

Suplementação de Beta-alanina para hipertrofia

Beta Alanine supplementation for hypertrophy

Resumo

Introdução

A beta-alanina, responsável pela síntese da carnosina, desempenha vários papéis fisiológicos durante o exercício, tem atraído grande interesse nos últimos anos com inúmeras investigações focadas em aumentar seu conteúdo intramuscular para otimizar seus potenciais benefícios ergogênicos.

Objetivos

O objetivo foi o de analisar a contribuição e benefícios da suplementação da beta-alanina para a hipertrofia.

Materiais / Sujeitos e Métodos

Revisão integrativa de literatura dos últimos três anos. Os critérios de inclusão: artigos publicados nos últimos três anos, disponíveis na íntegra, nos idiomas inglês e português; Exclusão: editoriais, cartas ao editor, teses, dissertações, artigos repetidos e que não correspondessem à temática.

Resultados

A suplementação de beta-alanina para a hipertrofia ainda é conflituoso, no entanto, evidencia-se o papel fisiológico da carnosina muscular no treino resistido, com efeitos ergogênicos, assim a sua suplementação contribui para a hipertrofia muscular.

Conclusões

A suplementação de beta-alanina pode contribuir para a hipertrofia muscular por sintetizar a carnosina no músculo, no entanto, estudos de caso-controles ou estudos randomizados devem ser realizados.

Abstract

Beta-alanine, responsible for the synthesis of carnosine, plays several physiological roles during exercise, has attracted great interest in recent years with numerous investigations focused on increasing its intramuscular content to optimize its potential ergogenic benefits. To analyze the contribution and benefits of beta-alanine supplementation for hypertrophy. Integrative literature review of the last three years. Inclusion criteria: articles published in the last three years, available in full, in English and Portuguese; Exclusion: editorials, letters to the editor, theses, dissertations, repeated articles that did not correspond to the theme. Beta-alanine supplementation for hypertrophy is still conflicting, however, the physiological role of muscle carnosine in resistance training is evidenced, explaining its ergogenic effects, thus beta-alanine supplementation, by supporting carnosine synthesis, contributes for muscle hypertrophy. Beta-alanine supplementation can contribute to muscle hypertrophy by synthesizing carnosine in the muscle, however, case-control studies or randomized studies should be performed.

Autora/Orientadora



Francione Moreira Cabral
Pós-graduanda em
Nutrologia esportiva
Faculdades BWS
Brasil



Sandra Minakawa
Professora em Nutrologia esportiva
Faculdades BWS
Brasil

Palavras-chave

Beta-alanina. Carnosina. Hipertrofia.

Keywords

Beta-Alanine. Carnosine. Hypertrophy.

INTRODUÇÃO

A beta-alanina (BA) é um aminoácido não essencial sintetizado no fígado ⁽¹⁾. Também é encontrada naturalmente em produtos de origem animal, como suínos, aves ou carne vermelha ⁽²⁾. O sistema de classificação de suplementos da FDA (*Food and Drug Administration*) descreve a BA como um suplemento de classe A com base no nível de evidência mostrado para seus efeitos benéficos no desempenho esportivo ⁽³⁾.

O efeito do BA no desempenho foi atribuído à sua capacidade de aumentar a síntese de carnosina. A carnosina é um dipeptídeo composto pelos aminoácidos BA e L-histidina ⁽⁴⁾. Como o organismo é incapaz de absorver carnosina diretamente ⁽¹⁾ e ao contrário da L-histidina, a BA é capaz de aumentar as reservas musculares de carnosina ⁽⁵⁾ sua ingestão é considerada o fator limitante para a síntese muscular de carnosina ⁽⁴⁻⁶⁾. Com efeito, a ingestão de 4,8–6,4 g / dia de BA durante um período de 5–6 semanas foi observada para aumentar as concentrações musculares de carnosina ⁽³⁾.

Como a principal proteína tampão intracelular, a principal função da carnosina é a regulação do pH ⁽⁷⁾. A carnosina promove a sensibilidade das fibras musculares ao cálcio ^(7,8), aumentando a excitação-contração muscular ^(1,9). Esses efeitos determinaram que a suplementação de BA melhora o desempenho em esforços de exercícios com duração de 6 a 60 s ⁽⁹⁾. Nestes movimentos curtos de exercício de alta intensidade, o metabolismo energético glicolítico prevalece sobre o sistema de fosfagênio de alta energia e sobre a fosforilação oxidativa ⁽¹⁰⁾.

No músculo esquelético, a disponibilidade de β -alanina é um fator limitante para a síntese de carnosina, e a suplementação de β -alanina demonstrou aumentar consistentemente o conteúdo de carnosina no sistema musculoesquelético. As diversas propriedades fisiológicas permitem que a carnosina contribua para vários processos no metabolismo neste sistema e esforços consideráveis de pesquisa foram feitos para investigar os meios de aumentá-la e em quais situações tais aumentos são benéficos ⁽⁵⁾. A disponibilidade de BA é o fator limitante na síntese intramuscular de carnosina e é amplamente reconhecido que a suplementação com este aminoácido aumenta substancialmente a carnosina, assim, o aumento da ingestão dietética de β -alanina resulta em grandes aumentos (~ 60% –80%) de carnosina. Essa estratégia de

suplementação tem se mostrado eficaz em muitas situações, com a maioria das pesquisas enfocando suas propriedades ergogênicas ^(10,11).

Essa estratégia de suplementação tem se mostrado eficaz em muitas situações, com a maioria das pesquisas enfocando suas propriedades ergogênicas. Um forte corpo de literatura atesta a capacidade da suplementação de BA para melhorar o desempenho em exercícios de alta intensidade, com dados meta-analíticos indicando que ela exerce sua maior influência ergogênicas em testes de exercícios baseados na capacidade que duram entre 30 se a 10 min ⁽¹²⁾. Este efeito ergogênico provavelmente ocorre devido à ação de potencialização da carnosina ⁽¹³⁾, em virtude disso, a BA vem sobressaindo como um dos suplementos esportivos mais populares, cientificamente comprovados e amplamente endossados disponíveis ^(1,5, 14).

O treinamento de resistência (TR) é uma intervenção de exercício primária usada para desenvolver força e estimular a hipertrofia muscular. O aumento da massa muscular constitui um componente chave do condicionamento em vários esportes devido à correlação entre a área de secção transversal muscular e a força muscular ⁽¹⁵⁾. Além disso, um aumento na massa muscular é um dos objetivos da hipertrofia e de muitos indivíduos treinados de forma recreativa. Os níveis adequados de massa muscular são uma questão importante do ponto de vista da saúde porque seus baixos níveis estão associados a riscos aumentados de várias doenças, como doenças cardiovasculares e risco cardiometabólico em adolescentes, bem como diabetes tipo II em adultos de meia-idade e idosos ⁽¹⁶⁾.

A hipertrofia muscular ocorre quando a síntese de proteína muscular excede a degradação de proteína muscular e resulta em balanço proteico líquido positivo em períodos cumulativos. Isso poderia ser alcançado com treinamento resistido e ingestão de proteína, o que estimula a síntese de proteína muscular e leva à diminuição na degradação de proteína muscular ^(16,17). Do ponto de vista nutricional, a ingestão de proteínas juntamente com o treinamento é um estímulo potente para a síntese de proteína muscular ⁽¹⁷⁾.

As evidências indicam que o crescimento muscular significativo ocorre quando a maioria das séries de treinamento é realizada com ~ 3-4 repetições na reserva (com

cargas moderadas a altas) ⁽¹⁸⁾. Além disso, foi estabelecido que o volume de treinamento, definido como o número total de repetições (repetições x séries), juntamente com as cargas utilizadas para um determinado exercício, é o elemento chave da adaptação em termos de hipertrofia muscular; além disso, tem sido sugerido que maiores volumes de esforço são garantidos para maximizar a resposta de crescimento muscular ^(17,19).

Com o aumento da capacidade de produção de energia, é possível a otimização de treinamento e uma maior quantidade de metabólitos musculares podem ser produzidos, promovendo assim o inchaço celular e potencializando a hipertrofia ⁽¹⁷⁾. Foi demonstrado que a suplementação de beta-alanina, presente na proteína, aumenta o desempenho muscular durante o treinamento de resistência, e tais aumentos ocorreram junto com aumentos na massa magra ⁽¹⁷⁾.

Pouco se sabe sobre os fatores modificáveis que podem potencialmente influenciar a resposta do conteúdo de carnosina muscular à suplementação de BA na hipertrofia. Esses fatores incluem dose, duração, co-ingestão da refeição, co-suplementação com outros compostos e protocolos de treinamento. O aprimoramento da compreensão desses fatores é de interesse de atletas e nutrólogos, além de treinadores e pesquisadores, pois maiores aumentos na carnosina muscular estão associados a maiores melhorias na capacidade de exercício ^(20, 21).

Assim sendo, o objetivo deste estudo é o de analisar a contribuição e benefícios da suplementação da beta-alanina para a hipertrofia muscular em protocolos de treinamento resistido a partir da análise da literatura até então produzida sobre o tema.

MATERIAIS, SUJEITOS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura. O estudo seguiu as cinco etapas do processo de elaboração de revisão integrativa: (1) identificação do objetivo (2) busca dos estudos na literatura, (3) avaliação dos dados encontrados nos

estudos selecionados, (4) análise de dados com síntese e (5) apresentação da revisão integrativa⁽²²⁾.

A busca foi realizada no PubMed e Scielo no mês de outubro de 2020. PubMed é uma plataforma livre de acesso à base de dados MEDLINE de citações e resumos de artigos de investigação em Biomedicina gerenciada pela Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (*U.S. National Library of Medicine*). Scielo é um banco de dados bibliográfico, biblioteca digital e modelo cooperativo de publicação digital de periódicos científicos brasileiros de acesso aberto.

A estratégia de busca iniciou-se com a seleção de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) pertinentes a pergunta norteadora. Para busca no PubMed foram utilizados os *Medical Subject Headings* (MeSH) e os recurso booleanos *AND* e *OR* para cruzar os descritores da seguinte forma: “X AND Y”, “X AND Z”.

Para a busca na Scielo e PubMed foram utilizados os seguintes descritores: Beta-alanina AND OR Carnosina AND OR, hipertrofia AND OR treinamento AND OR Programa de treinamento. Foram considerados os mesmos descritores nos idiomas em inglês, Beta-alanine AND OR Carnosine AND OR, hypertrophy AND OR training AND OR Training program; e espanhol, Beta-alanina AND OR Carnosina AND OR, hipertrofia AND OR entrenamiento AND OR Programa de entrenamiento.

Os critérios de inclusão consistiram em artigos publicados nos últimos três anos, entre os anos de 2017 a 2019, disponíveis na íntegra, nos idiomas inglês e português, que abordassem a temática proposta. Excluíram-se editoriais, cartas ao editor, teses, dissertações, artigos repetidos e que não correspondessem à temática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção endógena de beta-alanina é baixa e ocorre principalmente dentro do fígado por meio da degradação da uracila, em virtude disso, fontes dietéticas de histidina contendo dipeptídeos (por exemplo, carnosina, anserina, balenina), como carne, peixe e aves (por exemplo, 200 g de peito de frango contém ~ 800 mg de BA) podem ser um determinante potencializador de carnosina nos músculos⁽²¹⁾.

É inquestionável que a ingestão de BA a ingestão alimentar em altas concentrações é necessária para provocar aumentos significativos da carnosina, o que significa que a suplementação com BA é o meio mais eficaz e prático para aumentar o conteúdo de carnosina muscular, para praticantes de treino resistido, pode ser uma contribuição eminente para a hipertrofia ⁽²⁰⁾.

Estudo recente constatou em uma amostra de 25 homens praticantes de treinamento resistido que a suplementação de 24 semanas de BA, com uma dosagem de com 6,4 g · d⁻¹, aumentaram o conteúdo de carnosina muscular e melhoraram a capacidade de ciclagem de alta intensidade. A regulação negativa de TauT sugere que a BA desempenha um papel importante no acúmulo de carnosina muscular ⁽²³⁾.

Em um outro estudo caso-controle recente, teve como objetivo determinar se a suplementação de BA em uma amostra de 30 indivíduos melhorou a resposta adaptativa a cinco semanas de um programa de treinamento de resistência, a amostra foi dividida em dois grupos, placebo e BA. O grupo BA foi suplementado com 6,4 g / dia em doses de 8 × 800 mg cada, com pelo menos 1,5 h de intervalo. O programa de treinamento consistia em três sessões por semana, nas quais três exercícios diferentes para as pernas eram realizados em circuito (agachamento nas costas, step up com barra e estocadas com salto carregado). O programa começou com três séries de 40 s de trabalho por exercício e períodos de descanso entre séries de 120 s na primeira semana. Esse volume de treinamento foi gradualmente aumentado para cinco séries de 20 s de trabalho/ 60 s de descanso na quinta semana. As variáveis medidas foram velocidade média, velocidade de pico, potência média, potência de pico e carga em kg em um agachamento de costas, carga incremental, teste de uma repetição máxima (1RM). Além disso, durante o período de descanso, a capacidade de salto (altura e potência do salto) foi avaliada em uma plataforma de força. Para comparar os dados, foi utilizado um modelo linear geral com análise de variância bidirecional de medidas repetidas. A melhora nos resultados foram significativamente maiores no grupo BA. O ganho de potência médio pré e pós-treinamento produzido em 1RM em BA pode ser explicado por um maior ganho de força máxima, ou carga levantada em 1RM e no número de séries executadas no teste de carga incremental. A suplementação de β-

alanina foi eficaz para aumentar a produção de energia ao levantar cargas equivalentes à força máxima do indivíduo ou ao trabalhar com a produção de energia máxima. A melhora observada em 1RM foi explicada por uma maior carga levantada, ou ganho de força, em resposta ao treinamento nos participantes que tomaram este suplemento ⁽¹⁾. O resultado deste estudo é suportado por uma meta-análise, que demonstrou que uma suplementação de 6,4g/dia de beta-alanina pode otimizar a performance exercícios de alta intensidade e curta duração, como os treinos contraresistidos ⁽⁴⁾.

Em outro estudo randomizado a suplementação de 4,8/dia em praticantes de musculação, após quatro semanas foi evidente um claro aumento do volume de treino ⁽²³⁾. Esse resultado vai ao encontro dos anteriores que demonstram resultados positivos para o aprimoramento do desempenho no treino de força, conseqüentemente, oportunizando a hipertrofia ^(1,4).

A sobrecarga de tensão mecânica progressiva é considerada um dos principais fatores de crescimento muscular e mudanças na arquitetura muscular, que são alcançadas com o aumento da intensidade de esforço do treinamento resistido. Treinos com altas cargas (> 85% 1RM) e um baixo número de repetições, bem como longos intervalos de descanso (~ 3-5 min) é amplamente orientado para uma magnitude maior de tensão mecânica. Um menor número de repetições, porém com cargas elevadas enfatiza a tensão mecânica e resulta em altos níveis de recrutamento neural (fibras musculares de contração rápida) ⁽¹⁷⁾. Assim sendo, ao se considerar que a suplementação de beta-alanina tende a secundar a produção de energia, permitindo a potencialização da força máxima, conseqüentemente suportar mais cargas no treinamento resistido, compreende-se que tem a capacidade de produzir uma maior tensão mecânica, conseqüentemente, promover o crescimento muscular ^(1,4, 17).

Não obstante estes resultados que demonstram que a suplementação de beta-alanina, em uma dosagem média de 6,4g/dia pode contribuir para o ganho de força, potência, massa magra e conseqüente hipertrofia muscular, outros estudos demonstraram situação contrária, um estudo investigou os efeitos de 28 dias de suplementação de beta-alanina (β -alanina) em treinamento contra resistência da parte inferior do corpo, composição corporal e força, para isso uma amostra de 24 homens

foram randomizados para: suplementação de β -alanina (6,4 g / dia) ou placebo (6,4 g / dia de maltodextrina). Os exercícios de resistência consistiram em quatro séries de 80% no leg press 45 ° até a falha muscular no início do estudo e após 28 dias. O programa de treinamento resistido consistia em três séries de 10 a 12 RM com 90 s de descanso, quatro dias por semana. Foram observados valores mais elevados pós-treino do que pré-treino, mas não foi observada interação grupo x tempo. Houve uma tendência não significativa para os resultados entre grupos. Assim, 28 dias de suplementação com β -alanina não preveniram a perda aguda de força durante o exercício resistido após exercício intervalado de alta intensidade, nem aumentaram a força ou adaptações hipertróficas associadas ao treinamento resistido ⁽⁶⁾.

O resultado acima foi suportado por uma revisão sistemática de literatura, em que 23 estudos foram selecionados e demonstraram que um período médio de intervenção foi de $5,2 \pm 1,8$ semanas e a dose média de BA foi de $4,8 \pm 1,3$ g / dia não foi observada diferença estatisticamente significativa no trabalho total, tempo de execução do exercício, consumo de oxigênio e tempo até a exaustão em treinamentos resistidos ⁽²⁴⁾.

Em relação aos efeitos colaterais da suplementação de BA, os primeiros estudos relataram os resultados obtidos na ingestão de BA com uma dose equivalente a 40 mg kg⁻¹, vários indivíduos apresentaram sintomas de ondas de calor, vermelhidão e uma sensação desagradável de formigamento na pele (parestesia), durando aproximadamente 60 minutos após a ingestão; no entanto, nenhum sujeito apresentou esses sintomas ao ingerir a mesma dose contida em uma dieta, sugerindo que as doses de BA devam ser acompanhadas de dieta normal para limitar o risco de parestesia ^(1,8, 17, 25).

CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível mencionar que a suplementação de beta-alanina beneficia a hipertrofia por conta da potencialização dos treinamentos de resistência, ainda requer mais investigação, no entanto, os resultados permitem deduzir um papel fisiológico da carnosina muscular, principalmente durante o exercício intenso e podem explicar em parte seus efeitos ergogênicos, de modo que a suplementação de beta-alanina, por aumentar a síntese de carnosina, pode contribuir para a hipertrofia muscular, estudos de caso-controles ou estudos randomizados, voltados especificamente para esta perspectiva devem ser realizados para que esta teoria seja consubstanciada e contribuir para protocolos de nutrição para atletas iniciantes ou treinados.

REFERÊNCIAS

1. Muñoz JLM, Lougedo JH, Castaño MVC, Herreros PV, Estevan MCL, Fernandes PG, et al. Effects of β -alanine supplementation during a 5-week strength training program: a randomized, controlled study. *J Int Soc Sports Nutr.* [Internet]. 2018 [acesso em 2021 fev 25];15:19. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29713250/>
2. Cholewa J, Trexler E, Lima-Soares F, de Araujo Pessoa K, Sousa-Silva R, Santos AM, et al. Effects of dietary sports supplements on metabolite accumulation, vasodilation and cellular swelling in relation to muscle hypertrophy: A focus on “secondary” physiological determinants. *Nutrition.* [Internet]. 2018 [acesso em 2021 fev 25];60:241–251. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30682546/>
3. Saunders B, Riani L, DE Salles Painelli V, DE Oliveira LF, DA Eira Silva V, et al. Twenty-four weeks of beta-alanine supplementation on carnosine content, related genes, and exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];9:896–906. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/130056/twenty-four-weeks-of-beta-alanine-supplementation-on-carnosine>
4. Zandoná BA, Oliveira CS, Alves, RC, Smolarek AC, Souza Júnio TP. Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho: uma revisão crítica. *RBNE.* [Internet]. 2018 [acesso em 2021 fev 25];12(69):34-40. Disponível em: <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/984#:~:text=Grande%20parte%20dos%20estudos%20suporta,alta%20intensidade%20e%20curta%20dura%C3%A7%C3%A3o.&text=Beta%20Dalanine%20is%20a%20non,limiting%20precursor%20of%20carnosine%20synthesis>.
5. Blancquaert L, Everaer I, Missinne M, Baguet A, Stegen S, Volkaert A, et al. Effects of histidine and β -alanine supplementation on human muscle carnosine storage. *Med Sci Sports Exerc.* [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];49:602–609. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28106620/>
6. Freitas MC, Cholewa J, Panissa V, Quizzini G, Oliveira JV, Figueiredo C, et al. Short-Time β -Alanine Supplementation on the Acute Strength Performance after High-Intensity Intermittent Exercise in Recreationally Trained Men. *Sports (Basel).* [Internet]. 2019 [acesso em 2021 fev 25];7(5):108. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31075911/>
7. Jones RL, Barnett CT, Davidson J, Maritza B, Fraser WD, Harris R, et al. β -Alanine Supplementation Improves In-Vivo Fresh and Fatigued Skeletal Muscle Relaxation Speed. *European Journal of Applied Physiology.* [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];118(5):867-879. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28349262/>
8. Roveratti MC, Jacinto JL, Oliveira DB, da Silva RA, Andraus RAC, de Oliveira EP, et al. Effects of beta-alanine supplementation on muscle function during recovery from resistance exercise in young adults. *Amino Acids.* [Internet]. 2019 [acesso em 2021 fev 25];51(4):589-597. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30627787/#:~:text=In%20conclusion%2C%20our%20data%20indicate,session%20in%20untrained%20young%20adults>

- 9.** Furst T, Massaro A, Miller C, Williams BT, La Macchia ZM, Horvath PJ. β -Alanine supplementation increased physical performance and improved executive function following endurance exercise in middle aged individuals. *J Int Soc Sports Nutr*. [Internet]. 2018 [acesso em 2021 fev 25];15:32. Disponível em: <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-018-0238-7>
- 10.** Berti Zanella P, Donner Alves F, Guerini de Souza C. Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness*. [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];57(9):1132-1141. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27377257/>
- 11.** Rezende NS, Swinton P, Oliveira, LF, Pires da Silva R, Eira Silva V, Nemezio K, et al. The Muscle Carnosine Response to Beta-Alanine Supplementation: A Systematic Review With Bayesian Individual and Aggregate Data E-Max Model and Meta-Analysis. *Front. Physiol*. [Internet]. 2020 [acesso em 2021 fev 25];2(5):75-83. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7456894/>
- 12.** Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli G, Swinton P, Dolan E, Roschel H, et al. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med*. [internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25]; 51, 658–669. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/content/51/8/658>
- 13.** Dolan E, Saunders B, Harris R, Bicudo E, Bishop D, Sale C, et al. Comparative physiology investigations support a role for histidine-containing dipeptides in intracellular acid-base regulation of skeletal muscle. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol* [Internet]. 2019 [acesso em 2021 fev 25];234:77–86. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31029715/>
- 14.** Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med*. [Internet]. 2018 [acesso em 2021 fev 25];52:439–455. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29540367/>
- 15.** Burrows R, Correa-Burrows P, Reyes M, Blanco E, Albala C, Gahagan S. Low muscle mass is associated with cardiometabolic risk regardless of nutritional status in adolescents: A cross-sectional study in a Chilean birth cohort. *Pediatr. Diabetes*. [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];18:895–902 . Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28145023/>
- 16.** Damas F, Libardi C.A., Ugrinowitsch C. The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: The role of muscle damage and muscle protein synthesis. *Eur. J. Appl. Physiol*. [Internet]. 2018 [acesso em 2021 fev 25]; 118:485–500. Disponível em: <https://www.ufjf.br/nfbio/files/2016/06/Hipertrofia-muscular.pdf>
- 17.** Krzysztofik M, Wilk M, Wojdala G, Golaz A. Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *Int J*

Environ Res Public Health. [Internet]. 2019 [acesso em 2021 fev 25];16(24):4897. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31817252/>

18. Helms ER, Byrnes RK, Cooke DM, Haischer MH, Carzoli JP, Johnson TK, et al. Percentage 1RM Loading in Periodized Programs Matched for Sets and Repetitions. *Front. Hysiol* [Internet]. 2018 [acesso em 2021 fev 25];9:247. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5877330/>

19. Varonske AN, Hoffman JR, Churc DD, Wang R, Baker KM, Dodd SJ, et al. Influence of Skeletal Muscle Carnosine Content on Fatigue during Repeated Resistance Exercise in Recreationally Active Women. *Nutrients*. [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];9(9):988. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28880219/>

20. Saunders B, DE Salles Painelli V, DE Oliveira LF, DA Eira Silva V, DA Silva RP, Riani L, et al. Twenty-four weeks of β -alanine supplementation on carnosine content, related genes, and exercise. *Med Sci Sports Exerc*. [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];49:896–906. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28157726/>

21. Perin P, Marticorena M, Ribeiro F, Barreto G, Gobbi N, Kerksick C, et al. Can the Skeletal Muscle Carnosine Response to Beta-Alanine Supplementation Be Optimized? *Front Nutr*. [Internet]. 2019 [acesso em 2021 fev 25];6:135. Disponível em: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6718727/#:~:text=Beta%2Dalanine%20is%20a%20non,to%20200%25%20\(16\)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6718727/#:~:text=Beta%2Dalanine%20is%20a%20non,to%20200%25%20(16))

22. Hopia H, Latvala E, Liimatainen L. Reviewing the methodology of an integrative review. *Scand. J. Caring. Sci*. [Internet]. 2016 [acesso em 2021 fev 25];30(4):662-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27074869/>

23. Saunders B, De Salles Painelli V, De Oliveira LF, Da Eira Silva V, Da Silva RP, Riani L, et al. Twenty-four weeks of β -alanine supplementation on carnosine content, related genes, and exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*. [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];49:896–906. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28157726/>

24. Ojeda AH, MOnrilla OC, Maliqueo SG, Aguilera CJ, Kloss RF, Barrilao RG. Efectos de la suplementación aguda con beta-alanina sobre una prueba de tiempo límite a velocidad aeróbica máxima en atletas de resistência, *Nutr. Hosp*. [Internet]. 2019. [acesso em 2021 fev 25];35(3):34-40. Disponível em: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000300028

25. Berti Zanella P, Donner Alves F, Guerini de Souza C. Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness*. [Internet]. 2017 [acesso em 2021 fev 25];57(9):1132-1141. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27377257/>