

**SUPLEMENTAÇÃO DE AMINOÁCIDOS DE CADEIA RAMIFICADA (AACR)
E SEU EFEITO SOBRE O BALANÇO PROTÉICO MUSCULAR E A
FADIGA CENTRAL EM EXERCÍCIOS DE ENDURANCE**

**Camila Luana Wloch^{1,2}, Gustavo Schneider^{1,2},
Polyana Carolina de Souza^{1,2}, Rafaela Liberali¹**

RESUMO

O objetivo deste estudo foi demonstrar, através de uma revisão de literatura, os efeitos da suplementação de AACR em relação ao balanço protéico muscular e a fadiga central em exercícios físicos de longa duração. Foram analisados 17 artigos científicos internacionais e 2 artigos científicos nacionais publicados entre os anos de 1996 e 2008. Em 7 estudos foram utilizados ratos e em 12 empregou-se o modelo humano. Dentre os trabalhos analisados que utilizaram ratos, todas as 7 ocorrências foram de efeitos positivos. Destes, 6 foram realizados com o consumo de leucina isoladamente. Quanto aos trabalhos analisados com humanos, houve 5 ocorrências de efeitos positivos e 7 ocorrências de efeitos nulos. Em relação aos estudos com efeito positivo, a maioria apresentou melhora relacionada com a síntese protéica ou inibição de proteólise, sendo atribuídos à leucina sozinha estes resultados. Já a teoria de que os AACR diminuiriam a fadiga central tem tanto apoio quanto rejeição nos estudos. A grande discrepância entre os protocolos experimentais utilizados dificultou a análise dos resultados. Diante do exposto, concluiu-se que ainda não há evidências científicas suficientes que provem de forma categórica o efeito benéfico da ingestão de AACR sobre o rendimento físico em exercícios de endurance.

Palavras-chave: suplementos, AACR, endurance

1 – Programa de Pós Graduação Lato Senso da Universidade Gama Filho em Bases Nutricionais da Atividade Física
2 – Nutricionista, graduada pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)

ABSTRACT

Branched Chain Amino Acids (BCAA) Supplementation and its Effect on the Protein Muscle Balance and the Central Fatigue on Endurance Exercises

The objective of this study was review the effects of BCAA for muscle protein balance and central fatigue in exercise of long duration. It was analyzed 17 international scientific articles and 2 national scientific articles published between 1996 and 2008. In 7 studies were used rats as experimental model and 12 the human model. Among the studies analyzed that used rats, all 7 events had positive effects. Of these, 6 were made with the consumption of leucine alone. Among the studies discussed with people, there were 5 events of positive effects and 7 events with non result. Among the studies with positive effect, most showed improvement related to synthesis protein or proteolysis inhibition on individuals. In most of these studies, the leucine was responsible for these results alone. The theory that BCAA would reduce the central fatigue has much support as rejection in the studies. The vast discrepancy between the experimental protocols used difficulted the analysis of the results. Before this, it was concluded that there is still no sufficient scientific evidence proving categorically the beneficial effect of BCAA intake on the income of physical exercise in endurance.

Key words: supplements, BCAA, endurance

Endereço/e-mail: Rua Getúlio Vargas, nº 487, Bairro Cidade Alta, CEP 89176-000, Trombudo Central/SC
camilawloch@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Tem sido valorizada a hipótese de que o exercício afeta o metabolismo de proteínas e aminoácidos e que esses contribuem significativamente para o rendimento durante o exercício prolongado (Rohlf's e colaboradores, 2005; Brosnan e Brosnan, 2006).

Por outro lado, também os aminoácidos vêm se tornando um popular suplemento nutricional comercializado para atletas, sobretudo os AACR, e em especial a leucina, visto que foram sugeridos como recursos ergogênicos para atividades de endurance e força (Mero, 1999; Crowe, Weatherson e Bowden, 2006).

Diante disso, uma boa parte da investigação tem recorrido à ingestão de AACR na tentativa de compensar as modificações metabólicas originadas pelo exercício. Hipoteticamente, pois a suplementação com AACR pode retardar a fadiga do SNC (Sistema Nervoso Central) (Williams, 2004a; Silva e Alves, 2005).

No âmbito desportivo, esta hipótese sugere que a ingestão de AACR antes e durante o exercício poderá beneficiar o desempenho competitivo em eventos prolongados de endurance. Interessa assim conhecer qual o fundamento científico para a pressuposta eficácia desta estratégia ergogênica nutritiva e lícita (Silva e Alves, 2005).

Artigos publicados em revistas factuais, folhetos e propagandas de alguns produtos afirmam que suplementos de aminoácidos são úteis para ajudar a driblar a fadiga e aumentar a massa muscular. No entanto, dados da literatura científica quanto às necessidades protéicas em praticantes de exercícios físicos, em como os possíveis efeitos ergogênicos da ingestão de aminoácidos e proteínas para atletas têm demonstrado resultados conflitantes (Rocha e Pereira, 1998).

Com o intuito de entender esse mecanismo, o presente trabalho de revisão tem por objetivo demonstrar, através de uma pesquisa bibliográfica, os efeitos da suplementação de AACR sobre o balanço protéico muscular e a fadiga central em exercícios físicos de longa duração.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica. O levantamento de dados sobre os efeitos da suplementação de AACR foi realizado em livros, artigos impressos e on line.

Foram analisados 17 artigos científicos internacionais e 2 artigos científicos nacionais publicados entre os anos de 1996 e 2008, encontrados no *Journal of Applied Physiology* (n=8), no *Journal of Nutrition* (n=4), no *International Journal of Sports Medicine* (n=2), no *American Journal of Physiology – Endocrinology and Metabolism* (n=1), no *The International Journal of Applied and Basic Nutritional Sciences* (n=1), no *The Journal of Physiology* (n=1), na *Revista Brasileira de Medicina Esportiva* (n=1), e na *Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição* (n=1). A frequência de estudos analisados por ano de publicação foi 4 (21,05%) de 1996-1999, 10 (52,63%) de 2000-2005 e 5 (26,31%) de 2006-2008.

Os critérios de inclusão dos estudos foram: 1) estudos experimentais elaborados com modelos humanos de ambos os gêneros, utilizando a suplementação de AACR associados à atividade física; 2) estudos experimentais elaborados com ratos, utilizando a suplementação de AACR; 3) qualquer estudo onde se utilizou a ingestão de AACR e sua atuação na musculatura esquelética; 4) estudos que apresentassem associação entre a ingestão de AACR com a fadiga central em exercícios de endurance; 5) variável independente representada pela ingestão de isoleucina, leucina e valina, juntas ou separadamente, que se adequassem às palavras-chave utilizadas para pesquisa do artigo: (a) branched-chain amino acids, (b) BCAA, (c) aminoácidos de cadeia ramificada e atividade física, (d) isoleucina, (e) leucina, (f) valina, (g) fadiga central, (h) suplementação BCAA.

NUTRIÇÃO E SUPLEMENTAÇÃO ESPORTIVA

No Brasil e no mundo vem crescendo a preocupação da população com a aquisição e a manutenção da qualidade de vida. Como consequência, observam-se alterações no estilo de vida, em especial a busca por maior

atividade física e modificações no hábito alimentar (Simioni e colaboradores, 2006).

Há uma importante relação entre nutrição e atividade física, porque a capacidade de rendimento do organismo melhora através de uma alimentação adequada, com a ingestão equilibrada de todos os nutrientes, sejam eles carboidratos, gorduras, proteínas, minerais e/ou vitaminas (Araújo e Soares, 1999; Bertolucci, 2002).

No entanto, com a profissionalização das atividades físicas esportivas, a necessidade de se buscar novos recursos para melhorar a performance tem se tornado fundamental na luta por resultados positivos no treinamento (Braggion, 2008).

Diante disto, a busca pela melhora no desempenho tem levado muitas pessoas a utilizarem recursos que potencializem os seus desejos no menor tempo possível. Entre esses recursos, destacam-se os suplementos nutricionais (Zeiser e Silva, 2007).

Também os apelos da mídia aliados às evidências científicas a respeito da relação entre nutrição, saúde, estética e desempenho físico, têm feito com que a popularidade dos suplementos nutricionais seja cada vez maior (Rocha e Pereira, 1998; Williams 2004b; Coelho, Camargo e Ravagnani, 2007).

Suplemento nutricional trata-se de um produto substituído por pelo menos um dos seguintes ingredientes: vitaminas, minerais, aminoácidos (AACR, arginina, ornitina, glutamina), metabólitos (creatina, L-carnitina), ervas e botânicos (ginseng, guaraná em pó), extratos (levedura de cerveja), não devendo ser considerado como alimento convencional da dieta (Junqueira e colaboradores, 2007).

Os suplementos nutricionais podem ser usados por pessoas fisicamente ativas para aumentar seu desempenho físico, melhorar a saúde ou reduzir conseqüências negativas do exercício físico (prejuízo, fadiga crônica ou supressão da função imune), sendo que cada modalidade esportiva apresenta maior aderência para um tipo específico de suplemento (Bertolucci, 2002; Junqueira e colaboradores, 2007).

Considerando que a grande exigência do esporte competitivo tem provocado sérias conseqüências em atletas envolvidos em treinamento de alto nível, na área da medicina esportiva, apesar de algumas controvérsias, pesquisas realizadas com atletas de elite demonstraram que alguns suplementos podem

realmente minimizar o desgaste causado por exercícios intensos, repor as perdas ou mesmo melhorar a performance (Rocha e Pereira, 1998; Rohlfis e colaboradores, 2005).

Porém, esse interesse excessivo em melhorar o rendimento físico e as características estéticas faz com esse público se torne principalmente usuário de suplementos protéicos (Araújo e Soares, 1999; Simioni e colaboradores, 2006).

Entre os suplementos protéicos, o uso de aminoácidos tem se difundido largamente entre os praticantes de atividades motoras, tornando-se objeto de estudo para vários pesquisadores. Alguns dos mais populares são os AACR, bem como diversas formas de leucina (Mero, 1999; Marquezi e Lancha Junior, 1997).

Suplementação protéica

A relação entre o consumo de proteínas e o desempenho físico vem de longa data. Este tipo de associação pode ser encontrado até na mitologia grega. A lenda sobre Milo de Crotona, um grande lutador grego que viveu em meados de 500 a. C., confirma a preocupação com a dieta rica em proteínas já na antigüidade. Segundo a mitologia, tal lutador tinha sua força atribuída ao consumo elevado de carne, 8,5 Kg em um único dia (Uchida e colaboradores, 2008).

Sempre se foi discutido sobre quanta proteína é necessária na dieta para obter o melhor desempenho atlético. Ambas as proteínas estruturais que compõem as miofibrilas e as proteínas enzimáticas que atuam dentro de uma célula muscular podem mudar com uma adaptação ao exercício. Diante disso, o interesse em um consumo elevado em proteínas é alto entre os atletas (Gleeson, 2005).

Segundo Araújo, Soares (1999) e Bertolucci (2002), em condições normais de adequação glicídica/lipídica, a contribuição protéica para o gasto energético não ultrapassa 5-10% do valor total. No entanto, a proteína pode ser usada significativamente como substrato energético muscular nos exercícios de resistência aeróbia de longa duração.

Em meados de 1840, Von Liebig foi um dos primeiros fisiologistas a abraçar a hipótese de que os aminoácidos serviriam

como substrato energético para o músculo em contração. Desde então, várias hipóteses surgiram para justificar o consumo de aminoácidos durante o exercício físico (Uchida e colaboradores, 2008).

Teoricamente, os aminoácidos melhoram o desempenho de diversas maneiras, tais como aumentando a secreção de hormônios anabólicos, modificando o uso da energia durante o exercício, evitando os efeitos adversos de treinos em excesso e a fadiga mental (Williams, 2004a).

Diante disso, a exigência de proteína pode realmente ser mais elevada em atletas de endurance do que em indivíduos sedentários, visto que em atividades de longa duração alguns aminoácidos são oxidados em quantidades aumentadas durante o exercício, especialmente os AACR (Gleeson, 2005; Braggion, 2008).

Em relação à necessidade de ingestão diária de AACR em indivíduos adultos, em 1985 a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1985) propôs que a ingestão de leucina, valina e isoleucina fosse de 14, 10 e 10 mg por Kg/dia, respectivamente. Contudo, esses valores têm sido revisados (Rogerio e Tirapegui, 2007).

Já de acordo com a ingestão dietética de referência (*Dietary Reference Intakes* – DRI), a qual é baseada na determinação da RDA, a ingestão de leucina, valina e isoleucina, para indivíduos adultos, é de 42, 24 e 19 mg por Kg/dia, respectivamente (Rogerio e Tirapegui, 2007).

Segundo Gleeson (2005), as ingestões de proteínas recomendadas para atletas (1,2 a 1,8 g/Kg de massa corporal/dia) não parecem ser prejudiciais. Ingestão aguda de suplementos de AACR cerca de 10-30 g/dia parecem não ter efeitos colaterais. No entanto, as razões sugeridas para tomar tais complementos não têm recebido muito apoio de estudos científicos bem controlados.

AACR e o balanço protéico muscular

Recentemente, AACR foram introduzidos na etiologia da limitação no exercício prolongado. É bem conhecido que a oxidação de aminoácidos aumenta com o exercício prolongado, mas a contribuição efetiva dos aminoácidos para a demanda energética é muito escassa. No entanto, tem

sido sugerido que a oxidação das proteínas e, particularmente, de AACR pode ser maior ou desempenhar um papel mais importante quando o glicogênio muscular é limitado (Madsen e colaboradores, 1996).

À medida que o estoque de glicogênio é reduzido, como observado durante a execução de uma atividade de longa duração, as enzimas responsáveis pela transaminação dos AACR têm sua atividade aumentada no músculo esquelético. Portanto, a menor disponibilidade de glicogênio, potencializaria a contribuição energética dos aminoácidos durante o exercício (Blomstrand, 2006; Uchida e colaboradores, 2008).

E mais, ainda em relação ao exercício de endurance, os estudos indicam que quando AACR são ingeridos durante o exercício, estes também parecem apresentar um efeito positivo no período de recuperação após o exercício (Blomstrand e colaboradores, 2006).

Diante disso, a lógica subjacente a consumir uma dieta de AACR antes, durante e/ou após o exercício é que o exercício leva a um aumento considerável da oxidação de AACR, especialmente durante o exercício de endurance, e a maior parte da oxidação de AACR parece ser liberado no sistema por depressão da síntese protéica. Assim, teoricamente, a utilização de suplemento de AACR é para substituir as moléculas oxidadas e super regular a síntese protéica (Cynober e Harris, 2006).

Por outro lado, como já é sabido, o exercício estimula mudanças no metabolismo de proteínas e aminoácidos, sendo que o metabolismo protéico no músculo esquelético fica limitado a seis aminoácidos (glutamato, aspartato, asparagina, e os três AACR – leucina, isoleucina e valina) (Norton e Layman, 2006).

Os AACR, por sua vez, integram várias reações metabólicas musculares, que em grande parte envolvem transferências do grupo amina entre a alanina, o glutamato e a glutamina e cuja velocidade aumenta em resposta à contração muscular (Silva e Alves, 2005).

Leucina, isoleucina e valina (AACR) perfazem cerca de um terço das proteínas musculares. Destes, leucina tem sido a mais exaustivamente investigada porque sua taxa de oxidação é maior que a da isoleucina ou valina. Leucina também estimula a síntese de proteínas musculares e está intimamente

associada à liberação de precursores gliconeogênicos, tais como a alanina, a partir do músculo esquelético (Mero, 1999; Shimomura e colaboradores, 2006a).

Uma série de estudos indica que a administração oral de leucina tem o mesmo efeito que uma refeição completa para estimular a síntese protéica nos músculos esqueléticos. O efeito é específico para a leucina, porque a administração oral de uma das isoleucina ou valina não tem nenhum efeito sobre a síntese protéica (Anthony e colaboradores, 2001; Kimball, 2002).

Leucina é primariamente utilizada pelo organismo para a síntese de proteína, mas também como substrato energético para o músculo, fornecendo 3 a 4% da energia no músculo em repouso e 1% durante o exercício (Mero, 1999; Araújo e Soares, 1999; Layman, 2003).

Além disso, suplementação com AACR (76% leucina), em combinação com moderada restrição energética tem demonstrado provocar significativa e preferencial perda de tecido adiposo visceral e permitir a manutenção de um elevado nível de desempenho. Estes resultados sugerem que a leucina tem funções para além do seu papel como um dos aminoácidos essenciais (Mero, 1999; Shimomura e colaboradores, 2006b).

Diante disso, uma série de estudos sugere que a suplementação de AACR, especialmente leucina, pode aumentar a síntese protéica durante e após o exercício. É também possível que suplementos de AACR poderiam acelerar a reparação de danos musculares após o exercício (Cynober e Harris, 2006; Kimball e Jefferson, 2006).

AACR e a fadiga central

A fadiga central é definida como uma incapacidade para manter a potência devido a eventos que ocorrem em um ou em vários níveis das estruturas nervosas que intervêm na atividade física, na qual pode provocar uma alteração na transmissão desde o SNC ou do recrutamento de axônios motores (Santos, Dezan e Sarraf, 2003; Cynober e Harris, 2006).

A hipótese da fadiga central foi proposta em 1987 e prevê que o aumento na oxidação de AACR diminui sua concentração plasmática. Isto porque durante o exercício de

endurance o glicogênio muscular pode ser depletado e o músculo pode aumentar sua dependência dos AACR como fonte de energia, reduzindo a proporção plasmática AACR: fTRYP (triptofano livre). Como os AACR competem com os fTRYP para entrar no cérebro, uma baixa proporção facilitaria a entrada de fTRYP no cérebro e a formação de serotonina (Madsen e colaboradores, 1996; Williams, 2004b; Gleeson, 2005; Bacurau, 2007).

O triptofano, dentre os 20 aminoácidos, é o único que circula no plasma ligado a proteína de transporte albumina (90%), sendo que 10% do triptofano encontram-se no sangue na sua forma livre. Na barreira hematoencefálica, o fTRYP compete com outros cinco aminoácidos (aminoácidos neutros: AN) para seu transporte e síntese de serotonina cerebral. Os cinco aminoácidos competidores pela passagem através da barreira hematoencefálica são: leucina, isoleucina e valina (AACR), além de tirosina e fenilalanina (aminoácidos aromáticos: AR) (Rossi e Tirapegui, 2005; Silva e Alves, 2005).

Além disso, quando o exercício eleva os níveis plasmáticos de ácidos graxos livres também aumenta os níveis plasmáticos de fTRYP porque ácidos graxos livres e triptofano competem pelo mesmo lugar de ligação para albumina. Um aumento no plasma de triptofano/AACR irá favorecer o transporte do triptofano para o cérebro e, conseqüentemente, a síntese, concentração e liberação de serotonina de alguns neurônios, o que poderá ser responsável pela fadiga durante e após o exercício prolongado (Rohlfis e colaboradores, 2005; Blomstrand, 2006).

Ademais, o triptofano é o aminoácido em menor concentração plasmática nos seres humanos (50 mM). É estimado que a razão entre TRYP:AN é de 1:100. Assim, para aumento da síntese de serotonina cerebral é necessário um favorecimento da captação cerebral de fTRYP, em detrimento dos seus competidores, os AN. Uma medida indireta do seu transporte pela barreira hematoencefálica é a razão $TRYP/\sum AN$. Os processos fisiológicos que provocam aumento desta razão são os que favoreceriam a síntese de serotonina e vice-versa (Silva e Alves, 2005; Rossi e Tirapegui, 2005).

A serotonina ou 5-hidroxitriptamina (5-HT) compõe o grupo dos neurotransmissores,

incluindo as catecolaminas (adrenalina, noradrenalina e dopamina), a qual tem um papel importante na investigação do desenvolvimento da fadiga central, atuando na formação da memória, na letargia, no sono, no humor, na supressão do apetite e nas alterações na percepção do esforço (Rossi e Tirapegui, 2005; Rohlf s e colaboradores, 2005).

Durante o exercício, sugere-se que a maior produção de serotonina promova cansaço, amplie a sensação de fadiga, reduza a potência muscular e altere a regulação hormonal. Por conseguinte, o aumento da atividade serotoninérgica pode posteriormente levar a fadiga central, forçando atletas a deixarem de exercer ou reduzirem a intensidade do exercício (Gleeson, 2005; Bacurau, 2007).

Os mecanismos bioquímicos pelos quais os neurônios serotoninérgicos controlam estas funções ainda não estão totalmente esclarecidos. Existem evidências científicas de que a síntese de serotonina cerebral possa ser modulada dieteticamente através da oferta de macronutrientes, como os carboidratos, proteínas e aminoácidos isolados (Rossi e Tirapegui, 2005).

Fadiga central e modulação dietética

A síntese de serotonina cerebral pode ser modulada por três fatores: quantidade de triptofano total no plasma; transporte de fTRYP pela barreira hematoencefálica contra seus competidores; e a atividade da enzima triptofano hidroxilase. Os dois primeiros mecanismos possuem possibilidade de modulação via dieta (Rossi, Castro e Tirapegui, 2003).

Fernstrom e Wurtman (1972) foram os primeiros a abordar esta relação entre ingestão protéica e síntese de serotonina cerebral. Sugerem que a oferta de uma dieta hiperprotéica favoreceria o aumento dos aminoácidos competidores e pela menor concentração dietética de triptofano haveria menor captação do mesmo na barreira aminoacídica cerebral e provável redução da função da serotonina, atrasando a fadiga (Rossi, Castro e Tirapegui, 2003; Rossi e Tirapegui, 2005; Blomstrand, 2006).

Segundo Rossi e Tirapegui (2005), o consumo de uma refeição hiperprotéica tende

a diminuir a proporção $TRYP/\Sigma AN$. O triptofano é o aminoácido em menor concentração nas proteínas dietéticas: 1% nas proteínas de origem animal e 1,4% nas de origem vegetal. Em uma refeição normal, a ingestão de triptofano representa cerca de 1g/dia.

Hipoteticamente, pois, também a suplementação com AACR poderia retardar a fadiga do SNC e melhorar o desempenho nos eventos prolongados de endurance, através do aumento da proporção AACR:fTRYP e diminuição na formação de serotonina (Williams, 2004a).

Diante disso, a hipótese da fadiga central prevê que a ingestão de AACR irá elevar a sua concentração plasmática e, conseqüentemente, reduzir o transporte de fTRYP no cérebro. Posteriormente, a redução da formação de serotonina levaria a uma diminuição da sensação de fadiga e, por sua vez, melhoraria o desempenho no exercício (Rocha e Pereira, 1998; Gleeson, 2005; Fernstrom, 2005; Rossi e Tirapegui, 2005; Blomstrand, 2006).

No entanto, em relação à existência de uma ligação entre a ingestão dietética de AACR e a função cerebral, até hoje, apenas a produção dos neurotransmissores aminas parece ter sido claramente ligada à alimentação (Fernstrom, 2005).

Convém esclarecer que este não é o único neurotransmissor relacionado com a percepção e desenvolvimento da fadiga, mas é o que vem sendo estudado. No entanto, a grande discrepância existente entre os protocolos experimentais tem dificultado a análise dos resultados (Rohlf s e colaboradores, 2005).

Diante disto, saber se a suplementação de AACR pode afetar o desempenho, especialmente nos atletas bem treinados e com maior estoque de glicogênio do que em indivíduos não treinados e com um maior potencial para a utilização de lipídeos, parece ser ainda uma questão em aberto (Madsen e colaboradores, 1996).

Pesquisas de campo utilizando ratos

Nos estudos com ratos foram utilizadas duas espécies (Sprague-Dawley e Wistar). O número de amostragem variou entre 20 e 66 animais, sendo o limite superior

referente ao estudo realizado por Crozier e colaboradores, (2005) e inferior ao estudo de Rossi, Castro e Tirapegui (2003). Dos 7 artigos analisados, 57,14% (n=4) utilizaram o método de gavagem para realizar a suplementação, o que assegurou a quantidade a ser ministrada a cada rato.

Aparentemente, o AACR que vem sendo mais estudado é a leucina, a qual foi utilizada como suplemento em todos os estudos. Apenas 14,29% (n=1) associaram a suplementação de AACR com a atividade física. O método mais utilizado para avaliar o efeito da suplementação destes aminoácidos em ratos foi o jejum prolongado (superior a 7 horas), presente em 71,43% (n=5) dos estudos avaliados.

O tempo empregado em cada estudo variou 1 dia a 6 semanas. O estudo de menor período foi realizado por Anthony, Anthony e Layman (1999), empregando uma amostra de 30 ratos Sprague-Dawley, divididos em 5 grupos submetidos a alterações de dieta, exercícios e suplementação, e sacrificados 1 hora após o término das atividades realizadas. No presente estudo, os autores pesquisaram o efeito da leucina em ratos submetidos a atividades físicas.

Já o estudo mais longo foi o de Rossi, Castro e Tirapegui (2003), realizado com uma amostra de 20 ratos Wistar, divididos em 2 grupos, onde o primeiro grupo recebeu uma dieta normal e o segundo grupo uma dieta acrescida de 50% de AACR, a fim de avaliar as conseqüências na síntese de serotonina cerebral.

Dentre os trabalhos analisados que utilizaram ratos, todas as 7 ocorrências foram de efeitos positivos quanto ao consumo de AACR. Destes, 6 foram realizados com o consumo de leucina isoladamente, sem adição de isoleucina ou valina.

A leucina foi relacionada com o aumento da síntese protéica pós-exercício no artigo de Anthony, Anthony e Layman (1999). Outra pesquisa realizada por Anthony et al. (2000b) evidenciou que o consumo de leucina aumentou os níveis de síntese de proteína muscular independente do aumento da insulina plasmática.

Posteriormente, mais um artigo de Anthony e colaboradores, (2002) veio a corroborar seu achado referente à ação da leucina, onde submeteu 2 grupos de ratos diabéticos e não diabéticos ao consumo de

leucina, confirmando que a ação do aminoácido sobre a síntese muscular independe de insulina plasmática, já que tanto ratos diabéticos como não diabéticos obtiveram resultados positivos.

Rieu e colaboradores, (2007), além de comprovarem que proteínas ricas em leucina aumentam a síntese protéica em ratos, sugeriram que a leucina poderia ser eficiente para prevenir a sarcopenia no envelhecimento, visto que seu estudo trabalhou com ratos Wistar de 21 meses de idade.

Anthony e colaboradores, (2000a), realizaram outro experimento, onde verificaram que a leucina foi a única entre os AACR capaz de estimular a síntese protéica em ratos privados de alimentos.

Um estudo diferente, já citado anteriormente, foi proposto por Rossi, Castro e Tirapegui (2003), ao avaliar a ingestão de AACR e a produção de serotonina cerebral. Os pesquisadores dividiram os ratos em 2 grupos, o primeiro recebeu uma dieta balanceada e o segundo recebeu a mesma dieta, porém acrescida de 50% AACR. O estudo não encontrou diferenças significativas nas concentrações de glicose, insulina, amônia e triptofano total, no entanto verificou que o grupo suplementado com AACR obteve uma redução significativa na síntese de serotonina cerebral.

Pesquisas de campo utilizando humanos

Nos estudos realizados com humanos, encontrou-se um total de 125 (n=121 [gênero masculino] n=4 [gênero feminino]) voluntários na faixa etária de 19 a 38 anos de idade (limite inferior referente ao estudo feito por Chevront e colaboradores, 2004 e ao estudo de Hall e colaboradores, 1995; e superior ao estudo de Madsen e colaboradores, 1996), que foram submetidos à suplementação de AACR e/ou leucina, associada à prática de atividade física. Como observado nos estudos com ratos, a leucina apareceu novamente como o AACR mais estudado, estando presente em todos os estudos realizados com humanos. Dos 12 artigos analisados, 10 (83,3%) associaram a suplementação dos AACR ao exercício de endurance, utilizando como treino o ciclismo (n=9) e a corrida (n=1).

O tempo empregado em cada estudo variou de 3 dias a 6 semanas. O estudo de

Tabela 01. Estudos e efeitos da suplementação de AACR em ratos

Estudo	Amostra	Protocolo de Intervenção		Efeitos
		Tipo de Treino	Suplemento	
Anthony, Anthony e Layman, 1999.	30 ratos da raça <i>Sprague-Dawley</i> com peso de 140 - 150g suplementados por 1 dia	-Todos os ratos ficaram 7h sem comer. -G1: sedentário (grupo controle sem comida por 10h) -G2: 2h exercícios e 1h após sem comer -G3: 2h exercício e ingeriu somente carboidrato -G4: 2h exercícios e ingeriu somente Leucina -G5: 2h e ingeriu carboidrato e Leucina	-Por gavagem -Os suplementos eram oferecidos com 15% do total de Kcal diárias -G3 e G5: 2,63g carboidrato -G4 e G5: receberam o equivalente a 270mg de Leu Obs: foram mortos 1h após	-O estudo sugere que a leucina aumentou a síntese de proteína muscular após o exercício, independente do aumento da insulina plasmática.
Anthony e colaboradores, 2000a.	Ratos da raça <i>Sprague-Dawley</i> com peso de 200g	-Estudo 1 (18h s/ comer) G1: Valina, Isoleucina e Leucina G2: Salina -Estudo 2 (16h sem comer) Receberam injeção rapamicina G1: recebeu salina G2: recebeu Leu	-Estudo 1: 1,35g/Kg/peso de AACR (no total foram usados 270mg AACR) -Estudo 2: 0,75mg rapamicina/Kg/peso e 1,35g Leucina/Kg/peso -Aparentemente rapamicina inibe o efeito da Leucina sobre a disponibilidade do EIF4E	-O estudo mostra que a leucina é a única entre os AACR capaz de estimular a síntese protéica em ratos privados de alimentos. -Rapamicina (inibe a síntese protéica tanto em ratos com Leu como em ratos privados de alimentos) (específico inibidor do m-tor). (Mecanismo fosforilação do 4E (<i>binding protein</i>) BP1 e S6 Kinase)
Anthony e colaboradores, 2000b.	Ratos da raça <i>Sprague-Dawley</i> com peso de 200g	-G1: recebeu comida à vontade (grupo controle) -G2: 18h sem comer e recebeu salina -G3: 18h sem comer e recebeu carboidrato -G4: 18h sem comer e recebeu Leucina -G5: 18h sem comer e recebeu carboidrato e Leucina	-Por gavagem -270mg de Leu e 2,63g de carboidrato foram oferecidos aos grupos que receberam suplementação	-Sugere que a leucina promove síntese protéica no músculo, independente do aumento de insulina plasmática.
Anthony e colaboradores, 2002.	Ratos da raça <i>Sprague-Dawley</i> 1 grupo de ratos Diabéticos pesando 173g e um grupo controle pesando 198g	-Ratos foram induzidos ao diabetes com administração de <i>Alloxam</i> -Todos ficaram 18h sem comer -G1: recebeu salina (não diabético) -G2: recebeu Leucina (não diabético) -G3: recebeu salina (diabético) -G4: recebeu Leucina (diabético)	-Por gavagem -Leucina 1,35g/kg/peso -Imediatamente após ingestão de Leu os ratos diabéticos receberam infusão de insulina	-Sugere que a leucina realça a síntese protéica tanto no insulino dependente quanto no não-insulino dependente. (Mecanismo fosforilação do 4E (<i>binding protein</i>) BP1 e S6 Kinase)

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

Rossi, Castro e Tirapegui, 2003.	20 ratos da raça <i>Wistar</i> machos adultos com peso de 200g e suplementados por um período de 6 semanas	-Foram divididos em 2 grupos -Não houve indução ao exercício físico, apenas suplementação	-Foram oferecidas dietas básicas para os ratos do grupo controle e apenas um acréscimo de 50% em AACR para o grupo suplementado	-Houve alteração significativa na serotonina cerebral entre os grupos. -Não ocorreram diferenças significativas nas concentrações de glicose, amônia, insulina e triptofano total, porém, o estudo verificou que o grupo suplementado com AACR obteve uma redução significativa na síntese de serotonina.
Crozier e colaboradores, 2005.	66 ratos da raça <i>Sprague-Dawley</i> com peso de 200g e não foi citado o período de suplementação	-Foram deixados 18h sem comer -Os ratos foram divididos em 5 grupos -Não foram submetidos a exercícios físicos -Submetidos a jejum prolongado e suplementados com diferentes concentrações de leucina	-Por gavagem G1: solução com NaCl G2: 5% Leucina (0,068g/Kg/peso) G3: 10% Leucina (0,135g/kg/peso) G4: 25% Leucina (0,338g/kg/peso) G5: 50% Leucina (0,675g/kg/peso) G6: 100% Leucina (1,35g/kg/peso)	-O estudo verificou que pequenas doses de leucina tiveram efeito similar a grandes doses da mesma em ratos. -Verificaram que a leucina influencia na translação do RNAm, colaborando assim para síntese protéica.
Rieu e colaboradores, 2007.	60 ratos <i>Wistar</i> com idade de 21 meses não sendo citado o peso e suplementados por um período de 30 dias	-Foram divididos em 5 grupos -Não houve treinamento físico na pesquisa, somente suplementação	-G1 (controle): dieta base -G2: lactoglobulina (14,5% Leucina) -G3: prolactina (13,4% Leucina) -G4: lactoalbumina (10,9% Leucina) -G5: caseína (10% Leucina)	-Resultados indicam que proteínas ricas em leucina foram eficientes para aumentar a síntese protéica em ratos idosos. -Sugere que possa ser eficiente para prevenir sarcopenia no envelhecimento. -O efeito benéfico foi mantido mesmo após os 30 dias de suplementação.

menor tempo de duração foi realizado por Blomstrand e Saltin (2001), utilizando uma amostra de 7 indivíduos do sexo masculino, os quais fizeram 60 minutos de ciclismo a 69% do VO_2 máximo. Os indivíduos foram divididos em 2 grupos, onde o primeiro grupo recebeu 150ml de uma solução contendo 100 mg de AACR por Kg/peso corporal diluídos 1,5 litros de água, sendo 45% de leucina, 30% de valina e 25% de isoleucina, e o segundo grupo recebeu uma solução contendo apenas água.

O estudo mais longo foi o de Howarth e colaboradores, (2007), quando foram avaliados 20 indivíduos do sexo masculino, divididos em 2 grupos, tendo o primeiro grupo

feito seções de endurance (bicicleta) durante 5 dias da semana e o segundo grupo realizado seções de sprint (bicicleta) por 3 vezes na semana. Neste estudo, em ambos os grupos, não houve suplementação, apenas controle da dieta.

Dentre os trabalhos analisados, houve 5 ocorrências de efeitos positivos para o consumo de AACR e 7 ocorrências de efeitos nulos. Não foram encontrados efeitos negativos a saúde.

O estudo de Cheuvront e colaboradores, (2004), utilizou um grupo amostral de 7 homens, com teste de 60 minutos de bicicleta ergométrica a 50% do

VO₂ máximo associado à ingestão de AACR e, apesar de mostrar um efeito positivo quanto ao aumento na concentração destes aminoácidos livres no plasma e diminuição de tTRYP, não relatou qualquer benefício na performance dos atletas.

O estudo realizado por Uchida e colaboradores, (2008), que avaliou o efeito do consumo de AACR sobre o exercício de endurance realizado até a exaustão, também não encontrou resultados positivos. Neste estudo, 17 soldados induzidos à redução de glicogênio muscular consumiram AACR antes de realizarem um teste de capacidade de endurance em esteira rolante a 90% do limiar anaeróbico até a exaustão. O presente estudo concluiu que a suplementação com AACR não afeta o desempenho de endurance, apesar da sua ampla utilização por atletas que praticam este tipo de atividade.

No estudo de Hall e colaboradores, (1995), onde foram suplementadas diferentes doses de AACR e triptofano, ao comparar os resultados com o grupo placebo, também não se observou nenhum efeito positivo sobre a fadiga após teste de exaustão em bicicleta.

Dentre os estudos com efeito positivo, a maioria apresentou melhora relacionada com a síntese protéica ou inibição de proteólise dos indivíduos (Blomstrand e Saltin, 2001; Koopman e colaboradores, 2005; Matsumoto e colaboradores, 2007; e Howarth e colaboradores, 2007).

Apenas o estudo de Thomas e colaboradores, (2007) demonstrou efeito positivo relacionado à melhora de performance e adaptação ao exercício. Neste estudo, os participantes receberam 2 saches, durante 28 dias, sendo que o grupo placebo recebeu uma mistura de sais, ácido cítrico e sabor de laranja, e o grupo suplementado recebeu uma mistura de vitaminas e aminoácidos (inclusive AACR). Na primeira parte do teste deste estudo os indivíduos realizaram sprints com duração de 8 segundos. Na segunda parte do teste, os indivíduos deveriam pedalar o máximo que conseguissem durante 1 minuto. Para avaliação dos resultados foram analisadas amostras de sangue e biópsia do músculo esquelético. No estudo em questão, observou-se que a suplementação utilizando proteína hidrolisada induz a adaptações que podem promover uma diminuição da fadiga durante o exercício.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Referente ao balanço protéico muscular, em ratos os estudos apresentaram maior uniformidade. A maioria dos estudos atribuiu à leucina sozinha os efeitos relacionados ao aumento da síntese protéica e à redução da proteólise.

Já a teoria de que os AACR diminuiriam a fadiga central tem tanto apoio quanto rejeição nos estudos. Vários estudos falharam em demonstrar um aumento do tempo de exercício até a fadiga com a suplementação de AACR e concordaram em descrever um aumento significativo da amônia circulante. Por outro lado, alguns estudos associaram AACR e carboidratos. É importante considerar que a ingestão de carboidratos deprime o aumento de ácidos graxos plasmáticos induzidos pelo exercício o que, por si só, leva a uma redução dos níveis de tTRYP, já que ambos competem pelo mesmo lugar de ligação para albumina. Esta diminuição de triptofano no plasma, por sua vez, pode reduzir o seu transporte para o cérebro e também a síntese, concentração e liberação de serotonina.

Aliada a estas considerações está a grande discrepância entre os protocolos experimentais utilizados, o que dificultou a análise dos resultados. Diante do exposto, concluiu-se que ainda não há evidências científicas suficientes que provem de forma categórica o efeito benéfico da ingestão de AACR sobre a fadiga central. Já em relação ao balanço protéico muscular, embora a leucina demonstre estimular a síntese de proteínas, mais estudos bem controlados são necessários para a comprovação científica desta sua ação ergogênica.

Diante do exposto, até o momento, alimentar-se bem parece ser uma alternativa mais disponível e certamente mais barata. Segundo Gleeson (2005), um típico suplemento de AACR vendido em forma de comprimido contém 100 mg de valina, 50 mg de isoleucina e 100 mg de leucina. Um peito de frango (100 g) contém 470 mg de valina, 375 mg de isoleucina e 656 mg de leucina, o equivalente a 7 comprimidos de AACR. Um quarto de uma xícara de amendoim (60 g) contém ainda mais AACR, sendo equivalente a 11 comprimidos.

Tabela 02. Estudos e efeitos da suplementação de AACR em humanos

Estudo	Amostra	Protocolo de Intervenção		Efeitos
		Tipo de Treino	Nutricional	
Madsen e colaboradores, 1996.	9 Homens com idade de 36,9 ± 1,1 anos suplementados por um período de 21 dias	-100 Km bicicleta (o mais rápido possível) a cada 7 dias	-G1: glicose solução com 5% -G2: glicose 5% mais AACR 18g (50% Valina, 35% Leucina e 15% Isoleucina) -G3: placebo solução com sódio e limão	-Não houve diferença na <i>performance</i> entre os 3 grupos. -G3 apresentou dificuldades apenas após 90 min de exercício.
Gibala e colaboradores, 1999.	6 Homens com idade de 22 ± 1 anos suplementados por um período de 5 a 7 dias	-15 min bicicleta (70% VO ₂ máximo)	-G1: AACR 308mg (44% Leucina, 30% Valina, 26% Isoleucina) -G2: placebo (dextrose)	-A única diferença foi o aumento de AACR plasmático após ingestão e durante o exercício.
Blomstrand e Saltin, 2001.	7 Homens com idade de 25 ± 1 anos suplementados por um período de 3 dias	-60 min bicicleta a 69% VO ₂ máximo.	-G1: 100mg AACR/Kg/Peso Corporal (45% Leucina, 30% Valina e 25% Isoleucina) -G2: somente água	-Não influenciou na taxa de aminoácidos aromáticos fenilalanina e tirosina. No período de recuperação houve uma rápida queda na concentração muscular de aminoácidos aromáticos. Houve efeito poupador de proteína nesta fase (G1).
Watson, Shirreffs e Maughan, 2004.	8 Homens com idade de 28,5 ± 8,2 anos suplementados por um período de 9 dias	-Bicicleta até a exaustão a 50% VO ₂ máximo.	-G1: 250ml contendo 12g/l de AACR mais 150ml (mesma solução) a cada 15 minutos -G2: placebo	-Não houve efeito na <i>performance</i> . AACR aumentou nos grupos que receberam, mesmo durante o exercício. O grupo que ingeriu o AACR teve queda do fTRYP, mas obteve aumento de amônia circulante.
Cheuvront e colaboradores, 2004.	7 Homens com idade de 21 ± 2 anos suplementados por um período de 21 dias	-60 min bicicleta a 50% VO ₂ máximo.	-G1: AACR 10g (55% Valina, 30% Leucina e 15% Isoleucina) mais carboidrato 60g/L e 10g/glicose/L -G2: carboidrato 60g/L e 10g glicose/L	-G1 aumentou o AACR livre e diminuiu fTRYP. Não houve alterações no exercício ou na <i>performance</i> cognitiva em indivíduos hipohidratados.
Koopman e colaboradores, 2005.	8 Homens com idade de 22,3 ± 0,9 anos suplementados por um período de 21 dias (3 testes separados por 7 dias cada)	-Musculação <i>leg press</i> horizontal e extensora com 80% carga -Todos os indivíduos eram não treinados	-G1: carboidrato (25g glicose) -G2: carboidrato (25g glicose) mais <i>Whey Protein</i> (33,3g) -G3: carboidrato (25g glicose) mais <i>Whey Protein</i> (33,3g) mais Leucina (16,6g)	-G1 teve balanço protéico negativo. A adição de Leucina diminuiu a taxa de oxidação protéica nos G2 e G3 comparados ao G1. -Síntese protéica aumentou no G2 e G3. A resposta da insulina

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

				plasmática foi maior no G3. -Conclusão: a co-ingestão de proteína mais Leucina aumentou a síntese e causou balanço protéico positivo.
Karlsson e colaboradores, 2004.	7 Homens com idade de 25 ± 1 anos e suplementados por um período de 3 dias	-Exercícios de resistência com pesos (quadríceps) 80% 1 RM	-G1: solução de 150ml de mistura de AACR 100mg/Kg peso (45% Leucina, 30% Valina e 25% Isoleucina) -G2: placebo -Obs: ambos receberam o suplemento de 15/ 15 min.	-aumentou a concentração de AACR durante o exercício no G1.
Thomas e colaboradores, 2007.	9 Homens treinados) e 9 atletas com idade de $25 \pm 1,2$ (suplementado com BCAA) e $27,1 \pm 2,5$ (placebo) suplementados por um período de 28 dias	-Testes aeróbicos (bicicleta) -Testes anaeróbicos exaustivos (<i>sprint</i>) (repetições de 8 segundos)	-2 sachês: complexo de aminoácidos com 2,12g AACR (26% Isoleucina, 24% Valina e 50% Leucina)	-Induziu as adaptações diminuiu a fadiga durante exercício. -Houve melhora na adaptação ao exercício.
Howarth e colaboradores, 2007.	20 Homens com idade de 24 ± 1 anos no grupo de <i>sprint</i> e com idade de 23 ± 1 no grupo de <i>endurance</i> suplementados por um período de 6 semanas	-Bicicleta (<i>endurance</i>) -Bicicleta (<i>sprint</i>)	-G1 (<i>endurance</i>): carboidrato (55%), lipídios (26%) e proteínas (1,6g/kg/ peso) -G2 (<i>sprint</i>): carboidrato (60%), lipídios (23%) e proteínas (1,6g/Kg/peso)	-Exercício aumentou o conteúdo de BCOAD quinase.
Matsumoto e colaboradores, 2007.	4 Homens e 4 Mulheres com idade de 26 ± 1 anos e suplementados por 14 dias	-Bicicleta ergométrica 60 min (3 séries de 20 min descansando 5 min a 50% VO_2 máximo)	-G1: bebida 2g AACR (50% Leucina, 25% Valina e 25% Isoleucina), Arginina (0,5g) e 20g carboidrato -G2: placebo (dextrose 2,5g)	- <i>Endurance</i> moderado leva a proteólise no trabalho muscular e o G1 (suplementado com AACR) apresentou inibição de proteólise.
Uchida e colaboradores, 2008.	17 Homens com idade de 22 ± 2 anos e suplementados por um período de 14 dias	-Corrida até a exaustão a 90% do limiar anaeróbico	-G1: solução com 38,5 mg/kg de peso de AACR (41,2% Leucina, 27,4% Isoleucina e 31,4% Valina) -G2: Placebo	-Suplementação de AACR não afetou o desempenho no exercício de <i>endurance</i> .
Hall e colaboradores, 1995.	10 Homens com idade de $23,3 \pm 4,4$ anos e suplementados por um período de 3 semanas	-4 testes de bicicleta a 70-75% do VO_2 máx até a exaustão	-G1: placebo 6% de sucrose -G2: 3g/l de triptofano -G3: 2g de cada AACR/l -G4: 6g de cada AACR/l	-Não foi observado nenhum efeito sobre o mecanismo da fadiga.

REFERÊNCIAS

- 1- Anthony, J.C.; Anthony, T.G.; Kimball, S.R.; Jefferson, L.S. Signaling Pathways involved in translational control of protein synthesis in skeletal muscle by leucine. *J Nutr.* v. 131, p. 856S-860S, 2001.
- 2- Anthony, J.C.; Anthony, T.G.; Kimball, S.R.; Vary, T.C.; Jefferson, L.S. Orally administered leucine stimulates protein synthesis in skeletal muscle of postabsorptive rats in association with increased eIF4F formation. *J Nutr.* v. 130, p. 139-145, 2000b.
- 3- Anthony, J.C.; Anthony, T.G.; Layman, D.K. Leucine supplementation enhances skeletal muscle recovery in rats following exercise. *J Nutr.* v. 129, p. 1102-1106, 1999.
- 4- Anthony, J.C.; Reiter, A.K.; Anthony, T.G.; Crozier, S.J.; Lang, C.H.; Maclean, D.A.; Kimball, S.R.; Jefferson, L.S. Orally administered leucine enhances protein synthesis in skeletal muscle of diabetic rats in the absence of increases in 4E-BP1 or S6K1 phosphorylation. *Diabetes.* v. 51, p. 928-936, 2002.
- 5- Anthony, J.C.; Yoshizawa, F.; Anthony, T.G.; Vary, T.C.; Jefferson, L.S.; Kimball, S.R. Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. *J Nutr.* p. 2413-2419, 2000a.
- 6- Araújo, A.C.M. de; Soares, Y. de N.G. Perfil de utilização de repositores protéicos nas academias de Belém, Pará. *Rev Nutr.* v. 12, n. 1, p. 81-89, 1999.
- 7- Bacurau, R.F. Ergogênicos. In: *Nutrição e Suplementação Esportiva*. 5 ed. São Paulo: Phorte Editora; 2007. p. 257-277.
- 8- Bertolucci, P. Nutrição, hidratação e suplementação do atleta: um desafio atual. *Nutrição em Pauta*. ano 10, n. 54, p. 09-18, 2002.
- 9- Blomstrand, E. A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *J. Nutr.* v. 136, p. 544S-547S, 2006.
- 10- Blomstrand, E.; Elianon, J.; Karlsson, H.K. R.; Köhnke, R. Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. *J Nutr.* v. 136, p. 269S-273S, 2006.
- 11- Blomstrand, E.; Saltin, B. BCCA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* v. 281, p. E365-E374, 2001.
- 12- Braggion, G.F. Suplementação alimentar na atividade física e no esporte: aspectos legais na conduta do nutricionista. *Nutrição Profissional.* v. 4, n. 17, p. 40-50, 2008.
- 13- Brosnan, J.T.; Brosnan, M.E. Branched-chain amino acids: enzyme and substrate regulation. *J Nutr.* v. 136, p. 207S-211S, 2006.
- 14- Chevront, S.N.; Carter Iii, R.; Kolka, M.A.; Lieberman, H.R.; Kellogg, M.D.; Sawka, M.N. Branched-chain amino acids supplementation and human performance when hypohydrated in the heat. *J Appl Physiol.* v. 97, p. 1275-1282, 2004.
- 15- Coelho, C. de F.; Camargo, V.R.; Ravagnani, F.C. de P. Consumo de suplementos nutricionais por praticantes de musculação em academias de Campo Grande - MS. *Nutrição em Pauta*. ano 15, n. 87, p. 41-45, 2007.
- 16- Crowe, M.; Weatherson, J.N.; Bowden, B.F. Effects of dietary supplementation on exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* v. 97, p. 664-672, 2006.
- 17- Crozier, S.J.; Kimball, S.R.; Emmert, S.W.; Anthony, J.C.; Jefferson, L.S. Oral leucine administration stimulates protein synthesis in rat skeletal muscle. *J Nutr.* v. 135, p. 376-382, 2005.
- 18- Cynober; L.; Harris, R.A. Symposium on branched-chain amino acids: conference summary. *J Nutr.* v. 136, p. 333S-336S, 2006.
- 19- Fernstrom, J.D. Branched-chain amino acids and brain function. *J Nutr.* v. 135, p. 1539S-1546S, 2005.
- 20- Gibala, M.J.; Lozej, M.; Tarnopolsky, M.A.; Mclean, C.; Graham, T.E. Low glycogen and

- branched-chain amino acid ingestion do not impair anaplerosis during exercise in humans. *J Appl Physiol.* v. 87, p. 1662-1667, 1999.
- 21- Gleeson, M. Interrelationship between physical activity and branched-chain amino acids. *J Nutr.* v. 135, p. 1591S-1595S, 2005.
- 22- 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.* v. 486, p. 789-794, 1995.
- 23- Howarth, K.R.; Burgomaster, K.A.; Phillips, S.M.; Gibala, M.J. Exercise training increases branched-chain amino acids oxoacid dehydrogenase kinase content in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* v. 293, p. R1335-R1341, 2007.
- 24- Junqueira, J.M.; Maestá, N.; Sakzenian, V.M.; Burini, R.C. Uso de suplementos nutricionais e conhecimentos dietéticos de frequentadores de academias de Botucatu/SP. *Nutrição em Pauta.* ano 15, n. 85, p. 57-63, 2007.
- 25- 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.* v. 287, p. E1-E7, 2004.
- 26- Kimball, S.R. Regulation of global and specific mRNA translation by amino acids. *J Nutr.* v. 132, p. 883-886, 2002.
- 27- Kimball, S.R.; Jefferson, L.S. Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. *J Nutr.* v. 136, p. 227S-231S, 2006.
- 28- Koopman, R.; Wagenmakers, A.J.M.; Manders, R.J.F.; Zorenc, A.H.G.; Senden, J.M.G.; Gorselink, M.; Keizer, H.A.; Loon, L.J.C. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo male subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* v. 288, p. E645-E653, 2005.
- 29- Layman, D.K. The role of leucine in weight loss diets and glucose homeostasis. *J Nutr.* v. 133, p. 261S-267S, 2003.
- 30- Madsen, K.; Mclean, D.A.; Kiens, B.; Christensen, D. Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100 km. *J Appl Physiol.* v. 81, n.6, p. 2644-2650, 1996.
- 31- Marquezi, M.L.; Lancha Junior, A.H. Possível efeito da suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada, aspartato e asparagina sobre o limiar anaeróbio. *Rev Paul Educ Fís.* v. 11, n. 1, p. 90-101, 1997.
- 32- Matsumoto, K.; Mizuno, M.; Dilling-Hansen, B.; Lahoz, A.; Bertelsen, V.; Münster, H.; Jordening, H.; Hamada, K.; Doi, T. Branched-chain amino acids and arginine supplementation attenuates skeletal muscle proteolysis induced by moderate exercise in young individuals. *Int J Sports Med.* v. 28, p. 531-538, 2007.
- 33- Mero, A. Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med.* v. 27, n. 6, p. 347-356, 1999.
- 34- Norton, L.E.; Layman, D.K. Leucine regulates translations initiation of protein synthesis in skeletal muscle after exercise. *J Nutr.* v. 136, p. 533S-537S, 2006.
- 35- Rieu, I.; Balage, M.; Sornet, C.; Debras, E.; Ripes, S.; Rochon-Bonhomme, C.; Pouyet, C.; Grizard, J.; Dardevet, D. Increased availability of leucine with leucine-rich whey proteins improves postprandial muscle protein synthesis in aging rats. *Nutrition.* v. 23, p. 323-331, 2007.
- 36- Rocha, L.P. da; Pereira, M.V.L. Consumo de suplementos nutricionais por praticantes de exercícios físicos em academias. *Rev Nutr.* v. 11, n. 1, p. 76-81, 1998.
- 37- Rogero, M.M.; Tirapegui, J. Aminoácidos de cadeia ramificada, balanço protéico muscular e exercício físico. *Nutrição em Pauta.* ano 15, n. 83, p. 28-34. 2007.
- 38- Rohlfs, I.C.; Mara, L.S.; Lima, W.S. De; Carvalho, T. de. Relação da síndrome do excesso de treinamento com estresse, fadiga

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

e serotonina. *Rev Bras Med Esporte*. v. 11, n. 6, p. 367-372, 2005.

39- Rossi, L.; Castro, I.A.; Tirapegui, J. Suplementação com aminoácidos de cadeia ramificada e alteração na concentração da serotonina cerebral. *Nutrire: Rev Soc Bras Alim Nutr*. v. 26, p. 01-10, 2003.

40- Rossi, L.; Tirapegui, J. Serotonina e neuromodulação alimentar. *Nutrição em Pauta*. ano 13, n. 72, p. 36-40, 2005.

41- Santos, M.G. Dos; Dezan, V.H.; Sarraf, T.A. Bases metabólicas da fadiga muscular aguda. *Rev Bras Ciên e Mov*. v. 11, n. 1, p. 07-12, 2003.

42- Shimomura, Y.; Honda, T.; Shiraki, M.; Murakami, T.; Sato, J.; Kobayashi, H.; Mawatari, K.; Obayashi, M.; Harris, R. Branched-chain amino acid catabolism in exercise and liver disease. *J Nutr*. v. 136, p. 250S-253S, 2006b.

43- Shimomura, Y.; Yamamoto, Y.; Bajotto, G.; Sato, J.; Murakami, T.; Shimomura, N.; Kobayashi, H.; Mawatari, K. Nutraceutical effects of branched-chain acids on skeletal muscle. *J Nutr*. v. 136, p. 529S-532S, 2006a.

44- Silva, P.A. da; Alves, F. Efeitos da ingestão dos aminoácidos de cadeia ramificada na fadiga central. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* v. 5, n. 1, p. 102-113, 2005.

45- Siminoni, J.; Lopes, M.L.; Rinaldi, M.G.; Simonard-Loureiro, H.M. Perfil da ingestão protéica em praticantes de exercício físico em academias de ginástica de Curitiba - PR. *Nutrição Brasil*. v. 5, n. 4, p. 205-209, 2006.

46- Thomas, C.; Perrey, S.; Saad, H.B.; Delage, M.; Dupuy, A.M.; Cristol, J.P. Mercler, J. *Int J Sports Med*. v. 28, p. 703-712, 2007.

47- 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*. v. 14, n. 1, p. 42-45, 2008.

48- 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*. v. 93, p. 306-314, 2004.

49- Williams, M. Suplementos dietéticos e desempenho esportivo. *Nutrição em Pauta*. ano 12, n. 66, p. 56-60, 2004a.

50- Williams, M. Suplementos dietéticos e desempenho esportivo: resumo. *Nutrição em Pauta*. ano 12, n. 69, p. 53-56, 2004b.

51- Zeiser, C.C.; Silva, R.C.R. da. O uso de suplementos alimentares entre os profissionais de educação física atuantes em academias da cidade de Florianópolis. *Nutrição em Pauta*. ano 15, n. 86, p. 30-33, 2007.

Recebido para publicação em 30/08/2008
Aceito em 21/09/2008