

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE AMINOÁCIDOS DE CADEIA RAMIFICADA NO DESEMPENHO FÍSICO HUMANOMoacir Pereira Júnior¹**RESUMO**

A hipótese que o exercício físico afeta o metabolismo de proteínas e aminoácidos é muito valorizada, e que eles contribuem significativamente para o rendimento durante o exercício físico e ajuda na recuperação após o exercício físico. Dessa forma sugere-se que a ingestão de ACR antes e durante o exercício físico poderá beneficiar o desempenho competitivo em eventos curtos e prolongados, tanto no treinamento de força como no treinamento aeróbio. O objetivo dessa pesquisa é analisar os efeitos da suplementação de ACR associado à melhora do desempenho físico e performance, sistema imunológico e redução do dano muscular por meio de uma revisão sistemática. Foram realizadas pesquisas que avaliaram os efeitos da suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada em adultos. A teoria de que os ACR melhoram o desempenho e o rendimento físico, assim como retarda a fadiga, auxilia na recuperação muscular e equilibra os níveis de glutamina durante e após o exercício físico ainda é uma discussão pertinente na literatura. Entretanto, parece que a suplementação com ACR em indivíduos adultos submetidos a diferentes estímulos de exercício físico é benéfica para melhorar o rendimento, reduzir marcadores de dano muscular e preservar os níveis de glutamina após o exercício físico. É necessário que mais estudos randomizados e controlados sejam realizados com amostras maiores e por períodos mais longos se ter conclusões mais precisas sobre o efeito da suplementação de ACR.

Palavras-chave: Suplementação. Aminoácidos de cadeia ramificada. Desempenho Físico. Dano Muscular. Sistema Imunológico.

1-Profissional de Educação Física e Especialista em Nutrição Esportiva pela Faculdade Integrada A Vez do Mestre, Especialista em Fisiologia do Exercício: Prescrição do Exercício pela Universidade Gama Filho, Brasil.

ABSTRACT

Effect of branched chain amino acids supplementation on the human physical performance

The hypothesis that exercise affects the metabolism of proteins and amino acids is highly valued, and that they contribute significantly to the performance during exercise and helps the recovery after exercise. Thus it is suggested that the BCAA intake before and during exercise can benefit the competitive performance in short and long-term events, both in strength training as the aerobic training. The aim of this research is to analyze the effects of BCAA supplementation associated with physical performance, immune system and reduce muscle damage, through a systematic review. Searches were made on databases that evaluate the effects of supplementation of branched chain amino acids in adults. The theory that the BCAA improves performance and physical performance, and delays fatigue, aids in muscle recovery and balances glutamine levels during and after exercise is still a relevant discussion in the literature. However, it seems that supplementation with BCAA in adults under different exercise stimulus is beneficial to improve performance, reduce muscle damage markers and preserve glutamine levels after exercise. It is necessary that more randomized controlled studies be conducted with larger samples and longer periods, to more precise conclusions on the effect of BCAA supplementation.

Key words: Supplementation. Branched Chain Amino Acids. Physical Performance. Muscle Damage. Immune System.

E-mail do autor:
moa.pereira@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A hipótese que o exercício físico (EF) afeta o metabolismo de proteínas e aminoácidos é muito valorizada, e que eles contribuem significativamente para o rendimento durante o EF e ajuda na recuperação após o EF (Rohlf's e colaboradores, 2005; Cruzat, Krause e Newsholme, 2014).

Somado a isso os aminoácidos é um popular suplemento nutricional comercializado principalmente para atletas de alto rendimento, sobretudo os aminoácidos de cadeia ramificada (ACR), visto que são sugeridos como recursos ergogênicos para atividades de endurance e força (Crowe, Weatherson e Bowden, 2006) com a intenção de aumentar a disponibilidade desses aminoácidos para o metabolismo energético auxiliando o rendimento físico durante o EF (Shimomura e colaboradores, 2006).

Dessa forma sugere-se que a ingestão de aminoácidos ACR antes e durante o EF poderá beneficiar o desempenho competitivo em eventos curtos e prolongados, tanto no treinamento de força como no treinamento aeróbio (Karlsson e colaboradores, 2004; Tang, 2006; Greer 2006). Interessa assim conhecer qual o fundamento científico para a pressuposta eficácia desta estratégia ergogênica, nutritiva e lícita (Silva e Alves, 2005).

Durante o EF ocorre a captação de diversos aminoácidos pelo tecido muscular, sobretudo os ACR. Se o exercício físico é prolongado, verifica-se significativa liberação de aminoácidos de cadeia ramificada pelo tecido hepático, aliada à diminuição da concentração plasmática, o que acarreta a influência da suplementação de ACR em diversos parâmetros psicológicos e fisiológicos, antes, durante e após o EF (Rogerio e Tirapegui, 2008; Cruzat, Krause e Newsholme, 2014).

O objetivo dessa pesquisa é analisar os efeitos da suplementação de ACR associado à melhora do desempenho físico e performance, sistema imunológico e redução do dano muscular por meio de uma revisão sistemática.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a presente revisão, foram realizadas pesquisas nas bases de dados Pubmed, Scielo e Lilacs, entre 06/01/2015 a 17/02/2015, utilizando os descritores "branched chain amino acids", "supplementation" "exercise" e "physical activity", e suas traduções para a língua portuguesa.

Os cruzamentos foram realizados com dois e três unitermos, sendo o primeiro fixo (aminoácidos de cadeia ramificada), cruzando os demais de forma sucessiva. Além do "And" também se recorreu aos operadores lógicos "OR" e "And NOT" para combinação dos descritores.

Foram incluídos estudos que: a) avaliaram os efeitos da suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada no desempenho físico b) efeitos do da suplementação sobre parâmetros bioquímicos e psicológicos de fadiga e rendimento; c) efeito da suplementação sobre os níveis de glutamina e do sistema energético; d) estudos com população adulta.

Foram excluídos artigos que: a) avaliaram a suplementação com auxílio de outro ergogênico que não os ACR; b) estudos com idosos, crianças e adolescentes; c) estudos desenvolvidos com animais; d) estudos não relacionados com o EF. Ademais, foram excluídos estudos que mesmo apresentando os unitermos utilizados para busca, não contemplavam a relação entre a suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada e a prática de exercício físico.

Para os dados da tabela foram considerados estudos que investigaram o efeito da suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada e o exercício físico nas variáveis que se relacionam ao desempenho físico em seres humanos. Após a análise dos estudos um total de 12 artigos foi incluído na revisão.

Os estudos apresentados nas tabelas 1, 2 e 3 mostram diferenças estatísticas entre a suplementação de diferentes doses de ACR com relação ao placebo, ou em relação a grupos suplementados, ou em caso do estudo não haver placebo, a comparação foi entre antes e após a intervenção com EF.

RESULTADOS

Dos 12 artigos selecionados para a revisão, cinco deles foram relacionados com a melhora no desempenho físico nos seguintes parâmetros: prolongamento do tempo de EF, distância percorrida, percepção de esforço subjetivo, redução dos níveis de serotonina.

Além disso, foram relacionados os níveis de produção de amônia e de lactato em tais estudos. Outros cinco estudos foram relacionados ao dano muscular induzido pelo EF por meio da atividade das enzimas lactato desidrogenase e creatina quinase. E três estudos relacionados com sistema imunológico, por meio dos níveis de glutamina.

Apenas um estudo avaliou mulheres na sua pesquisa, os restantes foram todos com homens adultos. Ainda, apenas um estudo avaliou o efeito da suplementação em treinamento de força, os restantes foram todos em treinamento de característica aeróbia. O tamanho da amostra variou de 7 a 36 participantes.

As modificações representadas pelos sinais nas Tabelas 1, 2 e 3 estão de acordo com as mudanças estatisticamente significativas nos diferentes estudos analisados.

Tabela 1 - Efeitos da suplementação de ACR relacionados à fadiga central e rendimento/desempenho físico.

Autor	Amostra	Suplementação	Protocolo de exercícios físicos	Resultados
Hall e colaboradores (1995)	10 ♂ com idade de 23 ± 4,4 anos.	G1: 2g/litro de cada ACR G2: 6g/litro de cada ACR	TA: Exaustão INT: 70%-75% da Potência Máxima	↔ no desempenho para o EF entre os grupos suplementados G1 e G2 (antes e depois do EF). ↑ de Amônia de ambos os grupos comparado ao grupo placebo.
Mittleman, Ricci e Bailey (1998)	7 ♂ e 6 ♀ Com idade de 24 ± 2,9 anos ♂ Com idade de 25,6 ± 7 ♀	5,88 g/L de (19% isoleucina, (54% leucina, 27% valina) a cada 30'	TA: Cicloergômetro até a exaustão INT: 40% do VO _{2pico}	↑ do tempo de pedalada comparado ao grupo placebo. ↔ de Amônia comparado ao grupo placebo.
Watson, Schirreffs e Maughan (2004)	8 ♂ com idade de 28,5 ± 8,2 anos.	12 g/L de 250 ml de solução 150 ml da mesma solução a cada 15 minutos	TA: Bicicleta até a exaustão INT: 50% do VO _{2pico}	↔ na PSE e capacidade para o EF. ↔ de lactato e glicose comparado ao início do EF.
Uchida e colaboradores (2008)	17 ♂ com idade de 22 ± 2 anos.	77 mg de ACR por KG de peso (41,2% leucina, 31,4% valina e 27,4% isoleucina)	TA: sessão prévia de 40 minutos corrida e 2 tiros de 10 minutos. 8 horas depois: teste de endurance INT: sessão prévia: 75% do VO _{2max} e tiros: 90% do VO _{2max} . Teste de endurance: 90% do VO _{2max} até exaustão	↔ no tempo de exaustão, distância percorrida e PSE comparado ao grupo placebo. ↔ de amônia, lactato e glicose comparado ao grupo placebo.
Kim e colaboradores (2013)	26 ♂ com idade de 23,72 ± 2,34 anos.	500 ml de ACR (46% leucina, 20% isoleucina e 24% valina) durante 12 dias	TA: Bicicleta até a exaustão INT: 70% do VO _{2max}	↓ nos níveis de serotonina antes, durante e após EF comparado ao grupo placebo. ↑ de Amônia 10' antes, 30' no EF e após o EF. ↓ após o EF e 30' após o EF comparado ao grupo placebo. ↑ de Lactato 30' no EF. ↓ após o EF e 30' após o EF comparado ao grupo placebo.

Legenda: ACR: Aminoácidos de cadeia ramificada; TA: Treinamento aeróbio; INT: intensidade; VO₂: Consumo de oxigênio; EF: exercício físico; PSE: Percepção subjetiva de esforço; G: Grupo; ♂: masculino; ♀: feminino; ↔: não houve diferença; ↑: aumento; ↓: diminuição.

Tabela 2 - Suplementação de ACR relacionados ao dano muscular.

Autor	Amostra	Suplementação	Protocolo de exercícios físicos	Resultados
Coombes e McNaughton (2000)	16 ♂	12g de ACR por dia durante 14 dias	TA: 120 minutos INT: 70% do VO ₂ max	↓ da LDH de 2h até 5 dias após o EF comparado ao grupo placebo. ↓ da CK de 4h até 5 dias após o EF comparado ao grupo placebo.
Greer e colaboradores (2007)	9 ♂ com idade de 21,6 ± 3,2 anos.	2.5g de ACR 480mg de isoleucina, 1,22g de leucina e 730mg de valina	TA: 3 baterias de 90 minutos ciclismo INT: 55% do VO ₂ pico	↓ da LDH em 4h após o EF comparado ao grupo placebo. ↓ da CK em 4, 24 e 48h após o EF comparado ao grupo placebo.
Howatson e colaboradores (2012)	12 ♂ com idade de 23 ± 2 anos.	10 gramas de ACR 2x por dia (50% leucina, 25% isoleucina e 25% valina) durante 12 dias	TA: 5 séries de 20 saltos verticais INT: a maior intensidade possível	↓ dos índices de lesão muscular ↑ recuperação muscular
Kim e colaboradores (2013)	26 ♂ com idade de 23,72 ± 2,34 anos.	500 ml de ACR (46% leucina, 20% isoleucina e 24% valina) durante 12 dias	TA: Bicicleta até a exaustão INT: 70% do VO ₂ max	↓ de LDH e CK 10' antes do EF comparado ao grupo placebo. ↑ de LDH e CK 30' durante o EF comparado ao grupo placebo. ↓ após o EF e 30' após o EF comparado ao grupo placebo.
Ra e colaboradores (2013)	36 ♂ com idade de 22, 9 ± 1 anos.	9,6g de ACR 3 vezes por dia (50% leucina, 25% isoleucina e 25% valina) durante 2 semanas antes do EF e 3 dias após o EF.	TF: Exercício excêntrico de alta intensidade 6 séries de 5 repetições INT: 90% da força de contração isométrica	↔ LDH e CK antes e após o EF. ↔ 1, 2 e 3 dias depois do EF comparado ao grupo placebo.

Legenda: ACR: Aminoácidos de cadeia ramificada; TA: Treinamento aeróbio; TF: Treinamento de força; INT: intensidade; VO₂: Consumo de oxigênio; EF: exercício físico; LDH: Lactato desidrogenase; CK: creatina quinase; ♂: masculino; ♀: feminino; ↔: não houve diferença; ↑: aumento; ↓: diminuição.

Tabela 3 - Suplementação de ACR relacionados ao sistema imunológico.

Autor	Amostra	Suplementação	Protocolo de exercícios físicos	Resultados
Bassit e colaboradores (2000)	12 ♂ com idade de 25,5 ± 3,2 anos.	12g por dia de ACR por KG de peso (60% leucina, 30% valina e 20% isoleucina) durante 30 antes da competição de triatlo. Uma dose de 3g d ACR antes da competição de triatlo.	TA: triatlo olímpico 1.5 km de natação 40 km de bicicleta 10 km de corrida	↔ os níveis de glutamina no grupo suplementado. ↓ 22,8% dos níveis de glutamina após a competição de triatlo no grupo placebo.
Blomstrand e Saltin (2001)	7 ♂ com idade de 25 ± 1 anos.	100 mg de ACR por KG de peso (45% leucina, 30% valina e 25% isoleucina)	TA: 60 minutos de bicicleta INT: 75% do VO ₂ max	↔ níveis de glutamina antes e após o EF. ↔ 0,5, 1h e 2h após o EF.
Tang (2006)	19 ♂ com idade entre 19 e 22 anos.	12g de ACR (54% leucina, 19% isoleucina e 27% valina) durante 14 dias	TA: 1,5h por dia 25 minutos de nado peito e competição de nado crawl (600 m) INT: 65%-70% da FC de reserva	↔ níveis de glutamina no grupo suplementado. ↑ níveis de glutamina após o nado crawl no grupo placebo.

Legenda: ACR: Aminoácidos de cadeia ramificada; TA: Treinamento aeróbio; INT: intensidade; FC: Frequência cardíaca; VO₂: Consumo de oxigênio; EF: exercício físico; ♂: masculino; ♀: feminino; ↔: não houve diferença; ↑: aumento; ↓: diminuição.

DISCUSSÃO

ACR e a fadiga: relação entre o desempenho físico

A literatura sugere que a serotonina pode ser responsável pelo desenvolvimento da

fadiga central durante o EF (Rohlf's e colaboradores, 2005; Rogero, Mendes e Tirapegui, 2005).

Uma vez que os ácidos graxos livres deslocam a albumina do triptofano, conseqüentemente aumenta as concentrações de triptofano livre, responsável pela síntese de

serotonina (Rogerio, Mendes e Tirapegui, 2005).

Um aumento no plasma de triptofano irá favorecer o seu transporte para o cérebro e, conseqüentemente, a síntese, concentração e liberação de serotonina, o que poderá ser responsável pela fadiga durante e após o EF.

Por conseguinte, o aumento da atividade serotoninérgica pode posteriormente levar a fadiga central (Wloch e colaboradores, 2008).

Se os níveis de serotonina são menores com suplementação de ACR, como apresentado no estudo de Kim e colaboradores (2013), existe a possibilidade de retardar a presença da fadiga com ACR.

Ela também se associa a manifestações subjetivas, como a redução da percepção subjetiva do esforço (PSE) e a sensação de menor intensidade do EF (Silva e Alves, 2005; Rogerio e Tirapegui, 2008).

A PSE não foi alterada com a suplementação de ACR nos estudos de Watson, Shirreffs e Maughan (2004) e Uchida e colaboradores (2008) nem no desempenho para o EF em diferentes grupos suplementados (Hall e colaboradores, 1995). Provavelmente a dose ingerida pelos participantes não foi suficiente para causar efeito de melhora no rendimento e retardo no tempo de exaustão (Uchida e colaboradores, 2008).

Entretanto, a pesquisa de Mittleman, Ricci e Bailey (1998) encontrou aumento no tempo de pedalada com suplementação de ACR. Esse fato possivelmente ocorre pela concentração aminoacídica dos competidores do triptofano promovida pela suplementação de ACR, o que pode reduzir os sintomas de fadiga central (Rossi e Tirapegui, 2004; Pereira Junior, 2012).

É sabido que um aumento nos níveis de amônia durante e após o EF está relacionado com a possibilidade de fadiga pelo EF. Os estudos de Kim e colaboradores 2013 e Mittleman, Ricci e Bailey (1998) mostraram manutenção dos níveis de amônia, o que reforça algum tipo de melhora no rendimento e no desempenho físico (Davies e Bailey, 1997).

ACR e dano muscular

Os ACR proporcionam um efeito terapêutico após o EF e se mostram benéficos na redução de lesões musculares e

aceleração do processo de recuperação (Howatson e colaboradores, 2012; Cruzat, Krause e Newsholme, 2014).

Ainda, em relação ao EF de longa duração, a literatura indica que quando os ACR são ingeridos durante o esforço, parecem apresentar um efeito positivo no período de recuperação após o EF (Wloch e colaboradores, 2008).

As concentrações de creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) desempenham um papel importante no ajuste do metabolismo energético necessário para a atividade muscular e pode ser utilizada como um indicador crucial para determinar os níveis de lesão muscular. Ademais, a LDH, é conhecida por desempenhar um papel crucial na formação e transformação de lactato, como a oxidação e redução enzimática, que converte o ácido pirúvico em lactato (Sorichter, Puschendorf e Mair, 1999; Kim e colaboradores, 2013).

Nessa linha de raciocínio, existe a hipótese que a suplementação de ACR reduz as concentrações de LDH e CK durante e após o EF, especialmente de longa duração (Greer, 2006).

Os estudos de Coombes e McNaughton (2000), Greer e colaboradores (2007) e Kim e colaboradores (2013) demonstraram reduções na LDH e na CK em protocolos de EF de longa duração e exaustivos. Esse mecanismo demonstra que a suplementação de ACR reduz a atividade dessas enzimas (Greer e colaboradores, 2007; Kim e colaboradores, 2013).

Além disso, o estudo de Howatson e colaboradores (2012) mostrou que a suplementação de ACR reduz os índices de lesões musculares e aumenta a recuperação frente ao estímulo de 5 séries de 20 saltos verticais em intensidade máxima possível.

ACR e o sistema imunológico: importância da Glutamina

A glutamina é considerada um dos aminoácidos que possui maior importância energética e metabólica (Novelli e colaboradores, 2007) e a literatura demonstra uma diminuição das concentrações de glutamina durante e após EF, especialmente intenso e prolongado (Bassit e colaboradores, 2000; Tang, 2006).

Essa diminuição ocorre principalmente pelo aumento da concentração do hormônio cortisol, que estimula tanto o e fluxo de glutamina muscular, quanto a captação de glutamina pelo fígado. Assim, a maior oferta de glutamina no fígado, aliada à diminuição dos estoques de glicogênio hepático e ao aumento da concentração de cortisol promovem maior estímulo da neoglicogênese hepática a partir do aminoácido glutamina (Cruzat e colaboradores, 2007).

O fato da queda da glutamina pode EF intenso e exaustivo pode ocasionar imunossupressão por meio da diminuição da concentração plasmática desse aminoácido (Novelli e colaboradores, 2007), o que pode contribuir para o aumento da susceptibilidade a infecções do trato respiratório superior após o EF intenso e prolongado, ou durante o período de treinamento esportivo (Rogerio, Mendes e Tirapegui, 2005).

Outro benefício da suplementação de ACR é promover a manutenção da concentração de glutamina após o EF, que por sua vez, está envolvida na atenuação da imunossupressão observada após o término do EF (Novelli e colaboradores, 2007; Uchida e colaboradores, 2008).

Esse fato é observado nos estudos de Bassit e colaboradores (2000), Blomstrand e Saltin (2001) e Tang (2006) em que seus participantes mantiveram os níveis de glutamina após o EF.

Bassit e colaboradores (2000) submeteram seus atletas de triatlo a suplementação de ACR e o grupo placebo reduziu 22,8% nos níveis de glutamina após a competição.

Portanto a suplementação com ACR promove aumento da concentração plasmática de leucina, isoleucina e valina, ao mesmo tempo em que mantém a concentração plasmática de glutamina ao final de atividades como de longa duração como o triatlo (Bassit e colaboradores, 2000; Rogerio e Tirapegui, 2008).

No âmbito desportivo, esta hipótese sugere que a ingestão de ACR antes e durante o EF o pode beneficiar o desempenho competitivo em provas longas (Bassit e colaboradores, 2000; Silva e Alves, 2005; Rogerio e Tirapegui, 2008).

Porém, esta inversão não é totalmente aceite como um meio de restaurar a função imune (Bassit e colaboradores, 2000).

CONCLUSÃO

A teoria de que os ACR melhoram o desempenho e o rendimento físico, assim como retarda a fadiga, auxilia na recuperação muscular e equilibra os níveis de glutamina durante e após o EF ainda é uma discussão pertinente na literatura.

Entretanto, após essa revisão, parece que a suplementação com ACR em indivíduos adultos submetidos a diferentes estímulos de EF é benéfica para melhorar o rendimento, reduzir marcadores de dano muscular e preservar os níveis de glutamina após o EF.

É necessário que mais estudos randomizados e controlados sejam realizados com amostras maiores e por períodos mais longos se ter conclusões mais precisas sobre o efeito da suplementação de ACR.

REFERÊNCIAS

- 1-Bassit, R. A.; Sawada, L. A.; Bacurau, R. F. P.; Navarro, F.; Rosa, L. F. B. P. The effect of BCAA supplementation upon the immune response of triathletes. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 32. Núm. 7. p.1214-1219. 2000.
- 2-Blomstrand, E.; Saltin, B. BCCA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* Vol. 281. Núm. 2. p.E365-E374. 2001.
- 3-Coombes, J. S.; Mcnaughton, L. R. Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* Vol. 40. Núm. 3. p.240-246. 2000.
- 4-Crowe, M.; Weatherson, J. N.; Bowden, B. F. Effects of dietary supplementation on exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* Vol. 97. Núm. 6. p.664-672. 2006.
- 5-Cruzat, V. F.; Rogerio M. M.; Borges, M. C.; Tirapegui, J. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. *Rev Bras Med Esporte.* Vol. 13. Núm. 5. p.336-342. 2007.
- 6-Cruzat, V. F.; Krause, M.; Newsholme, P. Amino acid supplementation and impact on immune function in the context of exercise. *J*

Int Soc Sports Nutr. Vol. 11. Núm. 1. p.1-13. 2014.

7-Davies, J. M.; Bailey, S. P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 29. Núm. 1. p.45-57. 1997.

8-Greer, B. K. The Effects of Branched-Chain Amino Acid Supplementation on Indirect Indicators of Muscle Damage and Performance. *Electronic Theses, Treatises and Dissertations.* Paper 3988, 2006.

9-Greer, B. K.; Woodard, J. L.; White, J. P.; Arguello, E. M.; Haymes, E. M. Branched-chain amino acid supplementation and indicators of muscle damage after endurance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* Vol. 17. Núm. 6. p. 595-607. 2007.

10-Hall, G.; Raaymakers, J. S.; Saris, W. H.; Wagenmakers, A.J. Ingestion of branched-chain amino acids and tryptophan during sustained exercise in man: failure to affect performance. *J Physiol.* Vol. 486. Núm. 3. p. 789-794. 1995.

11-Howatson, G.; Hoad, M.; Goodall, S.; Tallent, J.; Bell, P. G.; French, D. N. Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *J Int Soc Sports Nutr.* Vol. 9. Núm. 20. p.1-7. 2012.

12-Karlsson, H. K. R.; Nilsson, P. A.; Nilsson, J.; Chibalin, A. V.; Zierath, J. R.; Blomstrand, E. Branched-chain amino acids increase p70S6k phosphorylation in human skeletal muscle after resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* Vol. 287. Núm. 1. p.E1-7. 2004.

13-Kim, D. H.; Kim, S. H.; Jeong, W. S.; Lee, H. Y. Effect of BCAA intake during endurance exercises on fatigue substances, muscle damage substances, and energy metabolism substances. *J Exerc Nutrition Biochem.* Vol. 17. Núm. 4. p.169-180. 2013.

14-Mittleman, K. D.; Ricci, M. R.; Bailey, S. P. Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 30. Núm. 1. p.83-91. 1998.

15-Novelli, M.; Strufaldi, M. B.; Rogero, M. M.; Rossi, L. Suplementação de Glutamina Aplicada à Atividade Física. *R Bras. Ci e Mov.* Vol. 15. Núm. 1. p.109-117. 2007.

16-Pereira Junior, M. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e seu efeito ergogênico no desempenho físico humano. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva.* Vol. 6. Núm. 36. p. 436-448. 2012. Disponível em: <<http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/333/345>>

17-Ra, S. G.; Miyazaki, T.; Ishikura, K.; Nagayama, H.; Komine, S.; Nakata, Y.; e colaboradores. Combined effect of branched-chain amino acids and taurine supplementation on delayed onset muscle soreness and muscle damage in high-intensity eccentric exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* Vol. 10. Núm. 1. p.51. 2013.

18-Rogero, M. M.; Tirapegui, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. *Rev Bras Cien Farm.* Vol. 44. Núm. 4. p.563-575. 2008.

19-Rogero, M. M.; Mendes, R. R.; Tirapegui, J. Aspectos neuroendócrinos e nutricionais em atletas com overtraining. *Arq Bras Endocrinol Metab.* Vol. 49. Núm. 3. p.359-368. 2005.

20-Rohlf, I. C.; Mara, L. S.; Lima, W. S.; De Carvalho, T. Relação da síndrome do excesso de treinamento com estresse, fadiga e serotonina. *Rev Bras Med Esporte.* Vol. 11. Núm. 6. p.367-372. 2005.

21-Rossi, L.; Tirapegui, J.O. Implicações do sistema serotoninérgico no exercício físico. *Arq Bras Endocrinol Metab.* Vol. 48. Núm. 2. p.227-233. 2004.

22-Shimomura, Y.; Yamamoto, Y.; Bajotto, G.; Sato, J.; Murakami, T.; Shimomura, N.; et al. Nutritional effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *J Nutr.* Vol. 136. Núm. 2. p.529S-532S. 2006.

23-Sorichter, S.; Puschendorf, B.; Mair, J. Skeletal muscle injury induced by eccentric muscle action: muscle proteins as markers of muscle fiber injury. *Exerc Immunol Rev.* Vol. 5. p.5-21. 1999.

24-Silva, P. A.; Alves, F. Efeitos da ingestão dos aminoácidos de cadeia ramificada na fadiga central. Rev Port Cien Desp. Vol. 5. Núm. 1. p. 102-113. 2005.

25-Tang, F. Influence of branched-chain amino acid supplementation on urinary protein metabolite concentrations after swimming. J Am Coll Nutr. Vol. 25. Núm. 3. p.188-194. 2006.

26-Uchida, M. C.; Bacurau, A. V. N.; Aoki, M. S.; Bacurau, R. F. P. Consumo de aminoácidos de cadeia ramificada não afeta o desempenho de endurance. Rev Bras Med Esporte. Vol. 14. Núm. 1. p.42-45. 2008.

27-Watson, P.; Shirreffs, S. M.; Maughan, R. J. The effects of acute branched-chain amino acids supplementation on prolonged exercise capacity in a warm environment. Eur J Appl Physiol. Vol. 93. Núm. 3. p.306-314. 2004.

28-Wloch, C. L.; Schneider, G.; Souza, P. C. D.; Liberali, R. Suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada (AACR) e seu efeito sobre o balanço proteico muscular e a fadiga central em exercícios de endurance. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. Vol. 2. Núm. 10. p.250-264. 2008. Disponível em: <<http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/70/69>>

Endereço para correspondência:

Moacir Pereira Junior
Rua Doralice Ramos de Pinho, 262,
apartamento 302.
Bairro Jardim Cidade, São José-SC, Brasil.
CEP: 88111-310.

Recebido para publicação em 19/02/2015

Aceito em 27/05/2015