período de rehidratación a través de la orina, la transpiración y la respiración, así como el BW que se pierde debido al metabolismo.

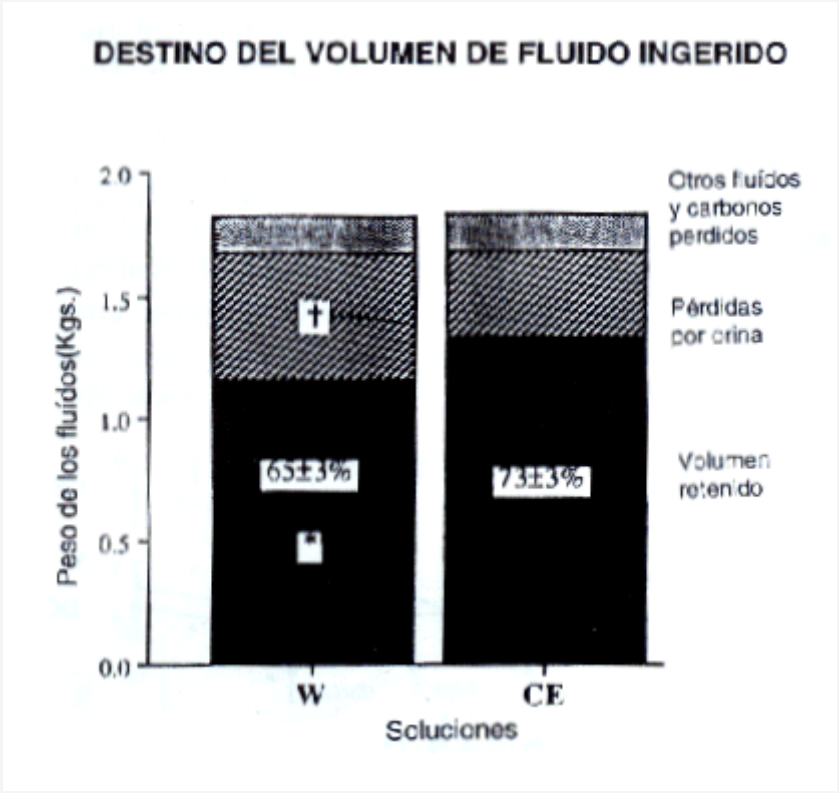


Figura 2. *Destino del volumen de fluido ingerido cuando comparamos CE con W (n =19). La altura en el gráfico representa el monto o la suma total del fluido consumido. Las barras apiladas representan el destino de los volúmenes ingeridos. (*) La rehidratación porcentual subsiguiente a la ingesta de W fue significativamente menor que post DC (p < 0,05; n = 19). (+) La emisión de orina post ingesta de W fue significativamente mayor que post CE (p < 0, 05; n = 19).*

REHIDRATACION PORCENTUAL

Durante el ler. estudio el porcentaje de peso corporal perdido, que nuevamente fue recuperado al fin de las 2 horas (o sea el porcentaje de rehidratación), con DC (54 +/- 5%), fue significativamente inferior al obtenido con W y CE (64 +1- 5% y 69 +1- 5%, respectivamente; p <0,05; n=10; Fig 1). Además, hubo una tendencia (p= 0,09), en el sentido de que la rehidratación porcentual con W fuera mas baja que con CE. Después, testeando un grupo adicional de 9 sujetos en el 2do. estudio, la rehidratación porcentual con W (65 +1- 3%) fue significativamente más baja que con CE (Gatorade, 73 +1- 3%; p < 0,05; n =19; Fig. 2). Al fin del período de rehidratación, la diferencia de BW (peso corporal) entre DC y CE fue 328 +1- 73 g (n = 10; p < 0,05), mientras que la diferencia de BW entre CE y W alcanzo a 157 +1- 39 g (n = 19; p < 0,05).

VOLUMEN URINARIO DURANTE LA REHIDRATACION

El mayor volumen urinario se observó después de ingerir DC comparado con CE (710 +/- 100 ml vs. 480 +/- 90 ml, respectivamente; p < 0,05; n =10; Fig. 1). Adicionalmente, hubo una tendencia, en el sentido de que el volumen urinario con DC fuese mayor que con W (710 +/- 100 ml vs 600 +/- 90 ml; NS). En el 2do. estudio, la formación de orina también fue significativamente mas alta con W que con CE (500 +/- 60 ml vs 340 +/- 60 ml, respectivamente; p < 0,05; n = 9; Fig.2).

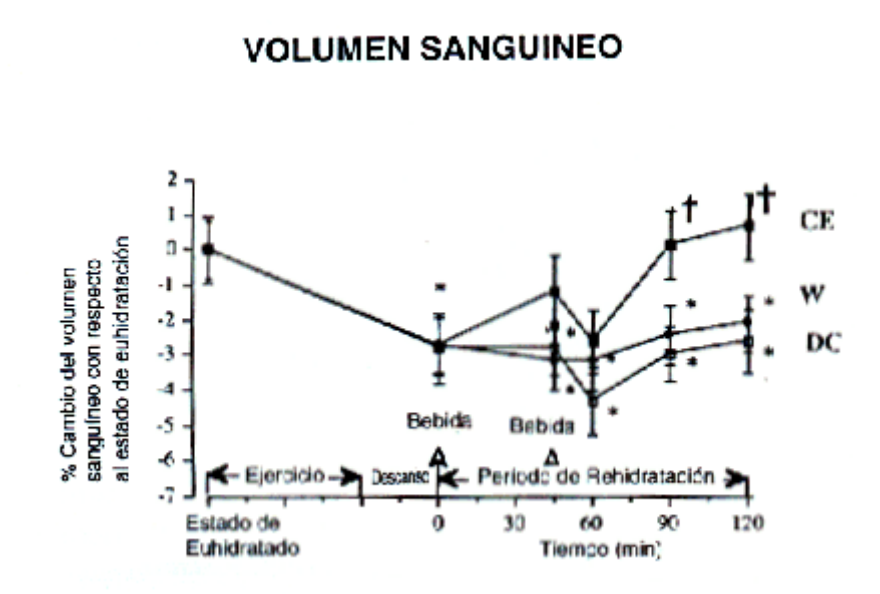


Figura 3. *Respuesta del volumen de sangre después de una deshidratación inducida con ejercicio, y durante un período de rehidratación de 2 horas, comparando el efecto de DC, W y CE. Todos los valores están expresados como cambios porcentuales con respecto a los niveles de euhidratación en reposo. (*) Significativamente más bajo que el volumen sanguíneo en estado de euhidratación (p < 0, 05; n = 10). Los asteriscos en los minutos 45 y 60 pertenecen a los trabajos con W y DC. (+) Significativamente mayor que con W y DC (p < 0, 05; n =10).*

PESO CORPORAL PERDIDO DURANTE EL PERIODO DE REHIDRATACION DE 2 HORAS

La pérdida de BW , sin contar la formación de orina, fue significativamente más alta con DC (230 +/ - 20 g) comparado con CE y W (110 +/- 20 g y 140 +/ - 20 g, respectivamente; p <0,05; n=10; Fig. 1). Sin embargo, cuando comparamos W con CE en el 2do. estudio, el BW perdido en este período, no era diferente (150 +/- 2 g vs. 150 +/- 20 g, respectivamente; p < 0,05; n =19; Fig. 2).

VOLUMEN GASTRICO

A juzgar por la impedancia gástrica medida en 6 sujetos del primer estudio, 15 minutos después de la 1era. ingestión de las bebidas rehidratantes, se observó un porcentaje significativamente bajo de líquido remanente en el estómago, con la ingesta de W comparada con DC (41 +/- 2% vs 54 +/- 4%, respectivamente; p < 0,05; n = 6). Pero no hubo diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de bebida remanente en el estómago antes de ingerir el 2do. bolo a los 45 minutos. Después de ingerir el segundo bolo, el porcentaje de remanente, a los 70 minutos del período de rehidratación con W fue significativamente más bajo que con DC y CE (p < 0.05). Como dato muy importante, la impedancia epigástrica retornó a los valores de la línea de base en todos los tratamientos, después de los 120 minutos. Por lo tanto, las diferencias en la rehidratación corporal completa y la restauración del volumen sanguíneo no pueden atribuirse a diferencias en el monto total del vaciado gástrico.

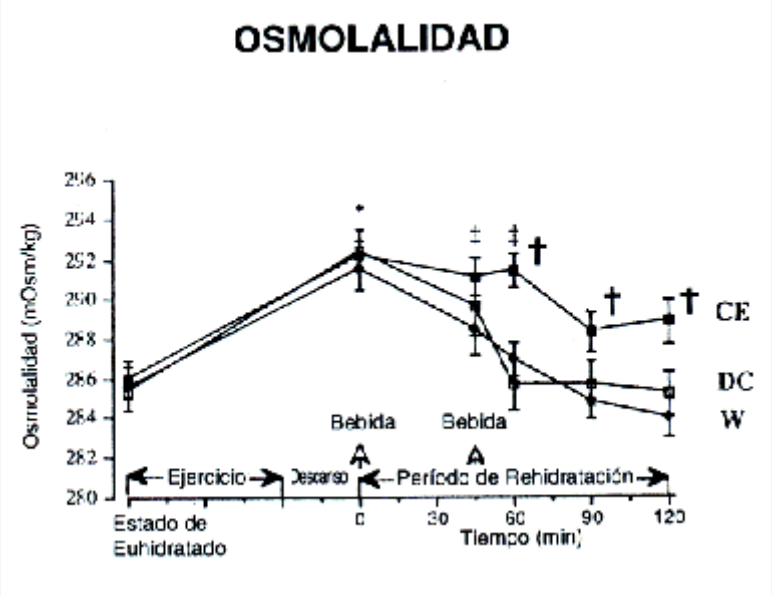


Figura 4. *Respuesta de la osmolalidad sérica luego de una deshidratación inducida con ejercicio, y durante un período de rehidratación de 2 horas, comparando la eficacia de DC, W y CE. (*) Diferencias significativas de valores de euhidratación, en todos los casos (p <0,05). (++) Significativamente mayores que los valores de euhidratación con CE. (+) Significativamente más alto que con W y DC (p < 0, 05; n = 10).*

RESPUESTA DEL VOLUMEN SANGUINEO

Las figuras 3 y 5 describen los cambios en volumen sanguíneo (BV) como resultado de la deshidratación inducida por ejercicio, y durante el período de rehidratación de 2 horas. Respuestas similares en el B V fueron observadas durante el 1er. (n =10, Fig. 3) y el 2do. (n = 19, Fig. 5) estudio. Todos los valores están expresados como un cambio porcentual, con respecto a los niveles de euhidratación en reposo. En el primer estudio y al fin del periodo de rehidratación (ej., 120 minutos), BV durante DC fue significativamente más bajo que el BV euhidratado (2,6 +/- 0,9%, p < 0,05; Fig. 3). Opuestamente, el volumen sanguíneo con CE fue igual (0,7 +/- 0,9%; (NS)), mientras que el B V posterior a la rehidratación con W fue -2,1 +/- 0,8% (p < 0,05). Cuando no fue consumido fluido (NF), el volumen sanguíneo al final de las 2 horas del periodo de rehidratación fue de -1,8 +/- 0,8% (NS), el cual no fue diferente entre DC y W. BV a los 120 minutos después de la ingestión de CE, fue significativamente mayor que con DC, W y NF (p < 0,05)(Fig. 3). Cuando fue estudiada la comparación directa entre W y CE, B V durante CE fue, también, significativamente (p < 0,05) más alto que con W (Fig. 5).

OSMOLALIDAD SERICA

No fueron observadas diferencias significativas en la osmolalidad sérica en euhidratación en el preejercicio, entre los tres diferentes tratamientos con fluidos, ni en el ler. estudio (Fig. 4), ni en el 2do. estudio cuando se comparo W con CE (Fig. 6). Después del ejercicio, la osmolalidad sérica fue igualmente elevada (292 +/- 2 $mOsm.kg^{-1}$) por encima del nivel de euhidratación, cuando aun no se habían ingerido fluidos (Fig. 4 y 6). Cuando fueron ingeridos DC, W y CE, la osmolalidad sérica al fin de los 120 minutos del período de rehidratación retornó a niveles que no eran significativamente diferentes a los valores de euhidratación (Fig. 4). Adicionalmente, la osmolalidad durante la 2da. hora del período de rehidratación con CE, remontó a valores significativamente más altos que con DC y W. Durante el siguiente estudio, la osmolalidad sérica en los 120 minutos subsiguientes a la ingestión de agua (W), fue significativamente menor cuando se la comparó con los valores de euhidratación (p < 0,05; Fig. 6). En forma similar a los resultados del 1er. estudio, la osmolalidad sérica durante la segunda hora del período de rehidratación fue significativamente más alta con CE en comparación con W (p < 0,05; Fig. 6).

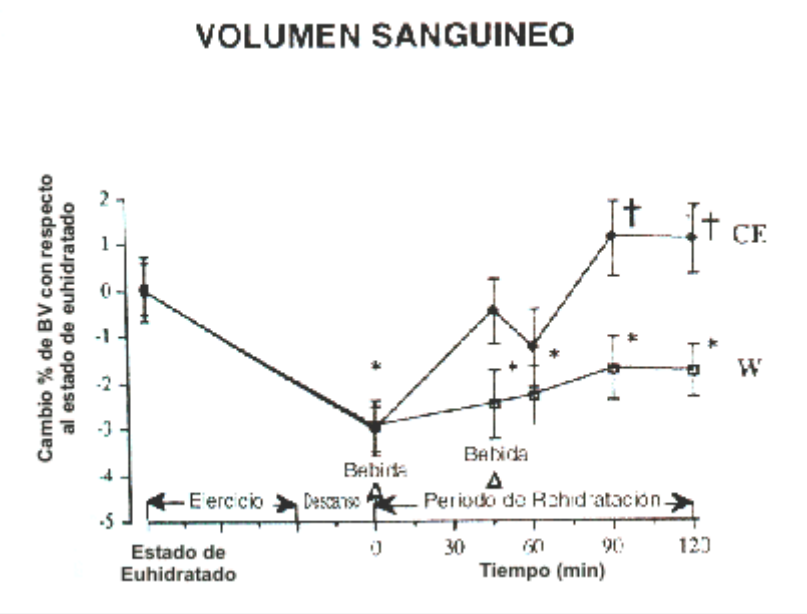


Figura 5. *Respuesta del volumen sanguíneo después de una deshidratación producida con ejercicio, y durante un período de rehidratación de 2 horas, usando W y CE. Todos los valores están expresados como un cambio porcentual en relación a los niveles de euhidratación en reposo. (*) Significativamente menor que el volumen de sangre en estado euhidratado (p < 0, 05; n = 19). (+ +) Significativamente mas alto que con W (p < 0,05; n = 19).*

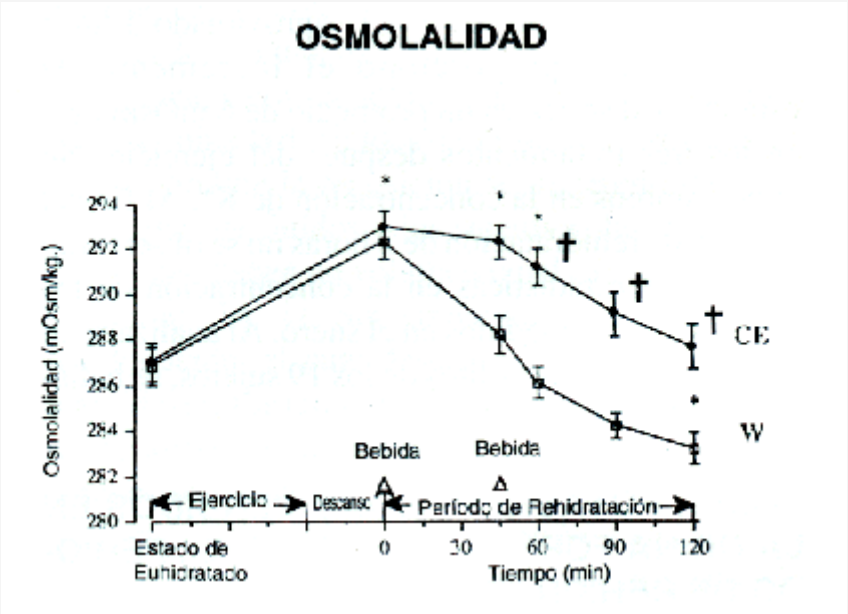


Figura 6. *Respuesta de la osmolalidad sérica luego de la deshidratación inducida con ejercicio físico, y durante un período de rehidratación de 2 horas. (*) Diferencia significativa con los valores de euhidratación (p < 0,05). (+ +) Significativamente mas alto que con W (p < 0,05; n =19).*

SODIO, POTASIO Y CLORO PERDIDOS POR EL SUDOR Y LA ORINA DURANTE EL EJERCICIO

Perdidas similares de Na^+, K^+ y Cl^- se observaron en sudor y orina cuando los sujetos se ejercitaron en el calor durante todos los tratamientos experimentales (n = 10). Estos hallazgos concuerdan con nuestras expectativas, dado que participaron sujetos aclimatados al calor, para los cuales el período de ejercicio y las condiciones medio ambientales fueron similares en cada ocasión, comenzando los sujetos con igual estado de hidratación (como lo indicaron el BW y los

valores de concentración de hemoglobina). Los sujetos perdieron un promedio de 29 $mEq.l^{-1}$ de Na^+, 5 $mEq.l^{-1}$ de K^+ y 36 $mEq.l^{-1}$ de Cl^- en el sudor y 90 $mEq.l^{-1}$ de Na^+, 58 $mEq.l^{-1}$ de K^- y 142 $mEq.l^{-1}$ de Cl^- en la orina formada durante el ejercicio.

CONCENTRACIONES DE SODIO, POTASIO Y CLORO SERICAS

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de Na^-, K^- y Cl^- séricas, ante las tres bebidas de rehidratación (n= 10). Posteriormente a la deshidratación inducida por el ejercicio, tanto el Na^+ como el Ch séricos aumentaron su concentración significativamente ($p < 0,05$) en un promedio de 3 $mEq.l^{-1}$ y 2 $mEq.l^{-1}$, respectivamente. Este incremento de Na^+ y Cl^-, aproximado a los 5 $mEq.l^{-1}$, casi proporcionó el incremento de osmolalidad sérica en un promedio de 6 $mOsm.kg^{-1}$, en los tres tratamientos después del ejercicio. No hubo cambios en la concentración de K^+. Al fin del período de rehidratación de 2 horas no se observaron diferencias estadísticas en la concentración de los tres electrolitos medidos en el suero. Al analizarse el registro de los electrolitos de los 19 sujetos, se hallaron resultados similares.

SODIO, POTASIO Y CLORO PERDIDOS EN LA ORINA FORMADA DURANTE EL PERIODO DE REHIDRATACION

No hubo diferencias estadísticas en los contenidos de Na^+, Cl^- y K^+ perdidos en la orina, formada durante el período de rehidratación, en ninguno de los tres trabajos. Los sujetos perdieron un promedio de 60 +/- 12, 78 +/- 15 y 53 +/- 12 $mEq.1^{-1}$ de Na^+ ; 97 +/ - 15, 119 +/- 19, 95 +/- 16 $mEq.1^{-1}$ de Cl^- ; y 38 +/- 8, 57 +/- 14 y 41 +/- 10 $mEq.l^{-1}$ de K^+ con DC, W y CE, respectivamente (n = 10). Por lo tanto, hubo una tendencia a generarse una mayor pérdida de electrolitos en orina, ante la reposición hídrica con agua que con DC y CE.

CUESTIONARIO ACERCA DE SENSACION DE SACIEDAD GASTRICA, GASES Y PRESION DIGESTIVA

Al preguntar sobre sensación de saciedad gástrica, DC produce una significativa mayor sensación, 5 minutos después de ingerir el 1er. bolo (4,6 +/- 0,2, Definitivamente si), y también luego del 2do. bolo (4,7 +/- 0,1, Definitivamente si), comparado con CE (3,1 +1- 0,1 y 2,6+/- 0,2, respectivamente, ambos neutrales; $p < 0,05$; n = 10). Adicionalmente, la sensación de gas o presión después de ingerir el primero y segundo bolo, fue significativamente mas grande con DC (4,4 +/- 0,2 y 4,7+/- 0,2 respectivamente, Definitivamente si), si se lo compara con CE (1,7 +/- 0,2 y 2.1 +/- 0.3, respectivamente, No) y W (2,4 +/- 0,3 y 2,5+/- 0,4, respectivamente, No).

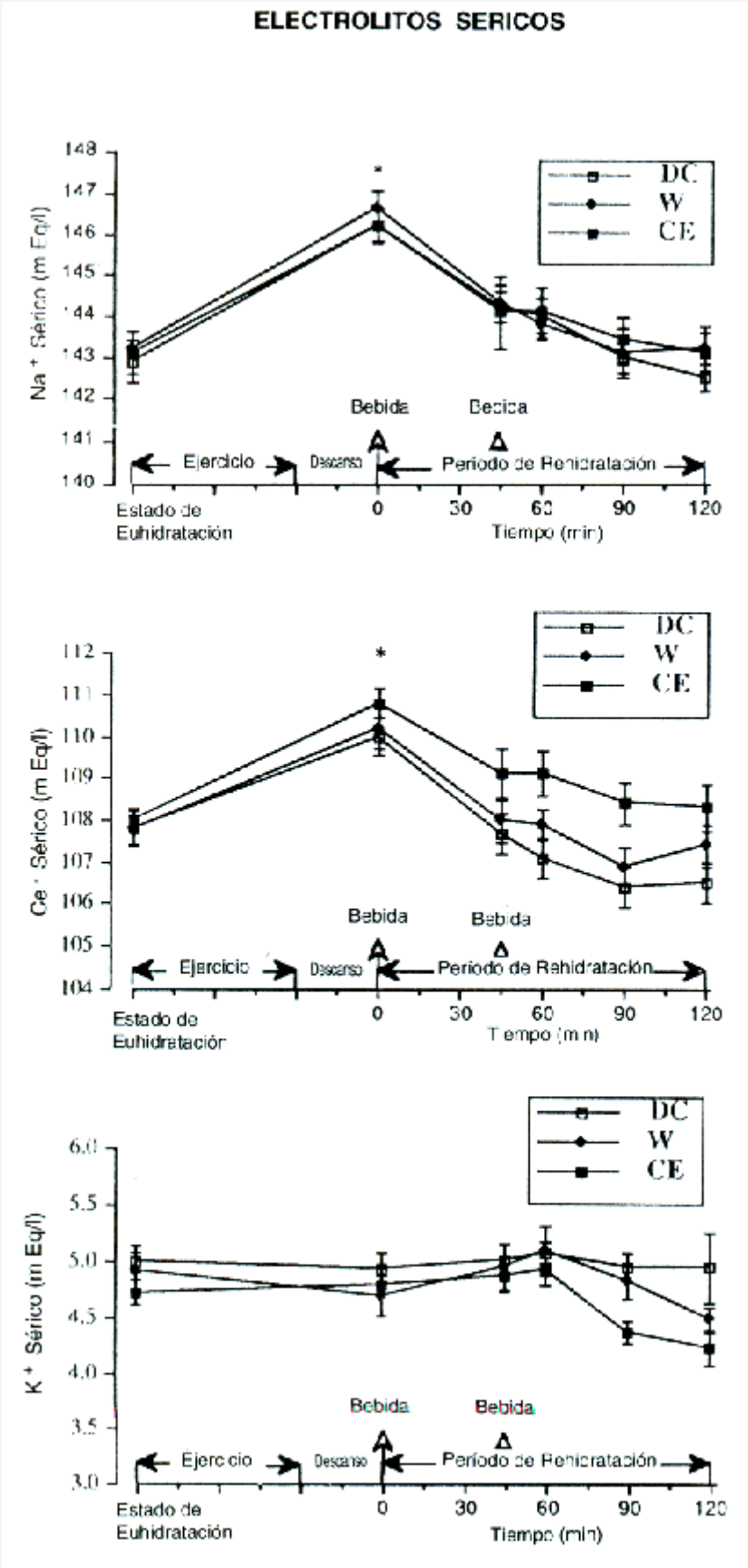


Figura 7. *Respuestas del Na^+, Cl^- y K séricos, luego de deshidratación inducida por ejercicio, y durante un período de rehidratación de 2 horas. (*) Significativamente diferente de los valores de euhidratación ($p < 0,05$; $n = 10$).*

DISCUSION

El propósito primitivo de esta investigación fue comparar la efectividad de dos bebidas populares con el agua, recabando datos como rehidratación corporal completa, vaciado gástrico y restauración del volumen sanguíneo durante un período de 2 horas, posteriores a la deshidratación inducida por ejercicio. Según nuestros conocimientos, no hay datos disponibles que, directamente, comparen las propiedades de rehidratación, proporcionadas por bebidas carbonatadas que contienen cafeína (DC), en comparación con agua (W) y con otra bebida popular con carbohidratos y electrolitos, en solución al 6% (CE). En este estudio, bebiendo un volumen igual al 100% de los fluidos corporales perdidos durante el ejercicio, observamos que el % de rehidratación con DC fue significativamente más bajo que con W y CE (Fig. 1). Además, también se observa que fue más bajo el % con W qué con CE (Fig. 2).

El grado de rehidratación hallado en este estudio es del mismo rango que los reportados en otros, usando rehidratación forzada (3, 13) o rehidratación "ad libitum" (14). Sin embargo, ninguno de estos estudios incluyeron bebidas carbonatadas-cafeinadas. Costill y Sparks (3) y Nielsen et al. (13), no encontraron ninguna DS en los % de rehidratación, entre las soluciones rehidratantes que usaron. Costill y Sparks (3) observaron un 74% de rehidratación después de usar agua desmineralizada y una solución con hidratos de carbono y electrolitos, luego de una reposición completa durante un período de 3 horas, a continuación de una deshidratación térmica. Este valor del 74% es más alto que los observados en este estudio. Esta ausencia de diferencias en porcentaje de rehidratación entre el agua y el tratamiento con soluciones de hidratos de carbono y electrolitos, encontrado por Costill y Sparks, y la retención mayor de fluidos podría deberse a que se incluyeron esfuerzos de 4-5' de carrera en cinta, durante el período de rehidratación. Estos ejercicios de moderada intensidad podrían haber inducido cambios en fluidos y hormonas, que resultaron luego en una mayor retención que enmascarase alguna diferencia en el potencial de rehidratación corporal total entre el agua y la solución con carbohidratos y electrolitos.

Adicionalmente, Nielsen et al. (13), no hallaron diferencias significativas en el "agua neta ganada" calculada, y por lo tanto, en el agua corporal total, después de ingerir (110% del fluido perdido) cuatro soluciones con CHO y electrolitos durante un período de rehidratación de 2 horas (rango de osmolalidad: 229-465 $mOsm.kg^{-1}$). Ellos observaron 68%, 73% y 81 % de rehidratación con soluciones normales de azúcar y Na^+; K^+ alto ; soluciones con azúcar y Na^+ elevados, respectivamente. Sin embargo, Nielsen et al. (13) observaron diferencias significativas en la rehidratación calculada de los distintos compartimientos líquidos del organismo. Al no haber incluido, estos investigadores, una prueba con agua y/o cola diet, no estamos en condiciones de hacer una comparación directa con nuestro trabajo.

En concordancia con nuestros hallazgos, Nose et al. (14) encontraron que, con una solución hipotónica de Cl Na (0,45 g/l), el fluido neto ganado (0% de rehidratación) fue más alto que con agua pura, después de un período de 3 horas de rehidratación "ad libitum" (71 % vs 51 %, $p < 0,05$). La diferencia en los grados de rehidratación entre estas soluciones aparece relacionado con cambios en el sistema reK^--angiotensina-aldosterona (15, 22). No obstante, se debe ser cautos con los resultados de estudios donde se procede con una rehidratación "ad libitum", si se los compara con aquéllos que usan una cantidad predeterminada de fluidos (como en nuestro trabajo), porque durante la reposición se ingieren diferentes volúmenes de fluidos y los sujetos voluntariamente no siempre beben un volumen igual a los fluidos que perdieron (14, 1). Sin embargo, el porcentaje de rehidratación, el cual describe el monto de fluido ingerido que fue retenido por el organismo, puede ser usado como el indicador para una mejor comparación entre estos estudios.

El bajo contenido de solutos en W y en DC (10 y 50 $mOsm/kg^{-1}$, respectivamente), y el contenido adicional de cafeína (128 $mg.l^{-1}$) en DC, podrían ser responsables de sus menores porcentajes de rehidratación con respecto a CE. Los efectos del contenido de solutos del brebaje sobre la rehidratación de los diferentes compartimientos corporales han sido estudiados previamente en modelos humanos (13, 14) y animales (12). La rehidratación incompleta parece ser parcialmente justificada por déficits electroliticos de los espacios intra y extracelulares (14, 15). En el presente estudio, los sujetos perdieron un promedio de 55 mEq de Na^+ en el sudor, ejercitando en el calor. Cuando ingirieron CE, DC y W, reemplazaron ~40 mEq Na^+ (73% de recuperación), ~8 mEq Na^+(15%) y 0 mEq Na^+, respectivamente. Por lo tanto, ninguno de los brebajes rehidratantes restauraron completamente el Na^+ perdido por sudor. Pueden extraerse conclusiones similares para el Cl^- y el K^+. Del promedio de 63 mEq de Cl^- y 9 mEq K^+ perdidos por sudor, fueron reemplazados ~40 mEq Cl^- (63%) y - 6 mEq K^+ (67%) con CE, mientras que no hubo reposición de K^+ y Cl^- con DC y W. Además, los sujetos perdieron con la orina un adicional de 290 y 210 mEq de electrolitos (Na^-, Cl^- y K^+), incluyendo la que se formó durante el ejercicio, y luego durante el período de dos horas de rehidratación, respectivamente. Este déficit de electrolitos totales del cuerpo podría explicar, parcialmente, la incompleta rehidratación total del organismo observada en este estudio.

La rehidratación corporal total inferior obtenida con DC y W, en comparación con CE, fue parcialmente debida a una restauración del BV (volumen sanguíneo) significativamente inferior. Al fin del período de rehidratación, el BV repuesto

con CE fue notoriamente más alto que con W y DC, con un promedio de 2.4%. Aceptando un BV absoluto de 83 +/- 3 ml/kg de BW (peso corporal) (9), una diferencia de 2 a 4% en B V representa un volumen de 150-300 ml, el cual es semejante a los 157 y 328 gr de diferencia en la rehidratación de todo el cuerpo que se observó entre CE versus W y DC, respectivamente. Esta diferencia en la restauración de BV y rehidratación porcentual, puede haber estado relacionada con el mayor reemplazo de electrolitos provisto por CE, en comparación con DC y W. Si reparamos en esto, vemos que CE proveyó una osmolalidad sérica significativamente mayor al final del período de rehidratación en comparación con W y DC ($p < 0,05$; Fig. 4). La más alta tonicidad observada con CE puede haber sido responsable por la mayor retención de fluidos. Por el contrario, la rehidratación con W diluyó la sangre, ya que la osmolalidad sérica resultó significativamente más baja que los valores de euhidratación, al final del periodo de 2 hs ($p < 0,05$, Fig. 6). Esta osmolalidad más baja con W, puede resultar de un incremento del clearance (aclaramiento) de fluidos en el riñón, con una formación adicional de orina para restaurar la osmolalidad, luego de las dos horas del período de rehidratación.

Basados en las mediciones de impedancia epigástrica del volumen gástrico, las diferencias en BV y porcentaje de rehidratación observadas en este estudio no pueden atribuirse a diferencias en el monto de vaciado gástrico. Al final del período de rehidratación, el volumen gástrico retornó a los valores de la línea de base en todos los casos. El método de la impedancia epigástrica había demostrado previamente, producir registros de vaciado gástrico comparables a los obtenidos por centellografía (20), dilución del tinte (11) y absorción de paracetanol (21).

DC contiene 128 mg.$]^{-1}$ de cafeína, por lo tanto, los estudiados ingirieron un promedio de 250 mg de cafeína. Esta es conocida como estimulante de la excreción de fluidos en el riñón (5, 18). En esta investigación, la rehidratación menor con DC fue debida a mayor formación de orina (710 +/- 100 ml vs 480 +/-100 ml; $p < 0,05$; $n=10$) y pérdidas de fluidos (agua pérdida por vía respiratoria y sudor) y de carbono durante el período de 2 hs, en comparación con CE. El volumen urinario con DC tendió a ser mayor que con W. También, se observó mayor volumen de orina con W que con CE. Estos hallazgos concuerdan con los resultados presentados por Nose et al. (14), pero no con el trabajo de Costill y Sparks (3). Nuevamente, suponemos que los resultados de estos últimos, podrían haber sido influenciados por los efectos de los esfuerzo de 4' a 5' de ejercicios, efectuados durante el período de rehidratación, sobre los cambios de fluidos y hormonas, dado que ellos observaron claramente, una mayor pérdida de orina durante el trabajo con W, una hora después del período de 3 horas, pero no durante el período de rehidratación que fue interrumpido por la sesión de ejercicios.

Además de la formación de orina, otro factor a tener en cuenta para la rehidratación incompleta observada en este estudio, fue la pérdida adicional de agua corporal como resultado de las perdidas insensibles por sudor y respiración, además de la pérdida de BW debida al metabolismo de sustratos, durante las 2 horas del período de rehidratación. Específicamente, como resultado de estos procesos se observaron pérdidas significativamente más altas, durante las 2 horas, con DC en comparación con W y CE (Fig. 1 y 2). Se ha sugerido por estudios "in vitro", que la cafeína podría provocar sudoración por activación directa de las glándulas sudoríparas, incrementando así la pérdida de agua (18). Además, las llamadas soda-waters (agua de soda), ricas en ácido carbónico, estimulan la transpiración y la diuresis (8). En concordancia con estas hipótesis, nosotros observamos que la mayoría de los sujetos de nuestro estudio tuvieron una sudoración evidente luego de ingerir DC. DC, no solamente generó la rehidratación completa del cuerpo y restauración de B V (volumen sanguíneo) más bajos, sino que además produjo repleción gástrica, gases y sensación de opresión estomacal e incomodidad. En concordancia con estas observaciones, Soher et al. (17) encontraron que la limonada carbonatada fue la menos preferida como bebida rehidratante, por 19 varones entrenados quienes marcharon 370 millas en Israel a 17 millas por día durante 21 días. La bebida carbonatada les daba a estos jóvenes una sensación de repleción gástrica e impedía la ingestión de grandes cantidades.

Las diferencias en rehidratación total del cuerpo y restauración del volumen sanguíneo observadas en este estudio, a pesar de ser estadísticamente significativas, son pequeñas. La ingestión de una comida con la solución rehidratante podría tener un gran efecto sobre la restauración del peso corporal. Sproles et al. (19) observaron que los sujetos restauraban completamente su peso corporal perdido, después de una deshidratación técnica, mediante la ingestión de una comida (425 gr) junto con una solución con carbohidratos más electrolitos al 5%, durante un período de rehidratación de 5 horas. Basados en estos hallazgos, las futuras investigaciones podrían estudiar el potencial de rehidratación de diferentes bebidas cuando el reemplazo de fluidos se acompaña con una comida..

CONCLUSION

En conclusión, la ingestión de DC es menos efectiva que la de W y CE, para una rehidratación de 2 horas posteriores al ejercicio. Adicionalmente, se puede decir que es más efectiva la rehidratación con CE que con agua. La mayor rehidratación lograda con CE en comparación con DC y W es, fundamentalmente, debida a una menor formación de orina y mayor restauración del volumen sanguíneo, probablemente como resultado de su contenido en electrolitos y carbohidratos,

los cuales elevan la osmolalidad sérica.

REFERENCIAS

1. Carter J.E., Gisolfi C.V (1989). Fluid replacement during and after exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc 21 (5): 532-539*
2. Costill D.L (1977). Sweating: its composition and effects en body fluids. *In The Marathon: Physiological, Medical, Epidemiological and Psychological Studies. P. Milvy (ed). N.Y. Acad. Sci., New York, 160-174*
3. Costill D.L., Sparks K.E (1973). Rapid fluid replacement following thermal dehydration. *J Appl Physiol 34: 299-303*
4. Costill D.L., Cote R., Fink W (1976). Muscle water and eletrolytes following varied levels of dehydration in man. *J Appl Physiol 40: 6-11*
5. Curaldo P.W., Robertson D (1983). The health consequences of caffeine. *Ann Intem Med 98: 641*
6. Gisolfi C.V., Summers R.W., Schedl H.P., Bleiler T.L., Oppliger R.A (1990). Human intestinal water absorption: direct vs. indirect measurements. *Am J. Physiol 258 (Gastrointest Liver Physiol 21): G 216-G 222*
7. Greenleaf J.E (1982). Dehydration-induced drinking in humans. *Fed Proc 41: 2509-2514*
8. Greenleaf J.E (1990). Environmental issues that influence intake of replacement beverages. *In: Fluid Replacement,and Heat Stress. National Academy of Sciences; Washington, DC: Institute of Medicine, pp CV-1-XV-30*
9. Hopper M.K., Coggan A.R., Coyle E.F (1988). Exercise stroke volume relative to plasma-volume expansion. *J Appl Physiol 64 (1): 404408*
10. Mitchell J.B., Voll K.W (1991). The influence of volume of fluid ingested on gastric emptying and body fluid balance. *Med Sci Sport Exerc 23 (3): 314-319*
11. McClelland G.R., Sutton J.A (1985). Epigastric impedance: anon-invasive method for the assessment of gastric emptying and motility. *Gut 26: 607-614*
12. Morimoto T., Miki K., Nose H., Yamada S., Hirakawa K., Matsubara C (1981). Changes in body fluid and its composition during heavy sweating and effect of fluid and electrolyte replacement. *Jpn J Physiol 18: 3139*
13. Nielsen B., Sjogaard G., Ugelvig J., Knudsen B., Dohlmann B (1986). Fluid balance in exercise dehydration and rehydration with different glucose-electrolyte drinks. *Eur J Appl Physiol 55: 318-325*
14. Nose H., Mack G.W., Shi X., Nadel E.R (1988). Role osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *J Appl Physiol 65 (1): 325-331*
15. Nose H., Mack G.W., Shi X., Nadel E.R (1988). Involvement of sodium retention hormones during rehydration in humans. *J Appl Physiol 65 (1): 332-336*
16. Nose H., Morita M., Ywata T., Morimoto T (1986). Recovery of blood volume and osmolality after thermal dehydration in rats. *Am J Physiol 251: R492-R498*
17. Sohar E., Kaly J., Adar R (1962). The prevention of voluntary dehydration. *Symposium on Environmental Physiology and Psychology in Arid Conditions.United Nations Educational Scientific and Cultural Org., pp 129- 135, Paris*
18. Sato K (1977). The physiology, pharmacology and biochemestry of the eccrine sweat gland. *Rev Physiol Biochem Pharmacol 79: 51-131*
19. Sproles C.B., Smith D.P., Byrd RJ., Allen T.E (1976). Circulatory responses to exercise after dehydration and rehydration. *J Sports Med 16: 98195*
20. Sutton J.A., Thompson S., Sobnack R (1985). Measurement of gastric emptying rates by radioactive isotope scanning and epigastric impedance. *Lancet 1: 898-900*
21. Sutton J.A (1989). Epigastric impedance: A novel, non-invasive method of measuring gastncemptying. *M.D. Thesis, London University*
22. Wade C.E., Claybaugh J.A (1980). Plasma renin activity, vasopressin concentration and urinary excretory responses to exercise in men. *J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol 49:930-936*

Cita Original

J. González - Alonso, C. L. Heaps y E. F. Coyle. La Rehidratación Post-Ejercicio, Mediante el Uso de Bebidas Comunes y Agua. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol 1 Nº 4. 1993.