

Monograph

Efectos de la Ingesta de Bicarbonato de Sodio sobre el Rendimiento de Natación en Atletas Jóvenes

Adam Zajac¹, Zbigniew Waskiewics³, Józef Langfort^{2,4}, Jaroslaw Cholewa¹ y Stanislaw Poprzecki²

¹Department of Sports Training, Academy of Physical Education in Katowice, Poland.

²Department of Biochemistry, Academy of Physical Education in Katowice, Poland.

³Department of Team Sports, Academy of Physical Education in Katowice, Poland.

⁴Department of Experimental Pharmacology, Medical Research Center, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland.

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue evaluar los efectos de la administración oral de bicarbonato de sodio (300 mg·kg⁻¹ peso corporal) sobre el rendimiento de natación en nadadores varones, jóvenes (15.1 ± 0.6 años) y competitivos (experiencia de entrenamiento, 6.6 ± 0.6 años). Los sujetos completaron una prueba de ejercicio, llevada a cabo en días separados que consistió en 4 repeticiones de 50 m de nado estilo libre con un minuto de recuperación pasiva, la cual se repitió en dos ocasiones utilizando un diseño doble ciego: luego de la ingesta de bicarbonato de sodio y luego de la ingesta de placebo. Las dos pruebas se llevaron a cabo con 72 horas de separación y a la misma hora del día. Se recolectaron muestras de sangre en la yema de los dedos en tres ocasiones durante cada prueba; luego del arribo al laboratorio, luego de 60 min de la ingesta de placebo o de bicarbonato de sodio y luego del test de 4 x 50 m de nado estilo crol, durante el primer minuto de recuperación post ejercicio. Se evaluaron la concentración de lactato en plasma, el pH sanguíneo, el bicarbonato estándar y el exceso de base. El tiempo total en la prueba de 4 x 50 m se redujo desde 1.54.28 a 1.52.85s, a la vez que se registraron cambios estadísticamente significativos en la velocidad de nado solo durante el primer esprint de 50 m (1.92 vs 1.97 m·s⁻¹, p<0.05). La concentración sanguínea de HCO₃⁻ en reposo se incrementó luego de la ingesta de bicarbonato de sodio, desde 25.13 a 28.45 mM (p<0.05). La ingesta de bicarbonato de sodio tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el pH sanguíneo de reposo (7.33 vs 7.41, p<0.05) así como también sobre la concentración de lactato plasmática post ejercicio (11.27 vs 7.41 mM, p<0.05). Conjuntamente, estos datos muestran que la ingesta de bicarbonato de sodio en atletas jóvenes promueve un efecto amortiguador efectivo durante la realización de pruebas de natación de alta intensidad y sugieren que dicho procedimiento puede ser utilizado para incrementar la intensidad del entrenamiento y para mejorar el rendimiento de competición en distancias que van desde los 50 a los 200 metros.

Palabras Clave: bicarbonato de sodio, natación, atletas jóvenes, capacidad amortiguadora

INTRODUCCION

En aquellas disciplinas deportivas que dependen de la resistencia a la velocidad o de la resistencia a la fuerza, la glucólisis anaeróbica es la vía metabólica que provee, predominantemente, la energía para las contracciones musculares. La capacidad total de la vía glucolítica se ve limitada por el progresivo incremento en la acidez muscular, provocada por la

acumulación de iones hidrógeno (Verbitsky et al., 1997). El incremento en la acidez inhibe la transferencia de energía y la capacidad de los músculos para contraerse, forzando al atleta a reducir la intensidad del ejercicio (Costill et al., 1984; Harrison and Thompson, 2005; McNaughton, 1992). El bicarbonato es la primera línea de defensa corporal contra el incremento en la acidez. Cuando se excede la capacidad amortiguadora de las células, el lactato y los iones hidrógeno difunden hacia el espacio extracelular (McNaughton, 1992). Se ha sugerido que el incremento de la capacidad amortiguadora extracelular, aumentando las reservas de bicarbonato, permitiría que los iones hidrógeno abandonen los músculos activos a una mayor tasa y; consecuentemente, se puedan producir más iones hidrógeno y más lactato antes de que la acidez intracelular alcance un nivel limitante (Faff, 1993; Harrison and Thompson, 2005). El beneficio de la suplementación con bicarbonato de sodio podría ser el retraso de la fatiga durante la realización de ejercicios de características anaeróbicas (Cairns, 2006; Hollidge-Horvat et al., 2000; Thomas et al., 2005).

Los estudios en los cuales se ha utilizado la carga de bicarbonato han empleado diversos protocolos de ejercicio, diferentes dosis y momentos de ingesta. Se han investigado los efectos ergogénicos del bicarbonato en relación con el rendimiento en pruebas de esprint y carreras de media distancia, remo, natación, ciclismo y diferentes ejercicios de fuerza. En la mayoría de estos estudios se ha registrado un incremento en el rendimiento (Gao et al., 1988; Goldfinch et al., 1988; McNaughton, 1990; 1999; McNaughton and Cedero, 1991; Pilegaard et al., 1999; Thomas et al., 2005). Sin embargo, existen estudios que no han observado beneficios de la ingesta de bicarbonato sobre el rendimiento (Cairns, 2006; Hollidge-Horvat et al., 2000). Se han llevado a cabo experimentos con diferentes dosis de bicarbonato, en el rango de los 100 a los 500 mg/kg de masa corporal (Horswill et al., 2004; McNaughton et al., 1999). Los estudios de investigación sugieren que la ingesta de dosis menores a los 200 mg puede provocar elevaciones en el bicarbonato sanguíneo pero no mejorar el rendimiento anaeróbico. La ingesta de dosis mayores a los 300 mg no provoca un incremento adicional de la alcalosis, por lo que la mayoría de los científicos sugiere la utilización de esta dosis (McNaughton et al., 1999). El tiempo que transcurre entre la ingesta y el ejercicio también varía, entre los 30 a 150 min para ejercicios de resistencia, y puede afectar el estado de alcalosis alcanzado previamente al comienzo del ejercicio (Horswill et al., 2004; McNaughton, 1992; McNaughton et al., 1999; Parry-Billings and MacLaren, 1986). En atletas bien entrenados, los beneficios obtenidos con la ingesta de bicarbonato se observan más frecuentemente durante la realización un único período de ejercicio anaeróbico, con una duración de entre 60 y 240s; sin embargo, se han observado beneficios ergogénicos de la ingesta de bicarbonato durante la realización de sprints repetidos de corta duración o ejercicios con sobrecarga, e incluso durante las últimas repeticiones de un protocolo de ejercicio (Bishop et al., 2004).

En natación, los atletas comienzan a realizar entrenamientos de alta intensidad entre los 9 y los 11 años de edad (Denadai et al., 2000) y los niños, jóvenes y adultos comúnmente llevan a cabo el mismo régimen de entrenamiento. Casi todos los estudios en los que se utilizaron sustancias amortiguadoras han sido llevados a cabo con atletas adultos o con hombres y mujeres adultos desentrenados (Cairns, 2006; McNaughton, 1990; McNaughton et al., 1999; Thomas et al., 2005). Debido a que no existen datos disponibles respecto de los efectos de la ingesta de bicarbonato de sodio en atletas jóvenes, decidimos investigar si la ingesta de bicarbonato de sodio provocaba algún efecto beneficioso sobre la capacidad amortiguadora y sobre el rendimiento de natación en nadadores jóvenes.

MÉTODOS

Sujetos

Un grupo de ocho, nadadores varones jóvenes, competitivos y bien entrenados participaron en el estudio. Todos los sujetos fueron informados acerca de la naturaleza del estudio y de los posibles efectos secundarios, y los padres de todos los sujetos dieron su consentimiento por escrito para la participación de sus hijos en el estudio. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación Científica de la Academia de Educación Física en Katowice. La evaluación del desarrollo biológico de los nadadores adolescentes (escala de Tanner) confirmó que todos los sujetos eran post púberes.

Las características físicas básicas de los sujetos fueron: (Media \pm DE) edad 15.1 ± 0.4 años; masa corporal, 56.1 ± 1.2 kg; talla, 1.66 ± 0.03 m; experiencia de entrenamiento 6.6 ± 0.6 años. El estudio fue llevado a cabo en el período pre-competitivo del ciclo anual de entrenamiento. Durante este período todos los nadadores entrenaban aproximadamente 25 horas semanales, incluyendo 2.5 h de entrenamiento de sobrecarga. El volumen promedio de entrenamiento de natación era de 69.5 km por semana.

Protocolo

Cada sujeto completó dos pruebas de ejercicio que consistieron en 4 repeticiones de 50 m de nado estilo crol con 1 min de recuperación pasiva entre cada esprint. Los sujetos fueron instruidos para que nadaran lo más rápido posible durante cada

tramo de 50 m. Las dos pruebas de ejercicio fueron llevadas a cabo utilizando un diseño doble ciego, en dos días separados por 72 horas y a la misma hora del día. Una semana antes y durante el experimento, los nadadores realizaron una dieta mixta isocalórica que incluía 60% de carbohidratos, 20% de proteínas y 20% de grasas. El valor calórico promedio de la dieta fue calculado a partir de los registros dietarios de 3 días (2 días de la semana y 1 día del fin de semana) los cuales fueron analizados mediante un programa de computadora (Dieta 2, Warsaw, Poland). Los sujetos arribaron al laboratorio en estado post-absortivo de 3 horas. Los alimentos consumidos previos a las pruebas fueron estandarizados para todos los atletas y consistieron en 70% de carbohidratos, 20% de grasas y 10% de proteínas. Durante la primera prueba, se eligieron aleatoriamente a 4 nadadores a los que se les proporcionó 500 mL de una solución que contenía 300 mg de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) por kg de masa corporal mientras que los restantes 4 atletas consumieron la solución que contenía el placebo consistente en una dosis equimolar de cloruro de sodio (NaCl) (Van Montfoort et al., 2004). Las soluciones no contenían azúcar y tenían sabor a fruta. Todos los sujetos reportaron que tanto la solución experimental como la solución que contenía el placebo tenían el mismo sabor. En la segunda prueba los atletas que habían consumido el placebo consumieron la solución con bicarbonato y viceversa.

El fluido fue ingerido en un período de 15 min, 90 min antes del comienzo de las pruebas. Todos los sujetos fueron entrevistados para determinar si alguno presentaba síntomas de distrés gastrointestinal luego de la ingesta del bicarbonato de sodio. Ninguno de los participantes reportó síntomas de distrés gastrointestinal. Luego de la ingesta de la solución se les permitió a los atletas descansar durante un período de 60 min. Previo al comienzo de las pruebas cronometradas los nadadores realizaron una entrada en calor específica, lo cual también permitió mantener el equilibrio ácido-base en un nivel apropiado para estimular la capacidad amortiguadora (Beedle et al., 2007; Poprzecki et al., 2007). La entrada en calor consistió de natación continua en una distancia de 300 m a una intensidad moderada (frecuencia cardíaca = 140 - 150 latidos/min), estiramientos y 3 repeticiones de 25 m de nado a alta intensidad. El tiempo de las pruebas de natación fue registrado electrónicamente, y se calculó la velocidad de nado promedio en m/s.

Se extrajeron muestras sanguíneas en tres ocasiones, utilizando como lugar de punción la yema de los dedos, durante cada prueba: inmediatamente después de que los sujetos arribaran al laboratorio (pre ingesta), 60 min después de la ingesta de la solución que contenía placebo o bicarbonato de sodio (post ingesta) y durante el primer minuto de la recuperación (post ejercicio). La concentración plasmática de lactato (LA) se determinó enzimáticamente utilizando instrumental comercial (Boehringer Diagnostika, Mannheim, Germany). El pH sanguíneo, el bicarbonato estándar (SB) y el exceso de base (BE) se midieron utilizando un analizador de gases sanguíneos 168pH (Ciba-Corning, Basel, Switzerland). Los coeficientes de variación intra e inter ensayo para el lactato fueron 3.2% y 8.9% respectivamente.

Análisis Estadísticos

Todos los resultados se presentan como medias y desviaciones estándar (DE). Los datos fueron analizados utilizando estadística paramétrica luego de confirmar la distribución normal de los mismos mediante la repetición de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para evaluar los efectos de la ingesta de bicarbonato de sodio sobre el rendimiento en natación y sobre las variables biomédicas seleccionadas se utilizó el análisis de varianza ANOVA de dos vías para medidas repetidas (prueba, mediciones en el tiempo), seguido de tests post hoc de Tukey para medidas apareadas con lo cual se determinaron diferencias estadísticas. La significancia estadística fue aceptada a $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los datos de la velocidad de nado para cada repetición de 50 m se presenta. Los resultados del análisis de varianza ANOVA ($F_{(2,28)} = 5.63$, $p < 0.05$) indican un efecto significativo de la ingesta de bicarbonato de sodio sobre el rendimiento en la prueba de 4 x 50 m de natación estilo crol. Los análisis post hoc revelaron diferencias significativas en la velocidad de nado solo para el primer esprint de 50 m (1.92 vs. $1.97 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $p < 0.01$). En las repeticiones 3 y 4 la velocidad de nado fue mayor luego de la ingesta de bicarbonato, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Se observaron diferencias significativas entre la prueba de control y la prueba experimental respecto del tiempo para completar el protocolo de 4 x 50 m ($1.54.28$ vs $1.52.85$ min, $p < 0.001$).

En la Figura 2 y 3 se muestran los valores pre y post ingesta, los valores post ejercicio de bicarbonato en sangre y las variables relacionadas con el equilibrio ácido-base (HCO_3^- , BE, pH). Los resultados del análisis de varianza ANOVA indicaron un efecto significativo de la ingesta de bicarbonato de sodio sobre la concentración de bicarbonatos sanguíneos ($F_{(2,28)} = 18.06$ $p < 0.01$, Figura 2). Los análisis post hoc indicaron que no hubo diferencias entre el estado pre ingesta y el estado post ingesta, mientras que si se observó una diferencia significativa entre las pruebas control y experimental respecto en el estado post ingesta (25.13 vs 28.49 mM, $p < 0.001$). En relación al exceso de bases, se debe indicar que la ingesta de bicarbonato resultó en mayores valores post ingesta y en menores valores post ejercicio, aunque estos cambios

no fueron significativos. La ingesta de bicarbonato tuvo un efecto significativo sobre el pH sanguíneo ($F_{(2,28)} = 10.02$, $p < 0.01$, Figura 3). Sesenta minutos luego de la ingesta de bicarbonato de sodio, el pH en la prueba experimental fue significativamente mayor que en la prueba placebo (7.41 vs 7.33, $p < 0.01$).

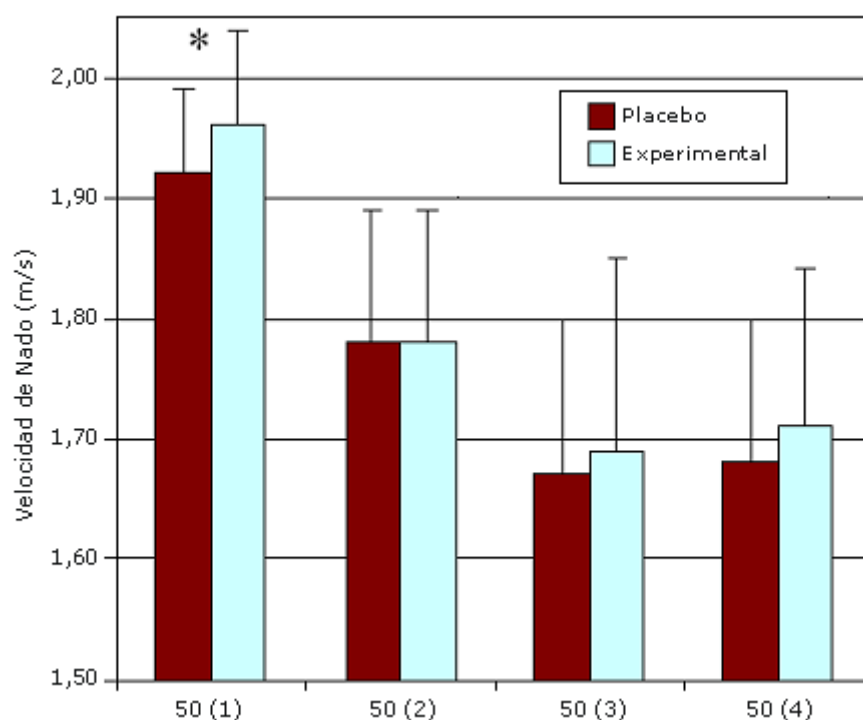


Figura 1. Comparación de la velocidad de nado registrada durante las repeticiones sucesivas de nado estilo crol en 50 m entre la prueba control y la prueba experimental. *Diferencia estadísticamente significativa entre las pruebas experimental y control ($p < 0.01$).

Los resultados del análisis de varianza ANOVA también revelaron un efecto significativo de la ingesta de bicarbonato de sodio sobre la concentración plasmática de lactato ($F_{(2,28)} = 17.81$, $p < 0.001$), lo cual sucedió solo en el primer minuto de la recuperación post ejercicio (13.06 vs 11.27 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, $p < 0.001$). No se observaron cambios en la concentración de LA en los estados pre y post ingesta ($p > 0.005$).

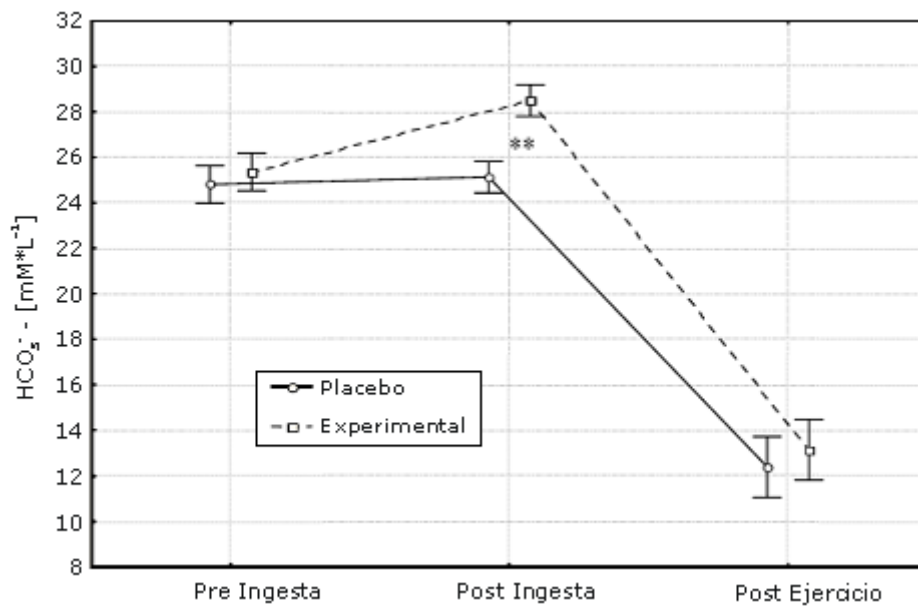


Figura 2. Niveles de bicarbonato (HCO_3^-) en los estados pre y post ingesta así como también en el estado post ejercicio para las pruebas experimental y placebo.

**Diferencia estadísticamente significativa en el estado post ingesta entre la prueba experimental y placebo ($p < 0.001$).

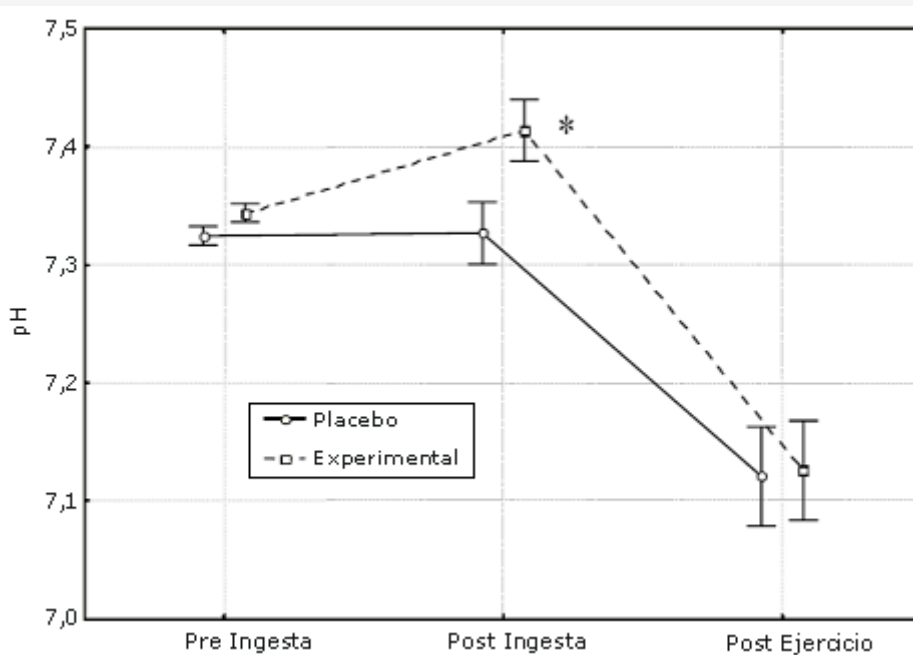


Figura 3. Niveles del pH sanguíneo en los estados pre y post ingesta y en el estado post ejercicio para las pruebas experimental y placebo. *Diferencia estadísticamente significativa en el estado post ingesta entre la prueba experimental y la prueba placebo ($p < 0.001$).

DISCUSION

Existe un cuerpo de evidencias creciente que sugiere que la alcalosis inducida metabólicamente en adultos mejora el rendimiento durante la realización de esprints cortos repetidos, de un único esprint largo y durante ejercicios intermitentes prolongados de alta intensidad (Hollidge-Horvat, 2000; McNaughton, 1992; Parry-Billings and MacLaren, 1986). Los resultados obtenidos recientemente indican que la suplementación con bicarbonato de sodio también puede mejorar el rendimiento en una prueba de 200 m de natación estilo libre en nadadores varones de elite (Lindh et al., 2008). En el presente estudio, hemos extendido estos hallazgos, mostrando que la ingesta de bicarbonato de sodio es una forma efectiva de mejorar el rendimiento de natación de alta intensidad en atletas jóvenes bien entrenados. En el presente estudio esto se evidenció por la mejora significativa en la velocidad de nado registrada en el primer esprint de 50 m así como también por la mejora en el tiempo para completar el protocolo de ejercicio de 4 x 50 m de natación, luego de la ingesta de bicarbonato de sodio (Figura 1). Además, la evidencia a favor de los efectos beneficiosos de la ingesta de bicarbonato de sodio incluye, el incremento significativo en la concentración de bicarbonatos sanguíneos, el mayor pH sanguíneo luego de la ingesta de bicarbonato de sodio (Figura 2) y la elevación de la concentración plasmática de lactato post ejercicio. Por lo tanto es razonable sugerir que el incremento de la capacidad amortiguadora luego de la ingesta de bicarbonato puede utilizarse en atletas jóvenes para incrementar la intensidad de entrenamiento y el rendimiento de natación en distancias que van entre los 50 y los 200 m, en donde la producción de energía depende significativamente de la vía glucolítica (Cairns, 2006; McNaughton, 1992).

Es interesante señalar el hecho de que una ingesta similar a la utilizada en este estudio de bicarbonato de sodio en atletas adultos ha mostrado elevar el pH sanguíneo hasta valores de 7.48, incrementar los niveles de bicarbonatos sanguíneos hasta 32-36 mM y mantener la glucólisis anaeróbica a una tasa que resulta en concentraciones plasmática de lactato post ejercicio de entre 22-28 mM (Gaul et al., 1995; Parry-Billings and MacLaren, 1986; Thomas et al., 2005). En nuestros sujetos, las variables del equilibrio ácido-base consideradas y la concentración de lactato también fueron afectadas significativamente por la ingesta de bicarbonato de sodio y los cambios que se produjeron en estas variables revelaron un patrón similar al reportado para atletas adultos, aunque los efectos fueron menos pronunciados. La menor producción de LA observada en el presente estudio luego del ejercicio de alta intensidad no es sorprendente, ya que está bien documentado el hecho de que los niños y jóvenes, sean entrenados o desentrenados tienen una capacidad anaeróbica significativamente menor que los adultos (Hebestreit et al., 1996). Esto puede explicarse, al menos parcialmente, por la menor actividad de las enzimas glucolíticas (Inbar and Bar-Or, 1986). Esto concuerda con aquellos estudios que muestran que la producción de lactato durante el ejercicio y los cambios en la actividad de las enzimas glucolíticas tanto en humanos como en animales se incrementa con la edad (Berg et al., 1986; Billat et al., 2003; Denadai et al., 2000). Se ha reportado que en niños, los niveles plasmáticos de norepinefrina se correlacionan positivamente con los niveles de testosterona (Rowland et al., 1996). Estos hallazgos sugieren que el rendimiento anaeróbico de los atletas jóvenes depende parcialmente del estatus hormonal y que el menor rendimiento podría atribuirse a diferencias asociadas con el nivel de maduración.

Si bien la menor capacidad glucolítica y la restringida dependencia en las unidades motoras de alto umbral durante la realización de ejercicios de alta intensidad en sujetos que no han alcanzado la madurez biológica (Inbar and Bar-Or, 1986) pueden explicar completamente la menor producción de LA observada en el presente estudio, la causa de la disminución de la concentración plasmática de bicarbonato de sodio aun debe ser investigada y explicada. Sin embargo, en base a los datos disponibles en la literatura, se pueden sugerir algunos posibles mecanismos de la regulación descendente de la concentración de $\text{HCO}_3\text{F}_{(2,28)}$. Ratel et al. (2002) sugirieron que la limitada reducción en el pH puede deberse a diferencias en el tiempo de regulación de la pCO_2 arterial mediadas por la mayor respuesta compensatoria de la ventilación en niños. En relación con esto, un hallazgo importante es que los niños aumentan la tasa respiratoria durante el ejercicio para eliminar una cantidad dada de CO_2 (Nagano et al., 1998), lo cual a su vez deriva en una menor pCO_2 arterial (Armon et al., 1991; Cooper et al., 1987). Asimismo, los estudios previamente mencionados también han mostrado que la pCO_2 arterial de los niños se incrementa con la edad a la vez que, en el punto en que se alcanza el umbral anaeróbico ventilatorio, se reduce cociente pCO_2/VO_2 .

CONCLUSION

En conclusión, la ingesta de bicarbonato de sodio en nadadores jóvenes puede incrementar significativamente la capacidad de trabajo durante la realización de entrenamientos fraccionados cortos e intensos. Al mismo tiempo, la ingesta aguda de bicarbonato de sodio antes de la competición puede mejorar el rendimiento de natación en esprints de 50 m. Esto probablemente se debe al incremento de la capacidad amortiguadora. No obstante no se puede ignorar el riesgo de efectos

secundarios a nivel gastrointestinal, aunque en el presente estudio no se han observado síntomas de distrés gastrointestinal, ya que la experimentación previa a la competencia puede reducir las posibilidades de su ocurrencia o severidad.

Puntos Clave

El bicarbonato de sodio es una ayuda ergogénica, también en atletas jóvenes.

La ingesta de bicarbonato de sodio mejora el rendimiento de esprint en natación.

La ingesta de bicarbonato de sodio puede incrementar el pH sanguíneo y los niveles de bicarbonatos sanguíneos.

REFERENCIAS

1. Armon, Y., Cooper, D.M. and Zanconato, S (1991). Maturation of ventilatory responses to 1 minute exercise. *Pediatric Research* 29, 362-368
2. Beedle, B.B. and Mann, C.L (2007). A comparison of two warm-ups joint range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22(3), 776-779
3. Berg, A., Kim, S. and Keul, J (1986). Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. *International Journal of Sports Medicine* 7, 236-239
4. Billat, V., Sirvent, P., Py, G., Koralsztejn, J. and Mercier, J (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine* 33, 407-426
5. Bishop, D., Edge, J., Davis, C. and Goodman, C (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 807-813
6. Cairns, S.P (2006). Lactic acid and exercise performance. *Sports Medicine* 36, 279-289
7. Cooper, D.M., Kaplan, M.R., Baungarten, L., Weiler-Ravell, D., Whipp, B.J. and Wasserman, K (1987). Coupling of ventilation and CO₂ production during exercise in children. *Pediatric Research* 21, 568-572
8. Costill, D., Verstappen, F., Kuipers, H., Janssen, E. and Fink, W (1984). Acid-base balance during repeated bouts of exercise: Influence of HCO₃. *International Journal of Sports Medicine* 5, 228-231
9. Denadai, B.S., Greco, C. and Teixeira, M (2000). Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10-12 years of different standards. *Journal of Sports Sciences* 18, 779-784
10. Faff, J (1993). Can the work capacity be improved by inducing pre-exercise alkalosis?. *Biology of Sport* 10, 127-141
11. Gao, J., Costill, D., Horswill, C. and Park, S.H (1988). Sodium bicarbonate ingestion improves performance in interval swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 58, 171-174
12. Gaul, C.A., Docherty, D. and Cicchini, R (1995). Differences in anaerobic performance between boys and men. *International Journal of Sports Medicine* 16, 451-455
13. Goldfinch, J., McNaughton, L. and Davies, P (1988). Induced metabolic alkalosis and its effects on 400m racing time. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology* 57, 45-48
14. Harrison, A. and Thompson, K (2005). Ergogenic aids: sodium bicarbonate. *Peak Performance* 219, 9-10
15. Hebestreit, H., Meyer, F., Htay, H., Heigenhauser G. and Bar-Or, O (1996). Plasma metabolites, volume and electrolytes following 30s high intensity exercise in boys and men. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology* 72, 563-569
16. Hollidge-Horvat, M., Parolin, M., Wong, D. and Jones, N.L (2000). Effect of induced metabolic alkalosis on human skeletal muscle metabolism during exercise. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism* 278, 316-329
17. Horswill, C.A., Costill, D., Fink, W., Flynn M., Kirwan, J., Mitchell, J. and Houmard, J (2004). Influence of sodium bicarbonate on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 1239-1243
18. Inbar, O. and Bar-Or, O (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18, 264-269
19. Lindh, A.M., Peyrebrune, M.C., Ingham, S.A., Bailey, D.M. and Folland, J.P (2008). Sodium bicarbonate improves swimming performance. *International Journal of Sports Medicine* 29, 519-523
20. McNaughton, L.R (1990). Sodium citrate and anaerobic performance: Implications of dosage. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology* 61, 292-297
21. McNaughton, L.R (1992). Sodium bicarbonate ingestion and its effects on anaerobic exercise of various durations. *Journal of Sports Sciences* 10, 425-435
22. McNaughton, L.R (1999). Bicarbonate ingestion: effects of dosage on 60s cycle ergometry. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology* 80, 333-336
23. McNaughton, L.R. and Cedaro, R (1991). The effect of sodium bicarbonate on rowing ergometer performance in elite rowers. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 23, 66-69
24. McNaughton, L.R., Dalton, B. and Palmer, G (1999). Sodium bicarbonate can be used as an ergogenic aid in high intensity, competitive cycle ergometry of 1h duration. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology* 80, 64-69
25. Nagano, Y., Baba, R., Kuraishi, K., Yasuda, T., Ikoma, M., Nishibata, K., Yokota, M. and Nagashima, M (1998). Ventilatory control

- during exercise in normal children. *Pediatric Research* 43, 704-707
26. Parry-Billings, M. and MacLaren, D (1986). The effects of sodium bicarbonate and sodium citrate ingestion on anaerobic power during intermittent exercise. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology* 55, 524-529
 27. Pilegaard, H., Domino, K., Noland, T., Juel, C., Hellsten, Y., Halestrap, A.P. and Bangsbo, J (1999). Effect of high intensity training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. *The American Journal of Physiology* 276, 255-261
 28. Poprzecki, S., Zajac, A., Wower, B. and Cholewa, J (2007). The affects of warm-up and the recovery interval priori to exercise on anaerobic power and amid-base balance In man. *Journal of Human Kinetics* 118, 15-28
 29. Ratel, S., Duche, P., Hennegrave, E., Van Praagh, E. and Bedu, M (2002). Acid-base balance during repeated cycling sprints in boys and men. *Journal of Applied Physiology* 92, 479-485
 30. Rowland, T.W., Maresh, C.M., Charkoudian, P.M., Vanderburgh, P.M. and Castellani, J.W., Armstrong, L.E (1996). Plasma norepinephrine responses to cycle exercise in boys and men. *International Journal of Sports Medicine* 17, 22-26
 31. Thomas, C., Perrey, S., Lambert, K., Hugon, G., Mornet, D. and Mercier, J (2005). Monocarboxylate transporters, blood lactate removal after supramaximal exercise, and fatigue indexes in humans. *Journal of Applied Physiology* 98, 804-809
 32. Van Montfoort, M., Van Dieren, L., Hopkins, W. and Shearman, J.P (2004). Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate and chloride on sprint running. *Medicine Science in Sports and Exercise* 36, 1239-1243
 33. Verbitsky, O., Mizrahi, J., Levin, M. and Isakov, E (1997). Effect of ingested sodium bicarbonate on muscle force, fatigue, and recovery. *Journal of Applied Physiology* 83, 333-33

Cita Original

Zajac A, Cholewa J, Poprzecki S, Waskiewicz Z and Langfort J. Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Swim Performance in Youth Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine* (2009) 8, 45 - 50.