

Efecto de la suplementación aguda con bicarbonato sódico sobre el rendimiento en la cancha con obstáculos en pentatletas militares profesionales

Sergio Andrés Galdames Maliqueo^{1,3}, Álvaro Cristian Huerta Ojeda^{2,3,5*}, Andrea Verónica Pastene Rivas⁴

¹Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Valparaíso, Chile. ²Facultad de Educación. Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Chile. ³Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deporte ISAFYD. Escuela de Educación Física. Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Chile. ⁴Instituto Profesional y Centro de Formación Técnica, Universidad Santo Tomás, Viña del Mar. ⁵Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports. Valparaíso, Chile.

Recibido: 12/07/2019
Aceptado: 05/12/2019

Resumen

Introducción: La suplementación con bicarbonato sódico (BS) ha sido ampliamente utilizada para retrasar la fatiga en deportes de alta intensidad. Sin embargo, no existe evidencia sobre la suplementación aguda con BS en la prueba de cancha con obstáculos del Pentatlón Militar.

Objetivo: Determinar el efecto de la suplementación aguda con BS sobre el rendimiento en la cancha con obstáculos en pentatletas militares.

Material y método: Diez pentatletas militares profesionales fueron parte del estudio. El diseño fue de doble ciego, cruzado intrasujeto, mientras que la suplementación fue de 0,3 g·Kg⁻¹ de BS diluida en 500 mL de agua destilada o 0,045 mg·Kg⁻¹ de cloruro de sodio diluido en 500 mL de agua destilada (PL), ambas soluciones fueron ingeridas 60 minutos antes de realizar la prueba de cancha con obstáculos. Las variables fueron: tiempo de ejecución (s) y concentración de lactato ([La]) en los minutos 1, 3, 5, 7 y 9. El análisis estadístico fue realizado a través de una t de Student para muestras independientes, mientras que el tamaño del efecto (ES) fue calculado con la prueba d de Cohen.

Resultados: El tiempo en la cancha con obstáculos evidenció un descenso significativo luego de la suplementación con BS ($p < 0,01$; ES = 0,48; $\Delta = 3,7\%$), mientras que las [La] mostraron diferencias significativas entre ambos grupos en los minutos 5, 7 y 9 ($p < 0,05$).

Conclusiones: Al término del estudio, se comprobó que la suplementación aguda con BS aumentó el rendimiento en la prueba de cancha con obstáculos. Por lo tanto, la ingesta aguda con BS podría ser considerada como una ayuda ergogénica por los pentatletas militares.

Palabras clave:

Bicarbonato sódico. Alta intensidad. Rendimiento físico. Personal militar.

Effect of acute sodium bicarbonate supplementation on performance on the obstacle run in professional military pentathlete

Summary

Introduction: Sodium bicarbonate (SB) supplementation has been widely used to delay fatigue in high intensity sports. However, there is no evidence on acute supplementation with SB in the obstacle run in Military Pentathlon.

Objective: To determine the effect of acute supplementation with SB on performance on the obstacle run in military pentathletes.

Material and method: Ten professional military pentathletes were part of the study. The design was double blind, cross-over intra-subject, while supplementation was 0.3 g·Kg⁻¹ SB diluted in 500 mL of distilled water or 0.045 mg·Kg⁻¹ of sodium chloride diluted in 500 mL of distilled water (PL), both solutions ingested 60 minutes before performing the obstacle run. The variables were: execution time (s) and lactate concentration ([La]) in minutes 1, 3, 5, 7 and 9. The statistical analysis was performed through a Student's t test for independent samples, while the effect size (ES) was calculated with the Cohen d test.

Results: The time in the obstacle run showed a significant decrease after the SB supplementation ($p < 0.01$, ES = 0.48, $\Delta = 3.7\%$), while the [La] showed significant differences between both groups in the 5, 7, and 9 minutes ($p < 0.05$).

Conclusions: At the end of the study, it was found that acute supplementation with SB increased performance in the obstacle run. Therefore, acute SB ingestion could be considered as an ergogenic aid by military pentathletes.

Key words:

Sodium bicarbonate. High intensity. Physical performance. Military personnel.

Correspondencia: Álvaro Cristian Huerta Ojeda
E-mail: achuertao@yahoo.es

Introducción

El Pentatlón Militar es la disciplina deportiva más importante de las ramas castrenses¹, mientras que su primera competencia data del año 1947, convirtiéndose años después en el evento deportivo más importante del Consejo Internacional de Deporte Militar (CISM)². El Pentatlón Militar considera la ejecución de las siguientes pruebas: tiro con rifle estándar (200 m o 300 m), carrera con obstáculos (500 m con 20 obstáculos), natación con obstáculos (50 m con 5 obstáculos), lanzamiento de la granada (16 lanzamientos de precisión y 3 lanzamientos de potencia máxima) y *cross country* (8 km)¹. Para las cinco pruebas existe un rendimiento de base que otorga 1.000 puntos pentatlón, es así como en aquellas pruebas que el rendimiento es asociado a mayor puntaje (Tiro y lanzamiento de granada), si los deportistas sobrepasan la base, obtendrán más de 1.000 puntos pentatlón. En la natación con obstáculos, el *cross country* y la cancha con obstáculos el rendimiento es asociado a un menor tiempo de ejecución. De forma específica, en la cancha con obstáculos, para obtener los 1.000 puntos pentatlón se debe finalizar el recorrido en 2 minutos con 40 segundos, y por cada segundo sobre o bajo esa marca, se restan o suman 7 puntos pentatlón a los 1.000 puntos de base, respectivamente³.

La prueba de cancha con obstáculos presenta un formato de carreras, en esta prueba se debe completar el recorrido en el menor tiempo posible, combinando las habilidades de trepar, correr, saltar, reptar y mantención del equilibrio por obstáculos delgados⁴. Lazar (2011)⁴, plantea que al momento de ejecutar esta prueba la frecuencia cardíaca puede llegar hasta los 200 latidos por minuto con un gran predominio del metabolismo anaeróbico. Desde la perspectiva fisiológica, esfuerzos máximos en la cancha con obstáculos al igual que en pruebas con predominio glucolítico, acumulan una serie de metabolitos deletéreos (H⁺, Pi), los que pueden reducir la fuerza de los músculos activos⁵. Es así como la acumulación de H⁺ puede alterar el pH sanguíneo, perturbando el equilibrio ácido-base, cuya extensión depende de la intensidad y duración del esfuerzo⁶. Como medida compensatoria, el organismo ajusta sus *buffers* y la ventilación pulmonar se incrementa para atenuar la modificación del pH⁷.

Se ha postulado que al incrementar de manera exógena los niveles de bicarbonato sódico (BS), se podrían reducir los niveles de H⁺ generados en el metabolismo glucolítico anaeróbico, aumentando el flujo de lactato desde los músculos activos hacia el medio extracelular⁸. Debido a estos antecedentes, la ingesta de BS ha sido ampliamente estudiada por sus potenciales beneficios para retrasar la fatiga en esfuerzos de corta duración y alta intensidad⁹, demostrando ser un beneficioso *buffer* en este tipo de estímulos físicos¹⁰. En la literatura, se ha descrito que el efecto ergogénico del BS en ejercicio se debe a la capacidad reforzada del *buffer* de bicarbonato extracelular para regular el equilibrio ácido-base durante el ejercicio¹¹. Por consiguiente, la incorporación exógena de BS daría lugar a iones bicarbonato, contribuyendo a un ambiente alcalino en los compartimentos de líquido extracelular¹². De esta manera, una revisión desarrollada por Siegler *et al.* (2016)¹¹, recomienda una suplementación de BS entre 0,2 a 0,3 g·kg⁻¹, pero también los investigadores concluyeron que se deberían encontrar estrategias de carga individualizada considerando el dolor gastrointestinal o cualquier cambio fisiológico presentado por los atletas¹¹.

Algunos de los estudios presentados para comprobar la efectividad de la suplementación de BS han utilizado pruebas de resistencia de corta¹³, media¹⁴ y larga duración¹⁵ basándose en deportes pedestres¹⁶, natación¹⁷, ciclismo¹⁸ y remo¹⁹. En el caso específico de deportes de aplicación militar, existe evidencia sobre la utilización de suplementos deportivos y ayudas ergogénicas en soldados durante un proceso de entrenamiento²⁰, ingesta de creatina²¹ y minerales²², pero desafortunadamente esta evidencia fue recabada en soldados físicamente activos y no en pentatletas militares. En relación a los estudios que relacionan suplementación con *buffers* y rendimiento en personal militar, existe evidencia sobre el uso de beta-alanina²³, sin embargo, debido a la escasa evidencia disponible en población militar, los investigadores concluyen que el uso de beta-alanina como *buffer* no resulta seguro para esta población.

Respecto a la suplementación con BS en población militar, se han reportado estudios con aumento del rendimiento físico en soldados conscriptos mediante la valoración de potencias a través del test de Wingate²⁴, pero al igual que en las referencias descritas anteriormente, esta investigación fue en soldados conscriptos y no en pentatletas militares. En relación a los antecedentes expuestos, y hasta donde el conocimiento alcanza, no existen investigaciones que relacionen la ingesta de BS como un suplemento *buffer* en la prueba de cancha con obstáculos del Pentatlón Militar. Por lo anterior, el objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto de la suplementación aguda con BS sobre el rendimiento en la cancha con obstáculos en pentatletas militares profesionales.

Material y método

Aproximación experimental al estudio

En este estudio la muestra fue de 10 pentatletas militares profesionales, equivalentes al 100% de la población de pentatletas militares profesionales pertenecientes a la Armada de Chile. Es importante mencionar que estos pentatletas militares, tal como se describe en la caracterización de este deporte, deben ejecutar las cinco pruebas que constituye la competencia¹. Debido a lo anterior, los pentatletas militares que formaron parte del estudio tenían dedicación exclusiva para la práctica de este deporte, es decir, el tiempo diario de entrenamiento, distribuido en las cinco pruebas que compone el deporte, fue de seis horas. Además, el criterio de inclusión fue ser hombre con una experiencia mínima de tres años en entrenamiento de Pentatlón Militar. El criterio de exclusión fueron la prevalencia de lesiones musculoesqueléticas y la incapacidad de ejecutar la prueba de cancha con obstáculos a máxima intensidad. Para la aplicación del protocolo, se utilizó un diseño cuasi experimental, cruzado intrasujeto. Cada sujeto ejecutó dos veces la prueba de cancha con obstáculos con 72 horas de diferencia. La suplementación con BS o placebo (PL) se realizó 60 min antes de cada prueba de cancha con obstáculos. La administración de BS o PL fue con un método de doble ciego con formato aleatorio. Antes de comenzar el estudio, a todos los sujetos se les midió el peso, estatura y pliegues cutáneos. A todos los participantes de la investigación se les solicitó que se abstuvieran de ingerir cafeína, medicamentos y cualquier sustancia que incrementara el metabolismo durante todo el experimento.

Sujetos

10 pentatletas militares profesionales fueron parte del estudio (edad: $25,5 \pm 6,0$ años; peso: $67,0 \pm 2,0$ Kg; estatura: $172,7 \pm 3,6$ cm; índice de masa corporal: $22,5 \pm 1,0$ kg/m²; porcentaje de grasa: $12,0 \pm 2,6\%$). Todos los sujetos fueron informados del objetivo del estudio y de los posibles riesgos del experimento, todos firmaron un consentimiento informado antes de la aplicación del protocolo. El consentimiento informado y el estudio fueron aprobados por el Comité de Bioética de la Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Valparaíso, Chile (registro número 933).

Instrumentos

Para la caracterización de la muestra, el peso y la estatura se midieron con la Balanza y Estadiómetro Health o Meter Professional®. Para determinar el porcentaje graso se midieron los pliegues cutáneos bicipital, tricipital, subescapular y supra espinal con un caliper F.A.G.A.® utilizando el método de Durnin y Womersley (1974)²⁵. Para el registro del tiempo en la prueba de cancha con obstáculos, se utilizaron fotocélulas marca Chronojump® y el software chronojump Versión 1.4.6.0®. Esta medición consideró un pórtico de apertura y otro de cierre al inicio y término de la cancha con obstáculos, respectivamente. Para la evaluación de la concentraciones de lactato ([La]) capilar post esfuerzo, se utilizó el lactómetro marca h/p/cosmos® que genera una detección enzimático-amperométrica de lactato con una precisión de $\pm 3\%$.

Calentamiento estandarizado

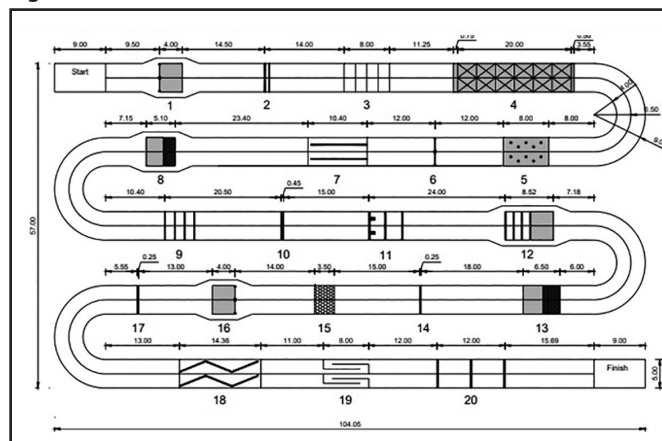
Para todas las evaluaciones el calentamiento estandarizado consistió en 10 minutos de movilidad articular, ejecutando movimientos de abducción, aducción y rotaciones de los miembros superiores e inferiores. Posteriormente los pentatletas ejecutaron trote continuo de 15 minutos a 130 latidos/minuto (para el registro de la frecuencia cardiaca se utilizó el monitor cardiaco marca Polar® modelo RS300), flexibilidad pasiva de 8 segundos de duración para cada grupo muscular, ejercicios de taloneo, skipping y tres aceleraciones de 80 metros.

Tratamiento

La prueba de cancha con obstáculos del Pentatlón Militar consiste en recorrer un circuito de 500 m de extensión con 20 obstáculos estandarizados de diferentes alturas y nivel de dificultad. Considera subir escaleras de 5 y 4 m de altura (obstáculos 1 y 17 respectivamente), pasar por 20 m red de cables de arrastre (obstáculo 4), escalar una pirámide de 3 m de altura (obstáculo 8), correr por sobre una viga de equilibrio en zig-zag de 8,5 m de longitud (obstáculo 18; el recorrido se efectúa por uno de los dos carriles y no se permite el traspaso de un carril a otro³ (Figuras 1 y 2).

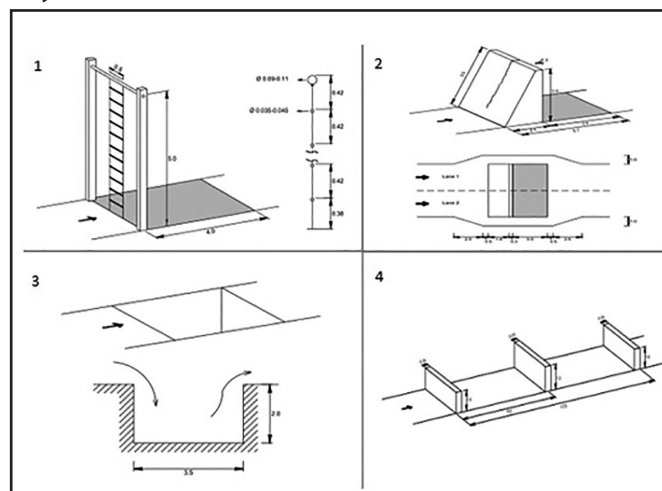
Cada pentatleta fue medido de forma individual respetado siempre el mismo orden y el horario de evaluación (todas las evaluaciones fueron realizadas durante la mañana). Cada deportista debió ejecutar la prueba de cancha con obstáculos en dos oportunidades con una diferencia de 72 horas, suplementado con BS o PL (Figura 3).

Figura 1. Circuito de cancha con obstáculos.



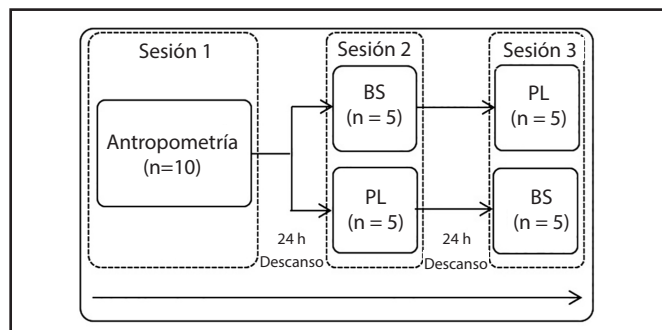
1: escalera de acero 5 m; 2: vigas dobles; 3: cable trampa; 4: red de cables de arrastre; 5: vado; 6: espaldera; 7: viga de equilibrio; 8: pared inclinada con cuerda; 9: vigas horizontales (arriba y abajo); 10: mesa irlandesa; 11: túnel y vigas dobles; 12: cuatro pasos de obstáculos; 13: banco y foso; 14: muro de asalto; 15: foso; 16: escalera vertical 4 m; 17: segundo muro de asalto; 18: viga de equilibrio (zigzag); 19: chicana; 20: 3 muros de asalto en sucesión.

Figura 2. Estaciones de la prueba de cancha con obstáculos de mayor dificultad técnica.



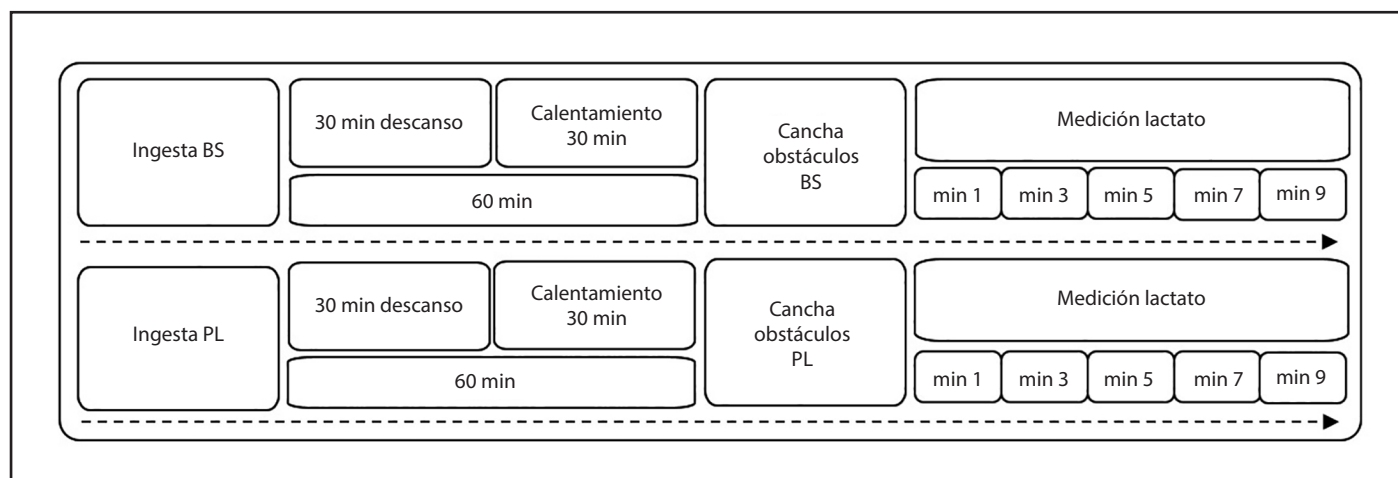
1: escalera de cuerda de 5 m; 2: pared inclinada con cuerda; 3: foso; 4: muros de asalto en sucesión.

Figura 3. Diseño metodológico para la aplicación del tratamiento con BS o PL.



h: horas; BS: Bicarbonato sódico; PL: Placebo.

Figura 4. Tiempo de espera entre ingesta de BS o PL y ejecución de prueba cancha con obstáculos.



BS: bicarbonato sódico; PL: Placebo; min: minuto.

Al término de cada prueba, se registró el tiempo empleado y se evaluaron las [La] capilar producido ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) post esfuerzo en los minutos 1, 3, 5, 7 y 9 (Figura 4). Todas las pruebas fueron aplicadas en la cancha con obstáculos ubicada en el recinto de la Academia Politécnica Naval de Viña del Mar, Chile.

Suplementación

Carga de Carbohidratos previo a la ejecución de la prueba de cancha con obstáculos (*timing* nutricional). Todos los atletas estuvieron a disposición dos horas antes de las prueba de cancha con obstáculos en condiciones de ayuno. Lo anterior, con la finalidad de estandarizar una comida pre-evaluación, las que estuvieron constituidas por 2 g de carbohidratos simples por kilogramo de peso corporal²⁶.

Suplementación BS o PL. Una hora antes de ejecutar la prueba de cancha con obstáculos, los deportistas ingirieron una solución de BS o PL²⁷. La primera solución, tuvo una concentración de $0,3\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de masa corporal diluido en 500 mL de agua destilada⁸. Mientras que la segunda (cloruro de sodio), tuvo a una concentración de $0,045\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de masa corporal diluida en 500 mL de agua destilada²⁸. La administración de la solución de bicarbonato de sodio o placebo fue de manera aleatoria con un formato de doble ciego.

Análisis estadístico

Los valores medios de las variables de tiempo y [La] fueron sometidos al test de normalidad Shapiro-Wilk. Posteriormente, el tiempo y las [La] se analizaron mediante la prueba t-Student para muestras independientes. El tamaño del efecto se calculó utilizando la prueba d de Cohen. Este último análisis considera un efecto insignificante ($d < 0,2$), pequeño ($d = 0,2$ hasta $0,6$), moderado ($d = 0,6$ a $1,2$), grande ($d = 1,2$ a $2,0$) o muy grande ($d > 2,0$). El nivel de significancia para todos los análisis estadísticos fue de $p < 0,05$. El análisis de datos se realizó con el software Graphpad Instat Versión 3.05[®].

Resultados

Aplicada la prueba t-Student, el tiempo realizado en la prueba de cancha con obstáculos suplementado con BS presentó una disminución estadísticamente significativa en comparación a la suplementación con PL ($p < 0,01$; TE = 0,48).

Por otra parte, las [La] post esfuerzo, bajo la suplementación con BS, presentaron un aumento significativo en comparación a la suplementación con PL para los 5, 7 y 9 minutos (Tablas 1 y 2).

Discusión

En relación al objetivo principal del estudio, la suplementación aguda con BS con una dosis de $0,3\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en pentatletas militares profesionales, y luego someterlos a una prueba glucolítica de máxima intensidad, evidenció un descenso significativo en el tiempo de ejecución de la prueba cancha con obstáculos de Pentatlón Militar al ser comparado con el grupo PL ($p < 0,05$). Si bien la literatura sugiere que la alcalinidad metabólica a través de la suplementación de BS permitiría tener una

Tabla 1. Tiempo en la prueba de cancha con obstáculos post ingesta de BS y PL.

		tiempo (s)
Tiempo	PL media \pm DS	155,0 \pm 6,5
	BS media \pm DS	152,6 \pm 9,0
	Δ PL - BS (s)	2,4
	% PL - BS	3,7%
	t de Studen	**
	d de Cohen	0,48

PL: placebo; BS: Bicarbonato Sódico; DS: desviación estándar; Δ : delta; s (segundos); **($p < 0,05$).

Tabla 2. Producción de lactato antes y después de la prueba cancha obstáculos con ingesta de BS y PL.

	Lactato						
	Inicio	Término	min 1	min 3	min 5	min 7	min 9
PL (mmol·L ⁻¹)	1,9 ± 0,6	11,6 ± 3,2	15,5 ± 2,5	16,5 ± 2,9	16,2 ± 1,8	15,3 ± 2,7	13,9 ± 2,6
BS (mmol·L ⁻¹)	2,3 ± 0,6	12,1 ± 4,7	16,6 ± 3,4	18,4 ± 2,3	18,4 ± 2,1	18,9 ± 2,4	17,0 ± 3,2
Δ PL – BS (mmol·L ⁻¹)	-0,41	-0,50	-1,10	-1,90	-2,20	-3,60	-3,10
% PL – BS	21,0%	4,3%	7,0%	11,5%	13,5%	23,5%	22,3%
t de Student	ns	ns	ns	ns	*	*	*
d de Cohen	0,62	0,14	0,37	0,74	1,08	1,37	1,03

PL: placebo; BS: Bicarbonato Sódico; DS: desviación estándar; mmol·L⁻¹: milimoles por litro; min: (minuto); *(p<0,05); ns: no significativo.

mayor performance en estímulos de máxima intensidad²⁸, este es el primer trabajo que ha evidenciado un incremento en el rendimiento en pentatletas militares en la prueba de cancha con obstáculos. En relación a lo anterior, es importante destacar que el sistema de clasificación final en una competencia de pentatlón militar depende del puntaje que se obtiene en cada una de las pruebas. Por lo tanto, la reducción de 2,4 segundos en promedio a través de la ingesta de BS, permite que los deportistas adicionen 17,1 puntos a la prueba³, este incremento en el rendimiento, asociado al puntaje de Pentatlón Militar puede significar mejorar la posición final o ganar la competencia. De igual manera, es importante realizar un análisis individual de los resultados obtenidos frente a la variación en el rendimiento que pueden manifestar los deportistas frente a este tipo de protocolos²⁹ (Tabla 3).

En relación a las [La] post esfuerzo, Saunders *et al.* (2014)³⁰ consideran que la intensidad del ejercicio, para este tipo de protocolos, debe ser la suficiente para tener una gran acumulación de H⁺, y por tanto, estos esfuerzos están limitados por el aumento de la acidosis muscular. En el presente estudio las [La] post esfuerzo del minuto 3 para grupo PL fueron de 16,5 ± 2,9 mmol·L⁻¹. Esto refleja una elevada actividad metabólica y gran intensidad de esfuerzo³¹. Al comparar el grupo suplementado con BS y PL, se evidenciaron diferencias significativas en los 5, 7 y 9 minutos post esfuerzo (p < 0,05). En comparación a diseños experimentales similares, Lindh *et al.* (2008)¹⁰ llevaron a un grupo de nadadores a fatiga máxima reportando valores de [La] sanguíneo post esfuerzo sobre los 15 mmol·L⁻¹, evidenciando una mejora en el rendimiento de la prueba de 200 m libres, pero con una diferencia en las [La] post esfuerzo desde el minuto 4. Sin embargo, en el presente estudio, se encontraron diferencias significativas en las [La] entre el grupo suplementado con BS y el grupo PL desde los 5 hasta los 9 minutos. Las diferencias entre el estudio de Lindh *et al.* (2008)¹⁰ y la presente investigación, podrían explicarse debido a que esfuerzos experimentados en la natación generan una producción de lactato más elevada y anticipada que en esfuerzos de tipo pedestres³². Por otra parte, el incremento significativo en la producción de lactato en el grupo suplementado con BS en comparación con el grupo PL, podría estar asociado a una elevación en las concentraciones de bicarbonato en sangre, ya que este *buffer* produce un incremento en paralelo del gradiente intracelular/extracelular de H⁺, incrementando la actividad de los co-transportadores lactato/H⁺, generando un aumento en el flujo de H⁺ y lactato desde los músculos activos al medio

Tabla 3. Delta de rendimiento individual con PL y suplementación de BS.

Sujetos	Tiempo con PL (s)	Tiempo con BS (s)	Δ (s)	Diferencias porcentuales de tiempo entre PL y BS (%)
1	151,8	145,4	6,4	9,7
2	149,6	144,6	5,0	7,5
3	164,2	171,1	-6,9	-11,3
4	148,0	146,9	1,1	1,6
5	158,4	154,7	3,7	5,9
6	147,1	141,0	6,1	9,0
7	152,0	151,6	0,4	0,6
8	163,3	155,4	7,9	12,9
9	154,0	153,1	0,9	11,4
10	162,5	162,7	-0,2	-0,3

PL (placebo); BS (bicarbonato sódico); (s) segundos; Δ (delta)

extracelular³³. Por consiguiente, la atenuación de la acumulación de H⁺ en los músculos permite que la resíntesis glucolítica de ATP continúe en condiciones más favorables, retrasando la fatiga muscular durante el ejercicio de alta intensidad³³, esto permitiría asociar que una mayor actividad glicolítica produciría un aumento del rendimiento y tasas de lactato más elevadas³⁴. De lo anterior, Wang *et al.* (2019)³⁵ sostienen que el nivel máximo de lactato después del ejercicio representa la tolerancia máxima del organismo a la producción de lactato, reflejando también la capacidad del sistema glicolítico para producir ATP.

Respecto al protocolo de ingesta de BS y al tiempo de espera entre la ingesta y las pruebas máximas, los primeros estudios que analizaron esta variable sugirieron tiempos de espera de dos horas para la aplicación del tratamiento³⁶. A diferencia del protocolo utilizado por Siegler *et al.* (2010)³⁶, Maliqueo *et al.* (2018)¹⁴ evidenciaron resultados favorables en una prueba de tiempo límite por sobre la velocidad de umbral láctico utilizando un tiempo de espera de 60 minutos entre la ingesta y aplicación de la prueba máxima. Del mismo modo, Miller *et al.* (2016)¹⁸ estudiaron la repuesta de tiempo de ingesta individual y rendimiento deportivo en una prueba de resistencia a la velocidad, estableciendo que el tiempo promedio de ingesta para encontrar un pH

máximo individual fue a los 68 minutos post ingesta (tiempo similar al utilizado en el presente estudio). Si bien, la evidencia está demostrando que el tiempo de ingesta y la aplicación de la prueba máxima deben efectuarse de manera individualizada³⁷, resultaría interesante considerar la variación individual a diferentes tiempos de ingesta para deportistas de élite, dado que la mayoría de los estudios consideran a deportistas recreacionales o no especifican su nivel deportivo³⁸.

En relación a la dosificación utilizada en el presente estudio, existen recomendaciones que una dosis segura para humanos es de 0,3 g·Kg⁻¹(8), logrando mantener los valores de pH y bicarbonato arterial de manera más favorable¹². Por tal razón y al no encontrar mayores antecedentes sobre suplementación de bicarbonato sódico en deportistas militares, menos en pentatletas militares, para este estudio se estableció la dosis con más reportes científicos favorables, ya sea en esfuerzos pedestres de larga corta o larga duración³⁹ o protocolos de corta duración y alta intensidad⁴⁰.

Conclusiones

Basados en los resultados obtenidos, se puede concluir que la suplementación aguda con BS, con una dosis de 0,3 g·Kg⁻¹ ingerida 60 minutos antes de la prueba cancha con obstáculos, reduce de manera significativa el tiempo de ejecución en pentatletas militares profesionales, traduciéndose en una mejora del rendimiento. Además, la ingesta de BS generó una mayor concentración de lactato sanguíneo post esfuerzo, evidenciando la efectividad en la salida de este metabolito desde de los músculos activos al torrente sanguíneo. Por lo tanto, la suplementación aguda con BS podría ser considerada como una ayuda ergogénica por los pentatletas militares.

Aplicaciones prácticas

Para conseguir los efectos deseados en el rendimiento, en primera instancia se debe realizar la carga de carbohidratos previa recomendada²⁶, y evitar el consumo de suplementos deportivos. Esto último, con el propósito de minimizar molestias gastrointestinales o la interacción del BS con otras sustancias que pueden estar contenida en algunos suplementos. Es importante que los atletas posean un nivel de entrenamiento *ad-hoc* a la gran demanda metabólica y de estrés neuromuscular que genera esta prueba, esto asegurará que los atletas terminen la prueba y no abandonen la carrera en algún obstáculo. Como se mencionó en el protocolo, la ingesta del BS debe considerar una concentración de 0,3 g·Kg⁻¹ de masa corporal diluido en 500 mL de agua destilada⁷, esta dosis debe ser ingerida 30 minutos antes de iniciar el calentamiento, el que debe contener movilidad articular, trote y ejercicios que incrementen la intensidad del esfuerzo de manera progresiva.

Agradecimientos

Los autores agradecen al equipo de Pentatlón Militar de la Armada de Chile por participar de manera desinteresada en el presente estudio.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Ojeda AH. Evolución del Pentatlón Militar como disciplina de alto rendimiento. *Rev Mar.* 2016;5:56-9.
- Moschopoulos AI, Albanidis E, Anastasiou A, Antoniou P. Organised military sports of the hellenic armed forces for the period 1948–1968. *Int J Hist Sport.* 2015;32:351-66.
- Council International Military Sports. Military Penathlon Regulations. 2019. (consultado 0807/2019). Disponible en: <http://www.milспорт.оne/sports/military-pentathlon>
- Lazăr I. Motility structure and dynamic specific efforts in obstacle course test. "Mircea cel Batran" *Nav Acad Sci Bull.* 2011;14:184-8.
- Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiol Rev.* 2008;88:287-332.
- Cameron SL, McLay-Cooke RT, Brown RC, Gray AR, Fairbairn KA. Increased blood pH but not performance with sodium bicarbonate supplementation in elite rugby union players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010;20:307-21.
- Hood VL, Tannen RL. Protection of acid-base balance by pH regulation of acid production. *N Engl J Med.* 1998;339:819-26.
- Burke LM, Pyne DB. Bicarbonate loading to enhance training and competitive performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007;2:93-7.
- McNaughton LR, Gough L, Deb S, Bentley D, Sparks SA. Recent Developments in the Use of Sodium Bicarbonate as an Ergogenic Aid. *Curr Sports Med Rep.* 2016;15:233-44.
- Lindh AM, Peyrebrune MC, Ingham SA, Bailey DM, Folland JP. Sodium bicarbonate improves swimming performance. *Int J Sports Med.* 2008;29:519-23.
- Siegler JC, Marshall PWM, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic insights into the efficacy of sodium bicarbonate supplementation to improve athletic performance. *Sport Med.* 2016;2:41.
- Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on [HCO₃⁻], pH, and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21:189-94.
- Russell C, Papadopoulos E, Mezil Y, Wells GD, Pyley MJ, Greenway M, et al. Acute versus chronic supplementation of sodium citrate on 200 m performance in adolescent swimmers. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11:26.
- Maliqueo SG, Ojeda AH, Barrilao RG, Serrano PC. Time to fatigue on lactate threshold and supplementation with sodium bicarbonate in middle-distance college athletes. *Arch Med Deporte.* 2018;35:16-22.
- George KP, MacLaren DPM. The effect of induced alkalosis and acidosis on endurance running at an intensity corresponding to 4 mM blood lactate. *Ergonomics.* 1988;31:1639-45.
- Brisola GMP, Miyagi WE, da Silva HS, Zagatto AM. Sodium bicarbonate supplementation improved MAOD but is not correlated with 200-and 400-m running performances: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40:931-7.
- Joyce S, Minahan C, Anderson M, Osborne M. Acute and chronic loading of sodium bicarbonate in highly trained swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:461-9.
- Miller P, Robinson AL, Sparks SA, Bridge CA, Bentley DJ, McNaughton LR. The effects of novel ingestion of sodium bicarbonate on repeated sprint ability. *J Strength Cond Res.* 2016;30:561-8.
- Hobson RM, Harris RC, Martin D, Smith P, Macklin B, Elliott-Sale KJ, et al. Effect of sodium bicarbonate supplementation on 2000-m rowing performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9:139-44.
- Casey A, Hughes J, Izard RM, Greeves JP. Supplement use by UK-based British Army soldiers in training. *Br J Nutr.* 2014;112:1175-84.
- Armentano MJ, Brenner AK, Hedman TL, Solomon ZT, Chavez J, Kemper GB, et al. The effect and safety of short-term creatine supplementation on performance of push-ups. *Mil Med.* 2007;172:312-7.
- McClung JP, Karl JP, Cable SJ, Williams KW, Nindl BC, Young AJ, et al. Randomized, double-blind, placebo-controlled trial of iron supplementation in female soldiers during military training: effects on iron status, physical performance, and mood. *Am J Clin Nutr.* 2009;90:124-31.
- Hoffman JR, Stout JR, Harris RC, Moran DS. β-Alanine supplementation and military performance. *Amino Acids.* 2015;47:2463-74.
- Zareyan P. Effect of sodium bicarbonate supplementation before exhaustive activity on physiological parameters of fatigue in conscripts: A study in Sanandaj, Iran. *Ann Mil Heal Sci Res.* 2015;13:62-6.
- Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32:77-97.

26. Ojeda AH, Contreras-Montilla O, Maliqueo SG, Jorquera-Aguilera C, Fuentes-Kloss R, Barrilao RG. Efectos de la suplementación aguda con beta-alanina sobre una prueba de tiempo límite a velocidad aeróbica máxima en atletas de resistencia. *Nutr Hosp.* 2019;36:698-705.
27. Siegler JC, Midgley AW, Polman RCJ, Lever R. Effects of various sodium bicarbonate loading protocols on the time-dependent extracellular buffering profile. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2551-7.
28. Van Montfoort MCE, Van Dieren L, Hopkins WG, Shearman JP. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate, and chloride on sprint running. *Med Sci Sport Exerc.* 2004;36:1239-43.
29. Jones RL, Stellingwerff T, Artioli GG, Saunders B, Cooper S, Sale C. Dose-response of sodium bicarbonate ingestion highlights individuality in time course of blood analyte responses. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2016;26(5):445-53.
30. Saunders B, Sale C, Harris RC, Sunderland C. Sodium bicarbonate and high-intensity-cycling capacity: variability in responses. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9:627-32.
31. Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sport Med.* 1996;22:157-75.
32. Farber HW, Schaefer EJ, Franey R, Grimaldi R, Hill NS. The endurance triathlon: metabolic changes after each event and during recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:959-65.
33. Junior AHL, de Salles Painelli V, Saunders B, Artioli GG. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sport Med.* 2015;45:71-81.
34. Galloway SDR, Maughan RJ. The effects of induced alkalosis on the metabolic response to prolonged exercise in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1996;74:384-9.
35. Wang J, Qiu J, Yi L, Hou Z, Benardot D, Cao W. Effect of sodium bicarbonate ingestion during 6 weeks of HIIT on anaerobic performance of college students. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16(1):18.
36. Siegler JC, Gleadall-Siddall DO. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2010;24:3105-11.
37. Sparks A, Williams E, Robinson A, Miller P, Bentley DJ, Bridge C, et al. Sodium bicarbonate ingestion and individual variability in time-to-peak pH. *Res Sport Med.* 2017;25:58-66.
38. Gough LA, Deb SK, Sparks AS, McNaughton LR. The reproducibility of blood acid base responses in male collegiate athletes following individualised doses of sodium bicarbonate: a randomised controlled crossover study. *Sport Med.* 2017;47:2117-27.
39. Freis T, Hecksteden A, Such U, Meyer T. Effect of sodium bicarbonate on prolonged running performance: A randomized, double-blind, cross-over study. *PLoS One.* 2017;12:e0182158.
40. Delestrat A, Mackessy S, Arceo-Rendon L, Scanlan A, Ramsbottom R, Calleja-Gonzalez J. Effects of three-day serial sodium bicarbonate loading on performance and physiological parameters during a simulated basketball test in female university players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28:547-52.