

CO-INGESTÃO FRACIONADA DE BICARBONATO DE SÓDIO E CARBOIDRATO AUMENTA A PERFORMANCE SEM DESCONFORTO GASTROINTESTINAL

Elias De França¹, Ana Paula Xavier¹
 Igor Roberto Dias¹, Igor Aparecido Andrade¹
 Sônia Cavalcanti Córrea¹, Érico Chagas Caperuto¹

RESUMO

A suplementação aguda de Bicarbonato de Sódio (BS) é sugerida como ergogênica, entretanto pode causar Desconforto Gastrointestinal (DGI). Portanto, o objetivo desse estudo foi observar se a dose fracionada de BS co-ingerida com carboidratos promove efeito ergogênico, sem DGI. Participaram do estudo 5 sujeitos fisicamente ativos e saudáveis (idade: 19 ±4,45 anos; peso: 68,4 ±4,04kg e; altura: 174,5 ±1cm), que consumiram: 5g de BS, em cápsulas, junto a 1,5g·Kg⁻¹ de carboidrato, diluído em 7ml·Kg⁻¹ de água, em quatro momentos, separados por 4 horas (situação BS) ou; uma dose de 3,5g, de suco artificial, diluído em 350ml de água, 30 minutos antes do teste (situação P). Após a suplementação, os sujeitos realizaram um teste experimental de esforço físico até à fadiga volicional. Como resultados, não houve diferença na Frequência Cardíaca-BPM (P: 189,48 ±13; BS 188,10 ±9, *p*=0,645), e Percepção Subjetiva de Esforço-Borg (P: 17,96 ±3; BS: 17,41 ±4, *p*=0,506) entre as situações frente ao teste de esforço físico, entretanto, houve diferenças significativas nas concentrações de Lactato-mmol-L (P: 7,20 ±2,82; BS: 9,91 ±4,08, *p*=0,007) e Tempo Total de Atividade-TTA (P: 376,20" ±130,66"; BS: 461,00 ±218,34", *p*=0,000). Não foi relatado, pelos sujeitos, nenhum tipo de desconforto, em razão dos protocolos de suplementação. Concluímos que em indivíduos fisicamente ativo a suplementação de BA dividida em quatro doses co-ingerida com carboidratos pode ser efetiva para aumentar o desempenho físico sem DGI.

Palavras chave: Desconforto Gastrointestinal. Suplementação de Bicarbonato de Sódio. Performance.

1-Universidade Presbiteriana Mackenzie. Brasil.

ABSTRACT

Fractionated sodium bicarbonate coingestion with carbohydrate increase performance without gastrointestinal discomfort

Acute supplementation of Sodium Bicarbonate (SB) is suggested as ergogenic, however may cause Gastrointestinal Discomfort (DGI). Therefore, the aim of this study was to observe whether the fractionated dose of SB ingested with carbohydrates promote an ergogenic effect in physically active individuals without DGI. The study included five recreational physically active and healthy subjects (age: 19 ±4.45 years, weight: 68.4 ±4.04 kg and, height: 174.5 ±1 cm) which consumed four times, separated by 4 hours, 5g of SB in capsules together with 1.5gm·Kg⁻¹ of carbohydrate diluted in 7ml·Kg⁻¹ of water (situation BS) or a placebo dose of 3.5g of artificial juice diluted in 350ml of water, 30 minutes before test (situation P). After supplementation, subjects performed an experimental physical stress test-PST to volitional fatigue. As results there was no difference (*p*<0.05) in Heart Rate-BPM (P: 189.48 ±13; BS: 188.10 ±9 *p*=0.645) and Perceived Exertion-Borg (P: 17.96 ±3; BS: 17.41 ±4, *p*= 0.506) between situations (P vs. BS), however, there were significant differences in the concentrations of lactate-mmol-L (P: 17.96 ±3; BS: 17.41 ±4, *p*=0.506) and total activity time until volitional fatigue (P: 376.20" ±130.66"; BS: 461.00" ±218.34", *p*= 0.000). Do not was reported by the subjects any kind of discomfort due to supplementation protocols. We concluded that supplementation of SB divided into four doses ingested with carbohydrate may be effective for increase the performance without GID in healthy recreational physical activity subjects.

Key words: Gastrointestinal discomfort. Sodium bicarbonate supplementation. Performance.

INTRODUÇÃO

Em estudos com humanos, a suplementação aguda de 300 mg.kg⁻¹ de Bicarbonato de sódio (BS), em torno de 1 a 3 horas antes da atividade, apresentaram resultados significantes, no aumento da performance (Carr, Hopkins, e colaboradores, 2011; Peart e colaboradores, 2012) de forma segura (Kahle e colaboradores, 2013).

Diferente de outros suplementos (Cr ou BA), não há necessidades de uma fase de saturação crônica (Mueller, e colaboradores, 2013).

Entretanto, a suplementação aguda de BS, têm apresentado relatos de desconfortos gastrointestinais (DGI), como gases, vômitos, flatulências e diarreia (Carr, e colaboradores, 2011; Siegle e colaboradores 2012; Barbe e colaboradores, 2013; Kahle e colaboradores, 2013).

Já é consenso na literatura que não há necessidades de uma fase de saturação crônica de BS, pois não promove um efeito aditivo (Mueller e colaboradores, 2013), além disso, a suplementação crônica parece não ser segura, podendo pode causar um grande estresse cardiovascular, devido a grande quantidade de sódio que é ingerida junto ao bicarbonato (Kahle e colaboradores, 2013).

Nesse sentido, baseado nas evidências supracitadas, os esforços para melhorar o protocolo de suplementação de BS (diminuir o DGI), a aplicado ao exercício físico, devem ser baseados na suplementação aguda.

A fim de realizar o teste sem um grande desconforto gastrointestinal e sem perda no efeito ergogênico da suplementação (Siegler e colaboradores, 2012), foi mostrado que após a suplementação aguda, o tempo de 180 minutos, parece ser a melhor opção.

Entretanto, anteriormente ao estudo acima, Barber e colaboradores, (2010), e Kurum, (2011), fizeram a administração em quatro doses (de 0.5 g.kg⁻¹), em capsulas, separadas por 4 horas entre as doses, também conseguiram observar um aumento na performance (em atletas), com significativa diminuição dos DGI, com a última dose 90 minutos antes do teste.

Além disso, Carr e colaboradores, (2011) com uma dose aguda (300 mg.kg⁻¹), em capsulas e a adição de 1,5 g.kg⁻¹ de Carboidratos, diluído em 7ml.kg⁻¹, também

conseguiu uma diminuição significativa no desconforto em relação a outras estratégias de suplementação de BS.

Nesse estudo não foi observado a performance dos sujeitos, entretanto, 120-150 minutos após a suplementação, as concentrações alcançadas pelo HCO⁻3 e pH, no plasma, eram semelhante aos dos estudos que conseguiram uns resultados ergogênicos com a suplementação aguda.

Contudo, poucos estudos têm mostrado uma diminuição desses efeitos colaterais por meio do fracionamento da dose (Barber e colaboradores, 2010; Kurum, 2011) ou ao tomar o suplemento de forma aguda, em capsulas, junto a carboidratos-CHO (Carr, e colaboradores, 2011).

Entretanto, ao nosso conhecimento, não há nenhum estudo que testou essas duas estratégias.

Nesse sentido, a partir da problemática apresentada aqui, seria interessante testar novos protocolos de suplementação a fim de diminuir o DGI, mas mantendo o efeito ergogênico da suplementação.

Portanto, esse estudo teve como objetivos observar um novo protocolo de suplementação com base na literatura existente, ou seja, se a dose fracionada de BS co-ingerida com carboidratos promove efeito ergogênico, sem DGI.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho geral: Os sujeitos foram controles deles mesmos, vieram ao laboratório em três ocasiões diferentes, sempre no mesmo horário do dia.

O primeiro dia foi para a familiarização com o teste de esforço físico. Já os outros dois dias foram de forma randomizada, para a situação Suplementada por BS (Grupo BS) e Placebo (Grupo P). As diferenças entre os testes foram de três a sete dias.

Assinatura dos termos e vivência do teste: nesse dia, os sujeitos foram orientados de como seria realizado trabalho, assinaram o termo consentimento e livre e esclarecido. Em seguida fizeram uma vivência do protocolo do teste de esforço físico.

Placebo: foi o teste controle dos sujeitos. Foi oferecido aos sujeitos uma solução de 3,5g de suco artificial colorido, sem nenhuma caloria, diluído em uma solução de

350 ml de água, 30 minutos antes do teste (situação P).

Bicarbonato: após os indivíduos terem feito a ingestão de quatro doses, a cada 4 horas, em um período de 12 horas de 5 gramas de BS (valor aproximado a $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para um indivíduo de 70kg), em capsulas, junto a $1,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de carboidrato, diluído em $7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de água. A ingestão da última dose, sempre ocorreu 90 minutos antes do início do teste (situação BS).

Ética: o estudo seguiu os preceitos propostos pela ética em pesquisa, com uma carta de informação ao sujeito, firmou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com os avaliados, assim como obteve a anuência do local de abordagem dos sujeitos antes de iniciar a coleta de dados, após aprovação pelo Comitê de Ética da Universidade Presbiteriana Mackenzie, sob o processo CEP/UPM nº1440/04/2012.

Amostra: foram analisados 05 (cinco) sujeitos, saudáveis, do sexo masculino, com idade de 19 ($\pm 4,45$) anos, peso de 68,4 ($\pm 4,04$) kg, altura 174,5 (± 1) cm, fisicamente ativos e que nunca fizeram anteriormente nenhum uso de substâncias conhecidamente ergogênicas ou androgênicas.

Os sujeitos foram orientados no sentido de estarem descansado, a pelo menos 48 horas sem praticar atividade física intensa antes do teste; que não fizessem uso de nenhum alimento ou substâncias que poderiam interferir na performance, por meio do sistema nervoso central ou reações bioquímicas periféricas e fisiológicas, como por exemplo, álcool ou cafeína, por pelo menos 24 hs antes do teste.

Cabe salientar que os sujeitos não tinham conhecimento sobre a suplementação de BS para fins de performance e tão pouco sabiam dos possível desconfortos até o momento de ler a "carta de informação ao sujeito".

Protocolo de fadiga

O teste

O teste foi realizado até a fadiga volicional, no qual os sujeitos realizaram pequenos saltos em deslocamento em um "colchão gordo" (segue descrição no item "Materiais utilizados"), com séries que duravam períodos de 90" (noventa segundos).

Os saltos eram em sincronia com o ritmo de um metrônomo, na cadência de 90 batimentos por minutos. Durante o teste, entre os períodos de descanso das séries (Pausa) foram feitas coleta do sangue, Frequência Cardíaca em batimentos por minuto (BPM), e a percepção subjetiva de esforço (PE). O tempo dessa Pausa, além do ritmo do metrônomo e todos os procedimentos de coleta do teste foram reproduzidos em todos os testes na segunda situação.

Materiais

Para a aplicação do teste, foi utilizado um colchão de ginástica artística, popularmente chamado de "colchão gordo" utilizado para amortecer quedas e realizar exercícios da modalidade de. Sua densidade é 35 e medidas de 3 (comprimento) x 1,9 (largura) x 0,3 (altura) m. Para determinar o ritmo da atividade foi utilizado um metrônomo (*clip metronome DM-35 da SEIKO*);

Para analisar a frequência cardíaca durante o teste, foi utilizado um cardiofrequencímetro (marca *Polar série S810i*);

Para a PE, foi utilizada uma escala de percepção de esforço (Borg e Noble, 1974); Para o tempo total até exaustão foi utilizado um cronômetro esportivo profissional; A coleta de sangue foi realizada por um Profissional de Educação Física habilitado para tal pelo Estatuto da Profissão (<http://www.confef.org.br/extra/conteudo/default.asp?id=471>, acessado em 30/04/2011), e consistiu em obter uma gota de sangue do dedo anelar da mão direita, através de um lancetador de punção automático (*softclix II AccuCheck 40000124 da Roche*);

A análise do lactato sanguíneo foi feita num aparelho de análises de concentração plasmática de lactato (*YSI 1500 sport™ lactate analyzer*).

Análise Estatística

Para avaliar o desempenho na atividade (Tempo Total de Atividade-TTA), comparamos os segundos (s) do TTA. Por exemplo, o indivíduo na situação BS que realizasse 3 séries completas (sendo, cada série com 90" de duração) e, na quarta série parasse de realizar a atividade aos 40", contaríamos como um tempo total de 220" de

atividade para aquele sujeito (90+90+90+40=220 TTA), naquele teste, onde esse valor seria confrontado com o desempenho (TTA) da outra situação P.

Para a comparação do La plasmático, comparamos as medidas entre as séries que foram feitas nas duas situações, ou seja, só comparamos os valores pareados, por exemplo, caso no primeiro teste ele tenha realizado três séries e no segundo teste cinco séries, então só comparamos o La das três primeiras séries das duas situações, sendo então descartados os valores das duas últimas séries, do segundo teste, para qualquer tratamento estatístico neste trabalho. O valor de La antes do início da primeira série, das duas situações, serviu para comparar o estado de repouso antes do início da atividade.

Para averiguar a reprodutibilidade do teste, realizamos as comparações da PE, FC e Pausa, onde foi seguido o mesmo modelo do tratamento estatístico dos dados da medida de La.

Após a realização do teste de normalidade dos dados das variáveis, pelo teste de Shapiro Wilk, foi necessário utilizar para a comparação das médias os testes de Wilcoxon e o Teste *t* de Student, de medidas pareadas, para as variáveis com dados com a curva fora da normalidade (PE e Pausa) e para as variáveis com dados com curvas normais (La e FC), respectivamente.

As médias do TTA das duas situações foram comparadas com o *t* de Student independente. Além disso, foi avaliada a magnitude de diferença dos dois tratamentos nas variáveis supracitadas, pelo *d* de Cohen.

Para o tratamento dos dados, utilizamos o programa "Statistical Package for the Social Sciences", versão 20. Como valor significativo, aceitamos $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse estudo mostrou que em indivíduos fisicamente ativos a intervenção nutricional com a ingestão fracionada de BS, junto da ingestão de CHO, parece aumentar a performance frente a um protocolo de exercício físico intermitente até a fadiga volicional, sem desconforto gastrointestinal.

Desconforto gastrointestinal

A Suplementação de BS não é difundida no ambiente esportivo (como por exemplo, o caso da creatina ou beta alanina), devido aos seus, não raros, desconfortos gastrointestinais (Carr, e colaboradores, 2011; Kahle e colaboradores, 2013).

O protocolo experimental de suplementação adotado nesse estudo foi derivado a partir dos interessantes achados de Kurum, (2011) e Carr e colaboradores, (2011) que fracionou a dose aguda de BS (uma dose de 300 mg·kg⁻¹) e fez ingestão juntamente com CHO, respectivamente. Esses autores, conseguiram diminuir, significativamente, o desconforto gastrointestinal causado pela dose aguda de BS, além de conseguir um aumento na performance (Kurum, 2011) ou valores fisiológicos semelhantes ao da dose aguda (Carr, e colaboradores, 2011).

Nesse sentido, este presente estudo utilizou-se dessas duas estratégias, ou seja, fracionou a dose aguda em quatro doses e, junto a cada dose um ingestão conjunta de 1,5 gm·kg⁻¹ de carboidrato (maltodextrina), diluído em 7ml·kg⁻¹.

Essa estratégia se mostra interessante, pois ingestão do carboidrato junto da suplementação aguda promove um maior pico relativo de HCO⁻³ e pH plasmático em relação a outros tipos de suplementação aguda. Isso sugere que o carboidrato possa ter promovido uma maior passagem do BS do trato digestivo para o plasma, relativamente a outros protocolos de suplementação aguda (Carr e colaboradores, 2011).

Com isso, parece que diminui a possibilidade de ocorrências de eventos no trato digestivo, como a fermentação do BS (causando gases) ou a promoção do efluxo de água (do plasma para o trato digestivo, por difusão osmótica), a fim de diluir o excesso desse soluto, e assim podendo causar, também, "diarreia osmótica".

Além disso, o fracionamento da dose faz com que o volume de BS no trato digestivo seja menor, ou seja, é provável que isso também diminua a ocorrência de fermentação e efluxo de água no trato digestivo.

Uma das limitações desse estudo foi não ter mensurado, por exemplo, em uma escala para tal finalidade, pois não encontramos uma escala em português, nesse

sentido, não seria válido utilizar uma escala de outra língua (Vallerand, 1989).

Entretanto, como resultado, nenhum participante sofreu eventos como diarreia ou vômitos e, ao serem questionados sobre diversos desconfortos gastrointestinais como, por exemplo, sensação de náuseas, de dor no trato digestivo, ou até mesmo de eructações, não foi relatado qualquer sensação diferente em relação à situação placebo.

Nesse sentido, para essa amostra, o protocolo utilizado nesse estudo parece eficiente, no que diz respeito a não promover eventos indesejáveis como diarreia vômito, sensação de dor ou náuseas no trato digestivo dos sujeitos suplementados. Mesmo assim, ainda é válido mais um estudo com um N maior, além da quantificação desses dados em uma escala de desconforto gastrointestinal.

Como já mencionado os sujeitos não tinham conhecimento sobre a suplementação de BS para fins de performance e tão pouco sabiam dos possíveis desconfortos até o momento de ler a “carta de informação ao sujeito”.

Entretanto, nos protocolos de suplementação não permitiu mascarar completamente as duas situações, no qual ao final do experimento todos acertaram em que momento eles tomaram a suplementação de BS.

Apesar de parece uma falha metodológica, no qual os dados com relação à performance podem ser questionados, essa “falha metodológica” demonstra que o protocolo fracionado junto da ingestão de CHO parece evitar o DGI.

Validade e reprodutibilidade do teste de esforço para a suplementação de BS

Com um intuito de promover uma alta acidose metabólica, derivado da glicose anaeróbia, foi criado um protocolo de esforço (descrito em detalhes na metodologia).

Para isso, tomamos o cuidado de promover a reprodutibilidade do teste experimental de esforço, no qual, durante o teste a intensidade do protocolo não foi diferente, estatisticamente, para as duas situações (diferença da FC em atividade: $p=0,645$; diferença da Pausa; $p=0,518$; e diferença da PE, $p=0,506$), veja Tabela 1.

Além disso, os sujeitos partiram de um mesmo estado de homeostase do organismo

ao considerar as diferenças nas variáveis metabólicas de repouso (La em repouso: $p=0,593$; da FC em repouso: $p=0,424$), veja Tabela 1.

Entretanto, a reprodutibilidade do TTA realizado em estudo piloto nos deu um $p=0,584$, que apesar de não ser diferente estatisticamente não é um teste de grande confiabilidade em termos de reprodutibilidade como, por exemplo, o teste de *wingate* (Franchini, 2002).

De fato, apenas o metrônomo com controlador da intensidade não foi o suficiente para promover uma boa reprodutibilidade do TTA, ou seja, parece que ainda falta controle do deslocamento horizontal e vertical para se obter uma melhor reprodutibilidade. Nesse sentido, um estudo com um protocolo de teste de esforço mais reprodutível torna-se necessário, para confirmar os dados com relação à performance encontrado neste estudo.

Portanto, como não encontramos diferenças estatísticas entre as duas situações (BS e P), para as variáveis supracitadas, esses valores, de momento, servem com indicador de reprodutibilidade e validade estatística do teste de esforço experimental, realizado neste estudo para a suplementação de BS.

Cabe salientar que a suplementação de BS parece não influenciar na PE (Mcnaughton e colaboradores, 1997; Stephens e colaboradores, 2002; Artioli e colaboradores, 2007; Campos e colaboradores, 2012) ou FC em esforço (Stephens e colaboradores, 2002), dados que estão de acordo com o achado neste estudo.

Performance

O resultado de performance desse estudo contraria a meta-análise de Carr, Hopkins e Gore (2011) em que indivíduos não atletas não obtêm efeitos ergogênicos da suplementação de BS (TTA Placebo menor que TTA BS, $p=0,000$, veja Tabela 1).

Entretanto, o protocolo de suplementação (fracionada, em capsulas, e ingerida junto a CHO), e esforço (atividade intermitente) desse estudo foi diferente dos estudos (com indivíduos não atletas) utilizados na meta-análise Carr, Hopkins e Gore (2011).

Esses autores mostraram que as atividades, de média duração (1 minuto) e,

principalmente intermitente (por exemplo, 6 *sprints* de 1 minuto), tendem a possuir os melhores benefícios ergogênicos dessa suplementação, além de atletas parecerem terem melhor benefício em relação a indivíduos não atletas.

Entretanto, uma falha nessa meta-análise (em sugerir que atletas possuem melhor benefício da suplementação de BS) foi não observar que dos 13 estudos incluídos na meta-análise com indivíduos não atletas, 11 consistia em protocolos de apenas um ataque, sendo que como observado pelos autores, atividades intermitentes são mais indicadas para a suplementação de BS.

Os outros 2 estudos, incluído na meta-análise (Lavender e Bird, 1989; Bishop e colaboradores, 2004), com indivíduos não atletas, são com múltiplos ataques e mostraram efeito ergogênico da suplementação de BS, assim como em um estudo mais recente, também com indivíduos não atletas em atividades intermitente (Siegler e Gleadall-Siddall, 2010).

O tampão bicarbonato torna-se necessário em exercícios de alta intensidade, em especial quando ocorre o esgotamento dos tampões intracelulares frente à continuação da atividade física em glicólise anaeróbia (Siegler e Gleadall-Siddall, 2010; Barber e colaboradores, 2013), o que de fato ocorre com maior facilidade em indivíduos destreinados se comparados com indivíduos treinados.

Aumentar a capacidade do sistema tampão, de fato, aumenta a performance, como observado por Carr, Hopkins e Gore (2011) no qual a diminuição das concentrações plasmáticas de Bicarbonato plasmático- HCO_3^- , por meio da suplementação de Cloridato de Sódio é acompanhada pela diminuição da performance, já o aumento do plasmático de HCO_3^- , por meio da suplementação de BS, é acompanhado pelo aumento da performance.

A suplementação com BS tem eficiência em atividades que proporciona uma alta concentração de íons de hidrogênio livres (H^+) e Lactato-La (Zinner e colaboradores, 2011), e o fato da capacidade de trabalho mitocondrial estar relacionado com o aumento ou diminuição da razão citosólica de Dinucleótido de Nicotinamida-Adenina oxidada reduzida e oxidada (NADH:NAD⁺, respectivamente),¹⁴ teoricamente, a

suplementação de BS é ergogênica em indivíduos com uma baixa capacidade aeróbia. Não só na teoria, mas na prática também, ao contrário dos resultados de Carr, Hopkins e Gore (2011) a meta-análise de Peart, Siegler e Vince (2012) mostraram que indivíduos não treinados (não atletas) parecem ser mais sensíveis ao efeito ergogênico da suplementação de BS, principalmente quando é considerada apenas uma série de esforço físico.

Entretanto, para se chegar a essa afirmação, os autores compararam os valores de *effect size* da suplementação na performance, entre atletas e não atletas, não levando em consideração o tipo de protocolo de esforço aplicado nos estudos (por exemplo, incluíram nas comparações entre atletas e não atletas atividades aláticas, lácticas e aeróbias, de forma não equalizada).

Isso torna inválida a comparação, ao considerar a especificidade do tipo de esforço físico em que a suplementação de BS parece possuir efeito ergogênico. Na mesma meta-análise (Perart e colaboradores, 2012), os autores mostram que atividades de característica anaeróbias até a exaustão ou com volume total de trabalho, parecem ter os melhores benefícios da suplementação de BS (ou seja, maior *effect size*), o que de fato, mostra que comparar *effects sizes* de estudos com protocolos diferentes não é válido para inferir se é maior benéfico ou não a certo tipo de população.

A partir das informações acima podemos levantar a hipótese de que parece que a suplementação de BS pode promover um incremento na performance, em indivíduos atletas ou não, entretanto em exercício físico de alta intensidade com características láctica, sendo ela intermitente, ou não.

Pensando nessas informações acima, de antemão nosso estudo optou por um protocolo intermitente a fim de poder promover uma maior taxa de trabalho nos indivíduos (não atletas) ao qual se candidataram a participar do nosso estudo.

Lactato como parâmetro de eficiência da suplementação de BS

Já ao considerar as concentrações plasmáticas de La em atividade, observamos um valor significativamente maior ($p=0,007$)

para o protocolo de suplementação de BS (Tabela 1).

Isso demonstra que a maior concentração de HCO^-_3 , devido a

suplementação de BS, durante a atividade conseguiu promover um maior efluxo de La, ou seja, do meio intracelular para a corrente sanguínea.

Tabela 1 - Média, desvio padrão (DP), valor *p* do teste de diferença de médias e o valor de effect size pelo *d* de Cohen das variáveis de lactato plasmático (La), Escala de Esforço Percebido (PE), Frequência Cardíaca, em Batimentos por Minuto (FC), Tempo de Total de Atividade (TTA) e Pausa Entre as Séries de ataque ao colchão Gordo (Pausa), nas situações de suplementação artificial (Placebo) e de suplementação com Bicarbonato com sódio (BS).

Variáveis	Média	DP	<i>P</i>	<i>d</i>
La Placebo (repouso)	2,22 mmol.	0,66	0,593	-0,226
La BS (repouso)	2,06 mmol.	0,75		
La Placebo (em atividade)	7,20 mmol.L	2,82	0,007*	0,721
La BS (em atividade)	9,91 mmol.L	4,50		
PE Placebo	17,95 EP	3,43	0,506	-0,254
PE BS	17,00 EP	4,02		
FC Placebo (repouso)	79,20 BPM	6,17	0,42	0,547
FC BS (repouso)	76,00 BPM	5,51		
FC Placebo (em atividade)	189,47 BPM	13,58	0,645	-0,103
FC BS (em atividade)	188,21 BPM	10,62		
TTA Placebo	376,20"	130,66"	0,000*	0,471
TTA BS	461,00"	218,34"		
Pausa Placebo	55,26"	15,04"	0,518	-0,109
Pausa BS	53,68"	13,82"		

Legenda: *Diferença estatística entre as situações, Suplementado com Bicarbonato de Sódio (BS) e Placebo, á nível $p < 0,01$ no La em atividade e TTA.

Já em repouso, a concentração de La não é alterada para as duas situações. Ao seguir o raciocínio sobre a formação de La, é plausível concluir que: em condições onde não há uma exacerbada produção de NADH, não há uma saturação da CMTE, ou seja, consegue utilizar a oferta de H^+ proveniente da NADH, sendo assim é conseguido evitar o aumento da razão NADH: NAD^+ e consequentemente, relativamente à situação de anaerobiose, também é evitado à via da fermentação láctea detalhes em Li e colaboradores, (2009) e Sun, Xie e Hu (2012).

Tal resultado era de se esperar para esse estudo, como bem observado por Carr e colaboradores, (2011), diversos estudos com suplementação de BS, demonstraram que em estado de repouso o La plasmático é igual para essas duas situações (placebo e suplementação BS), no entanto dois minutos após o início da atividade as concentrações de La ficam significativamente maior que a situação placebo, assim como o pH e as concentrações plasmáticas de HCO^-_3 . Isso porque essas mudanças bioquímicas, durante

a atividade, são acompanhados do efeito ergogênico da suplementação de $300\text{gm}\cdot\text{kg}^{-1}$ de BS (Carr e colaboradores, 2011).

No que diz respeito ao La, o consenso de que sua formação, em si, não é o possível causador da fadiga e, ao contrário, sua formação é importante, pois ao liberar o NAD^+ permite a continuidade da atividade física de alta intensidade via glicólise anaeróbica.

No entanto, existe uma forte correlação, de seu aumento com o estado de fadiga periférica (Westerblad e colaboradores, 2010).

Ao seguir o silogismo, na situação BS, a maior concentração de La plasmático implica em menor concentração tanto de La, quanto H^+ intracelular livre, haja vista que o transporte de La para o meio extracelular é feito em conjunto com o H^+ livre ($1\text{La}/1\text{H}^+$) (Zinner e colaboradores, 2011).

Assim é permitido que o organismo do indivíduo, suplementado com BS, seja capaz de produzir ainda mais La e H^+ intracelular livre, como subprodutos da produção de energia, antes de entrar em fadiga, via

glicólise anaeróbia. Assim, o indivíduo pode continuar a atividade por mais tempo, como que aconteceu nesse estudo, onde diferença entre TTA Placebo e TTA BS foi de $p=0,000$ (Tabela 1).

Como já é consenso à eficiência de um sistema tampão depende, dentre outros fatores, da sua própria concentração. Nesse sentido, esse efeito de maior concentração plasmática de La é conseguido com uma maior concentração de HCO_3^- que, por sua vez, pode ser aumentada de forma segura pela suplementação de aguda de $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de BS, ou dividida em quatro doses iguais, como realizado nesse estudo.

Também já é consenso na literatura que a suplementação de $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ é segura, apesar de promover uma alcalose atípica na corrente sanguínea. De acordo com Guyton e Hall (2006) quando isso ocorre (uma maior concentração plasmática de HCO_3^-), de modo a fazer com que o pH sanguíneo aumente acima dos seus valores normais (alcalose metabólica), o organismo promove uma regulação para estabelecer esses valores a normalidade.

Hipoteticamente, em indivíduo saudável em uma situação normal, sem atividade física, caso isso aconteça (alcalose metabólica), de acordo com os autores acima, o organismo restabeleceria esse pH por dois mecanismos: através da diminuição da frequência respiratória e pelo trabalho renal.

No rim, por meio do contra transporte de Na^+ (-) e H^+ livre, nas células tubulares. Ocorre que, ao absorver Na^+ , pela bomba Na^+/K^+ , nas células tubulares, libera-se um H^+ livre, das células tubulares para os túbulos renais, com isso, pela falta de H^+ livre nas células tubulares, não ocorre à renovação do HCO_3^- , dentro dessas células tubulares. Isso impede a devolução do HCO_3^- ao plasma (seria o mesmo que adicionar H^+ livre ao plasma). Além disso, pelo fato de também de faltar H^+ livre nos túbulos renais, pois a razão $\text{HCO}_3^-:\text{H}^+$ estará demasiadamente alta, devido uma maior absorção de HCO_3^- do meio extracelular pelos túbulos renais (devido a alcalose plasmática), conseqüentemente a absorção de HCO_3^- , dos túbulos renais para as células tubulares, para a sua posterior renovação e devolução ao plasma também é prejudicada, pois é necessário um H^+ livre para transportar um HCO_3^- para dentro da célula tubular,. A conseqüência disso é que o

excesso de HCO_3^- nos túbulos renais é excretado pela urina, de forma gradual, de modo a diminuir o pH até o valores normais.²⁷

Em outra situação, frente a uma prática de atividade física intensa, de característica lática, num quadro de alcalose metabólica, por exemplo, a alcalose induzida neste estudo em indivíduos saudáveis, a mesma situação de diminuir o pH, ocorreria.

Entretanto, de forma mais brusca, ocorre a diminuição do pH na prática de exercício intenso, ou seja, o metabolismo de glicólise anaeróbia e a própria quebra do ATP promove um aumento das concentrações de H^+ livres no organismo, isso é possível em poucos minutos, mesmo frente à alcalose promovida pela suplementação. Esse fato é possível se observado na figura 2b em Carr, Hopkins e Gore (2011).

Em outras palavras, nessa situação a diminuição do pH ocorre de forma muito mais abrupta, do que a alteração pelo trabalho renal. Na situação de atividade física intensa e suplementação de BS, o que ocorre é que como o meio intracelular passa a ter mais H^+ livre do que o extracelular, pelo fato deste estar alcalinizado/basificado pelo excesso de HCO_3^- , ocorre uma difusão facilidade de H^+/La , de dentro para fora da célula (plasma)⁵, sendo que o H^+ será captado, no plasma, a partir da seguinte reação: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.²⁷

Cabe comentar mais uma vez que: o paragrafo acima também explica porque às concentrações de La , em atividade física, são maiores na situação suplementação de BS do que na situação placebo, pois o La é transportado junto do H^+ , de dentro para fora da célula (Bishop e colaboradores, 2004).

Portanto, a diferença nas duas situações (P e BS), onde observamos uma maior concentração de La plasmático para a situação BS, durante a atividade, foi devido a um significativo efluxo celular de La e H^+ .

Sendo assim, parece confirmar mais uma vez, que em indivíduos fisicamente ativos, uma provável diminuição da acidose metabólica intracelular, induzida pela suplementação de BS, utilizada nesse estudo, pode ter sido a responsável pela maior tempo de atividade apresentada nesse estudo para o Grupo BS.

CONCLUSÃO

Concluimos que a suplementação de BS dividida em quatro doses junto da ingestão de CHO, aplicado ao exercício físico de alta intensidade, em indivíduos fisicamente ativos foi efetiva para aumentar a performance (capacidade de manter a atividade), sem DGI.

Entretanto, devido algumas limitações desse presente estudo ainda são necessários outros estudos: mensurar o DGI do protocolo de suplementação utilizado neste com uma escala de *Likert*, com validade na população alvo; com relação ao teste de esforço ainda são necessárias acrescentar mais variáveis de controle que possam aumentar a reprodutibilidade do teste, como por exemplo, o controle da altura e distância do salto; ainda é necessário testar o protocolo em outras populações e modalidade de exercício com diferentes cargas no qual o BS já se mostrou eficiente, além disso, testá-lo em modalidades esportivas, a fim de testar a sua validade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao programa MackPesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie, por proporcionar a infraestrutura para o desenvolvimento do trabalho. Também agradecemos ao Laboratório Órion pela manipulação do suplemento de Bicarbonato de Sódio.

CONFLITO DE INTERESSES

Não há conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

1-Artioli, G. G.; e colaboradores. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. Vol. 17. Núm. 2. p. 206. 2007.

2-Barber, J. J.; e colaboradores. Effects of Combined Creatine and Sodium Bicarbonate Supplementation on Repeated Sprint Performance in Trained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 27. Núm. 1. p. 252-258. 2013.

3-Barber, M.; e colaboradores. The Effects of a Combined Supplementation of Creatine and

Sodium Bicarbonate on Repeated Sprint Performance. 2010.

4-Bishop, D.; e colaboradores. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 36. Núm. 5. p. 807-813. 2004.

5-Borg, G. A.; Noble, B. J. Perceived exertion. *Exercise and sport sciences reviews*. Vol. 2. Núm. 1. p. 131-154. 1974.

6-Campos, E. Z.; e colaboradores. Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion during an Intermittent Exercise on Blood Lactate, Stroke Parameters, and Performance of Swimmers. *Journal of Exercise Physiology Online*. Vol. 15. Núm. 6. 2012.

7-Carr, A. J.; Hopkins, W. G.; Gore, C. J. Effects of Acute Alkalosis and Acidosis on Performance. *Sports Medicine*. Vol. 41. Núm. 10. p. 801-814. 2011.

8-Carr, A. J.; e colaboradores. Effect of Sodium Bicarbonate on [HCO³⁻], pH, and Gastrointestinal Symptoms. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*. Vol. 21. Núm. 3. 2011.

9-Franchini, E. Teste anaeróbio de Wingate: conceitos e aplicação. *Revista Mackenzie de educação física e esporte*. Vol. 1. Núm. 1. 2002.

10-Guyton, A. C. H.; John E.; Guyton, A. C. Regulação do Equilíbrio Ácido-Base. In: *Tratado de fisiologia médica*. 11ª edição. Rio de Janeiro. Elsevier. 2006. Cap.30.

11-Kahle, L. E.; e colaboradores. Acute sodium bicarbonate loading has negligible effects on resting and exercise blood pressure but causes gastrointestinal distress. *Nutrition Research*. Vol. 33. Núm. 6. p. 479-486. 2013.

12-Kurum, O. Effects of 2 days sodium bicarbonate loading on simulated football performance test. 2011.

13-Lavender, G.; Bird, S. Effect of sodium bicarbonate ingestion upon repeated sprints. *British journal of sports medicine*. Vol. 23. Núm. 1. p. 41-45. 1989.

- 14-Li, Y.; e colaboradores. Role of NADH/NAD⁺ transport activity and glycogen store on skeletal muscle energy metabolism during exercise: in silico studies. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*. Vol. 296. Núm. 1. p.C25. 2009.
- 15-Marzocco, A. T.; Bayardo, B. Conceitos básicos, proteínas e enzimas. In: *Bioquímica Básica*. 3ª edição. Guanabara Koogan.
- 16-Mcnaughton, L. R.; Ford, S.; Newbold, C. Effect of sodium bicarbonate ingestion on high intensity exercise in moderately trained women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 11. Núm. 2. p. 98-102. 1997.
- 17-Mueller, S. M.; e colaboradores. Multiday acute sodium bicarbonate intake improves endurance capacity and reduces acidosis in men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 10. Núm. 1. p. 16. 2013.
- 18-Peart, D. J.; Siegler, J. C.; Vince, R. V. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 26. Núm. 7. p. 1975-1983. 2012.
- 19-Siegler, J. C.; Gleadall-Siddall, D. O. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 24. Núm. 11. p. 3105-3111. 2010.
- 20-Siegler, J. C.; e colaboradores. Sodium bicarbonate supplementation and ingestion timing: does it matter? *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 26. Núm. 7. p. 1953-1958. 2012.
- 21-Stephens, T. J.; e colaboradores. Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 34. Núm. 4. p. 614-621. 2002.
- 22-Sun, F.; e colaboradores. Biochemical issues in estimation of cytosolic free NAD⁺/NADH ratio. *PloS one*. Vol. 7. Núm. 5. p. e34525. 2012.
- 23-Vallerand, R. J. Vers une méthodologie de validation trans-culturelle de questionnaires psychologiques: Implications pour la recherche en langue française. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*. Vol. 30. Núm. 4. p. 662. 1989.
- 24-Westerblad, H.; Bruton, J. D.; Katz, A. Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Experimental cell research*. Vol. 316. Núm. 18. p.3093-3099. 2010.
- 25-Zinner, C.; e colaboradores. Effects of bicarbonate ingestion and high intensity exercise on lactate and H⁺-ion distribution in different blood compartments. *European journal of applied physiology*. Vol. 111. Núm. 8. p.1641-1648. 2011.

Recebido para publicação em 02/12/2014
Aceito em 12/03/2015