PubliCE, (PubliCE) 2008

Monograph

Efectos de la Suplementación con Bicarbonato sobre la Fuerza Muscular

Jefferson Da Silva Novaes[2], Wollner Materko[1] y Edil Luis Santos[1,2]

[1]*Biomedical Engineering Program (PEB), Graduate School in Engineering Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.*
[2]*Human Motricity Biosciences Laboratory (LABIMH), Human Motricity Science Program (PROCIMH), Castelo Branco University, Rio de Janeiro, Brasil.*

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue estudiar el efecto ergogénico del $NaHCO_3$ sobre la fuerza muscular. Once sujetos saludables de sexo masculino, con experiencia en entrenamiento de fuerza fueron asignados al azar a dos grupos que debían ingerir dos soluciones diferentes, una que contenía bicarbonato de sodio y la otra que contenía cloruro de sodio. Las sustancias correspondientes a tratamiento fueron disueltas en agua, e ingeridas 2 h antes de una prueba de fuerza muscular. Siguiendo un diseño de doble ciego y controlado con placebo, cada voluntario realizó una prueba de 10 repeticiones máximas (10 RM) en press de banca (BP) y dorsales en polea (PP) en tres condiciones: (1) sin suplementación (C); (2) con suplementación con bicarbonato (S); y (3) con placebo (P). Todas las pruebas (C, S y P) fueron repetidas y la segunda prueba fue tomada como referencia. La confiabilidad de las pruebas fue analizada mediante el test de Wilcoxon para datos ordenados de a paresy la carga de trabajo relativa en 10 RM en BP y PP fue analizada mediante un ANOVA de mediciones repetidas y con el test *post hoc* de Fisher (α=0,05). En las pruebas realizadas en BP, no se registraron diferencias significativas, y los valores medios observados en los diferentes tratamientos fueron 99,7±18 kg (C), 103,2 ±17,8kg (S) y 103,6±18,3 Kg (P). De manera similar, los valores medios obtenidos en la prueba PP fueron 68±10,7kg (C) y 70,1±11,0kg (S) y 69,6±10,8Kg (P), y tampoco en este caso se observaron diferencias significativas. Según este diseño experimental los presentes resultados sugieren que la ingestión de $NaHCO_3$ no afecta la fuerza muscular.

Palabras Clave: ejercicio, rendimiento, alcalosis, bicarbonato, muscular

INTRODUCCION

El entrenamiento de la fuerza (RT) es un importante componente de un programa de aptitud física integral. Un programa de RT adecuado debe basarse en diferentes factores, entre los que se incluyen el estado de salud y nivel de aptitud física, las metas del participante, aplicación adecuada de los principios de entrenamiento y las condiciones ambientales donde se realiza el entrenamiento (1). Un RT de alta intensidad involucra una demanda de energía, que requiere un elevado nivel del metabolismo anaeróbico. En consecuencia, disminuyen los niveles de fosfatos de alta energía, adenosin trifosfato (ATP), y fosfocreatina (CP), y aumentan los niveles de fosfato inorgánico (Pi), ADP, lactato (Lac^-), y de iones de hidrógeno (H^+), lo que contribuye al desarrollo de la fatiga (2, 3). A pesar de la controversia observada en la literatura, un estudio clásico (4) demostró que el aumento en la producción de lactato coincide con la acidosis celular, lo que lo posicionaría como un buen

marcador indirecto de las condiciones del metabolismo celular que inducen la acidosis metabólica. Por consiguiente, la producción de Lac^- podría estimular la regeneración continua de ATP, retardando la acidosis y, por consiguiente, la aparición de la fatiga.

Durante el ejercicio anaeróbico de alta intensidad, el principal factor que provoca la fatiga es la acidosis.

Por consiguiente, un aumento en la concentración de H^+ provoca disminución en el pH muscular y de la sangre (5), retarda la glucólisis (6), interfiere con la liberación del calcio del retículo sarcoplásmico y de los iones de unión al calcio (7), y aumenta la percepción de la fatiga (8). Estudios previos demostraron que la actividad miofibrilar de la ATPasa también puede ser afectada por el cambio en el gradiente de pH en las células musculares, lo que produce una inhibición de la interacción entre la actina y la miosina (7). Además, en seres humanos se observó previamente que la alcalosis metabólica inducida por la ingestión de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) retarda la acidosis y, por consiguiente, permite que se alcance una mayor concentración de Lac^- en sangre durante el ejercicio (9).

Desafortunadamente, la mayor parte de los estudios que analizaron los efectos de la alcalosis metabólica sobre el metabolismo del Lac^- se han centrado en la posible capacidad de la suplementación con bicarbonato para aumentar el rendimiento (10). Se piensa que la ingestión de $NaHCO_3$ aumenta el rendimiento amortiguando los H^+ producidos durante el ejercicio, limitando así, los efectos de la disminución en el pH intramuscular (11). A partir de ello, numerosos estudios se han focalizado en los efectos de la inducción de alcalosis metabólica sobre el rendimiento en el ejercicio (12). La ayuda ergogénica generalmente está asociada con diferentes efectos, tales como: aumento en la concentración de bicarbonato en sangre (13), aumento de la concentración de lactato en sangre (14), disminución del esfuerzo percibido (10), aumento del tiempo hasta el agotamiento en el ejercicio (15), y también, aumento en el rendimiento en el entrenamiento de fuerza de alta intensidad (16, 17, 18, 19), ejercicios en bicicleta ergométrica (20, 21), ejercicios en cinta rodante (22), carrera de nivel competitivo (23, 24), natación (25), remo (26) y judo (27).

Se ha observado que la alcalosis metabólica producida a través de la ingestión o infusión de $NaHCO_3$ aumenta el rendimiento en ejercicios de alta intensidad y corta duración (16, 18, 19), pero los mecanismos por los cuales se produce este efecto no han sido completamente establecidos. Se han propuesto diferentes mecanismos para explicar la acción del lactato, entre los que se incluyen la resíntesis de ATP y Pi, glucógeno muscular y hepático, síntesis de proteínas, recuperación de las reservas de O_2, así como también la formación de H_2O y CO_2 (4). Estos mecanismos generalmente han sido asociados con el efecto ergogénico del $NaHCO_3$ durante el ejercicio (16, 23, 24, 25). En tal sentido un trabajo previo (14) demostró que un aumento en el pH plasmático durante el reposo puede producir una demora en el inicio de la acidificación intracelular durante la realización de ejercicio incremental. En este contexto, es aceptable suponer que el bicarbonato de sodio puede ser útil para compensar el proceso de fatiga durante el ejercicio de alta intensidad.

En un esfuerzo para establecer los posibles mecanismos responsables del aumento en el contenido de Lac^- sanguíneo en la alcalosis metabólica, en el presente estudio se utilizó una dosis ingerida por vía oral de $NaHCO_3$ de 0,3 $g.kg^{-1}$, la cual se observó, en estudios previos, que inducía significativamente alcalosis metabólica, influía en la gluconeogénesis y aumentaba el rendimiento (28). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación consistió en estudiar el efecto ergogénico agudo del $NaHCO_3$ sobre la fuerza muscular.

METODOS

Sujetos

El diseño consistió en un estudio transversal, basado en una encuesta realizada a la comunidad, en el cual los sujetos fueron seleccionados al azar de los gimnasios de la ciudad de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil. En este estudio participaron once varones de entre 19 y 39 años de edad que habían participado en un programa de entrenamiento de fuerza durante el año anterior, y no poseían limitaciones físicas que les impidieran levantar un peso máximo. Se solicitó a los sujetos que evitaran realizar actividad física intensa durante las 24 hs previas a la sesión de prueba y también se les solicitó que evitaran el consumo de alcohol, cafeína, cigarrillos, y comidas abundantes, por lo menos, tres horas antes de la evaluación. El Comité Ética de la Universidad de Estacio de Sa aprobó el protocolo de estudio, y todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito. El estudio cumplió con los requisitos planteados en la Declaración de Helsinki de 1975 revisada en 1983.

Procedimientos

Durante una sesión de orientación, se explicaron verbalmente los procedimientos de evaluación y el tiempo que

demandaría la participación en este estudio a los potenciales participantes. Se realizaron mediciones de talla, peso, edad y porcentaje de grasa corporal a través de la medición de pliegues cutáneos.

Para obtener las mediciones de pliegues cutáneos en siete sitios y estimar la densidad corporal, se utilizó un calibre Lange (29). El porcentaje de grasa corporal fue determinado en base a la densidad corporal utilizando la ecuación de Siri (30). Luego de estas valoraciones, con el fin de familiarizarlos con las pruebas (31), se dio instrucciones a los sujetos sobre la técnica adecuada para realizar los ejercicios de press de banca (BP) y dorsales en polea (PP) y se siguió el protocolo citado previamente (32). Los sujetos descansaron 3-5 minutos entre cada esfuerzo/intento y, por lo menos, 48 h entre las valoraciones de 10 RM. Cuando el sujeto pudiera levantar el peso solo 10 veces, ese valor sería considerado como la fuerza de 10 RM del sujeto en una velocidad de contracción moderada (1-2 s concéntrico y 1-2 s excéntrico).

Prueba en Press de Banca

El levantador se colocó en posición supina, manteniendo la cabeza, hombros, y espalda en contacto permanente con el banco de levantamiento de pesas. Los pies del levantador permanecían inmóviles, apoyados en el suelo durante toda la prueba en press de banca. El sujeto recibía la barra con los brazos extendidos en un punto 1-2 cm por debajo de la línea de las tetillas a lo largo del pecho, de la mano de un ayudantelocalizado detrás de la cabecera del banco, cerca del juez. El árbitro principal emitía una orden de levantar la barra, y el levantador debía extender sus brazos, levantando el peso hasta su posición inicial. Una vez que los brazos estaban completamente extendidos, el árbitro principal daba una orden de apoyar la barra, y los asistentes ayudaban al levantador a retornar el peso atrás a los soportes del banco.

Prueba en Dorsales en Polea

En esta prueba, los voluntarios permanecieron sentados con el tronco derecho y las rodillas flexionadas a aproximadamente 90º con los muslos fijos al dispositivo estándar con palanca deflectora colocado delante del cuerpo, las manos sosteniendo la polea con los codos totalmente extendidos y los brazos por encima del cuerpo con el tronco derecho.

La resistencia fue proporcionada a través de la barra de pesas estándar contra el movimiento de tirón, provocando la aducción de los hombros y la flexión del codo. Para la ejecución, el sujeto debía tirar la barra hacia abajo contra el cuerpo por debajo de la mandíbula, con la cabeza orientada en el plano de Francfort (plano aurículo orbital).

Durante la segunda y tercera sesiones de evaluación, los sujetos fueron asignados al azar a los dos tratamientos que consistían en ingerir o una solución de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$: $0,3g.kg^{-1}$) o una solución de cloruro de sodio (NaCI: $0,045g.kg^{-1}$). Las soluciones fueron disueltas en agua, e ingeridas 2 h antes de la prueba de fuerza muscular. Para reducir el efecto del aprendizaje al realizar los levantamientos, el estudio fue realizado con un diseño en doble ciego controlado con placebo. Cada voluntario realizó una prueba de 10 repeticiones máximas (10RM) en press de banca (BP) y otra similar en dorsales en polea (PP) siguiendo tres tratamientos: (1) sin suplemento (C); (2) consumiendo suplemento con bicarbonato (S); y (3) consumiendo suplemento placebo (P). La confiabilidad de las pruebas de fuerza de 10 RM fue determinada realizando cada prueba dos veces (prueba de familiarización y segunda prueba). Todas las pruebas (C, S y P) fueron repetidas y la segunda prueba fue tomada como prueba de referencia. Todas las valoraciones de fuerza fueron realizadas en una máquina de levantamiento de pesas de tipo *Smith* (*Buick Industries, Brasil*).

Análisis Estadísticos

Dado que mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov se observó que los datos no presentaban una distribución normal, se aplicó el coeficiente de concordancia de Kendall para evaluar la homogeneidad intra-grupo. La reproducibilidad de las pruebas de fuerza de 10 RM fue analizada mediante el test no paramétrico de Wilcoxon para datos ordenados de a pares y la asociación entre test y re-test fue expresada a través del coeficiente de correlación de Spearman. Las cargas relativas de trabajo en las 10 RM en BP y PP fueron comparadas mediante un ANOVA de mediciones repetidas de Friedman seguido del test *post hoc* de Fisher. La significancia estadística fue fijada en un nivel del alfa menor o igual a 0,01. Los datos fueron analizados con el *software* Matlab v 6,2 (*Mathworks, EUA*), y los valores de los datos descriptivos fueron expresados como media y desviación estándar (DS).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan las características antropométricas de los sujetos.

Variables	Media±DS
Edad (años)	23,0 ±2,7
Peso (Kg)	83,2 ±6,5
Talla (cm)	176,1 ±16,5
Grasa Corporal (%)	15,3 ± 4,5

Tabla 1. *Características antropométricas de los participantes.*

Aún cuando los resultados de las 10 RM estuvieron altamente correlacionados (r=0,94-0,98 para BP y r=0,96-0,98 para PP), se registraron diferencias significativas entre test y re-test en las pruebas de fuerza de 10 RM en BP y PP en los tres tratamientos, el re-test de 10 RM fue tomado como referencia en el análisis (Tabla 2). Sin embargo, la gran dispersión de datos observada mediante el coeficiente de concordancia de Kendall (r=0,52) indicó la heterogeneidad de la muestra.

Procedimientos	Press de Banca (BP)			Dorsales en Polea (PP)		
	Test	Re-test	r	Test	Re-test	r
Sin $NaHCO_3$	95,5±17,8	99,8±18	0,98	65,5±10	68,7 ±10,4	0,98
$NaHCO_3$	96,4±6,5	102,3±17,7	0,98	66,8±10	70,2 ±10,4	0,96
Placebo	98,0±19,2	102,2±18,6	0,94	66,3±9,7	70,1 ±11	0,97

Tabla 2. *Rendimiento de los sujetos en las pruebas de fuerza de 10 RM en BP y PP en función de los diferentes tratamientos. Los valores se expresan como valores medios±DS (Kg).*

Como se observa en la Figura 1, los valores medios para la prueba BP fueron 99,7±18 kg (C), 103,2±17,8 kg (S) y 103,6±18,3 kg (P) (Figura 1A), y no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. De manera similar, los valores medios obtenidos en la prueba PP fueron 68±10,7 kg (C) y 70,1±11 kg (S) y 69,6±10,8 kg (P) (Figura 1B). A pesar de que tanto en el grupo que recibió suplementación como en el grupo placebo se observó una tendencia hacia el aumento en la carga de trabajo en 10 RM con respecto al grupo control, no se observaron diferencias significativas entre los grupos

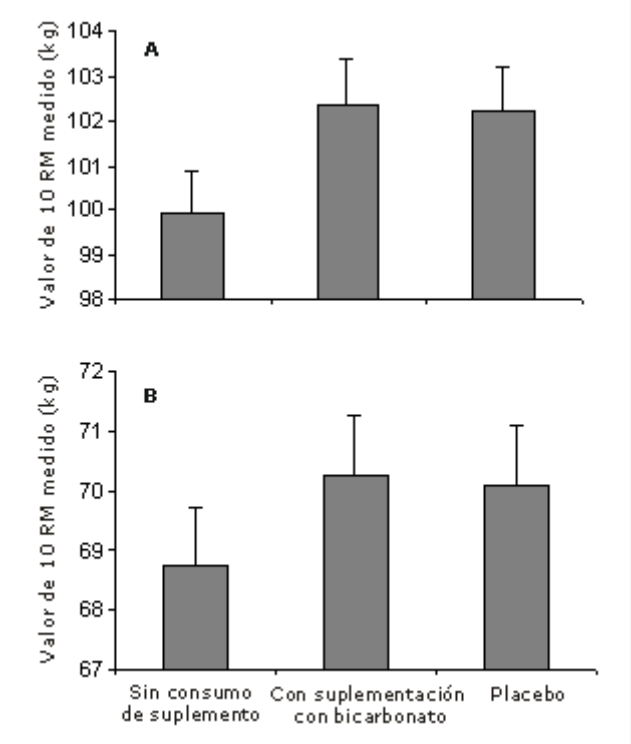

Figura 1. *Rendimiento de fuerza muscular en 10 repeticiones máximas (10RM) en press de banca (Figura A) y dorsales en polea (Figura B) en los tres tratamientos: sin suplementación con bicarbonato, con suplementación con bicarbonatoo y placebo.*

Durante el ejercicio en BP, la diferencia entre los valores medios de C y S fue un aumento de 2,4±1,7 kg (2,4 % de las 10 RM medidas) y entre C y P, se observó un aumento similar de 2,3±6,2 kg (2,4 % de las 10 RM medidas). Respecto a la prueba realizada en PP, se observó un aumento medio de 1,5±1,0 kg (2,2 % de las 10 RM determinadas) en el grupo S con respecto al controly un aumento similar (1,3±2,3 kg; 2,0 % de las 10 RM medidas) en el grupo P.

DISCUSION

El presente estudio planteó la hipótesis sostiene que una dosis de 0,3 $g.Kg^{-1}$ masa corporal de bicarbonato de sodio podría afectar el rendimiento de la fuerza muscular durante ejercicios realizados en press de banca y dorsales en polea. No obstante, según los resultados obtenidos en este estudio, si bien se observó un aumento en la capacidad de trabajo, tanto en el grupo que recibió el suplemento (S) como en el grupo placebo (P), el $NaHCO_3$ no se comportó como una ayuda ergogénica exitosa durante el ejercicio.

Los problemas asociados con el uso de bicarbonato tales como; vómitos, náuseas y diarrea que no son raros después de su ingestión, pueden empañar sus potenciales beneficios, y esto limitaría cualquier esfuerzo para mejorar el rendimiento atlético, especialmente entre las personas susceptibles a los problemas gastrointestinales (33). En el presente estudio no se registró ningún problema asociado con el uso de bicarbonato durante o inmediatamente después de las pruebas, lo que podría atribuirse a que utilizamos una dosis baja (33). Además, se instruyó a los participantes acerca la técnica de levantamiento apropiada para realizar los ejercicios de press de banca y dorsales en polea y no se observaron incidentes que provocaran alguna lesión muscular ni dolor muscular de aparición tardía. Si bien en un estudio reciente (34) no se observó ninguna diferencia significativa entre las pruebas de fuerza de 1RM de familiarización y el re-test, hay estudios previos (35, 36) que al igual que el presente estudio, observaron diferencias significativas entre el test y el re-test.

Si bien ha sido ampliamente demostrado que el $NaHCO_3$ aumenta el rendimiento en diferentes ejercicios de alta intensidad, como correr (22, 23), ciclismo (19,20), judo (26), remo (25) y natación (24), hay pocos estudios que hayan evaluado la influencia del bicarbonato de sodio sobre la fuerza muscular a través del entrenamiento de fuerza dinámico (15, 18). Los resultados de estos últimos estudios demostraron que, el $NaHCO_3$ no necesariamente aumenta el rendimiento en los ejercicios para las piernas que habitualmente se utilizan en el entrenamiento de fuerza y por lo tanto estos

resultados concuerdan con los obtenidos el presente estudio (15, 18).

Entre los mecanismos asociados con la alcalosis metabólica inducida por la ingestión de bicarbonato de sodio, se puede incluir el incremento en la degradación de PCr muscular, la utilización de glucógeno muscular, y la acumulación de lactato plasmático (14). En estudios previos (16, 18) se observó que la ingestión de $NaHCO_3$ aumentaba el pH plasmático en condiciones de reposo, lo que provocaba una demora en el establecimiento de acidificación intracelular durante el ejercicio incremental, de manera contraria el $NaHCO_3$ no estuvo asociado con el aumento en la acumulación de Lac^- plasmático o con la degradación de PCr, pero al igual que en nuestro estudio, en dichos estudios, no se realizaron evaluaciones de los parámetros sanguíneos, por lo tanto, sólo es posible especular acerca de los efectos sobre el rendimiento. A diferencia del presente estudio, hay trabajos previos (9,37) que sugieren que el bicarbonato de sodio podría ser utilizado para compensar el proceso de fatiga durante ejercicios intermitentes prolongados o los efectos de la ingestión crónica de $NaHCO_3$.

Nosotros supusimos que la ingestión de $NaHCO_3$ podría aumentar el rendimiento a través de un efecto amortiguador sobre los H^+ producidos durante el ejercicio (10), debido a que se observó un pequeño aumento en el tratamiento que recibió la suplementación con bicarbonato. Sin embargo, también se observó un aumento en el rendimiento en el tratamiento con placebo, lo que no nos permite descartar el “efecto placebo”. Debido a que este efecto, ha sido previamente asociado con el control de enfermedades como el cáncer (38), es posible que el "efecto placebo" haya tenido influencia en la fuerza muscular durante los ejercicios.

A pesar de que no se observara un aumento significativo en ninguno de los ejercicios de fuerza, nosotros podríamos suponer que el efecto atribuido al bicarbonato puede interferir en la fuerza durante series secuenciales de ejercicios de fuerza (16, 18).

No obstante, trabajos previos (15, 18), estudiaron el efecto de la suplementación sobre la fuerza, sometiendo a sujetos de sexo masculino a 4-5 series de ejercicios de 12 RM hasta el agotamiento en press de piernas en máquina. Ambos ejercicios fueron realizados 105 min después de haber ingerido 0,3 $g.Kg^{-1}$ de placebo o de bicarbonato de sodio, pero al igual que en nuestro estudio, no se observó ningún aumento en el rendimiento en el estudio. De manera contraria, Coombes y colaboradores (16), usando un dinamómetro isocinético *Cybex 340* en condiciones control, de alcalosis, y con placebo, concluyeron que la ingestión de 0,3 $g.Kg^{-1}$ de $NaHCO_3$ mejoró el trabajo total y los valores de torque máximo en ejercicios para las piernas en nueve sujetos saludables de sexo masculino. Este resultado sugiere que podría usarse bicarbonato como una ayuda ergogénica durante el trabajo isocinético y le permite al atleta tener más fuerza.

La razón por la cual observamos resultados contradictorios no está clara, sin embargo las variaciones en la intensidad y duración de las pruebas de ejercicio, la dosificación y duración de la administración de $NaHCO_3$, y el tiempo transcurrido entre la administración y el comienzo de la prueba son todos factores que pueden explicar estas diferencias. De hecho, en el presente estudio no se realizaron mediciones de parámetros sanguíneos, por lo tanto sólo es posible especular sobre los efectos sobre el rendimiento pero no sobre los efectos intermedios sobre los parámetros plasmáticos. No obstante, sería interesante plantear nuevos trabajos de investigación que analicen el comportamiento del pH plasmático, lactato, HCO_3- o incluso la presión parcial de CO_2 (PCO_2). Por consiguiente, sería necesario realizar experimentos adicionales con un mayor número de sujetos y con protocolos de ejercicios de fuerza de mayor intensidad.

Conclusiones

De acuerdo a este diseño experimental, los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la ingestión de $NaHCO_3$ no genera un efecto agudo sobre el rendimiento muscular en ejercicios de 10 RM en press de banca y en dorsales en polea.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Prof. Edil Luis Santos, Ph.D, Biomedical Engineering Program, Graduate School in Engineering, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, PO box 68510. CEP: 21945-970. Teléfono: +55 (21) 2562-8631; Fax: +55 (21) 2562-8591; correo electrónico: edil.luis@bol.com.br.

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine (2002). Joint Position Stand: Progression Models In Resistance Training For Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc 34(2): 364-380*

2. Calbet J. A. L., Paz J. A., Garatachea N., Vaca C. S., Chavarren J (2003). Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclist. *J Appl Physiol 94:668-676*
3. Bangsbo J (1998). Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Med Sci Sports Exerc 30 :47-52*
4. Robergs R. A., Ghiasvand F., Parker D (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Reg Integr Comp Physiol 2004; 287:502-516*
5. Kemp G (2007). Muscle cell volume and pH changes due to glycolytic ATP synthesis. *J Physiol 582(1):461-465*
6. Swank A. M., Robertson R. J (2002). Effect of induced alkalosis on perception of exertion during exercise recovery. *J Strength Cond Res 16(4):491-9*
7. Price M., Moss P., Rance S (2003). Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc 35(8):1303-8*
8. Ciocca M (2005). Medication and supplement use by athletes. *Clin Sports Med 24(3):719-38, x-xi*
9. Requena B., Zabala M., Padial P., Feriche B (2005). Sodium bicarbonate and sodium citrate: ergogenic aids?. *J Strength Cond Res 19(1):213-24*
10. Robergs R., Hutchinson K., Hendee S., Madden S., Siegler J (2005). Influence of pre-exercise acidosis and alkalosis on the kinetics of acid-base recovery following intense exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab 15 (1):59-74*
11. Zoladz J. A., Szkutnik Z., Duda K., Majerczak J., Korzeniewski B (2005). Preexercise metabolic alkalosis induced via bicarbonate ingestion accelerates Vo2 kinetics at the onset of a high-power-output exercise in humans. *J Appl Physiol 98(3):895-904*
12. Raymer G. H., Marsh G. D., Kowalchuk J. M., Thompson R. T (2004). Metabolic effects of induced alkalosis during progressive forearm exercise to fatigue. *J Appl Physiol 96 (6):2050-6*
13. Verbitsky O., Mizrahi J., Levin M., Isakov E (1997). Effect of ingested sodium bicarbonate on muscle force, fatigue, and recovery. *J Appl Physiol 83 (2):333-7*
14. Portington K. J., Pascoe D. D., Webster M. J., Anderson L. H., Rutland R. R., Gladden L. B (1998). Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. *Med Sci Sports Exerc 30 (4):523-8*
15. Coombes J., McNaugton L. R (1993). Effects of bicarbonate ingestion on leg strength and power during isokinetic knee flexion and extension. *J Strength Cond Res 7 (4): 241-249*
16. Gardnier P. L., Dobouchaud H., Mercier B. M., Mercier J. G., Ahmaid S., Prefaut C. G (1996). Effects of NaHCO3 on lactate kinetics in forearm muscles during leg exercise in man. *Med Sci Sports Exerc 28:692-7*
17. Webster Michael J., Webster Miriam N., Crawford Robert E., Gladden L. Bruce (1993). Effect of sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc 25 (8): 960-965*
18. Stephens T. J., McKenna M. J., Canny B. J., Snow R. J., McConell G. K (2002). Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc 34(4):614-21*
19. Tiryaki G. R., Atterbom H. A (1995). The effects of sodium bicarbonate and sodium citrate on 600m running time. *J Sports Med Phys Fitness 35: 277-80*
20. Goldfinch J. L., McNaugton L. R., Davies P (1988). Induced metabolic alkalosis and its effects on 400m racing time. *Euro J Appl Physiol 57: 45-48*
21. Pierce E. F., Eastman N. W., Hammer W., Lynn T. D (1992). Effect of induced alkalosis on swimming time trials. *J Sports Sci 10: 255-9*
22. McNaugton L. R., Cedaro R (1991). The effect of sodium bicarbonate on rowing ergometer performance in elite rowers. *Austral J Sci Med Sport 23: 66-69*
23. Artioli G. F., Coelho D. F., Benatti F. B., Gailey A. C., Gualano B., Junior A. H. L (2006). Can sodium bicarbonate intake contribute to judo fights performance?. *Rev Bras Med Esporte 12(6):371-5*
24. Roef M. J., Meer K., Kalhan S. C., Straver H., Berger R., Reijngoud D. J (2003). Gluconeogenesis in humans with induced hyperlactatemia during low-intensity exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab 284(6):E1162-71*
25. Jackson A. S., Pollock M (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Brit J Nutr 40:497-504*
26. Siri W. E (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. apud: Brozek, J and Henschel. Techniques for measuring body composition. *Washington National Academic of Science 223-4*
27. Ploutz- Snyder L. L., Giamis E. L (2001). Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *J Strength Cond Res 15: 519-23*
28. Brown L. E., Weir J. P (2001). ASEP Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol online 4: 1-21*
29. McNaugton L. R., Curtin R., Goodman G., Perry D., Turner B., Showell C (1990). Anaerobic work and power output during cycle ergometer exercise: effects of bicarbonate loading. *J Sports Sci 9:151-160*
30. Materko W., Neves C. E. B., Santos E. L (2007). Prediction model of a maximal repetition (1RM) based on male and female antropometrical characteristics. *Rev Bras Med Esporte 13(1): 27-31*
31. Ploutz- Snyder L. L., Giamis E. L (2001). Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *J Strength Cond Res 15:519-23*
32. Edge J., Bishop D., Goodman C (2006). Effects of chronic NaHCO3 ingestion during interval training on changes to muscle buffer capacity, metabolism, and short-term endurance performance. *J Appl Physiol 101:918-925*
33. Chvetzoff G., Tannock I. F (2003). Placebo effects in oncology. *J Natl Cancer Inst 95(1): 19-29*

Cita Original

Materko Wollner, Edil Luis Santos and Jefferson Da Silva Novaes. Effect of Bicarbonate Supplementation on the Muscular Strength.. JEPonline; 11 (6): 25-33, 2008.