

A CARNOSINA DIMINUI OS EFEITOS DA ACIDOSE MUSCULAR DURANTE O EXERCÍCIO?

Victor Araújo Ferreira Matos¹, Nailton José Brandão de Albuquerque Filho²
 Gleidson Mendes Rebouças², Thiago Renee Felipe¹
 Cristiane Clemente de Mello Salgueiro¹, Edson Fonseca Pinto²

RESUMO

A carnosina é um dipeptídeo composto pelos aminoácidos beta-alanina e histidina encontrado em maior parte no tecido muscular. Sua síntese ocorre através da enzima carnosina sintase tendo a beta alanina como precursor limitante. Estudos tem mostrado que o aumento nos níveis de carnosina melhora o desempenho esportivo, devido a redução da diminuição do pH intramuscular durante o exercício, proporcionando maior capacidade de tamponamento de íons de hidrogênio (H⁺). O objetivo da presente revisão foi analisar estudos relacionados aos efeitos da suplementação crônica de beta-alanina no desempenho esportivo nos últimos anos. A estratégia de busca foi realizada através de consulta às bases de dados PubMed e Trip database, utilizando os descritores "carnosine", "beta-alanine" e "exercise" de forma combinada em artigos publicados entre janeiro de 2007 e dezembro de 2013. Foram incluídos na análise apenas artigos originais e foram excluídos artigos que avaliaram amostra não saudável, suplementação de beta-alanina associada a outras substâncias, além de teses, dissertações e trabalhos de revisão. Com base na reunião de informações acreditamos que a suplementação de beta alanina pode ser considerada uma estratégia eficaz no aumento dos níveis de carnosina, refletindo em melhoria de desempenho através de aumento do tempo de exaustão e atraso no limiar de fadiga neuromuscular, apresentando melhores efeitos em atividades de alta intensidade.

Palavras-chave: Beta-alanina. Tamponamento Intramuscular. Fadiga Muscular. Suplemento Dietético.

1-Universidade Potiguar (UNP), Natal-RN, Brasil.

2-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERJ), Mossoró-RN, Brasil.

ABSTRACT

Does carnosine reduce the effects of muscle acidosis during exercise?

Carnosine is a dipeptide of beta-alanine and histidine amino acids, being found in most of the muscle tissue. Its synthesis occurs through carnosine synthase enzyme having the beta alanine as a limiting precursor. The most recent works have shown that increased levels of carnosine improves sports performance due to reducing of decrease in pH intramuscular during exercise, providing greater buffering capacity of hydrogen ions (H⁺). The aim of this review was to analyze works related to the effects of chronic beta-alanine supplementation on exercise performance recent years. The search strategy was done through consultation with PubMed and Trip Database data using the combined descriptors "carnosine", "beta-alanine" and "exercise" in articles published between January 2007 and December 2013. We included in this analysis just original articles and articles that evaluated unhealthy sample, beta-alanine supplementation associated with other substances, as well as these, dissertations and reviews were excluded. Based on information meeting, we believe that beta-alanine supplementation can be considered an effective strategy in increasing carnosine levels, reflecting improved performance through increased time to exhaustion and delayed on neuromuscular fatigue threshold, presenting better effects in high intensity activities.

Key words: Beta-alanine. Intramuscular Buffering. Muscular Fatigue. Dietary Supplements.

E-mails:
nailtonalbuquerquefilho@gmail.com
victormattos_@hotmail.com
gleidsonmr@yahoo.com.br
thiago_renee197@hotmail.com
edsonfonsecapinto@hotmail.com
crismelloacp@gmail.com

INTRODUÇÃO

A acidose muscular pode ser considerada um dos principais fatores limitantes que induzem a fadiga neuromuscular em atividades de alta intensidade (Lo Cascio e colaboradores, 2014; Mcardle, Katch e Katch, 2011).

Durante o exercício realizado em intensidades superiores à capacidade do metabolismo aeróbico para resíntese de ATP, íons de hidrogênio (H⁺) são produzidos por meio físico ou tamponados e enviados para a circulação (Wallimann, Tokarska-Schlattner e Schlattner, 2011).

No entanto, os íons de hidrogênio podem aumentar a concentração em 10 vezes, levando a uma diminuição do pH de 7,1 a 6,3 (Costill, Wilmore e Kenney, 2012; Dunford, Doyle, 2011).

A diminuição no pH intramuscular durante o exercício pode levar a redução no desempenho, acompanhado de aumento na sensação de esforço percebido podendo chegar a provocar incapacidade de executar a ação (Allen, Lamb e Westerblad, 2008; Bailey, Davis e Ahlborn, 1992; Fitts, 1994).

O exercício de natureza anaeróbia, onde os substratos energéticos são provenientes do metabolismo glicolítico, são potencialmente mais incisivos na diminuição do pH em função das características limitantes que impõem na matriz mitocondrial.

Desta forma, a capacidade de tamponamento intracelular e a intensidade do exercício são inversamente proporcionais (Bikov e colaboradores, 2014; Wasserman, Cox e Sietsema, 2014).

Porém, estudos recentes mostram de forma objetiva, que a elevação da capacidade de tamponamento intracelular induzida pelo aumento de carnosina tem sido relacionada a melhorar o desempenho em exercícios de alta intensidade (Artoli e colaboradores, 2010; Kendrick e colaboradores, 2008; Sale, Saunders e Harris, 2010).

Entretanto, os mecanismos efetores deste produto ainda não estão bem esclarecidos e deixam margem para ruídos em tentativas de elucidar a relação entre o nutriente e a fadiga.

Nesse contexto, esta revisão sistemática busca reunir as evidências concisas sobre o efeito do aumento nos níveis de carnosina intramuscular, através da

suplementação de beta alanina em exercícios de alta intensidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A busca dos artigos foi realizada por dois revisores que analisaram o efeito da suplementação de beta alanina no aumento dos níveis de carnosina em exercícios de alta intensidade. A estratégia de busca baseou-se na consulta a base de dados PubMed e Tripdatabase, utilizando os descritores: carnosyn, beta-alanine e exercise, de forma combinada.

Foram utilizados como filtros da pesquisa artigos de periódicos publicados entre de janeiro de 2007 a dezembro de 2013 em língua inglesa.

Foram incluídos na análise apenas artigos originais e foram excluídos artigos que avaliaram amostra não saudável, suplementação de beta-alanina associada a outras substâncias, além de teses, dissertações e trabalhos de revisão.

A figura 1 apresenta a estratégia de busca utilizada até chegar aos artigos selecionados para a presente revisão, tendo como base os critérios de inclusão e exclusão.

ASPECTOS GERAIS SOBRE A CARNOSINA

A carnosina foi identificada pela primeira vez pelo bioquímico russo Vladimir Gulevich em 1900, quando estava à procura de compostos nitrogenados não identificados no extrato de carne (Bezkorovainy, 1974; Boldyrev, 2007; Derave e colaboradores, 2010).

Pode ser definida como um di-péptido citoplasmático, sintetizado por seus dois componentes, beta-alanina e histidina, possuindo uma alta concentração no tecido muscular esquelético de mamíferos (Baguet e colaboradores, 2010; Smith e colaboradores, 2009).

Sua síntese ocorre pela ação da enzima carnosina sintase a partir dos aminoácidos L-histidina e b-alanina, dos quais o último parece ser o precursor limitante degradado pela enzima carnosinase (Derave e colaboradores, 2010; Harris e colaboradores, 2006).

Ela pode ser armazenada nos músculos e no cérebro, porém o tecido muscular parece ser o principal local de

armazenamento, devido a musculatura constituir de 40 a 50% do peso corporal total e ter uma alta concentração em comparação

com o cérebro (5-8mmol/L vs 0,1 mmol/L) (Boldyrev, 2007).

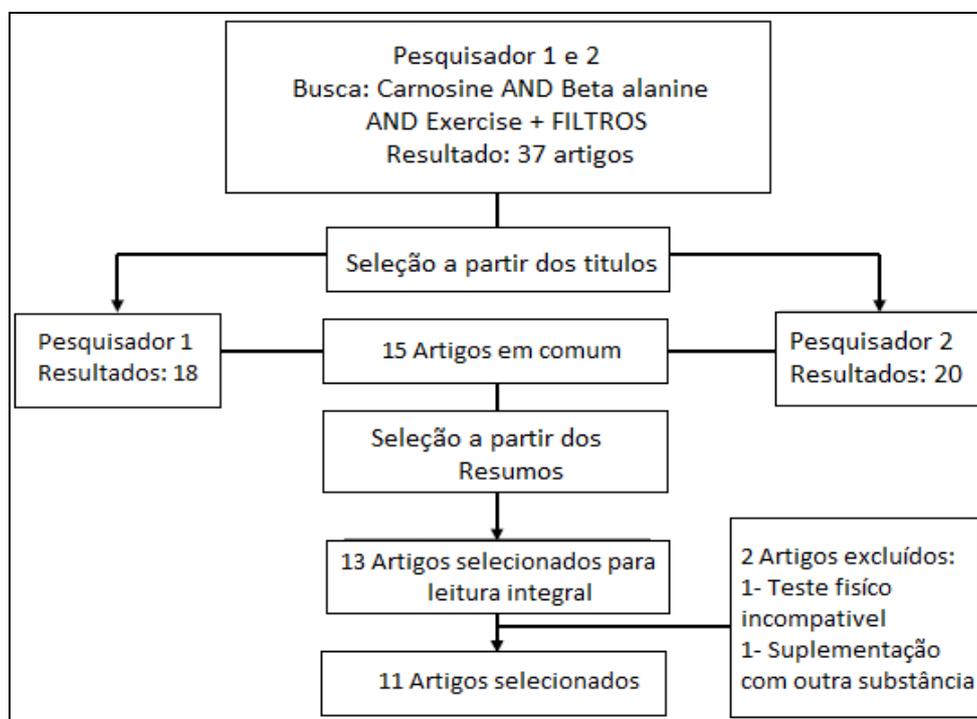


Figura 1 - Fluxograma da seleção de artigos.

Quadro 1 - Quantidade intramuscular de carnosina de acordo com a espécie.

ESPECIE	CARNOSINA INTRAMUSCULAR
Frango; Cães de Caça; Cavalo de Corrida	20-50mmol/L
Humanos*	5-8 mmol/L
Pombos e Aves Migratórias	3-5 mmol/L

Fonte: Adaptado de Tallon e colaboradores (2005); Derave e colaboradores (2010).

Embora a carnosina não esteja presente nas plantas, outros animais possuem quantidades significativas, que pode variar de acordo com a massa muscular e a natureza das atividades que realizam (Abe, 2000).

O tipo de fibra muscular parece também influenciar em seus níveis, os quais se mostram tipicamente mais elevados nas fibras musculares de contração rápida em comparação as fibras de contração lenta (Culbertson e colaboradores, 2010; Derave e colaboradores, 2007).

Sugerindo que os animais expostos à sprints frequentes, comportamentos de voo explosivos e mergulhos prolongados em

hipóxia tenham concentrações de carnosina iniciais mais elevadas (Abe, 2000; Harris e colaboradores, 1990).

No que tange aos humanos, podem ser verificados maiores concentrações de carnosina intramuscular em atletas envolvidos em esportes anaeróbicos, como velocistas e fisiculturistas (Derave e colaboradores, 2007; Tallon e colaboradores, 2005).

RELAÇÃO ENTRE A SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA E A CARNOSINA COM DESEMEMPENHO

A Beta alanina é um aminoácido não-proteinogênico, sintetizado no fígado como o metabólito final da degradação do uracil e tiamina (Jordan e colaboradores, 2010).

Quando da sua produção endógena, a fonte primária de beta-alanina em humanos vem da dieta, sendo a carne é a principal fonte com concentrações mais elevadas encontradas na carne de frango e de peru (Abe, 2000).

Tabela 1 - Descrição das pesquisas incluídas na Revisão.

Estudo	Amostra	Dosagens de Beta Alanina	Protocolo de teste físico	Resultados
Stout e colaboradores, 2007	22 mulheres ativas	6,4 g/dia ou placebo por 4 semanas	Teste de esforço contínuo em cicloergômetro	1) Melhora de 13,9%, 12,6% e 2,5% no limiar ventilatório; limiar de fadiga e tempo de exaustão, respectivamente no grupo β -ALA; 2) Sem alterações no grupo PLA; 3) Sem alterações significativas no consumo de oxigênio em ambos os grupos.
Derave e colaboradores, 2007	15 homens; velocistas de 400m	4,8 g/dia ou placebo por 4 semanas	Teste isocinético; cinco séries de 30 repetições dos extensores do joelho. Tempo de corrida 400 m.	1) Carnosina muscular aumentada com a suplementação de β -ALA em velocistas; 2) A carnosina reduziu significativamente a fadiga em repetidas séries de contrações dinâmicas; 3) O aumento de carnosina não melhorou o tempo de corrida em 400m.
Hill e colaboradores, 2007	25 homens ativos	6 g/dia de beta alanina ou placebo, 4 e 10 semanas	Teste em cicloergômetro a 110% da potência máxima	1) Aumento de 60% e 80% nos níveis de carnosina após 4 e 10 semanas respectivamente; 2) Aumento de 13,0 e 16,2% no tempo até exaustão em teste após 4 e 10 semanas, respectivamente.
Stout e colaboradores, 2008	26 idosos ativos; homens (n=9) mulheres (n=17).	2,4g/dia ou placebo por 12 semanas	Limiar de fadiga em cicloergômetro	1) Aumento de 28,6% no limiar de fadiga após suplementação com β -ALA; 2) Sem alterações no grupo PLA.
Kendrick e colaboradores, 2008	26 homens ativos	6,4g/dia por 4 sem.	Programa de treinamento resistido, 4 dias/sem, por 10 semanas	1) Aumento de carnosina em β -ALA; 2) Não houve diferença significativa nos níveis de força, percentual de gordura e massa muscular corporal
Smith e colaboradores, 2009	46 homens ativos	6g/dia por 3 semanas + 3g/dia por 3 semanas	Programa de treinamento intervalado de alta intensidade + tempo de exaustão e limiar ventilatório em cicloergômetro	Aumento significativo de massa muscular e melhora no tempo de exaustão e limiar ventilatório em β -ALA.
Van Thienen e colaboradores, 2009	17 homens; ciclistas treinados	2-4 g/dia ou placebo por 8 semanas	Sprint isocinético de 30s, após simulação de corrida de ciclismo de 110 min	1) Aumento de 5,0% e 11,4% na potência e potência de pico, respectivamente, no sprint final do grupo β -ALA comparado a PLA; 2) Valores de lactato sanguíneo e de pH foram semelhantes entre os grupos.
Baguet e colaboradores, 2010 ^a	14 estudantes ativos homens	4,8 g/dia ou placebo por 4 semanas	Teste em cicloergômetro, 50% da diferença entre o limiar ventilatório e o VO_2 de pico	1) Aumento de carnosina no grupo grupo β -ALA; 2) O grupo β -ALA apresentou, redução de 19% na acidose sanguínea após teste de alta intensidade em cicloergômetro; 2) Sem diferenças no consumo de oxigênio em ambos os grupos.
Baguet e colaboradores, 2010 ^b	18 homens; atletas de remo de elite	5 g/dia ou placebo por 7 semanas	Tempo de sprint no remo de 2000m	1) A carnosina aumentou 45,3% no musculo sóleo no grupo β -ALA; 2) Após a suplementação, o grupo β -ALA foi 4,3s mais rápido do que PLA.
Sale e colaboradores, 2012	13 homens treinados	6,4 g/dia ou placebo por 4 semanas	Teste de extensão isométrica do joelho até a fadiga (45% da contração isométrica voluntária máxima)	1) Aumento de 13,2% no tempo até exaustão e 13,9% no impulso gerado no grupo β -ALA; 2) Sem diferença significativa na força da contração isométrica em ambos os grupos.

Del Favero e colaboradores, 2012	14 Idosos ativos; mulheres (n=10) homens (n=4).	3,2g/dia ou placebo por 12 semanas	Caminhada em esteira a 75% da diferença entre o limiar ventilatório e VO ₂ de Pico até a exaustão	1) Aumento de 85,4% e 7,2%; de carnosina no gastrocnêmio no grupo β-ALA e PLA, respectivamente; 2) Aumento de 36,5% e 8,6% no tempo até exaustão em β-ALA e PLA, respectivamente.
----------------------------------	---	------------------------------------	--	---

Ao analisar os efeitos da suplementação de beta-alanina em atividades de alta intensidade e curta duração, Hill e colaboradores (2007) observaram que a suplementação de 6g/dia de beta-alanina por quatro semanas foi suficiente para aumentar os níveis de carnosina em 60% no vasto lateral de 25 homens fisicamente ativos, enquanto que por 10 semanas a concentração aumentou para 80% nos mesmos, além de aumentar o tempo até exaustão em 13% e 16,2%, respectivamente após período de suplementação em teste realizado em cicloergômetro a 110% da potência máxima.

Corroborando com tais achados, Derave e colaboradores (2007), observaram aumento nos níveis de carnosina em 47% no músculo sóleo e 37% no gastrocnêmio de 15 velocistas, após 4,8g de beta-alanina por dia durante quatro semanas, além de melhorar o desempenho em teste isocinético de cinco séries de 30 extensões máximas voluntárias de joelho durante contração isométrica à 45% da contração voluntária máxima, porém não diminuiu o tempo em corrida de 400 metros.

Em estudo de desenvolvido com 18 remadores de elite que foram suplementados por sete semanas com placebo ou β-alanina (5 g/dia), elevou os níveis de carnosina em 45,3% no sóleo e 28,2% no gastrocnêmio no grupo β-alanina fazendo com que o mesmo grupo que antes era 0,3 segundos mais lento, fosse 4,3 segundos mais rápido do que o grupo placebo em sprint de 2000m de remo após suplementação, mostrando que a elevação carnosina muscular foi positivamente correlacionada com aumento no desempenho ($p = 0,042$ e $r = 0,498$) (Baguet e colaboradores, 2010b).

Ao analisar os efeitos da suplementação de beta-alanina sobre a fadiga neuromuscular, limiar ventilatório e consumo de oxigênio de 22 mulheres fisicamente ativas, Stout e colaboradores (2007), notaram que a suplementação de 6,4 g/dia de beta-alanina ou placebo por 4 semanas, elevou em 13,9%, 12,6% e 2,5% o limiar ventilatório, limiar de fadiga neuromuscular e tempo de exaustão em teste de esforço contínuo, respectivamente,

em cicloergômetro, no grupo beta-alanina, porém, sem alterações no grupo placebo e sem alterações significativas no consumo máximo de oxigênio em ambos os grupos.

Corroborando com tais achados Baguet e colaboradores (2010a), ao analisarem 14 estudantes de sexo masculino, fisicamente ativos suplementados com 4,8g/dia de beta-alanina ou Placebo por quatro semanas, observaram que a acidose induzida em teste de alta intensidade em cicloergômetro foi 19% menor no grupo beta-alanina em comparação ao grupo placebo porém sem alterações no consumo de oxigênio em ambos os grupos.

Já em idosos a suplementação crônica de beta-alanina se mostra promissora quanto ao aumento dos níveis de carnosina e melhorar o desempenho em alguns tipos de exercícios, podendo refletir em melhora na execução de tarefas diárias, levado há uma melhor qualidade de vida nessa população. No estudo de Del Favero e colaboradores (2011), foram analisados 18 indivíduos entre 60 e 80 anos de idade, submetidos há um programa de treinamento resistido, no qual após 12 semanas de suplementação de 3,2g/dia de beta-alanina ou placebo, resultou em um aumento de 85,4 e 7,2% de carnosina no gastrocnêmio respectivamente, além de aumentar o tempo até exaustão em teste incremental de caminhada na esteira em 36,5 e 8,6%, respectivamente.

Convergindo com tal pesquisa, Stout e colaboradores (2008) obtiveram resultados semelhantes, na qual o grupo suplementado com 2,4 g/dia de beta-alanina por 90 dias foi capaz de elevar o desempenho em 28,6% no tempo até exaustão.

CONCLUSÃO

Com base nos estudos supracitados, podemos perceber uma convergência de resultados apontando para a influência positiva da suplementação crônica de beta-alanina, uma vez que, esse aminoácido tem se mostrado como uma medida eficaz no aumento dos níveis de carnosina

intramuscular em ambos os sexos, atletas, fisicamente ativos e idosos.

Seu efeito ocorre por minimizar a ação da acidose devido aumento no tamponamento de íons de hidrogênio.

Tal intervenção pode se refletir em melhora do desempenho diretamente ou em momentos específicos do treinamento, principalmente onde se predominam exercícios de alta intensidade.

REFERÊNCIAS

- 1-Abe, H. Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. *Biochemistry (Moscow)*. Vol. 65. Num. 7. 2000. p. 757-765.
- 2-Allen, D.G.; Lamb, G.; Westerblad, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological Reviews*. Vol. 88. Num. 1. 2008. p. 287-332.
- 3-Artioli, G.G.; Gualano, B.; Smith, A.; Stout J.; Lancha, A.H.Jr. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 42. Num. 6. 2010. p. 1162-1173.
- 4-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. 2010a. p. 1096-1101.
- 5-Baguet, A.; Koppo, K.; Pottier, A.; Derave, W. β -Alanine supplementation reduces acidosis but not oxygen uptake response during high-intensity cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 108. Num. 3. 2010b. p. 495-503.
- 6-Bailey, S.; Davis, J.; Ahlborn, E. Effect of increased brain serotonergic activity on endurance performance in the rat. *Acta Physiologica Scandinavica*. Vol. 145. Num. 1. 1992. p. 75-76.
- 7-Bezkorovainy, A. Carnosine, carnitine, and Vladimir Gulevich. *Journal of Chemical Education*. Vol. 51. Num. 10. 1974. p. 652.
- 8-Bikov, A.; Galffy, G.; Tamasi L.; Bartusek, D.; Antus, B.; Losonczy, G.; Horvath, I. Exhaled breath condensate pH decreases during exercise-induced bronchoconstriction. *Respirology*. Vol. 19. Num. 4. 2014. p. 563-569.
- 9-Boldyrev, A.A. Carnosine and oxidative stress in cells and tissues. Moscow. Nova Publishers. 2007.
- 10-Costill, D.L.; Wilmore, J.H.; Kenney, W.L. *Physiology of sport and exercise*. 5th Edition. Champaign. Human Kinetics. 2012.
- 11-Culbertson, J.Y.; Kreider, R.B.; Greenwood, M.; Cooke, M. Effects of beta-alanine on muscle carnosine and exercise performance: a review of the current literature. *Nutrients*. Vol. 2. Num. 1. 2010. p. 75-98.
- 12-Del Favero, S.; Roschel, H.; Solis, M.Y.; Hayashi, A.P.; Artioli, G.G.; Otaduy, M.C.; Benatti, F.B.; Harris, R.C.; Wise, J.A.; Leite, C.C.; Pereira, R.M.; de Sá-Pinto, A.L.; Lancha-Junior, A.H.; Gualano, B. Beta-alanine (Carnosyn™) supplementation in elderly subjects (60–80 years): effects on muscle carnosine content and physical capacity. *Amino Acids*. Vol. 43. Num. 1. 2012. p. 49-56.
- 13-Derave, W.; Everaert, I.; Beeckman, S.; Baquet, A. Muscle carnosine metabolism and β -alanine supplementation in relation to exercise and training. *Sports Medicine*. Vol. 40. Num. 3. 2010. p. 247-263.
- 14-Derave, W. Ozdemir, M.S.; Harris, R.C.; Pottier, A.; Reyngoudt, H.; Koppo, K.; Wise, J.A.; 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.
- 15-Dunford, M.; Doyle, J. *Nutrition for sport and exercise*. 2nd Edition. Stamford. Cengage Learning, 2011.
- 16-Fitts, R.H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*. Vol. 74. Num. 1. 1994. p. 49-94.
- 17-Harris, R.C.; Marlin, D.J.; Dunnett, M.; Snow, D.H.; Hultman, E. Muscle buffering capacity and dipeptide content in the

thoroughbred horse, greyhound dog and man. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 97. Num. 2. 1990. p. 249-251.

18-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 β -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*. Vol. 30. Num. 3. 2006. p. 279-289.

19-Hill, C.; Harris, R.C.; Kim, H.J.; Harris, B.D.; Sale, C.; Boobis, L.H.; Kim, C.K.; Wise, J.A. Influence of β -alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids*. Vol. 32. Num. 2. 2007. p. 225-233.

20-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.

21-Kendrick, I.P.; Harris, R.C.; Kim, H.J.; Kim, C.K.; Dang, V.H.; Lam, T.Q.; Bui, T.T.; Smith, M.; Wise, J.A. The effects of 10 weeks of resistance training combined with beta-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino Acids*. Vol. 34. Num. 4. 2008. p. 547-554.

22-Lo Cascio, L.; Latshang, T.D.; Kohler, M.; Fehr, T.; Bloch, K.E. Severe Metabolic Acidosis in Adult Patients with Duchenne Muscular Dystrophy. *Respiration*. Vol. 87, n. 6, p. 499-503, 2014.

23-McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. *Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano*. 7ª Edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2011.

24-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. 1-7.

25-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. 2010. p. 321-333.

26-Smith, A.E.; Walter, A.A.; Graef, J.L.; Kendall, K.L.; Moon, J.R.; Lockwood, C.M.; Fukuda, D.H.; Beck, T.W.; Cramer, J.T.; Stout, J.R. Effects of β -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. 1. 2009. p. 1-9.

27-Stout, J.R.; Cramer, J.T.; Zoeller, R.F.; Torok, D.; Costa P.; Hoffman, J.R.; Harris, R.C.; O'Kroy, J. Effects of β -alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. *Amino Acids*. Vol. 32. Num. 3. 2007. p. 381-386.

28-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. 1-6.

29-Tallon, M.J.; Harris, R.C.; Boobis, L.H.; Fallowfield, J.L.; Wise, J.A. The carnosine content of vastus lateralis is elevated in resistance-trained bodybuilders. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 19. Num. 4. 2005. p. 725-729.

30-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. Num. 4. 2009. p. 898-903.

31-Wallimann, T.; Tokarska-Schlattner, M.; Schlattner, U. The creatine kinase system and pleiotropic effects of creatine. *Amino Acids*. Vol. 40. Num. 5. 2011. p. 1271-1296.

32-Wasserman, K.; Cox, T.A.; Sietsema, K.E. Ventilatory regulation of arterial H(+) (pH) during exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. Vol. 190. 2014. p. 142-148.

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Endereço para correspondência:

Nailton José Brandão de Albuquerque Filho
Av. Engenheiro João Hélio Alves da Rocha,
820, Bl 10 Apto. 205.
Planalto, Natal - RN.
CEP: 59073-070.
Telefone: (84)94978755 / (84)960099999

Recebido para publicação em 11/09/2014

Aceito em 10/11/2014

Segunda versão em 04/05/2015