

Monograph

# Efectos de la Ingestión de Bicarbonato, Citrato, Lactato, y Cloruro sobre el Rendimiento de Esprint

Will G Hopkins<sup>2</sup>, Marije C. E Van Montfoort<sup>1</sup>, Lotte Van Dieren<sup>1</sup> y Jeremy P Shearman<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Human Movement Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, Holanda.

<sup>2</sup>Sport and Recreation, Auckland University of Technology, Auckland, Nueva Zelanda.

<sup>3</sup>Centre for Sports and Exercise Science, Department of Biological Sciences, University of Essex, Colchester, Reino Unido.

## RESUMEN

**Propósito:** La ingestión de bicarbonato de sodio es conocida por mejorar el rendimiento de esprint, probablemente por medio del incremento del amortiguamiento de la acidez intracelular. El objetivo fue comparar el efecto de la ingestión de bicarbonato de sodio con la de los otros agentes amortiguadores potenciales (citrato de sodio y lactato de sodio) y de un placebo (cloruro de sodio) sobre el esprint. **Métodos:** En una prueba con entrecruzamiento, aleatoria, y doble ciego, 10 corredores de resistencia de nivel competitivo realizaron una carrera hasta el agotamiento 90 min después de ingerir cada uno de los agentes en la misma dosis osmolar relativa a la masa corporal ( $3,6 \text{ mosm.kg}^{-1}$ ) en días separados. Los agentes fueron empaquetados en cápsulas de gelatina e ingeridos con 750 mL de agua en 90 min. Durante cada tratamiento fueron recolectadas muestras en serie de sangre de la punta de los dedos para el análisis de lactato y bicarbonato. Fue usada una prueba de familiarización para establecer una velocidad de la cinta para cada serie de carreras de cada corredor. Convertimos el tiempo de carrera entre los tratamientos a cambios en una prueba contrarreloj de duración similar usando el modelo de potencia crítica, y estimamos la probabilidad de que ocurrieran beneficios prácticos usando 0,5% como el menor cambio significativo en el rendimiento de la prueba contrarreloj. **Resultados:** Los tiempos de carrera medios hasta el agotamiento para cada tratamiento fueron: bicarbonato 82,3 s, lactato 80,2 s, citrato 78,2 s, y cloruro 77,4 s. En relación al bicarbonato, los efectos sobre el tiempo de la prueba contrarreloj equivalente fueron lactato 1,0%, citrato 2,2%, y cloruro 2,7% (límite de probabilidad de  $90 \pm 2,1\%$ ). El lactato y citrato ingeridos parecen ser convertidos a bicarbonato antes de la carrera. No hubo diferencias substanciales en el discomfort gastrointestinal entre los tratamientos amortiguadores. **Conclusiones:** El bicarbonato es posiblemente más beneficioso para el rendimiento de esprint que el lactato y probablemente más beneficioso que el citrato y el cloruro. Recomendamos la ingestión de bicarbonato de sodio para mejorar el rendimiento de esprint.

**Palabras Clave:** atleta, amortiguador, ergogénico, carrera

## INTRODUCCION

Cuando es realizado ejercicio continuo a alta intensidad por  $\sim 0,5$ -5 min, la producción de energía a través de la glucólisis

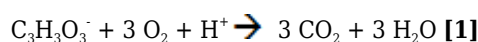
anaeróbica es acompañada por un incremento de la acidez intramuscular que contribuye a la fatiga (20). El bicarbonato extracelular ayuda a amortiguar la acidez en las células musculares a través del incremento del gradiente de flujo de iones hidrógeno desde las células. El incremento de la capacidad amortiguadora o *buffer* del cuerpo a través del incremento de la concentración de bicarbonato extracelular debería de este modo reducir la acidosis y por ello reducir la fatiga. La ingestión de bicarbonato de sodio efectivamente mejora el rendimiento de alta intensidad sustancialmente en la mayoría de los estudios (4).

Diferentes investigaciones (11, 16, 18, 23) han investigado el potencial del citrato de sodio como un amortiguador exógeno, debido a que el citrato de sodio podría estar asociado con menos disconfort gastrointestinal que el bicarbonato de sodio (16). El citrato de sodio no amortigua directamente como el bicarbonato de sodio: la constatación de disociación del citrato/ácido cítrico está bastante fuera del intervalo de pH del cuerpo, pero el consumo de protones durante su oxidación genera efectivamente bicarbonato (17). McNaughton (15, 16) encontraron que la ingestión de citrato de sodio tuvo un efecto significativo sobre la producción de trabajo, pero no tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento en otros estudios (11, 18, 23). El verdadero efecto está poco claro.

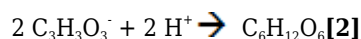
La ingestión de otras sustancias podría producir un efecto de amortiguación indirecto similar al del citrato de sodio. Una de tales sustancias es el lactato de sodio, que también consumiría protones cuando es metabolizado. Usar al lactato como un amortiguador parece ser contraintuitivo para aquellos que creen que el ácido láctico causa la fatiga, pero se debe recordar que la acidosis intracelular causa la fatiga, no la acumulación de iones lactato.

Una serie de investigadores han estudiado la influencia de la ingestión de polilactato sobre el rendimiento de resistencia (2, 3, 19, 22), desde que Brooks (1) encontró que el lactato puede servir como una fuente de energía para los músculos en ejercicio.

En el estudio de Fahey et al. (3), la ingestión de 80% de polilactato y 20% de lactato de sodio como una solución al 7% en agua incrementó el pH y el bicarbonato sanguíneo en comparación a la ingestión de una bebida con un polímero de glucosa. Estos incrementos ocurrieron a través del consumo de iones hidrógeno cuando el lactato fue ya sea oxidado (Ecuación 1):



O convertido a glucosa (Ecuación 2):



En el presente estudio, de este modo hemos comparado los efectos sobre el rendimiento de la ingestión de tres amortiguadores diferentes: bicarbonato de sodio, citrato de sodio, y lactato de sodio. Como placebo, hemos elegido al cloruro de sodio (12) en vez de al carbonato de calcio (24), para controlar cualquier efecto que pudiera tener la ingesta de sodio sobre el rendimiento a través de cambios que pueden producirse en el volumen intravascular (12).

## METODOS

### Sujetos y Diseño

Diecinueve corredores de larga distancia (edad  $31,2 \pm 3,2$  años, talla  $173,6 \pm 0,9$  cm, masa  $73,5 \pm 2,3$  kg, media  $\pm$  DS) se ofrecieron como voluntarios para el estudio. Los sujetos estaban todos entrenando y competían regularmente en carreras de 5 y 10 km a nivel nacional y de clubes. Elegimos corredores de distancia debido a que en el momento que se realizó el estudio no estaban disponibles velocistas, pero estos corredores estaban acostumbrados a realizar esfuerzos cortos e intensos en sus entrenamientos intervalados habituales. Todos los sujetos eran no fumadores y estaban libres de lesiones. Cuatro corredores abandonaron el estudio, dos debido a lesión, y dos debido a una reacción adversa al tratamiento placebo. El proyecto fue revisado y aprobado por el comité de ética institucional. Todos los sujetos dieron su consentimiento informado por escrito después de una descripción detallada del estudio y sus posibles riesgos.

Fueron completados diarios de entrenamiento durante la duración del estudio, para asegurar que el entrenamiento no cambiara sustancialmente. A todos los sujetos se les pidió que se reportaran para las evaluaciones luego de un día de descanso o un día de entrenamiento suave que consistiera de solo trotar.

Para el momento del estudio ninguno de los sujetos estaba utilizando un amortiguador o *buffer* como suplemento. No monitoreamos la dieta o el uso de otros suplementos, ya que consideramos que era improbable que interactuara con el

efecto de la suplementación amortiguadora sobre el rendimiento de esprint.

El diseño fue aleatorio, doble ciego y con entrecruzamiento. El orden de utilización de las sustancias fue aleatorio, y se obtuvo usando un cuadrado Latino para lograr un equilibrio en la secuencia de tratamientos. En días separados, cada sujeto realizó un test de familiarización y de rendimiento para cada uno de los cuatro tratamientos.

Todos los tests fueron completados por cada sujeto en aproximadamente el mismo momento del día para reducir cualquier efecto del ritmo circadiano. El período entre las sesiones de evaluación fue de por lo menos 2 días y no mayor a 5 días.

La dosis de bicarbonato de sodio de  $300 \text{ mg.kg}^{-1}$  de masa corporal estuvo basada en estudios previos (10, 14, 15, 21) y a lineamientos para la ingesta de bicarbonato de sodio del Instituto Australiano del Deporte (<http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/suppsf14.htm>). Las dosis de todos los otros agentes tenían la misma fuerza osmótica que la dosis de bicarbonato de sodio ( $3,6 \text{ mosm.kg}^{-1}$  de masa corporal) para controlar cualquier sensación de náusea o molestia que pudiera ser originada por la fuerza osmótica de los amortiguadores. Las dosis correspondientes de citrato de sodio, lactato de sodio, y cloruro de sodio fueron de 525, 400, y 209  $\text{mg.kg}^{-1}$  de masa corporal, respectivamente. Todas las cápsulas fueron preparadas en el laboratorio. Los sujetos ingirieron entre 20 y 60 cápsulas, dependiendo del peso del sujeto y del peso molecular de la sustancia, con aproximadamente 750 mL de agua (fuerza iónica final,  $360 \text{ mosm.L}^{-1}$ ). Usamos aproximadamente la mitad de la dosis de agua recomendada en el sitio web del Instituto Australiano del Deporte, debido a que nos preocupaba que el peso de agua ingerida pudiera afectar el rendimiento en competición. Los sujetos consumieron las cápsulas de gelatina de forma constante con agua a través de 90 min.

### **Prueba de Rendimiento**

Los sujetos ayunaron durante las 3 h anteriores a reportarse al laboratorio para ingerir una dada sustancia y realizar la carrera hasta el agotamiento.

Los sujetos comenzaron la carrera de 90 min después de la ingesta de la última cápsula (180 min desde el inicio del consumo de cápsulas). La entrada en calor estandarizada consistió de una carrera de 5 min en una cinta rodante (Quinton Q65, Seattle, WA) a  $12 \text{ km.h}^{-1}$ , 5 min de estiramientos, y carrera de 15 s a 4 y 2  $\text{km.h}^{-1}$  debajo de la velocidad de la prueba y a la velocidad de la prueba, lo cual fue seguido de 2 minutos en los que los sujetos permanecían parados en calma. Las pruebas de rendimiento en si mismas consistieron de una carrera de esfuerzo máximo en una cinta rodante a la misma velocidad fija para cada uno de los cuatro tratamientos. La velocidad fue fijada para producir un esfuerzo máximo en 1-2 min con la cinta rodante fijada en una inclinación de 2%. (Para un sujeto, la pendiente fue establecida en 3% para prevenir que sobrepasara la velocidad de la cinta). La velocidad apropiada (intervalo de  $19\text{-}23 \text{ km.h}^{-1}$ ) fue determinada en un modo de ensayo y error para cada corredor durante un test de familiarización, como sigue. La velocidad de la cinta fue primero establecida en un valor estimado para producir fatiga en 1,5 min. La estimación estuvo basada en relaciones modeladas entre la velocidad y el tiempo de carrera (8) aplicado a un tiempo de competición reciente y a la distancia para el corredor.

Si el tiempo hasta el agotamiento no estaba dentro del intervalo de 1 a 2 min, el corredor descansaba por  $\sim 10$  min, luego se repetía el test a una nueva velocidad en base a los tests anteriores y a las relaciones modeladas. No fue ingerido ningún agente amortiguador o *buffer* para la prueba de familiarización.

Tres investigadores registraron el tiempo hasta el agotamiento usando cronómetros, y el valor medio fue analizado. El tiempo fue tomado desde el momento en el que el sujeto corría en la cinta, soltando las manos de los costados de la misma, hasta que regresara sus manos a los costados de la cinta para salir. Los sujetos reportaron la intensidad las náuseas y el dolor de estómago, mirando escalas en una hoja a intervalos de 30 min desde el inicio de la ingesta hasta 120 min después del test de rendimiento. Las escalas mostraban números enteros desde 0 a 10, con palabras de descripción en los números 0, 3, 6, 9 y 10. Las palabras de descripción para la sensación de náuseas fueron nada, ligero, muy, vómito; las correspondientes al dolor de estómago fueron nada, dolor suave que viene y se va, moderadamente continuo, continuo severo, y doblarse de dolor.

### **Análisis Sanguíneo**

Tres tubos de sangre capilar fueron tomados de 7 de los 15 sujetos justo antes del inicio de la entrada en calor. Todas las muestras fueron analizadas para valorar la concentración de lactato (YSI 1500 sport, Yellow Springs Instrumentation, Yellow Springs, OH), pH y bicarbonato (ABL 500, Radiometer, Copenhagen, Dinamarca), sanguíneos.

### **Análisis de los Datos**

Cuantificamos el efecto de los amortiguadores sobre el rendimiento con un análisis de mediciones repetidas utilizando el Proc Mixed en el *Statistical Analysis System* (Versión 6.12, SAS Institute, Cary, NC). El tratamiento fue un efecto fijo, y el orden de tratamiento fue incluido como un efecto fijo adicional para explicar la familiarización continua u otros efectos de

orden. Los efectos aleatorios fueron la identidad de los sujetos y la variación intra-sujeto entre las pruebas (los residuales). El mismo modelo fue usado para analizar los cambios en los parámetros sanguíneos. El tiempo hasta el agotamiento fue convertido con una transformación log para reducir la no uniformidad del error y los efectos de los tratamientos con amortiguadores fueron derivados por transformación inversa como cambios porcentuales (6). Estos cambios fueron entonces convertidos a cambios equivalentes aproximados en la velocidad de carrera en una prueba contrarreloj de distancia constante de duración similar, usando un factor derivado por medio de cálculo diferencial (8).

Brevemente, la velocidad (S) tiene que ser expresada en función f (D) de la distancia recorrida. Cuando la aptitud física del atleta cambia en una pequeña cantidad como resultado de un tratamiento, el pequeño cambio resultante en la velocidad dS para una prueba o evento de distancia fija está relacionada al pequeño cambio en la distancia dD para una prueba de distancia fija a través de la relación  $-dS/dD = f(D)$ , la primera derivada de f (D). Para las pruebas que duran 1-10 min, el modelo de la potencia crítica proporciona f (D), como sigue. El modelo para la potencia crítica para la carrera es  $D = a + mT$ , donde T es el tiempo hasta el agotamiento y a y m son constantes (8). Pero  $S = D/T$ , por lo que  $S = mD/(D - a) = f(D)$ , y de este modo  $dS/dD = -f(D) = am/(D - a)$ . Reordenando,  $100 \cdot dS/S = \text{cambio porcentual en } S = [a/(D - a)](100dD/D) = [a/mT]$  (cambio porcentual en D). Pero el cambio porcentual en D en un test de velocidad constante = cambio porcentual en T en el test; de aquí, el factor requerido es  $a/(mT)$ . Se debe notar que este factor difiere de  $a/(a+mT)$  en la Referencia (8), el cual es para una prueba contrarreloj de duración constante, no de distancia constante. Los valores para a (142,5 m) y m ( $4,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) provienen de un estudio de la potencia crítica de corredores similares a los de este estudio (4), y el valor de T correspondió al tiempo de cada corredor en la prueba placebo. El factor tiene un valor de 0,38 para una duración del test de 80 s o una distancia de 500 m.

Las mediciones de tendencia central y dispersión son presentadas como  $\text{media} \pm \text{DS}$ . La incerteza de las estimaciones de los efectos es expresada como límites de confianza del 90% y como posibilidades de que el verdadero valor del efecto sea prácticamente beneficioso, trivial, o perjudicial en relación al rendimiento (5, 13). Para calcular estos cambios, asumimos que la menor diferencia significativa en el rendimiento en una prueba contrarreloj para un velocista competitivo que disputara una medalla es 0,5%, lo cual adicionaría 10% a las posibilidades de victoria del velocista (7). Los umbrales para asignar términos cualitativos a los cambios fueron los siguientes: <1%, casi con seguridad no; <5%, muy improbable; <25%, improbable o probablemente no; <50%, posiblemente no; >50%, posiblemente; >75%, probable; >95%, muy probable; >99% casi seguro (5, 13). Las magnitudes de los cambios en el pH y concentraciones de bicarbonato y lactato sanguíneos fueron interpretadas cualitativamente en términos de las fracciones y múltiplos de los desvíos estándar entre-sujetos (6).

## RESULTADOS

Los tiempos hasta el agotamiento (en segundos) fueron placebo 77,4, citrato 78,2, lactato 80,2, y bicarbonato 82,3 (promedio de los cuadrados mínimos de la transformación inversa; coeficiente de variación total entre-sujetos, 28%). La variación intra-sujeto en el tiempo de un tratamiento a otro (error estándar de la medición expresado como coeficiente de variación) fue 8,4%. La Tabla 1 muestra las mejoras en el rendimiento equivalente en una prueba contrarreloj entre tratamientos y las posibilidades de mejora real para atletas de elite que utilicen un tratamiento en relación a los demás. Doce de los 16 sujetos mejoraron su tiempo hasta el agotamiento luego de la ingestión de bicarbonato (el amortiguador más efectivo) en comparación al placebo. Todos los amortiguadores produjeron cierta mejora relativa al placebo con cloruro, y el único cambio insustancial entre cualquier tratamiento se produjo entre los tratamientos con citrato y cloruro.

El error de la medición en el tiempo de la prueba contrarreloj fue de 3,2%.

| Tratamientos Comparados | Mejora Promedio (%) <sup>A</sup> | Cambios (Porcentual y Cualitativo) de la Mejora Sustancial <sup>B</sup> |
|-------------------------|----------------------------------|---|
| Bicarbonato-cloruro     | 2,7                              | 96; muy probable  |
| Bicarbonato-citrato     | 2,2                              | 92; probable  |
| Bicarbonato-lactato     | 1,0                              | 66; posible   |
| Lactato-cloruro         | 1,7                              | 83; probable  |
| Lactato-citrato         | 1,2                              | 72; posible   |
| Citrato-cloruro         | 0,5                              | 50; posible   |

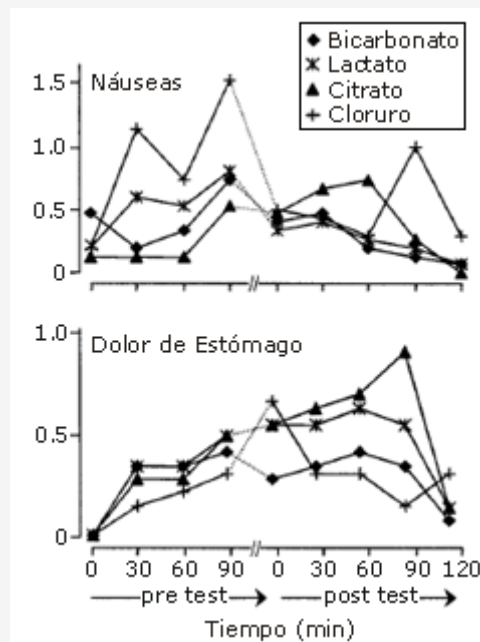
**Tabla 1.** Mejoras observadas en el rendimiento en la prueba contrarreloj entre los tratamientos con amortiguadores y probabilidad que las mejoras verdaderas sean sustanciales para un atleta de elite (mayor que el menor cambio significativo de 0,5%). <sup>A</sup> límites de probabilidad de 90% de mejora verdadera,  $\pm 2,0\%$ . <sup>B</sup> Las probabilidades de disminución sustancial en el rendimiento estuvieron entre 0,7% (casi con seguridad no) para el bicarbonato hasta 20% (improbable) para el citrato-cloruro.

Los valores medios en reposo del bicarbonato, pH y lactato sanguíneos después de la ingestión de cada sal de sodio inmediatamente antes del test de rendimiento están mostrados en la Tabla 2. Todos los tratamientos con amortiguadores produjeron un incremento muy grande (al menos dos desvíos estándar entre sujetos) en la concentración de bicarbonato y pH en relación al placebo; las probabilidades que estos cambios fueran sustanciales (al menos 0,2 DS) fueron mayores al 99%. El lactato sanguíneo en reposo mostró una disminución moderada con cada amortiguador en relación al placebo, pero en todos los casos fue posible que el cambio real fuera trivial.

|                    | Bicarbonato (mmol.L <sup>-1</sup> ) | pH   | Lactato (mmol.L <sup>-1</sup> ) |
|--------------------|-------------------------------------|------|---------------------------------|
| <b>Bicarbonato</b> | 29,8                                | 7,47 | 1,1                             |
| <b>Lactato</b>     | 29,0                                | 7,48 | 1,3                             |
| <b>Citrato</b>     | 31,1                                | 7,49 | 1,2                             |
| <b>Cloruro</b>     | 23,2                                | 7,40 | 1,6                             |
| <b>DS</b>          | 1,5                                 | 0,03 | 0,7                             |

**Tabla 2.** Valores medios de bicarbonato, pH y lactato sanguíneos después de la ingestión de cada uno de las cuatro sales de sodio (n=7). DS, desviación estándar entre sujetos para cada uno de los tratamientos, derivado a partir del modelo mixto.

La Figura 1 muestra que los valores medios para las náuseas y dolor de estómago fueron bajos (<1,5 sobre la escala de 10). Sin embargo, cuatro de los 19 sujetos iniciales experimentaron náuseas después de ingerir solo parte (~5-35%) de la dosis de cloruro de sodio. Dos de estos sujetos fueron sacados del estudio. Los otros dos sujetos completaron los otros tratamientos pero no el placebo, sus datos no están incluidos en la Figura 1.



**Figura 1.** Valores medios de náuseas y dolor de estómago para los cuatro tratamientos antes y después de la prueba de rendimiento. Los valores correspondían a escalas de 0 a 10 (las escalas se muestran entre 0-1,5).

## DISCUSION

---

En el presente estudio, comparamos los efectos de la ingestión de tres agentes amortiguadores de pH (bicarbonato de sodio, lactato de sodio y citrato de sodio) y un placebo (cloruro de sodio) sobre el rendimiento de esprint. Los efectos medios observados de los tres agentes sobre el rendimiento fueron positivos, siendo muy probable y probable que el bicarbonato y el lactato, respectivamente, tuvieran un efecto verdadero sustancialmente mejor que el cloruro. El bicarbonato probablemente también fue mejor que el citrato, pero las otras comparaciones de efectividad relativa de los cuatro agentes fueron menos claras. La mayoría de los sujetos mejoró su rendimiento luego de la ingestión de bicarbonato en comparación con el placebo.

La precisión de la estimación de las diferencias en el rendimiento hubiera sido mejor si el rendimiento en el test hubiera tenido un error de medición tan bajo como el 1-2% de algunos de los mejores tests de esprint (8). Al menos parte del error observado con nuestros test de rendimiento se debe probablemente a las respuestas individuales a algunos de los tratamientos, lo cual incrementa el error aparente de la medición en las pruebas controladas (6). También es posible que una carrera hasta el agotamiento que dure 1-2 min sea inherentemente menos confiable que las pruebas de distancia o tiempo a velocidad autorregulada de la misma duración, aunque los tests de potencia constante de duración más prolongada están generalmente entre las pruebas más confiables de todos los tests de rendimiento (8). Nuestros sujetos hubieran necesitado realizar una prueba placebo adicional para resolver este aspecto.

Aunque los tres agentes produjeron cambios muy grandes en el pH y la concentración de bicarbonato sanguíneos, el orden de efectividad de los agentes sobre el rendimiento no reflejó el orden de cambio en la sangre. En particular, el citrato produjo el valor más alto de pH y concentración de bicarbonato sanguíneos. Nosotros sabíamos que el citrato tiene el potencial de incrementar el bicarbonato y el pH sanguíneos más que los otros agentes, debido a que los iones citrato tienen tres cargas negativas, mientras que el lactato y el bicarbonato, tienen solo una. La molaridad de las cargas negativas aniónicas en la solución de citrato de sodio es de este modo, 1,5 veces la de las soluciones equiosmolares de bicarbonato o lactato, por lo que el metabolismo del citrato ingerido conduciría a un consumo de iones hidrógeno, para generar más bicarbonato y un mayor pH.

No está claro exactamente porque el rendimiento no fue mejor con el citrato, pero hay varias explicaciones posibles. Primero, el rendimiento del ejercicio de alta intensidad y corta duración está probablemente limitado en parte por el pH intracelular, pero el pH extracelular puede no reflejar el intracelular, con el uso de los diferentes agentes amortiguadores. Segundo, un incremento en la concentración de citrato intracelular después de la ingesta de citrato podría reducir la generación de ATP a través de la inhibición de la enzima fosfofructoquinasa (9). La última explicación puede también explicar la discrepancia entre nuestros hallazgos y los de Parry-Billings y MacLaren (18), quienes encontraron que el efecto del citrato sobre el rendimiento fue al menos tan bueno como el del bicarbonato. Estos autores utilizaron dosis de citrato y bicarbonato que eran iguales en masa ( $0,30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Estas dosis aumentarían el pH sanguíneo hasta aproximadamente el mismo grado, y con una menor concentración a la que usamos nosotros, el citrato podría tener un efecto insignificante sobre la generación de ATP. Finalmente, las diferencias en el *timing* de la administración de los agentes amortiguadores entre los estudios podría haber resultado en diferentes concentraciones intracelulares de citrato y consecuentemente diferencias en la inhibición de la producción de ATP. El transcurso de tiempo del efecto de cada agente sobre el rendimiento luego de la ingesta es un tópico para más investigaciones.

Diferentes investigadores han sugerido que el citrato de sodio podría causar menos alteraciones gastrointestinales que el bicarbonato de sodio (16, 17), pero nuestros sujetos reportaron poco o ningún dolor de estómago o náuseas con cualquiera de estos agentes o con lactato de sodio. La única sustancia que causó un estrés gastrointestinal substancial fue el cloruro de sodio, y el estrés ocurrió después de consumir una dosis parcial. Kozar-Collins et al. (12) experimentaron un problema similar, cuando dos de los siete sujetos reportaron una leve sensación de náuseas y otros dos sujetos vomitaron después de consumir cloruro de sodio. No podemos excluir la posibilidad de que el rendimiento en la prueba placebo fuera afectado por el ligero incremento en las sensaciones de náuseas antes de la prueba, pero el hecho de que hubo poca diferencia en las sensaciones de náuseas inmediatamente después de la prueba hace que esta posibilidad sea remota, en nuestra opinión.

Durante el presente estudio no fue medido el nivel de hidratación y podría haber dado más idea acerca del efecto de la cantidad de agua consumida sobre tanto el rendimiento como las sensaciones de náuseas.

En conclusión, hemos encontrado más evidencia que indica que la ingestión de bicarbonato de sodio constituye una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento de esprint. El lactato de sodio probablemente también es efectivo, aunque posiblemente no tan efectivo como el bicarbonato de sodio. El citrato de sodio es probablemente no tan efectivo como el

bicarbonato de sodio. De este modo, recomendamos la ingesta de bicarbonato de sodio para mejorar el rendimiento de esprint.

### Dirección para Envío de Correspondencia

Jeremy Shearman, Centre for Sports and Exercise Science, Department of Biological Sciences, University of Essex, Colchester CO4 3SQ, United Kingdom; correo electrónico: jpskiwi@essex.ac.uk.

## REFERENCIAS

1. Brooks G. A (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18:360-368
2. Bryner R. W., W. G. Hornsby, R. Chetlin, I. H. Ullrich and R. A. Yeater (1998). Effect of lactate consumption on exercise performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 38:116-123
3. Fahey T. D., J. D. Larsden, G. A. Brooks, W. Colvin, S. Henderson and D. Lary (1991). The effect of ingesting polylactate or glucose polymer drinks during prolonged exercise. *Int. J. Sport Nutr.* 1:249-256
4. Hinckson E. And W. G. Hopkins (2003). Reliability of running performance predicted from time-to-exhaustion tests using the critical power model [Abstract]. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35:S274
5. Hopkins W. G (2002). Probabilities of clinical or practical significance. *Sportscience* 6:sportsci.org/jour/0201/wghprob.htm
6. Hopkins W. G (2003). A spreadsheet for analysis of straightforward controlled trials. *Sportscience* 7:sportsci.org/jour/03/wghtrials.htm
7. Hopkins W. G., J. A. Hawley and L. M. Burke (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:472-485
8. Hopkins W. G., E. J. Schabort and J. A. Hawley (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med.* 31:211-234
9. Horswill C. A (1995). Effects of bicarbonate, citrate, and phosphate loading on performance. *Int. J. Sport Nutr.* 5:S111-S119
10. Jones N. L., J. R. Sutton and C. J. Toews (1977). Effect of pH on cardiorespiratory and metabolic responses to exercise. *J. Appl. Physiol.* 43:959-964
11. Kowalchuk J. M., S. A. Maltais, K. Yamaji and R. L. Hughson (1989). The effect of citrate loading on exercise performance, acid-base balance and metabolism. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58:858-864
12. Kozak-Collins K., E. R. Burke and R. B (1994). Schoene. Sodium bicarbonate ingestion does not improve performance in women cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26:1510-1515
13. Liow D. K. and W. G. Hopkins (2003). Velocity specificity of weight training for kayak sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35:1232-1237
14. Matson L. G. and Z. V. Tran (1993). Effects of sodium bicarbonate ingestion on anaerobic performance: a meta-analytic review. *Int. J. Sport Nutr.* 3:2-28
15. Mcnaughton L (1991). Bicarbonate ingestions: effects of dosage on 60 seconds cycle ergometry. *J. Sports Sci.* 10:415-423
16. Mcnaughton L (1990). Sodium citrate and anaerobic performance: implications of dosage. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61:392-397
17. Oster J. R., C. L. Stemmer, G. O. Perez and C. A. Vaamonde (1988). Comparison of the effect of sodium bicarbonate sodium citrate on renal acid excretion. *Miner. Electrolyte Metab.* 14:97-102
18. Parry-Billings M. and D. P. M. Maclaren (1986). The effect of sodium bicarbonate and sodium citrate ingestion on anaerobic power during intermittent exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55:524-529
19. Peronnet F., Y. Burelle, D. Massicotte, C. Lavoie and C. Hillaire-Marcel (1997). Respective oxidation of <sup>13</sup>C-labeled lactate and glucose ingested simultaneously during exercise. *J. Appl. Physiol.* 82:440-446
20. Sahlin K (1986). Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta Physiol. Scand.* 556:83-91
21. Sutton J. R., N. L. Jones and C. J. Toews (1981). Effect of pH on muscle glycolysis during exercise. *Clin. Sci.* 61:331-338
22. Swensen T., G. Crater, D. R. Bassett and E. T. Howley (1994). Adding polylactate to a glucose polymer-solution does not improve endurance. *Int. J. Sports Med.* 15:430-434
23. Tiriyaki G. R. and H. A. Atterbom (1995). The effect sodium bicarbonate and sodium citrate on 600 m running time of trained females. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 35:194-198

### Cita Original

Van Montfoort Marije C. E., Lotte Van Dieren, William G. Hopkins, y Jeremy P. Shearman. Effects of Ingestion of Bicarbonate, Citrate, Lactate, and Chloride on Sprint Running. *Med. Sci. Sports Sci.*; 36 (7): 1239-11243, 2004.