

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA NO DESEMPENHO:
UMA REVISÃO CRÍTICA**

Bruna Amorim Zandoná¹, Cleyton dos Santos de Oliveira¹
Ragami C. Alves¹, André de Camargo Smolarek¹
Tácito Pessoa de Souza Junior¹

RESUMO

A beta-alanina é um aminoácido não proteogênico precursor limitante da síntese da carnosina. O aumento da carnosina muscular tem sido considerado um fator de reforço das capacidades físicas e diminuição da fadiga neuromuscular. Nesse contexto, a utilização de beta-alanina como um auxiliar ergogênico tem sido frequentemente descrita. Deste modo, a presente revisão teve como objetivo analisar as principais investigações relacionadas diretamente com os efeitos da suplementação de beta-alanina sobre o desempenho esportivo, bem como estabelecer pautas adequadas para elucidar a posologia da suplementação que promova resultados positivos minimizando as possíveis adversidades. A revisão de literatura englobou publicações nacionais e internacionais, com datas compreendidas entre janeiro de 1990 e maio de 2017, nas bases de dados eletrônicas: Elsevier, Medline, Pubmed, Scopus, Sportdiscus e Web of Science. As palavras chaves utilizadas na busca estavam incluídas na Thesaurus Medical Subject Headings (MeSH) desenvolvido pela U.S. National Library of Medicine. Grande parte dos estudos suporta que a suplementação de, em média, 6,4g/dia de beta-alanina pode melhorar o desempenho em exercícios de alta intensidade e curta duração.

Palavras-chave: Carnosina. Exercício. Treinamento. Fadiga. Acidose.

1-Grupo de Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Treinamento de Força (GPMENUTF) Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Paraná, Brasil.

ABSTRACT

Effect of beta-alanine supplementation in performance: a critical review

Beta-alanine is a non-proteogenic amino acid limiting precursor of carnosine synthesis. The increase of muscular carnosine has been considered a factor of physical capacities reinforcement and neuromuscular fatigue decrease. In this context, the use of beta-alanine as an ergogenic aid has been frequently described. This review aims to analyze the main investigations directly related to beta-alanine supplementation effects on sports performance, as well establish adequate guidelines to elucidate supplementation posology that promotes positive results minimizing possible collateral effects. The literature review included national and international publications, with dates between January 1990 and May 2017, in the electronic databases: Elsevier, Medline, Pubmed, Scopus, Sportdiscus and Web of Science. Key words used in search were included in the Thesaurus Medical Subject Headings (MeSH) developed by the U.S. National Library of Medicine. Several studies support that beta-alanine supplementation around 6,4g/day may improve performance in high-intensity and short-term exercises.

Key words: Carnosine. Exercise. Training. Fatigue. Acidosis.

E-mails dos autores:
brunazandona@hotmail.com
cleytoncso@hotmail.com
ragami1@hotmail.com
andrecks@gmail.com
tacitojr2009@hotmail.com

Endereço para correspondência:
Rua Coração de Maria, 92 - BR 116 km 95
Jardim Botânico, Curitiba, Paraná, Brasil.
Telefone: (+55 41) 99911-2341; (+55 41) 9998-8828

INTRODUÇÃO

A beta-alanina é um aminoácido não proteogênico produzido endogenamente no fígado (Harris e colaboradores, 2006), podendo também ser obtida através do consumo de alimentos como carne de porco, aves e peixes (Harris e colaboradores, 2007).

A beta-alanina é o precursor limitante da síntese da carnosina (Harris e colaboradores, 2006), um dipeptídeo formado pela combinação dos aminoácidos L-histidina e beta-alanina através da enzima carnosina sintase (Drozak e colaboradores, 2010).

Essa enzima apresenta maior afinidade pela histidina em comparação à beta-alanina. Além disso, a concentração intra e extracelular de histidina é significativamente maior do que a de beta-alanina, o que torna a síntese de carnosina limitada pela disponibilidade de beta-alanina (Harris e colaboradores, 2006).

A carnosina é predominantemente armazenada no músculo esquelético (Abe, 2000). Sua abundância no músculo sugere que ela desempenha um papel importante durante o exercício (Saunders e colaboradores, 2016).

Uma de suas funções é tamponar prótons intracelulares, reduzindo a acidose e o tempo de fadiga (Hill e colaboradores, 2007).

A carnosina precede o tamponamento do bicarbonato e do fosfato inorgânico durante o exercício devido à sua estrutura, que é capaz de aceitar prontamente um próton em pH fisiológico (Suzuki, 2006).

Além de sua função como tampão de prótons, recentemente, outros papéis têm sido atribuídos à carnosina, como proteção contra danos oxidativos, glicação e regulação da sensibilidade ao cálcio (Trexler e colaboradores, 2015).

O aumento da carnosina no músculo tem sido considerado um fator de reforço das capacidades físicas e diminuição da fadiga neuromuscular (Artioli e colaboradores, 2010; Harris e colaboradores, 2006; Kern e Robinson, 2011; Stout e colaboradores, 2007).

Porém, a suplementação de carnosina oral é um método ineficiente para elevar os níveis de carnosina muscular nos seres humanos (Gardner e colaboradores, 1991) devido ao fato de não ser absorvida em sua forma íntegra, já que no aparelho digestório está presente a enzima carnosinase que

rapidamente hidrolisa este dipeptídeo, como mostra a Figura 1 (Sale, Saunders e Harris, 2010; Hobson e colaboradores, 2012).

Em contrapartida, estudos têm demonstrado que a suplementação com beta-alanina é eficaz para aumentar os níveis intracelulares de carnosina nos membros superiores e inferiores (Saunders e colaboradores, 2016), com o pico de concentração após 30-45min (Harris e colaboradores, 2006).

Isso levou a investigações sobre os efeitos da suplementação de beta-alanina como auxiliar ergogênico (Hill e colaboradores, 2007; Sale e colaboradores, 2011).

Desta maneira, o presente estudo teve como objetivo analisar as principais investigações relacionadas diretamente com os efeitos da suplementação de beta-alanina sobre o desempenho esportivo, bem como estabelecer pautas adequadas para elucidar a posologia da suplementação que promova efeitos positivos minimizando as possíveis adversidades.

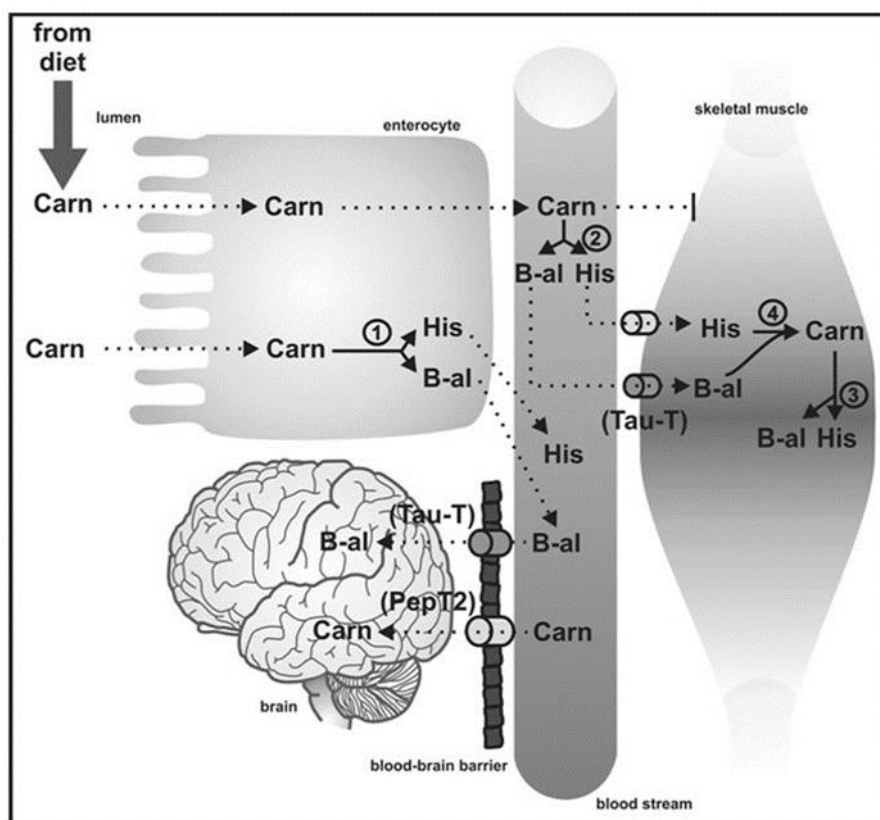
MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão de literatura englobou publicações nacionais e internacionais, com datas compreendidas entre janeiro de 1990 e maio de 2017.

As bases de dados eletrônicas utilizadas para efetuar a busca foram Elsevier, Medline, Pubmed, Scopus, Sportdiscus e Web of Science.

As palavras chaves utilizadas na busca estavam incluídas na Thesaurus Medical Subject Headings (MeSH) desenvolvido pela U.S. National Library of Medicine. A estratégia da busca foi combinar as palavras chaves "Beta alanine AND supplementation AND (exercise OR strength OR resistance OR endurance OR performance)".

Para a seleção dos artigos obtidos na busca foram aplicados os seguintes critérios de exclusão: artigos escritos em idiomas diferentes de inglês e português, artigos utilizando experimento em animais, artigos que não seguiram nenhum protocolo de suplementação de beta-alanina, estudos que envolviam diferentes suplementações, estudos que não incluíram intervenção de exercício físico e que não relacionaram a suplementação com desempenho e fadiga.



Legenda: 1: carnosinase jejunal; 2: carnosinase sérica; 3: carnosinase tecidual; 4: carnosina sintase; Tau-T: transportador taurina/beta-alanina; PepT2: transportador de carnosina; Carn: carnosina; B-al: beta-alanina; His: histidina. Adaptado de Sale e colaboradores (2012).

Figura 1 - Ilustração esquemática da biodisponibilidade e do metabolismo da carnosina.

REVISÃO DA LITERATURA

Efeito da suplementação de beta-alanina no tamponamento

Exercícios de alta intensidade, com duração de 1 a 7min, ou esportes envolvendo "sprints" repetidos produzem metabólitos intracelulares, tais como difosfato de adenosina, fosfato inorgânico, íons de hidrogênio e lactato (Artioli e colaboradores, 2010; Derave e colaboradores, 2010). O aumento de íons H⁺ causa maior acidez do pH intracelular, sendo considerado um dos principais contribuintes para a fadiga do músculo esquelético (Derave e colaboradores, 2010).

Um dos mecanismos propostos de fadiga sugere que quantidades excessivas de íons H⁺ intracelular podem reduzir tanto a atividade da actina-miosina ATPase como a afinidade da troponina pelo cálcio, reduzindo

dessa maneira o acoplamento actina-miosina e a capacidade de geração de força muscular (Vanhatalo e colaboradores, 2009).

Porém, dados recentes de Jones e colaboradores (2017) mostraram que não houve efeito da suplementação de beta-alanina sobre a produção da força isométrica voluntária ou eletricamente estimulada. Esses achados corroboram com os resultados encontrados por Hannah e colaboradores (2015) que não observaram efeito da suplementação de beta-alanina nas contrações voluntárias máximas, sugerindo que a sensibilidade e a liberação de cálcio pode não ser o principal mecanismo pelo qual o aumento dos níveis de carnosina melhora o desempenho muscular.

Os efeitos significativos da suplementação de beta-alanina são observados durante os exercícios com duração de 0,5 a 10min, sem efeito em exercícios com menos de 0,5min de duração,

visto que este tempo de exercício não é suficiente para acumulação intracelular de íons H⁺ (Saunders e colaboradores, 2016).

Dessa maneira, o efeito ergogênico da suplementação de beta-alanina depende da modalidade do exercício (Hostrup e Bangsbo, 2016), apresentando melhora evidente nas atividades que dependem principalmente do metabolismo anaeróbio (Trexler e colaboradores, 2015).

Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho

Dados atuais sugerem que tanto exercícios de membro isolado quanto exercícios de corpo inteiro apresentam a mesma probabilidade de se beneficiar com a suplementação de beta-alanina (Saunders e colaboradores, 2016).

Bellinger e Minahan (2016) em seu estudo com 14 ciclistas treinados observaram que a suplementação de beta-alanina aumentou a intensidade do treinamento durante o sprint interval training (SIT) e proporcionou benefícios adicionais ao ciclo supramaximal exaustivo em comparação ao SIT sozinho.

Glenn e colaboradores (2016) verificaram que 28 dias de suplementação de beta-alanina aumentaram o pico de torque e trabalho, indicando que a beta-alanina melhorou o desempenho de atletas femininas da categoria master de ciclismo.

Pesquisas que investigaram os efeitos da suplementação de beta-alanina sobre a força relataram achados contraditórios.

Embora os estudos realizados por Hoffman e colaboradores (2008) durante 30 dias de suplementação com beta-alanina não tenham apresentado melhora estatisticamente significativa no desempenho, houve aumento no volume de treinamento e redução da fadiga.

Durante o mesmo período de suplementação com beta-alanina, Hill e colaboradores (2007) encontraram um aumento significativo de 13% no trabalho total de homens fisicamente ativos. Também em um estudo de 4 semanas,

Derave e colaboradores (2007) observaram que a suplementação de beta-alanina aumentou o conteúdo de carnosina muscular e atenuou significativamente a fadiga durante 5 sessões de 30 extensões do joelho,

enquanto a resistência isométrica não foi afetada.

Em contrapartida, Sale e colaboradores (2012) demonstraram uma significativa melhora na resistência isométrica após o mesmo período de suplementação.

Por outro lado, em um estudo realizado por Smith e colaboradores (2009) não houve diferenças significativas no trabalho total realizado após 3 semanas de treinamento e suplementação nos grupos beta-alanina e placebo. Kern e Robinson (2011) também não apresentaram dados de melhora significativa do desempenho nos membros superiores de lutadores e jogadores de futebol suplementados durante 8 semanas com beta-alanina em comparação ao placebo. Numa intervenção de 10 semanas, Kendrick e colaboradores (2008) também não observaram diferença entre o grupo suplementado com beta-alanina e o placebo na produção de força, força isocinética e resistência muscular.

Alguns estudos examinaram a capacidade física de trabalho no limiar de fadiga e demonstraram um aumento no grupo suplementado com beta-alanina em comparação ao grupo placebo, indicando que a beta-alanina atrasa o início da fadiga neuromuscular em cargas de trabalho submáximas (Stout e colaboradores, 2006, 2007, 2008; Smith-Ryan e colaboradores, 2014). Em sua pesquisa, Stout e colaboradores (2006) relataram uma melhora de 16,9% na capacidade física de trabalho no limiar de fadiga em homens após 28 dias de suplementação com beta-alanina. Smith-Ryan e colaboradores (2014) encontraram um aumento de 5,6% na capacidade de trabalho físico no limiar da frequência cardíaca em homens e mulheres que consumiram beta-alanina.

Stout e colaboradores (2008) demonstraram que 90 dias de suplementação com beta-alanina resultou em melhora de 37,3% na capacidade física de trabalho no limiar de fadiga. Recentemente Hoffman e colaboradores (2014) investigaram o efeito da suplementação com beta-alanina durante 28 dias em soldados envolvidos em treinamento militar. Apesar do desempenho cognitivo não ter sido alterado, a beta-alanina resultou em aumentos moderados na potência de pico, velocidade de pontaria e tiro ao alvo, em relação ao placebo.

Baguet e colaboradores (2010) em um estudo com 18 remadores de elite observou que após 7 semanas de suplementação com beta-alanina houve melhora no desempenho de tempo, mas não foi estatisticamente significativa.

Da mesma maneira, Ducker e colaboradores (2013) mostrou uma melhora no tempo de remadores bem treinados suplementados com beta-alanina em comparação ao grupo placebo, mas também sem diferença estatisticamente significativa.

De Salles e colaboradores (2013) mostraram melhor desempenho de 1 a 2% em nadadores brasileiros de 100 e 200m estilo livre, altamente treinados, após a suplementação de beta-alanina.

Em contrapartida, Chung e colaboradores (2012), em um estudo anterior, obtiveram resultados de desempenho pouco claros tanto na competição quanto no treinamento de nadadores de 50-400m.

Alguns estudos relataram mudanças na composição corporal com a suplementação

de beta-alanina, havendo aumento da massa magra (Jordan e colaboradores, 2010; Kern e Robinson, 2011; Smith e colaboradores, 2009).

Em contrapartida, Baguet e colaboradores (2010) e outros pesquisadores não encontraram alterações significativas (Hill e colaboradores, 2007; Stout e colaboradores, 2007; Van Thienen e colaboradores, 2009). De Salles e colaboradores (2014) analisou a eficácia da suplementação de beta-alanina em indivíduos treinados e não-treinados e observou que a suplementação foi igualmente eficaz em ambos os grupos.

Embora pareça que atletas treinados podem não apresentar resultados muito significativos, as alterações, mesmo quando pequenas, podem ser decisivas durante a competição (Saunders e colaboradores, 2016).

A seguir o quadro 1 apresenta os efeitos da suplementação de beta-alanina no desempenho em exercícios de alta intensidade e curta duração.

Quadro 1 - Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho em exercícios de alta intensidade e curta duração.

Autor	Participantes	Protocolo de exercício	Protocolo de suplementação	Resultados
Hill e colaboradores (2006)	24 universitários fisicamente ativos	Teste de desempenho em bicicleta ergométrica até a exaustão	Sem 1- 4,0g/d Sem 2- 4,8g/d Sem 3 - 5,6g/d Sem 4 a 10 – 6,4g/d	Aumento no trabalho total realizado
Derave e colaboradores (2007)	15 atletas competitivos de sprint de 400 m	Teste isocinético de extensões do joelho, contração isométrica e tempo de corrida de 400m	4,8g/d por 4 sem	O torque da extensão do joelho foi melhorado. A resistência isométrica e o tempo de corrida não foram afetados
Saunders e colaboradores (2012)	17 atletas de futebol do sexo masculino	YoYo IR2	3,2g/d por 12 sem	Melhora de 34,4%
De Salles e colaboradores (2014)	20 ciclistas de endurance e 20 indivíduos destreinados	4 séries de Wingate de membros inferiores de 30s, separados por 3m	6,4g/d por 4 sem	Aumento da potência média em ambos os grupos
Bellinger e Minahan (2016)	14 ciclistas treinados	Teste de ciclismo supramáximo até a exaustão, time trial de 4 e 10km e sprints de 4 x 1km	6,4g/d por 4 sem	Melhora no sprint de 4 x 1 km e no tempo de ciclismo supramáximo
Glen e colaboradores (2016)	22 ciclistas master do sexo feminino	Handgrip e 50 flexões e extensões totais do joelho	3,2g/d por 4 sem	Aumento do torque máximo

Recomendações de dosagem de beta-alanina

A suplementação de 1,6g / dia de beta-alanina durante 2 semanas mostrou-se suficiente para aumentar os níveis de carnosina muscular (Stellingwerff e

colaboradores, 2012), enquanto benefícios no exercício foram apresentados a partir de doses que variam de 3,2 a 6,4g / dia durante 4-12 semanas (Hill e colaboradores, 2007; Saunders e colaboradores, 2012). Os indivíduos são aconselhados a suplementar beta-alanina diariamente por um mínimo de 2

a 4 semanas com uma dose de 3,2 a 6,4g / dia divididas ao longo do dia (0,8 a 1,6g a cada 3-4 horas) (Saunders e colaboradores, 2016). Essa suplementação resulta em um aumento de 20 a 30% nas concentrações de carnosina no músculo em duas semanas (Baguet e colaboradores, 2009), com maiores benefícios observados após 4 semanas (40 a 60% de aumento) (Stellingwerff e colaboradores, 2012; Harris e colaboradores, 2009). Demonstrou-se, também, que o consumo de beta-alanina juntamente com a refeição foi eficaz para potencializar o aumento dos níveis de carnosina muscular (Stegen e colaboradores, 2013).

O fracionamento da ingestão de beta-alanina é indicado para evitar os sintomas de parestesia, descritos como formigamento ou uma sensação espinhosa causando irritação à pele, que aparece dentro de 10 a 20min depois de consumir o suplemento e pode durar cerca de 60min ou mais (Harris e colaboradores, 2006).

No entanto, uma formulação de liberação lenta de beta-alanina foi desenvolvida (Carnosyn SR TM, Natural Alternatives International, San Marcos, Califórnia, EUA), reduzindo a concentração plasmática máxima de uma dose única, enquanto a liberação no sangue é mantida durante 6h (Décombaz e colaboradores, 2012). Estudos utilizando os comprimidos de liberação lenta demonstraram sua eficácia evitando os sintomas de parestesia (Sale e colaboradores, 2011; Saunders e colaboradores, 2012a, 2012b).

Estudos mostram uma relação linear dose-resposta entre a carga de beta-alanina e os níveis musculares de carnosina, mas sua eficiência é maior durante as primeiras 4 semanas de suplementação do que nas 6 semanas seguintes (Hill e colaboradores, 2007). Isto pode indicar que o aumento da carnosina muscular induzida pela suplementação de beta-alanina segue a tendência de atingir um platô (Hostrup e Bangsbo, 2016).

Atualmente, não há dados de segurança do uso prolongado de beta-alanina acima de 1 ano. Contudo, devido à natureza não essencial desse aminoácido, as preocupações em relação à segurança do seu consumo são baixas (Trexler e colaboradores, 2015).

CONCLUSÃO

A suplementação de beta-alanina parece ser segura em populações saudáveis nas doses recomendadas, com moderada a alta probabilidade de aumentar a capacidade de exercício e desempenho.

Os indivíduos são aconselhados a suplementar beta-alanina diariamente por um mínimo de 2 a 4 semanas com uma dose de 3,2 a 6,4g / dia.

A melhora documentada do volume de treinamento e fadiga pode resultar em mudanças significativas em relação a intervenções prolongadas.

No entanto, os mecanismos exatos pelos quais o aumento da carnosina contribui para a melhoria dos resultados do exercício continuam a ser pesquisados.

REFERÊNCIAS

- 1-Abe, H. Role of Histidine-related Compounds the Intracellular Proton Buffering Constituents in Vertebrate Muscle. *Biochemistry (mosc)*. Vol. 65. Num. 7. 2000. p. 757-765.
- 2-Artoli, G.G.; Gualano, B.; Smith, A.; Stout, J.; Lancha, A.H.JR. Role of Beta-Alanine Supplementation on Muscle Carnosine and Exercise Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 42. Num. 6. 2010. p. 1162-1173.
- 3-Baguet, A.; Bourgois, J.; Vanhee, L.; Achten, E.; Derave, W. Important Role of Muscle Carnosine in Rowing Performance. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 109. Num. 4. 2010. p. 1096-1101.
- 4-Baguet, A.; Reyngoudt, H.; Pottier, A.; Everaert, I.; Callens, S.; Achten, E.; Derave, W. Carnosine Loading and Washout in Human Skeletal Muscles. *Journal of applied physiology*. Vol. 106. Num. 3. 2009. p. 837-842.
- 5-Bellinger, P. M.; Minahan, C. L. Additive Benefits of β -Alanine Supplementation and Sprint-Interval Training. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 48. Num. 12. 2016. p. 2417-2425.

- 6-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. Num. 10. 2012. p. 1441-1453.
- 7-De Salles Painelli, V.; Saunders, B.; Sale, C.; Harris, R. C.; Solis, M. Y.; Roschel, H.; Lancha Jr, A. H. Influence of Training Status on High-Intensity Intermittent Performance in Response to B-Alanine Supplementation. *Amino acids*. Vol. 46. Num. 5. 2014. p. 1207-1215.
- 8-De Salles Painelli, V.; Roschel, H.; De Jesus, F.; Sale, C.; Harris, R. C.; Solis, M. Y.; Artioli, G. G. The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. Vol. 38. Num. 5. 2013. p. 525-532.
- 9-Décombaz, J.; Beaumont, M.; Vuichoud, J.; Bouisset, F.; Stellingwerff, T. Effect of Slow-Release B-Alanine Tablets On Absorption Kinetics and Paresthesia. *Amino acids*. Vol. 43. Num. 1. 2012. p. 67-76.
- 10-Derave, W.; Everaert, I.; Beeckman, S.; Baguet, A. Muscle Carnosine Metabolism and Beta-Alanine Supplementation in Relation to Exercise and Training. *Sports Medicine*. Vol. 40. Num. 3. 2010. p. 247-263.
- 11-Derave, W.; Özdemir, M. S.; Harris, R. C.; Pottier, A.; Reyngoudt, H.; Koppo, K.; Achten, E. β -Alanine Supplementation Augments Muscle Carnosine Content And Attenuates Fatigue During Repeated Isokinetic Contraction Bouts In Trained Sprinters. *Journal of applied physiology*. Vol. 103. Num. 5. 2007. p. 1736-1743.
- 12-Ducker, K.; Dawson, B.; Wallman, K.E. Effect of Beta-Alanine Supplementation on 2000-m Rowing-Ergometer Performance. *International Journal Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 23. Num. 4. 2013. p. 336-343.
- 13-Drozak, J.; Veiga-da-Cunha, M.; Vertommen, D.; Stroobant, V.; Van Schaftingen, E. Molecular Identification of Carnosine Synthase as Atp-Grasp Domain-Containing Protein 1 (ATPGD1). *Journal of Biological Chemistry*. Vol. 285. Num. 13. 2010. p. 9346-9356.
- 14-Gardner, M. L.; Illingworth, K. M.; Kelleher, J. E. R. R. Y.; Wood, D. I. A. N. A. Intestinal Absorption of the Intact Peptide Carnosine in Man, and Comparison with Intestinal Permeability to Lactulose. *The Journal of physiology*. Vol. 439. Num. 1. 1991. p. 411-422.
- 15-Glenn, J. M.; Gray, M.; Stewart Jr, R. W.; Moyer, N. E.; Kavouras, S. A.; DiBrezza, R.; Stone, M. S. Effects of 28-Day Beta-Alanine Supplementation on Isokinetic Exercise Performance and Body Composition in Female Masters Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 30. Num. 1. 2016. p. 200-207.
- 16-Hannah, R.; Stannard, R. L.; Minshull, C.; Artioli, G. G.; Harris, R. C.; Sale, C. B-Alanine Supplementation Enhances Human Skeletal Muscle Relaxation Speed but Not Force Production Capacity. *Journal of applied physiology*. Vol. 118. Num. 5. 2015. p. 604-612.
- 17-Harris, R. C.; Jones, G. A.; Kim, H. J.; Kim, C. K.; Price, K. A.; Wise, J. A. Changes in Muscle Carnosine of Subjects with 4 Weeks Supplementation with a Controlled Release Formulation of Beta-Alanine (Carnosyn™), and for 6 Weeks Post. *The FASEB Journal*. Vol. 23. Num. 1 Supplement. 2009. p. 599-604.
- 18-Harris, R. C.; Jones, G.; Hill, C. A.; Kendrick, I. P.; Boobis, L.; Kim, C.; Wise, J. A. The Carnosine Content of V Lateralis in Vegetarians and Omnivores. *The FASEB Journal*. Vol. 21. Num. 6. 2007. p. A944-A944.
- 19-Harris, R.C.; Tallon, M.J.; Dunnett, M.; Boobis, L.; Coakley, J.; Kim, H.J.; Fallowfield, J.L.; Hill, C.A.; Sale, C.; Wise, J.A. The Absorption of Orally Supplied Beta-Alanine and its Effect on Muscle Carnosine Synthesis in Human Vastus Lateralis. *Amino Acids*. Vol. 30. Num. 3. 2006. p. 279-289.
- 20-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 Beta-Alanine Supplementation on Skeletal Muscle Carnosine Concentrations and High Intensity

Cycling Capacity. *Amino Acids*. Vol. 32. Num. 2. 2007. p. 225-233

21-Hobson, R.M.; Saunders, B.; Ball, G.; Harris, R.C.; Sale, C. Effects of β -Alanine Supplementation on Exercise Performance: A Meta-Analysis. *Amino Acids*. Vol. 43. Num. 1. 2012. p. 25-37.

22-Hoffman, J. R.; Landau, G.; Stout, J. R.; Dabora, M.; Moran, D. S.; Sharvit, N.; Ostfeld, I. β -Alanine Supplementation Improves Tactical Performance but not Cognitive Function In Combat Soldiers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 11. Num. 1. 2014. p.15.

23-Hoffman, J. R.; Ratamess, N. A.; Faigenbaum, A. D.; Ross, R.; Kang, J.; Stout, J. R.; Wise, J. A. Short-Duration β -Alanine Supplementation Increases Training Volume and Reduces Subjective Feelings of Fatigue in College Football Players. *Nutrition research*. Vol. 28. Num. 1. 2008. p. 31-35.

24-Hostrup, M.; Bangsbo, J. Improving Beta-Alanine Supplementation Strategy to Enhance Exercise Performance in Athletes. *The Journal of physiology*. Vol. 594. Num. 17. 2016. p. 4701-4702.

25-Jones, R. L.; Barnett, C. T.; Davidson, J.; Maritza, B.; Fraser, W. D.; Harris, R.; Sale, C. β -Alanine Supplementation Improves In-Vivo Fresh and Fatigued Skeletal Muscle Relaxation Speed. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 117. Num. 5. 2017. p. 867-879.

26-Jordan, T.; Lukaszuk, J.; Misic, M.; Umoren, J. Effect of Beta-Alanine Supplementation on the Onset of Blood Lactate Accumulation (Obla) During Treadmill Running: Pre/Post 2 Treatment Experimental Design. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 7 Num. 1. 2010. p. 20.

27-Kendrick, I. P.; Harris, R. C.; Kim, H. J.; Kim, C. K.; Dang, V. H.; Lam, T. Q.; Wise, J. A. The Effects of 10 Weeks of Resistance Training Combined with β -Alanine Supplementation on Whole Body Strength, Force Production, Muscular Endurance and Body Composition. *Amino acids*. Vol. 34. Num. 4. 2008. p. 547-554.

28-Kern, B.; Robinson, T. Effects of β -alanine Supplementation on Performance and Body Composition in Collegiate Wrestlers and Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 25. Num. 7. 2011. p. 1804-1815.

29-Sale, C.; Hill, C. A.; Ponte, J.; Harris, R. C. β -Alanine Supplementation Improves Isometric Endurance of the Knee Extensor Muscles. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 9 Num. 1. 2012. p. 26.

30-Sale, C.; Saunders, B.; Hudson, S.; Wise, J. A.; Harris, R. C.; Sunderland, C. D. Effect of β -Alanine Plus Sodium Bicarbonate on High-Intensity Cycling Capacity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 43. Num. 10. 2011. p. 1972-1978.

31-Sale, C.; Saunders, B.; Harris, R. C. Effect of Beta-Alanine Supplementation on Muscle Carnosine Concentrations and Exercise Performance. *Amino acids*. Vol. 39. Num. 2. 2011. p. 321-333.

32-Saunders, B.; Elliott-Sale, K.; Artioli, G. G.; Swinton, P. A.; Dolan, E.; Roschel, H.; Gualano, B. β -Alanine Supplementation to Improve Exercise Capacity and Performance: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Br J Sports Med*. 2016.

33-Saunders, B.; Sunderland, C.; Harris, R. C.; Sale, C. β -Alanine Supplementation Improves Yoyo Intermittent Recovery Test Performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 9. Num. 1. 2012a. p. 39.

34-Saunders, B.; Sale, C.; Harris, R. C.; Sunderland, C. Effect of Beta-Alanine Supplementation on Repeated Sprint Performance During the Loughborough Intermittent Shuttle Test. *Amino acids*. Vol. 43. Num. 1. 2012b. p.39-47.

35-Smith-Ryan, A. E.; Woessner, M. N.; Melvin, M. N.; Wingfield, H. L.; Hackney, A. C. The Effects of Beta-Alanine Supplementation on Physical Working Capacity at Heart Rate Threshold. *Clinical physiology and functional imaging*. Vol. 34. Num. 5. 2014. p. 397-404.

36-Smith, A.E.; Walter, A.A.; Crael, J.I.; Kendall, K.I.; Moon, J.R.; Lockwood, C.M.; Fukuda, D.H.; Beck, T.W.; Cramer, J.T.; Stout, J.R. Effects of Beta-Alanine Supplementation and High-Intensity Interval Training on Endurance Performance and Body Composition in Men: A Double-Blind Trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 6. Num. 5. 2009. p. 9.

37-Stegen, S.; Blancquaert, L.; Everaert, I.; Bex, T.; Taes, Y.; Calders, P.; Derave, W. Meal and Beta-Alanine Coingestion Enhances Muscle Carnosine Loading. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 45. Num. 8. 2013. p. 1478-1485.

38-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. Num. 6. 2012. p. 2461-2472.

39-Stout, J. R.; Graves, B. S.; Smith, A. E.; Hartman, M. J.; Cramer, J. T.; Beck, T. W.; Harris, R. C. The Effect of Beta-Alanine Supplementation on Neuromuscular Fatigue in Elderly (55–92 Years): A Double-Blind Randomized Study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 5. Num. 1. 2008. p. 21.

40-Stout, J.R.; Cramer, J.T.; Zoeller, R.F.; Torok, D.; Costa, P.; Hoffman, J.R.; Harris, R.C.; O'Kroy, J. Effects of Beta-Alanine Supplementation on The Onset of Neuromuscular Fatigue and Ventilatory Threshold in Women. *Amino Acids*. Vol. 32. Num. 3. 2007. p. 381-386.

41-Stout, J. R.; Cramer, J. T.; Mielke, M.; O'kroy, J.; Torok, D. J.; Zoeller, R. F. Effects of Twenty-Eight Days of Beta-Alanine and Creatine Monohydrate Supplementation on the Physical Working Capacity at Neuromuscular Fatigue Threshold. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 20. Num. 4. 2006. p. 928-931.

42-Suzuki, Y.; Nakao, T.; Maemura, H.; Sato, M.; Kamahara, K.; Morimatsu, F.; Takamatsu, K. Carnosine and Anserine Ingestion Enhances Contribution of Nonbicarbonate

Buffering. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 38. Num. 2. 2006. p. 334-338.

43-Trexler, E. T.; Smith-Ryan, A. E.; Stout, J. R.; Hoffman, J. R.; Wilborn, C. D.; Sale, C.; Campbell, B. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 12. Num. 1. 2015. p. 30.

44-Van Thienen, R.; Van Proeyen, K.; Eynde, B. V.; Puype, J.; Lefere, T.; Hespel, P. B-Alanine Improves Sprint Performance in Endurance Cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 41. Num. 4. 2009. p. 898-903.

45-Vanhatalo, A.; Mcnaughton, L. R.; Siegler, J.; Jones, A. M. Effect of Induced Alkalosis on the Power-Duration Relationship of "All-Out" Exercise. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 42. Num. 3. 2010. p. 563-570.

Recebido para publicação em 27/06/2017
Aceito em 21/08/2017