

SUPLEMENTAÇÃO DE β -ALANINA NO CROSSTRAINING

Felipe de Almeida Leric¹, Guilherme Giannini Artioli²

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial ergogênico, além de compreender o processo pelo qual a suplementação de beta-alanina poderia influenciar a performance no âmbito do treinamento cross. Desta forma, este estudo apresenta uma síntese crítica da literatura, explanando sobre as demandas fisiológicas e metabólicas deste tipo de treinamento, analisando a plausibilidade biológica e o grau de evidências científicas que justificariam (ou não) o consumo por atletas ou praticantes da modalidade. Para a presente análise foram utilizadas abordagens qualitativas e técnicas de snowballing com base em livros, artigos periódicos e científicos, teses de doutorado e mestrado indexados nas bases de dados Google acadêmico, Scielo, Pubmed. Nos estudos avaliados, doses de β -alanina entre 3,2 a 6,4g/dia foram eficientes em exercícios de curta duração e intensidades elevadas (acima de 60% do VO_2 max). Além disso, os estudos mostram potencial ergogênico para diminuição do tempo em protocolos específicos, aumento de potência média, potência de pico e aumento no volume de treinamento em modalidades como ciclismo, força, remo, corridas (400 a 1500m) e natação, as quais são modalidades presentes em protocolos de treinamento cross. O principal efeito colateral da beta alanina foi a parestesia, minimizado em estudos onde houve quebra da dose total em doses equivalentes de 10mg/kg, em intervalos de 3 horas. Estudos subsequentes deverão testar a suplementação de β -alanina em protocolos específicos, visando a confirmação destas hipóteses, assim como evidenciar a magnitude do efeito da suplementação.

Palavras-chave: β -alanina. Beta-alanina. Exercício. Desempenho. Carnosina.

E-mail dos Autores:
felipelernic@gmail.com
artioli@usp.br

ABSTRACT

β -alanine supplementation in crosstraining

This study aims to evaluate the ergogenic potential, in addition to understanding the processes by which beta-alanine supplementation could influence performance in cross training. Thus, this study presents a critical literature synthesis, explaining the physiological and metabolic demands of this type of training, analyzing the biological plausibility and the scientific degree of evidence that would justify (or not) the use of beta-alanine by athletes or practitioners. Qualitative approaches and snowballing techniques were used based on books, peer-reviewed papers, doctoral and master's theses indexed in the Google academic, Scielo, Pubmed databases. β -alanine doses between 3.2 to 6.4 g/day were effective in short duration exercises and high intensities (above 60% of VO_2 max). In addition, studies show ergogenic potential to decrease time in specific training protocols, increase average power, peak power and training volume in modalities such as cycling, strength, rowing, running (400 to 1500m) and swimming, which they are modalities present in cross training workouts. The main side effect of beta alanine was paresthesia, which is minimized in studies where the total dose is split in smaller singles doses of up to 10mg/kg, taken at 3-hour intervals. Subsequent studies should test β -alanine supplementation in specific protocols, aiming at confirming these hypotheses, as well as evidencing the magnitude of the supplementation effect.

Key words: β -alanine. Beta-alanine. Exercise. Performance. Carnosine.

1 - Especialista em Nutrição, Metabolismo e Fisiologia do Exercício Físico pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

2 - Doutor em Educação Física pela Escola de Educação Física e Esporte-USP, São Paulo, São Paulo, Brasil.

INTRODUÇÃO

Em exercícios de alta intensidade, há um predomínio da utilização de carboidratos como substrato energético.

O ATP em grande parte é sintetizado pela quebra do glicogênio / glicose para a transferência de energia, sendo que à medida em que a intensidade se eleva, o sistema glicolítico anaeróbico provê grande parte da energia necessária para a manutenção do exercício.

Com grande parte da energia sendo fornecida pela quebra do piruvato e consequente produção de lactato, íons de hidrogênio (H⁺) são liberados no meio, diminuindo o pH neste ambiente e desencadeando um cenário de acidose metabólica. Esta acidose é tida como um dos principais fatores para a fadiga muscular.

Atualmente, é bem claro na literatura que uma maior capacidade de tamponamento tem influência direta no desempenho de atletas em exercícios de alta intensidade pela diminuição da acidose, tanto em meio intracelular como em meio extracelular (Hirakoba, 1999).

O treinamento cross é uma abordagem que vem se difundindo bastante nas últimas décadas. Atualmente, é utilizada para estruturar programas de treinamento que permitem melhorar o desempenho competitivo em um esporte específico através do treinamento variado (Tanaka, 1994).

De acordo com Tibana e Sousa (2018), o cross training, ou programa de condicionamento extremo, é caracterizado por movimentos funcionais com muita variação e executados em grande parte em intensidades elevadas.

Dentre os programas mais conhecidos podemos destacar o Crossfit®, o Insanity e o Gym Jones. Este tipo de programa apresenta um grande repertório de métodos de treinamento, envolvendo exercícios com o peso do corpo ou objetos como Kettlebells, remo, barras, corda, entre outros.

Além disso, em uma sessão ou protocolo específico, pode haver a mistura destes exercícios com atividades de sprints e movimentos explosivos, sendo composta ou caracterizada por treinos de alto volume e alta intensidade, utilizando uma grande variedade de protocolos e, frequentemente, com tempo fixo para se realizar o máximo de repetições, ou uma tarefa específica no menor tempo possível

com curtos intervalos de descanso (Sprey e colaboradores, 2015; Fisker e colaboradores, 2016; Grier e colaboradores, 2013).

Segundo Heinrich e colaboradores (2014), o cross training vem sendo popularizado pelo seu caráter desafiante e motivacional, que contribui para o aumento do número de praticantes e pessoas que procuram por algum motivo específico.

Além disso, de acordo com Heinrich e colaboradores (2014), a procura a programas de cross training vem tanto de pessoas saudáveis quanto de pessoas com sobrepeso.

Apesar dos benefícios relativos aos programas de cross training serem pouco conhecidos, há inúmeras evidências referentes às principais tendências de treinamento, como treinos em grupo, HIIT (High Intensity Interval Training), treinos com pesos, funcional ou de força, sendo que as evidências neste sentido apontam para melhora na sensibilidade à insulina, melhora na saúde cardiovascular e no perfil lipídico.

Diversas alterações metabólicas também ocorrem em um treinamento cross. Neste sentido, podemos destacar o aumento das concentrações de lactato no sangue, aumento da frequência cardíaca, da adrenalina, noradrenalina e do quadro inflamatório com liberação, principalmente, de IL-6 e IL-10 (Kluszczewicz e colaboradores, 2018; Tibana e colaboradores, 2016).

Além disso, com relação às substâncias tamponantes, também há inúmeras referências sobre outras modalidades no que tange o aumento do desempenho e postergação da fadiga.

Nesta revisão narrativa, é apresentada uma síntese crítica da literatura acerca da β-Alanina e das demandas fisiológicas e metabólicas do cross training, analisando a plausibilidade biológica e o grau de evidências científicas que justificariam ou não o consumo deste suplemento por atletas dessa modalidade.

Portanto, esta revisão terá como finalidade compreender o processo pelo qual a suplementação de beta-alanina pode influenciar a performance de atletas e praticantes de cross training, identificando os mecanismos pelos quais a suplementação seria eficiente e em quais momentos do treino, além de servir de base para estudos futuros.

Neste sentido, serão expostos aspectos sobre o que é, como é realizada a absorção, o metabolismo, os mecanismos de

ação, os efeitos sobre o desempenho e as estratégias de suplementação, sempre estabelecendo relação com os estudos, a literatura atual e aspectos do treinamento cross.

MATERIAIS E MÉTODOS

A busca foi elaborada através do método de pesquisa bibliográfico dentro de abordagens qualitativas, utilizando-se de livros, artigos periódicos e científicos, teses de doutorado e mestrado indexados nas bases de dados Google acadêmico, Scielo, PUBMED, em inglês e português, sob os seguintes termos "β-alanine", "beta-alanine" em inglês, "β-alanina", "beta-alanina" em português.

Os termos foram individualmente concatenados, em seus respectivos idiomas, com "supplementation", "exercise", "training", "athlete", "performance" e "carnosine" no inglês e "suplementação", "exercício", "treino", "atleta", "desempenho" e "carnosina" na pesquisa em português.

Além disso, foi utilizada a técnica de snowballing quando pertinente, tendo em vista sua plausibilidade como critério de priorização de estudos primários a partir do conjunto inicial de estudos gerado pela pesquisa de palavras-chave (Silva, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fadiga muscular periférica

Com o aumento da intensidade ou prolongamento do exercício submáximo, há um declínio na geração de força e potência.

Desta maneira, a fadiga é definida como a redução da produção de potência pelo músculo, o que acarreta diminuição da capacidade de produzir força e redução da velocidade de encurtamento muscular (Powers, Howley, 2017).

As causas da fadiga envolvem múltiplos fatores com complexidade elevada, e dependem do tipo de exercício executado. Se tomarmos por base um exercício de aproximadamente 60 segundos de corrida em alta velocidade (400m por exemplo), a fadiga pode ser causada por acúmulo de íons de hidrogênio, ADP, fosfato inorgânico (Pi) e radicais livres que se acumulam nas fibras musculares ativas (Fitts, 2008).

Estes metabólitos acabam rompendo a homeostase do meio, favorecendo a diminuição

das pontes cruzadas que são ligadas à actina, predispondo o processo de fadiga no músculo.

Já em um exercício prolongado, onde não há acidose acentuada, outros fatores podem ser predominantes no processo de desenvolvimento da fadiga como a depleção do glicogênio muscular, entre outros, o que torna o mecanismo complexo e de difícil identificação (Powers, Howley, 2017).

Papel da acidose na fadiga muscular

O excesso de íons H⁺ que se acumula dentro do tecido muscular em decorrência do exercício em intensidades mais elevadas, é muito discutido (Fitts, 2016).

Estes íons devem ser transportados para fora da célula, mas enquanto isso não ocorre, eles precisam ser neutralizados por substâncias que exercem funções de tamponamento.

Além da queda do pH intracelular, outros fatores parecem estar envolvidos na fadiga muscular durante o exercício de alta intensidade, tais como o aumento de fosfato inorgânico (Pi) e a diminuição da sensibilidade ao cálcio (Ca²⁺).

A diminuição do pH também culmina na queda da sensibilidade ao Ca²⁺ no aparato contrátil. Além disso, há inibição de atividades das ATPases das fibras, miofibrilas e retículo sarcoplasmático.

Neste sentido, ao inibir por exemplo a ATPase da miofibrila, a capacidade de força também é reduzida. Já a redução na atividade da bomba de Na⁺ e K⁺ diminui a captação de Ca²⁺ a partir do retículo sarcoplasmático e despolarização da membrana superficial. A diminuição da captação impacta a liberação de Ca²⁺, sendo que a despolarização contribui para a falha no processo de excitação e contração.

Desta forma, podemos dizer que o pH diminuído impacta diretamente na capacidade de eficiência da fibra, fazendo com que a célula utilize uma quantidade maior de ATP para produzir uma mesma capacidade de força, acelerando e contribuindo para o processo de fadiga (Powers, Howley, 2017).

Segundo Fitts (2016), a acidose é um dos principais fatores que predis põem à fadiga muscular. Isso ocorre devido a seus efeitos diretos na capacidade de estabelecimento das pontes cruzadas, o que impacta de forma drástica a força, velocidade e potência dado o

prejuízo induzido no aparato contrátil pela diminuição da sensibilidade ao Ca²⁺.

Com a ação e amplitude do Ca²⁺ transiente reduzida, as fibras passam a operar de forma limitada, prejudicando os aspectos citados acima referentes ao exercício.

Além disso, as condições vistas como prejudiciais da acidose em relação ao aparato contrátil e ao cálcio de Ca²⁺ são exacerbadas pelo aumento de Pi intracelular (hidrólise de ATP em ADP + Pi).

Cross training

Segundo Tanaka (1994), o treinamento cross é um tipo de programa que visa a melhora do desempenho em um determinado esporte pela utilização de exercícios prescritos de forma variada. Além disso, poucos estudos avaliaram questões como os efeitos da suplementação de beta-alanina neste contexto.

No entanto, para a população em geral, o treinamento cross pode trazer benefícios importantes no desenvolvimento de aspectos que envolvem a aptidão física. Somado a isso, este também pode ser utilizado em outras condições como, por exemplo, durante períodos de reabilitação (recuperação de lesões), na presença de fadiga psicológica ou durante períodos de over training.

O estilo desafiante e motivacional em torno do treinamento cross contribui para o aumento de pessoas interessadas na prática, havendo muita procura com objetivos de perda de peso ou até mesmo de pessoas saudáveis que visam manter ou aprimorar a boa forma (Heinrich e colaboradores, 2014).

Neste sentido, pessoas têm procurado este tipo de treinamento por diversos motivos como emagrecimento, melhora do condicionamento físico, entre outros objetivos.

Como se trata de uma modalidade relativamente nova e com poucos estudos com metodologia adequada em termos científicos, tanto os atletas como os profissionais de saúde carecem de informações de qualidade e estudos que possam embasar suas decisões.

Os padrões no cross training são muitos, misturando uma grande quantidade de exercícios de alta intensidade com movimentos constantemente variados.

Segundo Eijsvogels, Fernandez e Thompson (2016), o treinamento cross envolve exercícios intervalados de alta intensidade, combinados com exercícios de força, ginásticos e aeróbicos de caráter funcional.

Além disso, as adaptações metabólicas promovidas pela modalidade são muitas (e serão descritas a seguir), pois este tipo de treinamento é capaz de exigir muito dos 3 sistemas geradores de ATP, a saber, o ATP-CP (ou anaeróbico alático), o anaeróbico láctico (glicólise anaeróbica) e o oxidativo (sistema aeróbio).

Os principais marcadores utilizados para a quantificação das demandas metabólicas no cross training são a frequência cardíaca (FC), concentração de lactato no sangue, catecolaminas e citocinas (Tibana e colaboradores, 2016).

Um estudo de Kliszczewicz e colaboradores (2018) evidenciaram que o percentual de FCmax atingido em uma sessão de curta duração (<5 min) com um protocolo "Grace" foi 92,7±4%. Já em um protocolo longo (15 minutos), o percentual de FCmax atingido foi 91,3±3%.

Além disso, alguns estudos verificaram que o percentual de FCmax imediatamente após o exercício foi quase sempre acima de 80% (Kliszczewicz e colaboradores, 2015; Tibana, Sousa, 2018).

Tibana e Souza (2018) também concluíram que o percentual de FCmax é maior quando dentro do protocolo há a inclusão de exercícios de levantamento de peso olímpico (86±11%) quando comparados a protocolos que não incluem (82±12%).

As concentrações de lactato aumentam durante uma sessão de treinamento cross, variando de acordo com o protocolo utilizado.

Kliszczewicz e colaboradores (2018) evidenciou concentrações de lactato de 14,3±2,0mmol/L em participantes treinados com a utilização de um protocolo "Grace" (30 power clean & jerk com uma carga de 61,4kg utilizando barra olímpica).

Maté-Muñoz e colaboradores (2017) testaram 3 protocolos diferentes em indivíduos treinados.

O protocolo 1 consistia em um benchmark WOD "Cindy", o qual o praticante deve executar o maior número de voltas contendo 5 pull-ups, 10 push-ups e 15 air squats em 20 minutos.

Já no protocolo 2, os participantes deveriam realizar o maior número de double-unders em 8 intervalos de 20s com 10s de descanso.

No protocolo 3, os participantes executaram o maior número possível de power

cleans utilizando uma carga equivalente a 40% de 1RM durante 5 minutos.

Como resultado, as concentrações de lactato em cada protocolo foram 11,7±2,3, 10,1±3,0, 11,2±2,6, respectivamente (figura 1).

Nos estudos acima citados, podemos observar que há um grande aumento dos níveis de lactato após o exercício, o que sugere uma

grande utilização do sistema glicolítico anaeróbico na atividade, ressaltando a importância da glicólise anaeróbica neste contexto.

A figura 1 apresenta os valores de lactato para os três protocolos utilizados no estudo de Maté-Muñoz e colaboradores, (2017).

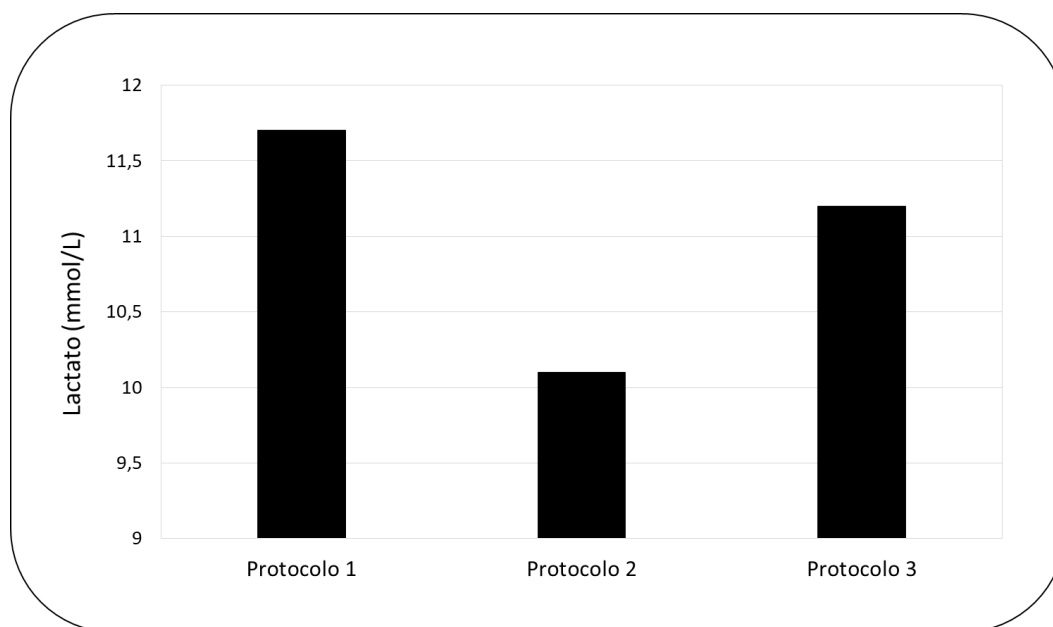


Figura 1 - níveis de lactato sanguíneo em cada protocolo.

Fonte: Maté-Muñoz e colaboradores (2017). O estudo testou 3 protocolos distintos em indivíduos treinados. O protocolo 1 era composto por um benchmark WOD “Cindy”, sendo que cada praticante deveria executar o maior número de voltas contendo 5 pull-ups, 10 push-ups e 15 air squats em 20 minutos. No protocolo 2, os participantes realizaram o maior número de double-unders em 8 intervalos de 20s com 10s de descanso. No protocolo 3, os participantes executaram o maior número possível de power cleans utilizando uma carga equivalente a 40% de 1RM durante 5 minutos. As concentrações de lactato em cada protocolo foram 11,7±2,3, 10,1±3,0, 11,2±2,6, respectivamente, evidenciando uma forte utilização do sistema glicolítico anaeróbico neste tipo de treino.

Kluszczewicz e colaboradores (2018) também mostraram aumento significativo de epinefrina e norepinefrina (685±601% e 779±313%, respectivamente) logo após uma sessão de treinamento (protocolo de curta e longa duração).

Além disso, os autores não identificaram diferenças no estímulo às catecolaminas entre os dois tipos de protocolo.

Em um estudo de Heavens e colaboradores (2014) foram analisados marcadores de dano muscular em homens (n=9) e mulheres (n=9) dentro de um protocolo

de treinamento em alta intensidade e descanso curto.

Nas mulheres, os autores verificaram aumentos significativos em diversos marcadores como interleucina 6 (IL-6), creatina quinase (CK), mioglobina e cortisol, inclusive maiores quando comparado aos homens. Já os homens demonstraram aumento significativo em marcadores como mioglobina, IL-6, CK, testosterona e cortisol.

Os valores tiveram seus níveis mais altos em 15 min e foram normalizados em 24 horas. Além disso, Tibana e colaboradores (2016) também demonstraram aumento

considerável em marcadores inflamatórios como IL-6 (sessão 1 = $197 \pm 109\%$ e sessão 2 = $99 \pm 58\%$) e IL-10 ($44 \pm 52\%$ imediatamente após a sessão 1, baixando e voltando à normalidade 48 horas após a sessão 2).

Já com relação às adaptações crônicas, os estudos que temos atualmente avaliaram parâmetros como mudanças na composição corporal, condicionamento físico e condição psicossocial tanto em indivíduos sedentários quanto em treinados.

Heinrich e colaboradores (2014) não constatou mudanças na composição corporal em indivíduos sedentários (homens e mulheres) após 8 semanas de treinamento cross.

Em contrapartida, os autores verificaram que os indivíduos mantiveram o engajamento no treino e a vontade de continuar o programa. Não encontraram mudanças no IMC em homens e mulheres ativos após 12 semanas. Em ambos os grupos houve aumento da massa magra e no caso das mulheres, também foi observada redução da gordura corporal.

Os mesmos autores evidenciaram aumento do VO_2 max nas mulheres, o que não ocorreu nos homens. Já em adolescentes ($n=51$), Eather e colaboradores (2016) verificaram melhoras na circunferência da cintura, IMC e em testes de flexibilidade, potência e condicionamento cardiorrespiratório após 8 semanas de cross training. Os mesmos autores verificaram também alta taxa de retenção (82%) e aderência (94%) ao programa.

Já em outro estudo, Eather e colaboradores (2016) analisaram a saúde mental de adolescentes, não constatando melhora. Em contrapartida, naqueles

adolescentes com risco para desenvolvimento de distúrbios psicológicos, a saúde mental foi influenciada positivamente pelo treinamento. Além disso, em estudantes ($n=104$), após 8 semanas de treinamento, foi observado níveis mais altos de percepção de prazer, esforço e aprendizado (Martínez, Gómez-Mármol, 2015).

As respostas crônicas ao treinamento cross também foram avaliados em estudos com indivíduos enfermos.

Neste sentido, Heinrich e colaboradores (2015) estudaram os efeitos deste tipo de treinamento em 5 sobreviventes de câncer, sedentários. Após 5 semanas de treinamento, os autores verificaram melhora em parâmetros relacionados a massa magra, massa gorda, força, potência, capacidade aeróbica, além de melhorias em questões emocionais e na flexibilidade (percepção de dificuldade).

Melhoras também foram observadas por Nieuwoudt e colaboradores (2017) em indivíduos adultos com diabetes tipo 2. Neste estudo, os autores verificaram a diminuição da gordura corporal, gordura abdominal, manutenção da massa magra, melhora no funcionamento das células beta com melhora concomitante da sensibilidade à insulina.

Já Ward e colaboradores (2017) demonstraram melhora no conhecimento relacionado à saúde e na performance em um protocolo contendo corrida, push-ups, curl-ups após 20 treinos (166 estudantes de 5ª série, saudáveis, dentre eles 76 meninos e 90 meninas).

A figura 2 apresenta uma relação das adaptações crônicas no âmbito do cross training, bem como as principais respostas fisiológicas e riscos envolvidos.

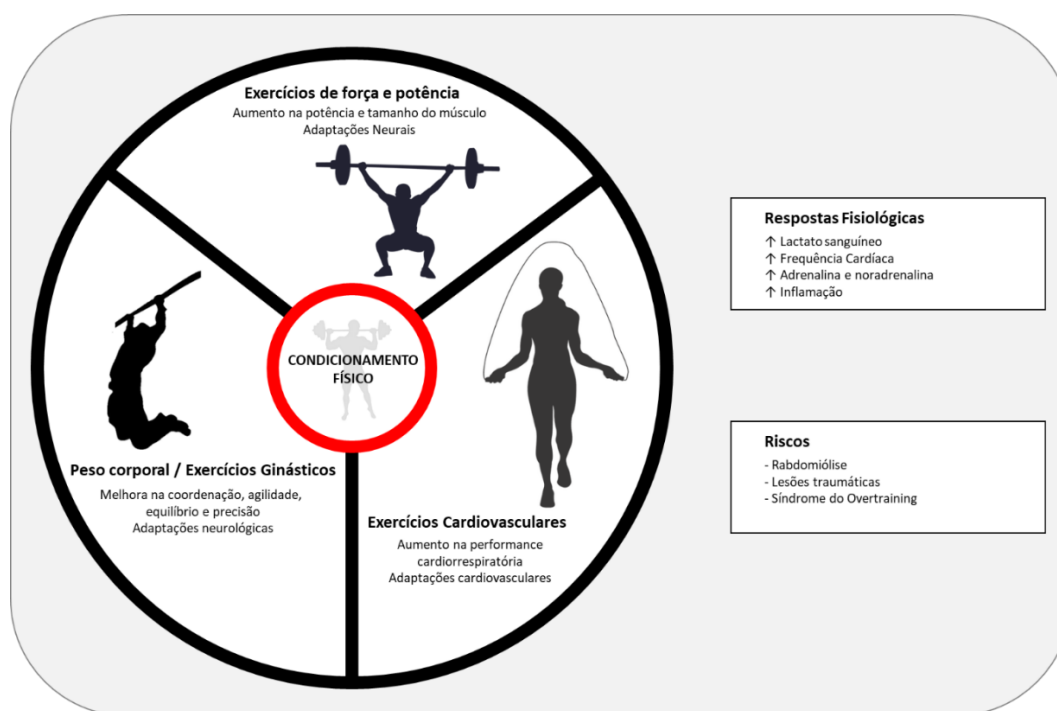


Figura 2 - adaptações crônicas, fisiológicas e potenciais riscos no treinamento cross.

Fonte: Tibana e Souza (2018). Adaptações crônicas, respostas fisiológicas e riscos envolvidos no âmbito do cross training.

Portanto, é necessário o entendimento dos aspectos e demandas metabólicas no âmbito do treinamento cross (agudas e crônicas), assim como verificar como a suplementação de β -Alanina ajudaria na melhora de performance neste tipo de praticante.

Entender os mecanismos envolvidos é fundamental para que outros estudos possam determinar a eficiência e a magnitude dos resultados provenientes da suplementação de beta-alanina neste tipo de programa de treinamento.

Substâncias tamponantes, β -alanina e aplicação no cross training

O sangue possui como principais tampões as proteínas plasmáticas, a hemoglobina e o bicarbonato (Broch-Lips e colaboradores, 2007).

O bicarbonato sanguíneo, especificamente, facilita o efluxo de íons H^+ de dentro do miócito para fora (figura 3).

Ao ser ingerido na forma de $NaCO_3$, o bicarbonato de sódio é absorvido no trato gastrointestinal, liberando Na^+ e HCO_3^- . Com isso, o bicarbonato, o qual consiste em uma base, exerce o tamponamento dos íons H^+ no meio extracelular. Com o aumento da concentração de bicarbonato a reação $HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2O + CO_2$ se deslocará para a direita, gerando $H_2O + CO_2$, com o CO_2 sendo eliminado através da respiração.

Como o sódio (Na^+) fica livre no meio extracelular, o efluxo de íons H^+ é facilitado, permitindo que os íons H^+ saiam mais facilmente do miócito através do transportador trocador de sódio ($NHE1$), fazendo que o sódio entre no tecido muscular e o H^+ saia, melhorando a acidez no miócito (Lancha Junior e colaboradores, 2015).

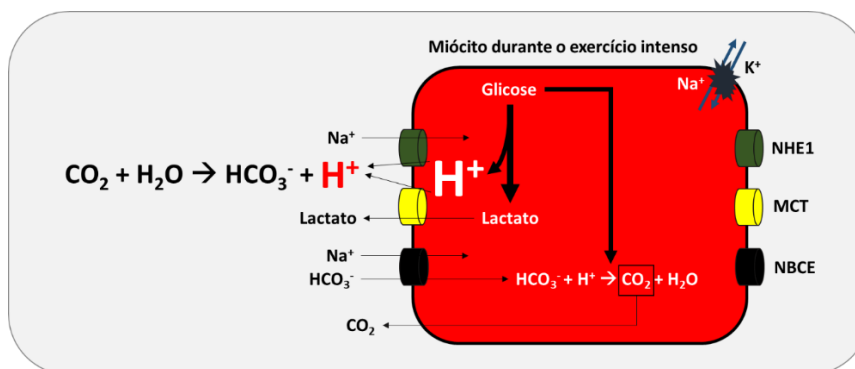


Figura 3 - e-fluxo dos íons H^+ do tecido muscular.

Fonte: Geers e Gross (2000) e Juel (2008). eFluxo de íons H^+ a partir do tecido muscular. O bicarbonato sanguíneo atua facilitando o efluxo de íons H^+ de dentro do miócito para fora. O bicarbonato de sódio é absorvido no trato gastrointestinal, liberando Na^+ e HCO_3^- . Desta forma, o bicarbonato realiza sua função tamponante no meio extracelular. Com o aumento da concentração de bicarbonato a reação $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ se desloca para a direita, tendo como produto $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (com o CO_2 sendo eliminado através da respiração). Com o sódio (Na^+) ficando livre no meio extracelular, o efluxo de íons H^+ é facilitado, possibilitando que os íons H^+ saiam mais facilmente da célula através do transportador NHE1 (troca de sódio), fazendo que o sódio entre no tecido muscular e os íons H^+ saiam, aumentando o pH meio intracelular (Lancha Junior e colaboradores, 2015).

A beta-alanina é um isômero da alanina, que consiste em um aminoácido não-proteinogênico de ocorrência natural. Nosso fígado degrada a uracila (um dos produtos do DNA), produzindo b-alanina, mas não em quantidades significativas.

A taxa de produção de b-alanina é bem pequena (cerca de $\approx 10 \mu\text{mol}/\text{hora}$), o que faz

com que esta não seja detectada no plasma por técnicas de quantificação (figura 4).

Sendo assim, a ingestão de b-alanina torna-se fundamental (pelo consumo de alimentos fonte ou pela suplementação) para que ocorra maior disponibilidade deste aminoácido, bem como o aumento dos níveis de carnosina intramuscular (Harris e colaboradores, 2006).

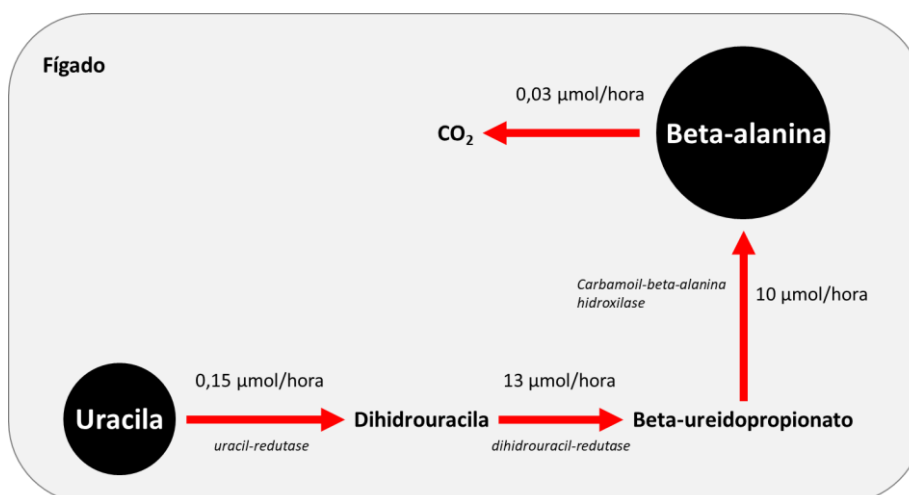


Figura 4 - síntese de b-alanina a partir da uracila no fígado.

Síntese de b-alanina no fígado onde a uracila é degradada, tendo como produto final a b-alanina. A taxa de produção de b-alanina é cerca de $10 \mu\text{mol}/\text{hora}$ (pequenas quantidades), fazendo com que esta não seja detectada no plasma.

As proteínas são os tampões intramusculares de maior relevância (Hirakoba, 1999; Geers, Gross, 2000). Isso se dá pelo fato da histidina possuir uma alta capacidade tamponante.

Portanto, todo peptídeo ou proteína que tiver o aminoácido histidina em sua composição, poderá ter uma certa capacidade tamponante, a qual dependerá da quantidade de histidina presente (Powers, Howley, 2017).

O exercício intenso é capaz de baixar o pH intracelular de 7 para cerca de 6.2 a 6.3, fazendo com que os processos metabólicos fiquem prejudicados como um todo (Powers, Howley, 2017).

Com base nisso, a carnosina consiste em um dipeptídeo contendo beta-alanina e histidina em sua composição, sendo eficiente no tamponamento quando há acidose metabólica.

Como a carnosina possui seu pKa em 6.8, ou seja, próximo ao pH intracelular (em

torno de 7), ela se torna um potente tampão intracelular, atuando de forma efetiva no combate à acidose induzida por exercícios intensos.

Quando o pH se apresenta mais ácido, o sítio de protonação da histidina recebe o próton, diminuindo a acidez do meio. Em contrapartida, quando o pH diminui, a tendência é que o sítio libere o próton (Hirakoba, 1999).

Alimentos como carne, frango e peixes são boas fontes de beta-alanina, pois contém dipeptídeos como a carnosina, a anserina e a balenina. Vale ressaltar que vegetarianos possuem níveis mais baixos de carnosina no músculo (Everaert, Mooyaart, Baguet, 2011), o que pode tornar a suplementação de b-alanina interessante também neste grupo.

A tabela 1 contém uma lista de alimentos fonte de b-alanina, bem como suas respectivas quantidades contabilizadas a partir da soma de dipeptídeos histidínicos como a carnosina, anserina e a balenina.

Tabela 1 - Estimativa de β -alanina a partir da soma de dipeptídeos histidínicos (carnosina, anserina e balenina).

Alimentos Fonte	β -alanina (mg / 100g de alimento)
Carne Ovina	180
Carne de Coelho	200
Coxa de Frango	200
Carne Suína	210
Carne Bovina	280
Peito de Frango	380
Truta	50
Peito de Peru	520
Camarão	750
Atum	820
Cavala	980

A suplementação de β -Alanina será efetiva para melhorar o desempenho em atividades que resultem em substantiva acidose no meio intramuscular, ou seja, ela será eficiente quando o exercício for bem intenso e de curta duração, mais especificamente em exercícios com duração superior a 30 segundos e inferior a 10 minutos.

Já em exercícios com duração inferior a 30 segundos e superior que 10 minutos, os estudos não mostram efetividade (Saunders e colaboradores, 2017; Saunders e colaboradores, 2019).

Alguns estudos avaliaram um efeito sinérgico da beta-alanina em conjunto com o

bicarbonato de sódio em algumas modalidades envolvendo intensidades elevadas.

Tobias e colaboradores (2013) evidenciaram melhora no desempenho, na percepção de esforço e parâmetros como a potência média em atletas de artes marciais treinados após ingerirem beta-alanina ou bicarbonato de sódio.

Além disso, os autores verificaram um efeito positivo sinérgico no desempenho quando beta-alanina e bicarbonato de sódio foram consumidos em conjunto.

Em contrapartida, Danaher e colaboradores (2014) avaliaram o efeito da suplementação de b-alanina, bicarbonato de

sódio ou ambos em 8 homens saudáveis por 6 semanas de forma cruzada. Neste estudo, foi aplicado um teste de ciclismo envolvendo sprints repetidos.

A capacidade de tamponamento foi aumentada, mas o desempenho só melhorou quando a beta-alanina foi fornecida.

Desta forma, como as evidências são mistas, mais estudos são necessários para avaliar o efeito no desempenho da suplementação de β -Alanina em conjunto com o bicarbonato de sódio, tanto em modalidades específicas quanto no âmbito do cross training, em treinos (ou partes de um treino) onde a intensidade se eleva consideravelmente.

Efeitos colaterais

Conforme visto anteriormente, o efeito adverso mais comum quando se ingere beta-alanina é a parestesia. Segundo o National Institute of Health, a parestesia pode ser definida como uma sensação não dolorosa e que geralmente apresenta formigamento na pele, semelhante quando sentamos em cima da perna durante um certo tempo, com a diferença de que esta sensação proveniente da suplementação de b-alanina restringe-se apenas à pele, atingindo com maior frequência a região da cabeça, do rosto, as mãos e os braços (Artioli, Gualano, Painelli, 2019).

Apesar de ser um efeito não muito agradável, a parestesia não parece provocar nenhum dano à saúde. Na verdade, o mecanismo em torno deste efeito colateral não é totalmente esclarecido.

Neste contexto, vale lembrar que a b-alanina apresenta semelhanças quanto à sua estrutura molecular com o GABA, neurotransmissor que regula a inibição/ativação do sistema nervoso central, o que não surpreenderia se ela fosse capaz de estimular grupos de células nervosas.

Mais recentemente, o estudo de Liu e colaboradores (2012) demonstraram em ratos que a b-alanina injetada por via intradérmica promoveu um comportamento associado à coceira por um mecanismo envolvendo o receptor MrgprD, o qual está acoplado na proteína G e é expresso por neurônios sensoriais primários que inervam exclusivamente a pele.

No estudo, os autores verificaram que esses neurônios respondem ao calor, estímulos mecânicos (nociceptivos) e à b-alanina, mas não respondem à histamina.

Desta forma, essa subpopulação de neurônios responsivos à b-alanina pode fazer parte de um circuito neural associado à coceira, dor e sensação de calor na pele, independente de histamina e que não é aliviada por anti-histamínicos.

Pelos estudos em humanos, segundo Artioli, Painelli e Gualano (2019), as doses eficientes de b-alanina para que haja melhora no desempenho gira em torno de 3,2 a 6,4g ao dia. Já os sintomas de parestesia ocorrem em decorrência dos altos níveis de b-alanina no sangue e em doses agudas acima de 10mg/kg de massa corporal (indivíduo de 75kg = 750mg).

Para que seja possível minimizar a sensação de parestesia, é necessário quebrar a dose total em doses equivalentes em torno de 10mg/kg, dividindo-as em intervalos de 3 horas (tempo médio para que as concentrações sanguíneas de b-alanina caiam por completo), evitando assim tais sintomas.

Além disso, outra estratégia para se evitar a parestesia seria o consumo de doses maiores através de tabletes com cobertura específica para liberação lenta, o que retarda o processo de absorção da beta-alanina no intestino.

Este produto foi desenvolvido por uma empresa norte-americana e patenteada com o nome Carnosyn SR™ e tem sido eficiente no controle dos níveis plasmáticos (níveis menores) de beta-alanina, bem como na sustentação destes níveis por um tempo maior. Este produto é disponibilizado em tabletes e viabiliza a ingestão de doses maiores (até 1,6g por dose) sem que haja parestesia (Artioli, Painelli, Gualano, 2019).

Um dos possíveis efeitos colaterais da suplementação de beta-alanina é a queda dos níveis de taurina. A taurina consiste em um ácido orgânico presente em grandes quantidades em vários tecidos. É muito utilizado em bebidas energéticas e é conhecida por modular diversas vias de sinalização em nosso metabolismo, além de capacidade antioxidante.

A hipótese em torno disso se dá pelo fato de que o transporte das duas substâncias do plasma para a célula muscular utiliza um mesmo transportador chamado Tau-T, o que geraria competição na captação dos dois compostos.

Desta forma, seria normal pensar que ao fornecer doses elevadas de b-alanina, os níveis de taurina poderiam ser prejudicados.

Além disso, estudos em animais com doses 100 vezes maiores do que as utilizadas em estudos com humanos, demonstraram reduções significativas de taurina (Artioli, Painelli, Gualano, 2019).

Já em estudos com humanos este comportamento não foi evidenciado. Neste sentido, um estudo de Harris e colaboradores (2006), não constataram reduções nos níveis de taurina.

Além disso, Hill e colaboradores (2007) também não observaram queda nos níveis de taurina ao fornecer doses entre 4 a 6,4g de b-alanina ao dia, durante 10 semanas.

Em outro estudo, Saunders e colaboradores (2020) também testaram a suplementação crônica de b-alanina avaliando os níveis de taurina no músculo. Neste estudo, vinte e cinco participantes foram divididos em dois grupos, um grupo (n=16) que recebeu 6,4g/dia de b-alanina e outro grupo (n=9) que recebeu placebo. Os autores ao final do estudo não verificaram diferenças significativas no conteúdo muscular de taurina. Além disso, não houve efeitos colaterais sensoriais tampouco modificações significativas em marcadores associados à função renal, hepática e muscular.

Portanto, apesar de alguns estudos em animais demonstrarem reduções dos níveis intracelulares de taurina com a suplementação de beta-alanina, não podemos extrapolar isso para humanos, onde estudos demonstram que não ocorrem variações significativas na captação muscular de taurina.

Desta forma, a suplementação de beta-alanina é tida como segura desde que obedecidas as doses utilizadas nos estudos (<6,4g).

Estratégias de suplementação

- Manutenção da carnosina pela suplementação de β -alanina

Quando a suplementação de beta-alanina é interrompida, os níveis de carnosina tendem a baixar lentamente até os níveis basais (Yamaguchi e colaboradores, 2020).

Desta forma, é importante termos em mente a dose ideal para que seja possível a manutenção do conteúdo de carnosina no músculo através do equilíbrio entre síntese e degradação desta substância.

Neste contexto, Stellingwerff e colaboradores (2012) realizaram um estudo com relação à suplementação de beta-alanina em homens e mulheres em um período de 12 semanas. Neste estudo, os pesquisadores dividiram o protocolo em 2 fases.

Na primeira fase do estudo rotulada como "carregamento", os participantes receberam uma dose de 3,2g de beta-alanina durante 6 semanas. Já na segunda fase, chamada pelos pesquisadores de "manutenção", os mesmos receberam durante 6 semanas, doses de 0,4g/dia, 0,8g/dia ou 1,2g/dia, afim de averiguar se era possível a manutenção dos níveis de carnosina muscular após o carregamento.

O conteúdo de carnosina muscular foi medido através de ressonância magnética. Como resultado, os autores verificaram que após a fase de carregamento, a dose de 1,2g/dia foi capaz de estabilizar o conteúdo de carnosina intramuscular. Já as doses de 0,4g/dia e 0,8g/dia, além de não terem sido capazes de manter tais níveis, houve queda deles.

Portanto, uma estratégia interessante poderia ser a utilização de doses mais elevadas nas primeiras semanas ($\geq 3,2$ g/dia por exemplo), seguida pela utilização de doses de 1,2g/dia para manutenção dos níveis de carnosina no músculo.

Entretanto, um ponto importante é que não é possível determinar o tempo certo em que a dose de manutenção deve ser colocada, justamente pelo fato de que não se sabe quando cada pessoa atingirá seu conteúdo de carnosina intramuscular, o qual há grande variabilidade entre indivíduos.

A seguir é possível verificar a metodologia elaborada para o estudo de Sterlingwerff e colaboradores, bem como seus resultados em relação a suplementação de cada dose específica de b-alanina (figura 5).

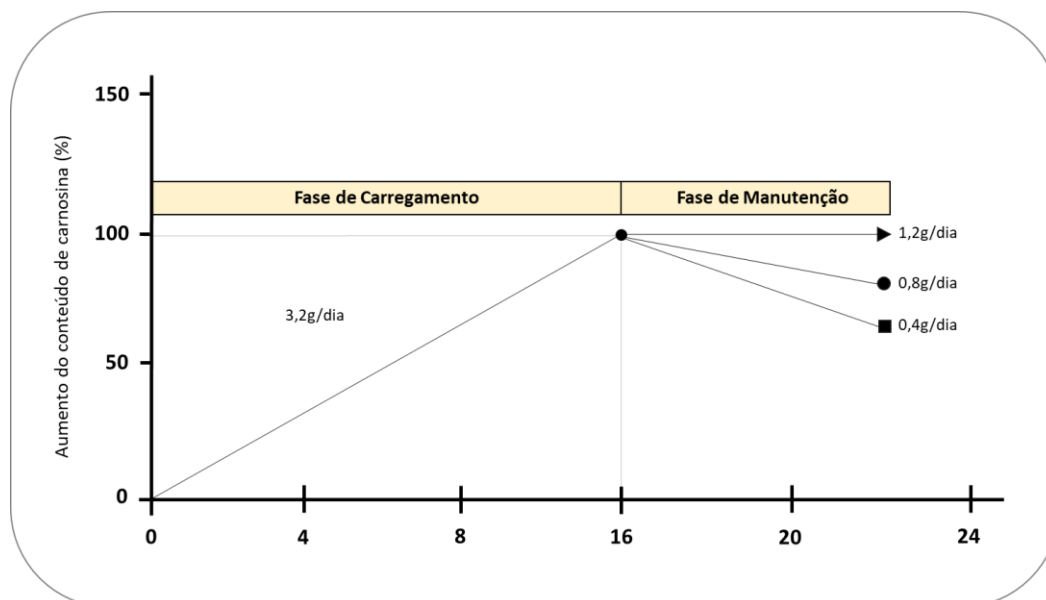


Figura 5 - manutenção do conteúdo de carnosina muscular através do estudo de stellingwerff e colaboradores (2012).

Fonte: Stellingwerff e colaboradores, (2012). Suplementação de beta-alanina em homens e mulheres durante 12 semanas. O protocolo foi dividido em 2 fases, sendo que a primeira fase consistia em uma etapa de “carregamento”, onde os participantes receberam uma dose de 3,2g de beta-alanina durante 6 semanas. Terminada a fase de carregamento, a segunda fase foi composta de um período de “manutenção”. Nesta etapa, os participantes receberam doses de 0,4g/dia, 0,8g/dia ou 1,2g/dia durante 6 semanas para verificar se era possível a manutenção dos níveis de carnosina muscular após o carregamento. Após a fase de carregamento, a dose de 1,2g/dia foi capaz de estabilizar o conteúdo de carnosina do músculo. Em contrapartida, as doses de 0,4g/dia e 0,8g/dia não foram capazes de sustentar tais níveis, apresentando inclusive queda deles.

Portanto, apesar das questões individuais e da dificuldade de identificação do momento certo para a troca da dose, a possibilidade de suplementação de beta-alanina iniciando com doses maiores seguida por uma dose de manutenção mais baixa, pode ser interessante e suficiente para a manutenção da carnosina muscular, possibilitando inclusive, a redução de custos com a suplementação de beta-alanina em doses desnecessárias.

- suplementação de β -alanina em exercícios entre 30 segundos a 10 minutos em intensidades elevadas

De acordo com meta-análises realizadas por Hobson e colaboradores (2012) e Saunders e colaboradores (2016), a β -Alanina é eficiente em melhorar o desempenho em exercícios com duração entre 30 segundos a 10 minutos, nos quais há predomínio do metabolismo anaeróbico.

Neste tipo de exercício, há produção significativa de íons de hidrogênio em decorrência da alta solitação glicolítica, sendo que, quando a produção destes íons ultrapassa a capacidade de tamponamento, ocorre acidificação do meio, impactando no processo de contração muscular como um todo (Gastin, 2001).

Desta forma, estratégias que promovam o aumento da carnosina muscular devem ser consideradas para que haja maior poder de tamponamento dentro do músculo em atividade.

Um estudo de Hill e colaboradores (2007) suplementaram β -alanina em indivíduos durante 10 semanas utilizando um protocolo até a exaustão em bicicleta ergométrica sob uma carga de trabalho a 110% da potência máxima em teste progressivo máximo (CCT_{110%}). O CCT_{110%} é um teste válido, com boa reprodutibilidade e que leva o indivíduo a fadiga em cerca de 120 a 180 segundos (Saunders e colaboradores, 2013).

A suplementação ocorreu em doses de 4 g/dia na 1ª semana, 4,8 g/dia na segunda semana, 5,6 g/dia na 3ª semana e 6,4 g/dia da 4ª semana a 10ª semana. Como resultado, ao término da 4ª semana, os autores verificaram um aumento de 11,8% no tempo até a fadiga, sendo que após as 10 semanas este aumento foi ainda maior, em torno de 16%.

Além disso, nenhuma melhora foi observada no grupo placebo, indicando que a suplementação de β -alanina foi eficiente para o aumento do tempo até a exaustão.

Após este estudo, Sale e colaboradores (2011) suplementaram indivíduos com uma dose de 6,4 g/dia de β -alanina utilizando-se também um protocolo de teste com base no CCT_{110%}.

Neste estudo, após 4 semanas os autores verificaram um aumento de 12,1% no tempo até a fadiga. Já em 2014, Danaher e colaboradores (2014) verificaram um aumento de 14% no tempo até a exaustão após a suplementação de 6,4 g/dia de β -alanina durante 6 semanas (em relação ao grupo placebo).

Os estudos citados acima utilizaram testes em bicicleta ergométrica, os quais verificaram resultados positivos da suplementação de β -alanina. Já em estudos que utilizaram protocolo de corrida não evidenciaram de forma consensual este aumento no tempo até a exaustão.

Neste sentido, um estudo de Jagim e colaboradores (2013) analisaram a suplementação de β -alanina (6 g/dia) utilizando um protocolo de corrida em esteira em intensidades de 110% a 140% do VO₂ max até a exaustão. Como resultado, os autores não observaram melhora no desempenho.

Desta forma, apesar destes dados não serem conclusivos, é possível que o maior recrutamento de músculos durante a corrida em relação à bicicleta, possa ter diminuído a acidose localizada, afetando o resultado do estudo pela menor possibilidade de ação da carnosina.

Já em exercícios com duração maior, acima de 240 segundos, não há consenso sobre a efetividade da suplementação de β -alanina no que tange a postergação da fadiga muscular. Os estudos mostram que há a possibilidade de melhora em testes incrementais ou exercícios que oscilam entre picos de menor e maior intensidade. Já em exercícios contínuos, os estudos não mostram melhora em aspectos ligados ao desempenho.

Para elucidar esta questão, um dos primeiros trabalhos foi realizado por Stout e colaboradores (2006), onde a suplementação de β -alanina foi testada em homens jovens em um teste incremental em ciclo ergômetro até a exaustão antes e após 28 semanas de suplementação.

Não foi evidenciado nenhum tipo de melhora no grupo placebo, já no grupo que suplementou β -alanina os autores verificaram um aumento de 14,5% no tempo até a exaustão, sugerindo que o aumento de carnosina muscular através da suplementação de β -alanina foi fundamental para a maior permanência no exercício.

Os mesmos autores mais tarde (2007) realizaram um teste incremental semelhante, mas em mulheres.

Após os mesmos 28 dias de suplementação de uma dose de 6,4 g/dia de β -alanina, o grupo verificou que houve um aumento de 12,6% no tempo até a fadiga, o que evidencia a que a eficiência da β -alanina nestas condições é independente do sexo.

Já outro estudo, também em 2007, os mesmos autores em um protocolo similar não conseguiram evidenciar os mesmos resultados dos dois estudos anteriormente citados.

Entretanto, a discrepância entre os estudos não foi explicada pelos autores. É importante ressaltar que protocolos no âmbito do cross training, como vistos nos estudos de Maté-Muñoz e colaboradores (2017) e Kliszczewicz e colaboradores (2018), são em grande parte compostos de treinos em torno de 5 a 10 minutos com grande oscilação entre diferentes intensidades e predomínio do sistema glicolítico (evidenciado pelo grande aumento dos níveis de lactato), havendo a mistura entre exercícios ginásticos, de levantamento de peso, corrida, remo, entre outros (Eijsvogels, Fernandez, Thompson, 2016). Isso sugere a possibilidade de aumento do tempo de fadiga através da suplementação de β -alanina nestes protocolos.

Desta forma, estudos visando testar a suplementação de β -alanina nestas condições se fazem necessários.

Suplementação de β -alanina em modalidades envolvidas no cross training

Segundo Eijsvogels, Fernandez e Thompson (2016), o treinamento cross consiste em um programa de treinamento intervalado de alta intensidade onde há a combinação entre

exercícios de força (levantamento de peso olímpico), ginásticos, aeróbicos de caráter funcional, entre outros.

Além disso, há uma grande gama de exercícios que utilizam o peso do corpo ou objetos como kettlebells, barras, corda, entre outros.

Também é muito comum intercalar este tipo de exercício com tiros, movimentos de explosão, corrida, remo e air bike, com a utilização de muitos protocolos e, em geral, com tempo fixo para a realização de um número máximo de repetições, ou uma tarefa específica no menor tempo possível com curtos intervalos de descanso (Sprey e colaboradores, 2015; Fisker e colaboradores, 2016; Grier e colaboradores, 2013).

O remo é um esporte olímpico que exige o recrutamento da musculatura de membros superiores de forma coordenada, sendo que três estudos avaliaram a suplementação de β -alanina.

Baguet e colaboradores (2010) avaliaram a suplementação de 5 g/dia de β -alanina em remo ergômetro em prova de 2000 metros.

Os atletas apresentaram uma média de tempo 2,7 segundos abaixo para completar a prova em relação ao grupo placebo. O estudo de Baguet e colaboradores, (2010) não apresentaram diferenças significativas do ponto de vista estatístico pelo baixo número de participantes ($n=16$).

Em contrapartida, o estudo mostrou uma tendência de significância ($p=0,07$), indicando que se o resultado fosse mantido e o número de participantes fosse maior, o resultado seria significativo do ponto de vista estatístico. Já Ducker, Dawson e Wallman (2013) avaliaram remadores de nível nacional e internacional.

Neste estudo, foi utilizada uma dose de 80mg/kg/dia de β -alanina durante 28 dias utilizando também um protocolo de prova de 2000 metros com um remo ergômetro. De forma semelhante, os autores observaram uma redução de 2,9 segundos no tempo de prova em comparação ao grupo que não suplementou β -alanina.

A diferença também não foi estatisticamente significativa ($p=0,055$), mas da mesma forma que no estudo de Baguet e colaboradores (2010), houve forte tendência à significância indicando que um número maior de participantes no estudo também tornaria o

resultado significativo do ponto de vista estatístico.

Outro estudo realizado por Hobson e colaboradores (2013), utilizando o mesmo protocolo, avaliou a suplementação de 6,4 g/dia de β -alanina durante 30 dias.

Neste estudo, houve queda de 6,4 segundos no tempo médio de prova quando comparado ao grupo placebo, indicando um forte indício de que a suplementação de β -alanina foi eficiente no aumento do desempenho.

É interessante ressaltar que no Crossfit Games de 2020, a prova denominada "2007 Reload", vencida por Mat Fraser (homens) e Tia-Clair Toomey (mulheres), continha um protocolo iniciando com 1500 metros de remo, seguido por 5 rounds contendo 10 bar muscle-ups e 7 shoulder-to-overheads (Crossfit, 2020).

Desta forma, apesar de apenas 3 estudos nesta modalidade, podemos dizer que a suplementação de β -alanina possui potencial ergogênico para melhorar treinos ou protocolos específicos de cross training que possuem remo em intensidades elevadas.

No ciclismo, os estudos que evidenciaram melhora no desempenho através da suplementação de β -alanina foram em protocolos de alta intensidade e curta duração envolvendo sprints. Já em protocolos de maior duração a tendência é que o efeito da suplementação de β -alanina seja diminuído com a permanência no exercício em intensidades baixas e moderadas, onde não há acidose acentuada.

Neste sentido, Van Thienen e colaboradores (2009) avaliaram a suplementação de β -alanina durante 8 semanas em 17 homens jovens e treinados. Neste estudo, para que fosse possível aproximar-se da realidade, foi utilizado um protocolo envolvendo um sprint em velocidade máxima de 30 segundos após simulação de uma prova de 2 horas. Como resultado, o grupo que utilizou β -alanina apresentou maior potência média e de pico (5% e 11,4%, respectivamente) quando comparado ao grupo placebo (figura 6).

Já Chung e colaboradores (2014) e James e colaboradores (2014) avaliaram protocolos de suplementação de β -alanina em provas longas (prova de 1 hora e prova de 20km, respectivamente). O desempenho foi medido pelo tempo de prova e não houve melhora em ambos os estudos.

Além disso, Bellinger e colaboradores (2012) e Howe e colaboradores (2013) avaliaram a suplementação de β -alanina em protocolos de 4km (prova olímpica no ciclismo) em um desenho duplo-cego, randomizado e controlado.

Ambos os estudos não apresentaram melhora na potência média ou trabalho total durante o exercício.

Desta forma, a suplementação de β -alanina parece ser eficaz em exercícios de curta duração, envolvendo sprints onde há o predomínio da via glicolítica e conseqüentemente, maior possibilidade de acidificação do meio intracelular. O Crossfit

games de 2020 apresentou a prova denominada "Bike-Repeater" que consistiu em 10 rounds intercalando tiros de 400m em bicicleta (mountain bike) na grama verde seguido por 1 subida de corda sem as pernas (15 pés / 4,5 metros) (Crossfit, 2020).

Tendo em vista o resultado do estudo de Van Thienen e colaboradores (2009), a suplementação de β -alanina, poderia melhorar o desempenho em atletas para uma prova com estas características.

Sendo assim, estudos utilizando protocolos semelhantes com atletas treinados são necessários para confirmar tal hipótese.

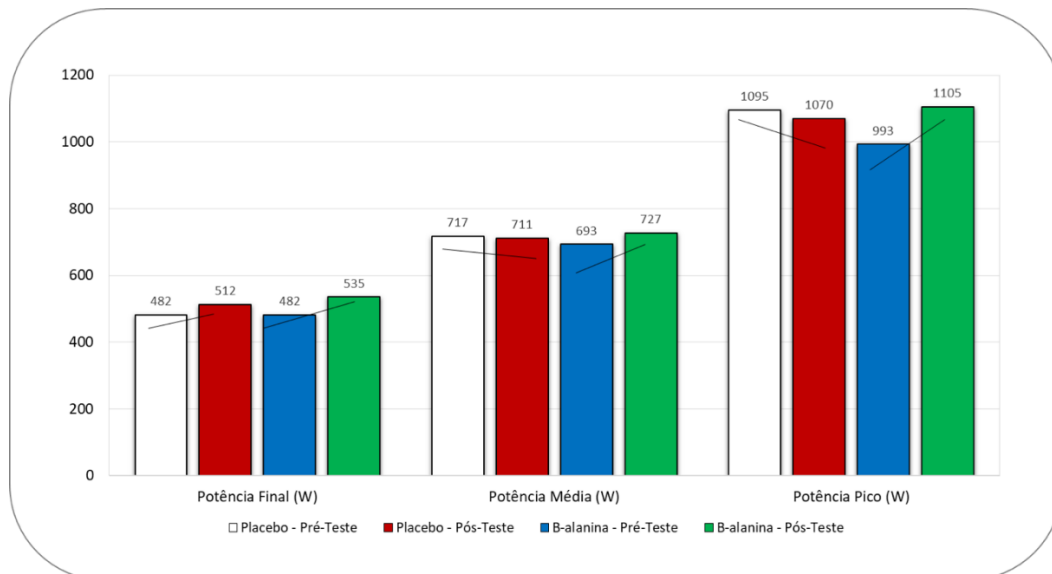


Figura 6 - efeitos do placebo nos sprints de 30-s.

Fonte: Van Thienen e colaboradores (2009). Suplementação de β -alanina durante 8 semanas em 17 homens jovens e treinados, utilizando protocolo envolvendo um sprint em velocidade máxima de 30 segundos após simulação de uma prova de 2 horas. O grupo que suplementou β -alanina apresentou maior potência média e de pico (5% e 11,4%, respectivamente) quando comparado ao grupo placebo.

Em modalidades de corrida, Derave e colaboradores (2007) suplementaram corredores de curta distância com uma dose de 4,8 g/dia de β -alanina durante cinco semanas. Como resultado, não houve alteração nos tempos de prova em relação ao tempo no início do estudo e em relação ao grupo placebo.

Já Ducker, Dawson e Wallman (2013) avaliaram a suplementação em jovens corredores durante 4 semanas em uma prova de 800 metros rasos, sendo que a dose fornecida foi de 80 mg/kg/dia. Neste estudo, os autores verificaram uma média de redução em torno de 3 segundos no tempo, o que foi

estatisticamente significativo. Uma razão para que os estudos de Derave e colaboradores (2007) não terem apresentado significância estatística pode se dar pelo fato de que a duração das provas não foi suficiente para que o exercício fosse limitado pela acidose.

Já no estudo de Ducker, Dawson e Wallman (2013) o exercício (800 metros rasos) se encontrava em uma faixa de duração mais viável e sensível aos efeitos de tamponamento exercidos pela carnosina. Com base nos estudos em questão, pode ser especulado um possível efeito benéfico da β -alanina em provas de 400 a 1500 metros rasos.

Dentro deste ponto de vista, se tomarmos como base a prova final do Crossfit games em 2020 rotulada como "Atalanta" onde a prova se iniciava com 1,6 km de corrida e em seguida, os competidores executaram 100 handstand push-ups, 200 single-leg squats, 300 pull-ups.

Após isso, a prova foi finalizada com mais 1,6 km de corrida (Crossfit, 2020). De acordo com os resultados acima citados, é possível especularmos que a β -alanina auxilie em protocolos de cross training que utilizem corridas de aproximadamente 400 a 1500 m. Sendo assim, mais estudos com este tipo de protocolo são necessários.

Para avaliar os efeitos da suplementação de β -alanina no quesito força, Hoffman e colaboradores (2008) analisaram 8 jovens fisicamente ativos que ingeriram β -alanina na dose de 4,8 g/dia durante 4 semanas. O protocolo utilizado nas 4 semanas consistia em 4 sessões por semana, 3 a 5 séries de 8 a 10 repetições máximas.

Neste estudo, os autores verificaram um aumento de 22% no volume de treino nos participantes que utilizaram a β -alanina em comparação ao grupo placebo. Entretanto, na força máxima não houve melhora em ambos os grupos.

Além disso, este estudo foi realizado com base em um desenho duplo-cego e crossover, sendo que após a suplementação de β -alanina por 4 semanas, os autores deram um período de washout de mais 4 semanas.

Como o tempo de washout da carnosina é mais longo do que isso (em torno de 12 semanas), é possível que o estudo não tenha representado a realidade pelo seu desenho. Com base na limitação do estudo de Hoffman e colaboradores (2008) avaliaram vinte e seis homens ativos em um estudo controlado.

Os autores utilizaram uma dose de 6,4 g/dia de β -alanina durante 10 semanas em um protocolo de treinamento de força envolvendo 4 sessões por semana executando 1 a 4 séries com 8 a 12 repetições máximas.

Neste estudo, não foram verificados efeitos benéficos da β -alanina em marcadores como força máxima, resistência de força e composição corporal nos participantes. Com base nos dois estudos acima citados, é provável que a suplementação de β -alanina não influencie a força máxima em protocolos de crosstraining que contenham levantamento de peso olímpico.

Em contrapartida, é possível especularmos um efeito benéfico no volume de treino quando há exercícios de levantamento de peso olímpico no protocolo de treino ou em protocolos com um volume grande de treinamento, como o próprio Atalanta (citado anteriormente) ou até mesmo benchmark WODS específicos como o MURPH (protocolo característico do crosstraining contendo 1,6 km de corrida, seguido por 100 pull ups, 200 push ups, 300 squats e mais 1,6 km de corrida).

Em modalidades de nado, poucos estudos avaliaram a eficiência da β -alanina. Chung e colaboradores (2012) avaliaram a suplementação de β -alanina por 10 semanas em atletas. Neste estudo, não foi mostrado eficiência da β -alanina no aumento do desempenho em competições específicas dos participantes.

Entretanto, o estudo teve vieses graves no que tange o controle de variáveis. Além de recrutar 60 atletas do sexo masculino e feminino (o que pode gerar discrepância nos tempos), ao invés de controlar as sessões de treino e protocolos, a intervenção foi realizada em sessões de treino dos próprios atletas e em competições. Outro ponto é que dos 60 atletas recrutados, apenas 28 terminaram o estudo, evidenciando uma grande dificuldade em executar o desenho proposto.

Desta forma, é difícil tomar por base alguma posição com base no trabalho de Chung e colaboradores, (2012).

Já outro estudo de Mero e colaboradores (2013), submeteram 13 nadadores à suplementação de β -alanina com doses de 4,8g/dia. Como resultado, os autores não verificaram melhora no desempenho com a suplementação.

Entretanto, este estudo também apresentou grandes problemas metodológicos. Os participantes sabiam que estavam utilizando a β -alanina e o teste físico aplicado não reflete as condições em competições reais de natação (teste contra o relógio com 2 tiros de 100 metros separados por 12 minutos).

Além disso, foi utilizada uma marca de β -alanina em cápsulas gelatinosas sem nenhum veículo de absorção lenta, fazendo com que todos os participantes relatassem parestesia, o que pode ter influenciado no resultado do estudo.

No décimo evento do Crossfit Games de 2020, realizada no dia 25 de Outubro de 2020, a prova denominada "Swim 'N' Stuff" consistiu em 4 rounds, sendo que em cada um

deles os competidores executavam uma sequência dos seguintes exercícios, 10 ou 15 calorias (mulheres e homens, respectivamente) na Air bike em intensidade máxima, seguido por um tiro de 50 metros de natação, 10 GHD sit-ups e 10 ball slams (40lb mulheres e 60lb homens).

De acordo com os estudos de Van Thienen e colaboradores (2008) podemos especular que os dois primeiros itens de cada round (tanto a Air Bike quanto os 50 metros de nado, executados em sequência) poderiam ser beneficiados pela suplementação crônica de β -alanina pelo grande estímulo da via glicolítica, e consequentemente, pela tendência de acidificação nos músculos trabalhados.

Desta forma, estudos com protocolos semelhantes devem ser realizados para que tal hipótese seja testada.

CONCLUSÃO

As doses de b-alanina vistas como eficientes para o aumento de desempenho em humanos giram em torno de 3,2 a 6,4g ao dia.

O principal efeito colateral da beta alanina é a parestesia e ocorre pela elevação dos níveis de b-alanina no sangue quando utilizadas doses maiores que 10mg/kg de massa corporal.

Desta forma, para que seja possível minimizar este efeito, é interessante a quebra da dose total em doses equivalentes em torno de 10mg/kg, em intervalos de 3 horas.

A suplementação de beta-alanina poderia ser interessante no âmbito do cross training para o aumento de desempenho em treinos em que a intensidade é elevada (acima de 60% do VO_2 max).

Além disso, é possível especularmos que a suplementação de β -alanina, nas referidas doses, poderia melhorar protocolos de curta duração e alta intensidade no treinamento cross, principalmente aqueles que envolvam modalidades como nado, remo, ciclismo e corridas.

Desta forma, os próximos estudos deverão testar a suplementação em protocolos específicos visando a confirmação destas hipóteses, assim como evidenciar a magnitude do efeito da suplementação no treinamento cross.

REFERÊNCIAS

1-Artioli, G. G.; Painelli, V. D. S.; Gualano, B. Suplementação de B-alanina: fundamentos fisiológicos e aplicações para o exercício, esporte e saúde. *Clanad*. 2019. p. 69-99.

2-Baguet, A.; Bourgois, J.; Vanhee, L.; Achten, E.; Derave, W. Important role of muscle carnosine in rowing performance. *J Appl Physiol*. Vol. 109. Núm 4. 2010. p. 1096-1101. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20671038>

3-Bellinger, P. M.; Howe, S. T.; Shing, C. M.; Fell, J. W. Effect of combined β -alanine and sodium bicarbonate supplementation on cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 44. Núm. 8. 2012. p. 1545-1551. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22330016>

4-Broch-Lips, M.; Overgaard, K.; Praetorius, H. A.; Nielsen, O. B. Effects of extracellular hco_3^- on fatigue, pH_i , and K^+ efflux in rat skeletal muscles. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 103. Núm. 2. p. 494-503. 2007. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17446415>

5-Chung, W.; Shaw, G.; Anderson, M. E.; Pyne, D. B.; Saunders, P. U.; Bishop, D. J.; Burke, L. M. Effect of 10-week beta-alanine supplementation on competition and training performance in elite swimmers. *Nutrients*. Vol. 4. Núm. 10. p. 1441-1453. 2012. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23201763>

6-Chung, W.; Baguet, A.; Bex, T.; Bishop, D. J.; Derave, W. Doubling of muscle carnosine concentration does not improve laboratory 1-hr cycling time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Vol. 24. Num. 3. p. 315-324. 2014. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24457999>

7-Crossfit. 2007 Reload. De 22 de outubro de 2020. California do Norte. 2020. <https://Games.Crossfit.Com/Workouts/Games/2020#Events-Details>

8-Danaher, J.; Gerber, T.; Wellard, R. M.; Stathis, C. G. The effect of β -alanine and NaHCO_3 co-ingestion on buffering capacity and exercise performance with high-intensity exercise in healthy males. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 114. Núm. 8. p. 1715-1724. 2014. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24832191/>

- 9-Derave, W.; Ozdemir, M.S.; Harris, R.C.; Pottier, A.; Reyngoudt, H.; Koppo, K.; Wise, J.A.; Achten, E. Beta-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. *J Appl Physiol*. Vol. 103. Núm. 5. p. 1736-1743. 2007. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17690198>
- 10-Ducker, K. J.; Dawson, B.; Wallman, K. E. Effect of Beta-Alanine Supplementation on 2000-M Rowing-Ergometer Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Vol. 23. Núm. 4. p. 336-343. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23239676>
- 11-Ducker, K. J.; Dawson, B.; Wallman, K. E. Effect of Beta-Alanine Supplementation on 800-M Running Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. Vol. 23. Núm. 6. p. 554-561. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23630039>
- 12-Eather, N.; Morgan, P. J.; Lubans, D. R. Effects of Exercise on Mental Health Outcomes In Adolescents Do Findings From The Crossfit Tm Teens Randomized Controlled Trial. *Psychology of Sport & Exercise*. Vol. 26. p. 14-23. 2016.
- 13-Eather, N.; Morgan, P. J.; Lubans, D. R. Improving Health-Related Fitness In Adolescents Do the Crossfit Teens Tm Randomised Controlled Trial. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 34. Núm. 3. p. 209-223. 2016. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25972203/>
- 14-Eijsvogels, T. M. H.; Fernandez, A. B.; Thompson, P. D. Are there deleterious cardiac effects of acute and chronic endurance exercise? *Physiological Reviews*. Vol. 96. Núm. 1. p. 99-125. 2016. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26607287/>
- 15-Everaert, I.; Mooyaart, A.; Baguet, A.; Zutinic, A.; Baelde, H.; Achten, E.; Taes, Y.; De Heer, E.; Derave, W. Vegetarianism, Female Gender and Increasing Age, But Not Cndp1 Genotype Are Associated With Reduced Muscle Carnosine Levels In Humans. *Amino Acids*. Vol. 40. Núm. 4. p. 1221-1229. 2011. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20865290/>
- 16-Fisker, F. Y.; Kildegaard, S.; Thygesen, M.; Grosen, K. Acute Tendon Changes In Intense Crossfit Workout Oran Observational Cohort Study. *Scand J Med Sci Sports*. Vol. 27. Núm. 11. p. 1-5. 2016. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27714843>
- 17-Fitts, R. H. The Cross-Bridge Cycle and Skeletal Muscle Fatigue. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 104. Núm. 2. p. 551-558. 2008.
- 18-Fitts, R. H. The role of acidosis in fatigue: pro perspective. *Medicine and Science In Sports and Exercise*. Vol. 48. Núm. 11. p. 2335-2338. 2016. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27755382>
- 19-Gastin, P. Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports Medicine*. Vol. 31. Núm. 10. p. 725-741. 2001. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11547894>
- 20-Geers, C.; Gross, G. Carbon dioxide transport and carbonic anhydrase in blood and muscle. *Physiological Reviews*. Vol. 80. Núm. 2. p. 681-715. 2000. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10747205>
- 21-Grier, T.; Canham-Chervak, M.; McNulty, V.; Jones, B. H. Extreme conditioning programs and injury risk in a US Army Brigade Combat Team. *U.S. Army Medical Department journal*. p. 36-47. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24146241>
- 22-Harris, R. C.; Tallon, M. J.; Dunnett, M.; Boobis, L.; Coakley, J.; Kim, H. J. The Absorption of Orally Supplied B -Alanine and Its Effect on Muscle Carnosine Synthesis In Human Vastus Lateralis. *Amino Acids*. Vol. 30. Núm. 3. p. 279-289. 2006.
- 23-Heinrich, K. M.; Becker, C.; Carlisle, T.; Gilmore, K.; Hauser, J.; Frye, J.; Euro-, Harms C. A. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. *European journal of cancer care*. Vol. 24. Núm. 6. p. 812-817. 2015. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26094701>
- 24-Heinrich, K. M.; Patel, P. M.; Neal, J. L. O.; Heinrich, B. S. High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: an intervention study. *BMC Public Health*. Vol. 14. Núm. 789. p. 1-6. 2014. <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-14-789>

- 25-Hill, C. A.; Harris, R. C.; Kim, H. J.; Harris, B. D.; Sale, C.; Boobis, L. H.; Kim, C. K.; Wise, J. A. Influence of B-Alanine Supplementation on Skeletal Muscle Carnosine Concentrations and High Intensity Cycling Capacity. *Amino Acids*. Vol. 32. Núm. 2. p. 225-233. 2007. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16868650>
- 26-Hirakoba, K. Buffering Capacity In Human Skeletal Muscle: A Brief Review. *Dissertação*. Departamento de Ciências Humanas da Faculdade de Ciência da Computação e Engenharia de Sistemas. Instituto de Tecnologia de Kyushu. Kawazu. 1999. <https://core.ac.uk/download/pdf/147422562.pdf>
- 27-Hobson, R. M.; Saunders, B.; Ball, G.; Harris, R. C.; Sale, C. Effects of B-Alanine Supplementation on Exercise Performance: A Meta-Analysis. *Amino Acids*. Vol. 43. Núm. 1. p. 25-37. 2012. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22270875>
- 28-Hobson, R. M.; Harris, R. C.; Martin, D.; Smith, P.; Macklin, B.; Gualano, B.; Sale, C. Effect of Beta-Alanine With and Without Sodium Bicarbonate on 2000-M Rowing Performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. Vol. 23. Núm. 5. p. 480-487, 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23535873>
- 29-Hoffman, J.; Ratamess, N. A.; Ross, R.; Kang, J.; Magrelli, J.; Neese, K.; Faigenbaum, A. D.; Wise, J. A. Beta-alanine and the hormonal response to exercise. *International journal of sports medicine*. Vol. 29. Núm. 12. p. 952-958. 2008. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18548362>
- 30-Howe, S. T.; Bellinger, P. M.; Driller, M. W.; Shing, C. M.; Fell, J. W. The Effect of Beta-Alanine Supplementation on Isokinetic Force and Cycling Performance In Highly Trained Cyclists. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. Vol. 26. Núm. 3. p. 562-570. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23630052>
- 31-Jagim, A. R.; Wright, G. A.; Brice, A. G. Effects of Beta-Alanine Supplementation on Sprint Endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 27. Núm. 2. p. 526-532. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22476168>
- 32-James, R. M.; Cooper, S. B.; Martin, D.; Harris, R. C.; Sale, C. Effect of B -Alanine Supplementation on 20 Km Cycling Time Trial Performance. Vol. 28. Núm. 3. p. 395-403. 2014.
- 33-Juel, C. Regulation of Ph In Human Skeletal Muscle: Adaptations To Physical Activity. *Acta Physiol (Oxf)*. Vol. 193. Núm. 1. p. 17-24. 2008. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18267000>
- 34-Kluszczewicz, B.; John, C.; Daniel, L.; Gretchen, D.; Michael, R.; Kyle, J. Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit(™) vs. Treadmill Bout. *Journal of human kinetics*. Vol. 47. p. 81-90. 2015. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26557192>
- 35-Kluszczewicz, B.; Williamson, C.; Bechke, E.; Mckenzie, M. Autonomic response to a short and long bout of high-intensity functional training. *Journal of Sports Sciences*, Vol. 36. Núm. 16. p. 1-8. 2018. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29308709>
- 36-Heavens, K. R.; Szivak, T. K.; Hooper, D. R.; Dunn-Lewis, C.; Comstock, B. A.; Flanagan, S. D.; Looney, D. P.; Kupchak, B. R.; Maresch, C. M.; Volek, J. S.; Kraemer, W. J. The Effects of High Intensity Short Rest Resistance Exercise on Muscle Damage Markers In Men and Women. *Journal of strength and conditioning research*. Vol. 28. Núm. 4. p. 1041-1049. 2014. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24662155>
- 37-Lancha Junior, A. H.; Painelli, V.; Saunders, B.; Artioli, G. G. Nutritional Strategies to Modulate Intracellular and Extracellular Buffering Capacity During High-Intensity Exercise. *Sports medicine*. Vol. 45. Núm. 1. p. 71-81. 2015. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26553493>
- 38-Liu, Q.; Sikand, P.; Ma, C.; Tang, Z.; Han, L.; Li, Z.; Sun, S.; LaMotte, R. H.; Dong, X. Mechanisms of itch evoked by β -alanine. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*. Vol. 32. Núm. 42. p. 14532-14537. 2012. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23077038/>
- 39-Martínez, B. J.; Gómez-Mármol, A. Percepción de esfuerzo, diversión y aprendizaje en alumnos de educación secundaria en las clases de Educación Física durante una Unidad Didáctica de CrossFit.

SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte. Vol. 4. Núm. 1. p. 63-67. 2015.

40-Maté-Muñoz, J. L.; Lougedo, J. H.; Barba, M.; García-Fernández, P.; Garnacho-Castaño, M. V.; Domínguez, R. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PloSone*. p. 1-17. 2017. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28753624>

41-Mero, A. A.; Hirvonen, P.; Saarela, J.; Hulmi, J. J.; Hoffman, J. R.; Stout, J. R. Effect of Sodium Bicarbonate and Beta-Alanine Supplementation on Maximal Sprint Swimming. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 10. Núm. 1. p. 1-9. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24215679>

42-Nieuwoudt, S.; Fealy, C. E.; Foucher, J. A.; Scelsi, A. R.; Malin, S. K.; Pagadala, M.; Rocco, M.; Burguera, B.; Kirwan, J. P. Functional high-intensity training improves pancreatic β -cell function in adults with type 2 diabetes. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*. Vol. 313. Núm. 3. 2017. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28512155>

43-Powers, S. K.; Howley, T. E. *Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. 9ª edição. Barueri. 2017.

44-Sale, C.; Saunders, B.; Hudson, S.; Wise, J. A.; Harris, R. C.; Sunderland, C. D. Effect of B-Alanine Plus Sodium Bicarbonate on High-Intensity Cycling Capacity. *Medicine and Science In Sports and Exercise*. Vol. 43. Núm. 10. p. 1972-1978. 2011. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21407127>

45-Saunders, B.; Elliott-Sale, K.; Artioli, G.G.; Swinton, P.; Dolan, E.; Roschel, H.; Sale, C.; Gualano, B. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 51. Núm. 8. p. 658-669. 2017.

46-Saunders, B.; Franchi, M.; Oliveira, L. F.; da Eira Silva, V.; da Silva, R. P.; de Salles Painelli, V.; Costa, L.; Sale, C.; Harris, R. C.; Roschel, H.; Artioli, G. G.; Gualano, B. 24-Week β -alanine ingestion does not affect muscle taurine or clinical blood parameters in healthy males. *European journal of nutrition*. Vol. 59. Núm. 1.

2020.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30552505>

47-Saunders, B.; Sale, C.; Harris, R. C.; Morris, J. G.; Sunderland, C. Reliability of a high-intensity cycling capacity test. *Journal of science and medicine in sport*. Vol. 16. Núm. 3. p. 286-289. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22884738>

48-Saunders, B.; Sale, C.; Harris, R. C.; Sunderland, C. Sodium Bicarbonate and High-Intensity-Cycling Capacity: Variability In Responses. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 9. Núm. 4. p. 627-632. 2014. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24155093>

49-Silva, C. R. Q. Critérios para priorização de estudos primários identificados por snowballing com conjunto inicial gerado por string de busca. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2020.

50-Stout, Jeffrey R.; Cramer, Joel T.; Mielke, Michelle; O’Kroy, Joseph; Torok, Don J.; Zoeller, Robert F. Effects of Twenty-Eight Days of Beta-Alanine and Creatine Monohydrate Supplementation on The Physical Working Capacity at Neuromuscular Fatigue Threshold. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 20. Núm. 4. p. 928-931. 2006. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17194255>

51-Sprey, J. W.; Ferreira, T.; Lima, M. V.; Duarte, A.; Jr, Jorge, P. B.; Santili, C. An Epidemiological Profile of Crossfit Athletes In Brazil. *Orthopaedic journal of sports medicine*. Vol. 4. Núm. 8. p. 1-8. 2015. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27631016>

52-Stellingwerff, T.; Anwander, H.; Egger, A.; Buehler, T.; Kreis, R.; Decombaz, J.; Boesch, C. Effect of Two B-Alanine Dosing Protocols on Muscle Carnosine Synthesis and Washout. *Amino Acids*. Vol. 42. Núm. 6. p. 2461-2472. 2012. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21847611>

53-Tanaka, H. Effects of cross-training. Transfer of training effects on VO₂max between cycling, running and swimming. *Sports medicine*. Vol. 18. Núm. 5. p. 330-339. 1994. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7871294>

54-Tibana, R. A.; Almeida, L. M.; Frade de Sousa, N. M.; Nascimento, D.; Neto, I. V.; Almeida, J. A.; Souza, V. C.; Lopes, M.; Nobrega, O.; Vieira, D. C.; Navalta, J. W.; Prestes, J. Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-Inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin Without Impairments In Muscle. Vol. 7. p. 260. 2016. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27445850>

Recebido para publicação em 08/12/2021
Aceito em 05/03/2022

55-Tibana, R. A.; Sousa, N. Are extreme conditioning programmes effective and safe? A narrative review of high-intensity functional training methods research paradigms and findings. *BMJ open sport & exercise medicine*. Vol. 4. Núm. 1. 2018. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30498574>

56-Tobias, G.; Benatti, F. B.; Salles Painelli, V.; Roschel, H.; Gualano, B.; Sale, C.; Harris, R. C.; Lancha Junior, A. H.; Artioli, G. G. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino acids*. Vol. 45. Núm. 2. 2013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23595205>

57-Ward, J. K.; Hastie, P. A.; Wadsworth, D. D.; Foote, S.; Brock, S. J.; Hollett, N. A Sport Education Fitness Season'S Impact on Students' Fitness Levels, Knowledge, and In-Class Physical Activity. *Research Quarterly For Exercise and Sport*. Vol. 88. Núm. 3. p. 1-6. 2017. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28524725>

58-Van Thienen, R.; Van Proeyen, K.; Vanden Eynde, B.; Puype, J.; Lefere, T.; Hespel, P. Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 41. Núm. 4. p. 898-903. 2009. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19276843>

59-Yamaguchi, G. C.; Nemezio, K.; Schulz, M. L.; Natali, J.; Cesar, J. E.; Riani, L. A.; Gonçalves, L. S.; Möller, G. B.; Sale, C.; DE Medeiros, M.; Gualano, B.; Artioli, G. G. Kinetics of Muscle Carnosine Decay after β -Alanine Supplementation: A 16-wk Washout Study. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 53. Núm. 5. 2020. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33148972>