

**RELAÇÃO ENTRE A SUPLEMENTAÇÃO DE PROTEÍNA DO SORO DO LEITE
E HIPERTROFIA MUSCULAR: UMA REVISÃO**Jéssica Eloísa Zambão¹Claudia Seely Rocco²Maria Emília Daudt Von Der Heyde³**RESUMO**

A utilização de proteínas e aminoácidos comerciais tem aumentado entre os atletas e praticantes de atividade física. Entretanto, estudos demonstram que esta população não tem o conhecimento adequado sobre quais os reais efeitos da suplementação de proteína do soro do leite no metabolismo muscular. Sendo assim, o objetivo desta revisão é discorrer acerca da utilização de proteína do soro do leite e o ganho de massa muscular. Para tanto, buscou-se informações mediante revisão de artigos apresentados nos sites Science Direct, Bireme, Lilacs e Pubmed. Os termos utilizados em português e inglês foram: proteína do soro do leite, hipertrofia, composição corporal, massa muscular e síntese miofibrilar. Para os critérios de inclusão dos estudos considerou-se: a utilização da suplementação de proteína do soro do leite por indivíduos que realizassem atividade física com o objetivo de hipertrofia muscular. A suplementação em atletas não foi considerada. Todas as pesquisas priorizaram também a adequação da alimentação quanto aos macronutrientes antes da administração do suplemento. A combinação de evidências encontradas sugere que a suplementação de proteína do soro do leite associada a exercícios de resistência ou força é eficiente na síntese de proteína miofibrilar, portanto, hipertrofia muscular. Entretanto, é preciso cautela na inclusão de suplementação proteica, uma vez que a proteína proveniente da dieta também é eficiente em promover reparo e síntese muscular. Ao optar pela proteína do soro do leite é necessário considerar as demais proteínas da alimentação, assim como os outros nutrientes a fim de manter o suporte necessário para o desempenho físico eficiente.

Palavras-chave: Síntese de Proteína Miofibrilar. Soro do Leite. Composição Corporal.

ABSTRACT

Relationship between whey protein supplementation and muscle hypertrophy: A review

The use of proteins and amino acids has increased among athletes. However, studies have shown this population still does not have the proper knowledge about what the actual effects of supplementation of whey protein in muscle metabolism. Thus, the aim of this review is to discuss about the use of whey protein and muscle mass gain. To this end, we sought information upon review of submitted articles in Science Direct, Bireme, Lilacs and Pub Med. Terms used in portuguese and english were: whey protein, hypertrophy, body composition, lean mass and myofibrillar protein synthesis. The criteria for inclusion of studies considered: the use of protein supplementation of whey by individuals who performed physical activity with the goal of muscle hypertrophy. The supplementation in athletes was not considered. All research also prioritized feeding adequacy regarding macronutrients before administration of the supplement. The combination of evidence found suggests that supplementation of whey protein associated with resistance exercise or strength is effective in myofibrillar protein synthesis, therefore muscle hypertrophy. However, caution is required in the inclusion of protein supplementation, since the protein from diet is also effective in promoting muscle synthesis and repair. By choosing whey proteins, is necessary to consider the feed, as well as other nutrients in order to maintain the necessary support for efficient physical performance.

Key words: Myofibrillar Protein Synthesis. Whey Protein. Body Composition.

1-Acadêmica em Nutrição pela Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

A utilização de proteínas e aminoácidos comerciais tem aumentado entre os atletas e esportistas, tendo como objetivo elevar o valor biológico das proteínas da refeição, por seus efeitos na prevenção da perda de massa muscular e sua implicação positiva na síntese de proteína. Existe uma crença entre praticantes de atividade física, de que dietas hiperproteicas aumentam volume muscular, força e melhoram o desempenho (Menos e Santos, 2012).

Todavia, alguns estudos demonstram que os frequentadores de academias, assim como praticantes de atividades físicas em geral, não possuem o conhecimento adequado sobre o consumo de proteína ou necessidades nutricionais (Duran e colaboradores, 2006).

Ao avaliar o conhecimento de praticantes de musculação sobre a alimentação antes e após o treino e determinar o número de consumidores de suplementos, Adam e colaboradores (2013) constataram que 90,5% da população estudada não utilizavam suplementos, porém, demonstrava dúvidas sobre quantidades e horários relacionados ao consumo alimentar, incluindo a ocasião adequada ao uso de suplementos nutricionais.

Em Curitiba, PR, Pereira e colaboradores (2009) identificaram 44,3% dos entrevistados utilizando proteína do soro do leite com o objetivo de ganho de massa muscular. Deste total, 34,95%, consumiam o produto numa frequência de cinco vezes na semana.

Estes dados reforçam a necessidade de esclarecimento da atuação da proteína do soro do leite no metabolismo da hipertrofia muscular. Assim, o objetivo desta revisão é discorrer acerca da relação do consumo de proteína do soro do leite e a hipertrofia muscular.

MATERIAIS E MÉTODOS

A busca por informações foi realizada mediante revisão de artigos apresentados nos instrumentos eletrônicos Science Direct, Bireme, Lilacs e Pubmed. Os termos utilizados em português e inglês foram: proteína do soro do leite, hipertrofia, composição corporal, massa muscular e síntese proteica miofibrilar.

Os critérios de inclusão dos artigos foram: a utilização da suplementação de proteína do soro do leite por indivíduos que realizassem atividade física com o objetivo de hipertrofia muscular.

A suplementação em atletas não foi considerada. Todos os estudos selecionados priorizaram também a adequação da alimentação quanto aos macronutrientes antes da administração do suplemento.

REVISÃO DE LITERATURA

TECIDO MUSCULAR E HIPERTROFIA CRÔNICA

A estrutura do músculo estriado é constituída de fibrilas circundadas por uma membrana eletricamente excitável, o sarcolema.

As fibras musculares são compostas por milhares de miofibrilas em paralelo, que por sua vez estão embebidas em um fluido intracelular denominado sarcoplasma (Harper, Rodwell e Mayes, 1982).

As miofibrilas são a conexão de filamentos de actina e miosina, moléculas responsáveis pela contração muscular (Guyton e Hall, 2006).

Dentro do sarcoplasma, encontram-se moléculas de glicogênio, Adenosina Trifosfato (ATP) e fosfocreatina, além de enzimas e glicose (Harper, Rodwell e Mayes, 1982).

Além destas estruturas, há o sarcômero, que é a unidade funcional do músculo e o retículo sarcoplasmático, diretamente relacionado com a contração muscular (Rodwell e Maye, Harper; 1982; Guyton e Hall, 2006).

A hipertrofia muscular crônica é um processo adaptativo resultante da replicação dessas miofibrilas em paralelo dentro das fibras musculares já existentes (Villanueva, He e Schroeder, 2014).

É entendido como o balanço positivo entre a síntese e a degradação proteica, realizado pela coordenação integrada de vias de sinalização intracelular (Fernandes e colaboradores, 2008).

Este equilíbrio promove o crescimento da fibra muscular, concomitante com o aumento de força (Villanueva, He e Schroeder, 2014).

O remodelamento do músculo esquelético é um processo responsivo a sinais

extracelulares mediados pelo treinamento físico, atividade neural, hormônios, fatores de crescimento e citocinas (Fernandes e colaboradores, 2008).

Entre os eventos que ocorrem no interior das fibras musculares hipertrofiadas, estão: aumento do número de miofibrilas em proporção ao grau de hipertrofia aumento de aproximadamente 120% das enzimas mitocondriais, acréscimo de 60 a 80% nos componentes do sistema metabólico do fosfogênio, incluindo ATP e fosfocreatina, dobra o número de moléculas de glicogênio armazenado e também triglicerídeos (Guyton e Hall, 2006).

Como efeito destas alterações, os metabolismos anaeróbio e aeróbio se elevam, como conseqüente aumento da velocidade máxima de oxidação (Guyton e Hall, 2006).

Um dos processos envolvidos na hipertrofia é a ativação das células satélites, que são precursoras de tecido esquelético, quiescentes e localizadas na periferia das fibras maduras em íntima conexão com sua membrana basal (Foschini e colaboradores, 2004).

Estas células são responsáveis pelo reparo e regeneração das fibras musculares e são estimuladas por sobrecarga mecânica, exercícios físicos e traumas (Grounds, 1998; Hawke e Garry, 2001).

São capazes de ativar programas miogênicos e se diferenciar em miócitos maduros e isto permite o reparo e hipertrofia das miofibrilas existentes ou a formação de novas miofibrilas (Fernandes e colaboradores, 2008).

A regeneração muscular é caracterizada por duas fases: uma fase degenerativa e outra regenerativa, em que o evento inicial consiste em necrose das fibras musculares e rompimento das miofibras sarcolemas, o que reflete no aumento de níveis séricos de proteínas musculares. No segundo evento, ocorre a proliferação celular e é neste momento que as células satélites desempenham seu papel (Fernandes e colaboradores, 2008).

Uma vez que a fusão de células miogênicas esteja completa, estes novos mioblastos formados aumentam em tamanho e movem o núcleo para a periferia da fibra muscular. Sob condições normais, o músculo regenerado é morfológica e funcionalmente

indistinguível de um músculo sem danos (Fernandes e colaboradores, 2008).

Dentre as vias de sinalização necessárias para a síntese de proteína muscular, está a Proteína Quinase B (PKB) que promove o início da tradução. Esta proteína está relacionada com a fosforilação da Cascata Enzimática: Proteína Quinase denominada Alvo da Rapamicina em Mamíferos (mTOR) (Fernandes e colaboradores, 2008), mediadora de transcrição gênica, síntese proteica e proliferação celular (Farnfield e colaboradores, 2009).

Esta biossíntese de unidades contráteis ocorre então, pelo fluxo de informação gênica, que se iniciam com a replicação, manutenção e rearranjos do DNA, passando pela síntese e processamento de RNA (Transcrição) e culminando com a síntese, processamento e regulação proteica (Tradução) (Donis-Keller, 1987; Crystal, 1995).

Outro fator que contribui para a hipertrofia muscular é a ação das proteínas sobre a liberação de hormônios como a insulina, o que favorece a captação de aminoácidos para o interior da célula muscular, otimizando a síntese proteica (Bilsborough e Mann, 2008).

HIPERTROFIA MUSCULAR E EXERCÍCIOS FÍSICO

Uma das principais adaptações associada à prática do treinamento com peso é o aumento nos níveis de força muscular. Esta adaptação parece estar relacionada com pelo menos dois fatores denominados de adaptação neural e de hipertrofia muscular.

Existem indícios de que a maior parte dos ganhos de força muscular nos períodos iniciais de um programa de treinamento seja acarretada por aumento na ativação muscular total, aumento na frequência de disparos e sincronização das unidades motoras ou, ainda, pela redução da ativação dos músculos antagonistas durante o exercício (Dias e colaboradores, 2005).

Por outro lado, a hipertrofia muscular parece ocorrer de modo mais acentuado posteriormente, ou seja, após algumas semanas de treinamento. Embora exista uma tendência em associar os níveis de força muscular com o tamanho da área de secção transversa do músculo, essa relação parece

ser verdadeira apenas quando as adaptações neurais já foram, em grande parte, manifestadas. Sendo assim é necessário tempo para verificar aumento de massa muscular (Dias e colaboradores, 2005).

Exercícios de resistência e força resultam em alterações físicas diferentes (Jones e Rutherford, 1987).

É atribuído ao treinamento resistido de elevado volume e baixa intensidade o aumento da capacidade e oxigenação muscular. Por outro lado, o treinamento de baixo volume e elevada intensidade a principal adaptação desejada é o aumento da força e hipertrofia muscular (Stone e Coulter, 1994; Lima e colaboradores, 2006; Azevedo e colaboradores, 2007).

Estes exercícios parecem provocar aumento na tradução de sinais através do sistema mTOR, o que leva a fosforilação e ativação de proteínas alvo da síntese proteica (Dreyer e colaboradores, 2008).

No entanto, este estímulo fica inibido durante o exercício, pois há aumento da Proteína Quinase Ativada por AMP (AMPK), o que reduz os níveis de sinalização mTOR (Farnfield e colaboradores, 2009).

Isso ocorre porque há a necessidade de aumentar os níveis de ATP circulantes, através do metabolismo catabólico. Portanto, é no período de repouso, que a síntese de proteína se inicia, sendo ativada a cascata de sinalização mTOR, podendo ser detectada a produção de proteínas, num período de duas a três horas após a realização do exercício, permanecendo por 48 horas (Dreyer e colaboradores, 2006).

Em geral, no exercício físico, é proporcionado ao músculo esquelético, um trabalho mecânico que, como consequência, induz dano muscular seguido por resposta inflamatória aguda, dor, perda de massa magra, água e micronutrientes (Buckley, 2010).

A degradação de proteínas miofibrilares pode permanecer até 48 horas após exercícios intensos de força e resistência. Assim, durante a recuperação, o metabolismo catabólico ainda predomina (Bacurau, 2007).

Portanto, sem a reposição adequada de nutrientes, logo após a realização de exercício de resistência, a iniciação da tradução de sinais para a produção de proteínas, é mínima. Ao contrário, quando há

ingestão dos nutrientes necessários, a ativação da síntese do músculo esquelético e o início da tradução, são aumentados (Farnfield e colaboradores, 2009).

Além disso, o trabalho com sobrecarga, por si só, não promove a deposição de aminoácidos no músculo esquelético, este processo depende da ação insulínica e da disponibilidade de aminoácidos no plasma (Bacurau, 2007).

O glicogênio muscular também entra em depleção na realização de exercício físico e é recuperado pela ingestão diária e adequada de carboidratos. O músculo exercitado prefere utilizar glicogênio muscular se houver disponibilidade, mas se a glicose estiver presente no plasma, também se torna fonte de combustível.

Geralmente a glicose utilizada para a geração de ATP é proveniente da quebra de glicogênio no tecido hepático, porém esta quantia é relativamente pequena. Sendo assim, há uma recomendação de ingestão de carboidratos para que não haja redução do glicogênio muscular e conseqüente perda no desempenho físico. Esta quantia varia de 50% até 70% do gasto energético total, dependendo da intensidade do esporte realizado (Dunford, 2012).

Além disso, como referido anteriormente, uma das alterações resultantes da hipertrofia muscular é a elevação do número e do tamanho das mitocôndrias nas células musculares, esta adaptação melhora a capacidade de algumas fibras musculares de utilizarem ácidos graxos como fonte de energia. Isto significa que se houver um baixo consumo prolongado de gorduras, haverá déficit em alguns hormônios, vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais. Sendo assim, a recomendação de gorduras deve estar entre 20 e 35% da ingestão calórica total (Dunford, 2012).

HIPERTROFIA MUSCULAR E METABOLISMO PROTEICO

O primeiro registro ligando uma dieta rica em proteína à melhora do desempenho esportivo foi na Grécia, no séc. V a. C. Naquele período, as dietas eram abundantes em vegetais, leguminosas e cereais, havendo apenas um registro de dois atletas que melhoraram seu peso e força após alimentarem-se com carne (Dunford, 2012).

As proteínas são derivadas da combinação de 20 aminoácidos. A sequência destes determina a sua função no organismo que pode ser estrutural, reguladora, de defesa ou transporte (Lehninger, Nelson e Cox, 2006).

Induzem sinais complexos, incluindo neuropeptídeos secretados no intestino e hormônios metabólicos, tais como a insulina, produzida em resposta à absorção de nutrientes. Estes sinais são integrados e participam no controle do equilíbrio nutricional (Journal e colaboradores, 2012).

Ainda, têm papel essencial na recuperação e hipertrofia, pois servem como substrato para a síntese muscular, além de estarem presentes na produção de energia para a realização de trabalho muscular (Dunford, 2012).

As necessidades referentes ao consumo de proteínas têm sido pesquisadas nos últimos anos. Compreende-se que as necessidades nutricionais diferem de acordo com o gasto energético e o objetivo de cada indivíduo. Um atleta de resistência, por exemplo, tem suas necessidades nutricionais aumentadas e um atleta que utiliza da força para sua performance, tem necessidades distintas (American Dietetic Association, 2009).

É importante citar que a resposta metabólica proteica, em indivíduos previamente bem alimentados é diferente da resposta metabólica em indivíduos desnutridos ou que sofrem agressão patológica (Marchini e colaboradores, 1998).

Como as necessidades são distintas, as recomendações para ingestão de proteína seguem o mesmo raciocínio.

Segundo Dabaghi, Ramos e Bonde (2014) e a American Dietetic Association (2009), para a produção de massa muscular são necessários os aminoácidos essenciais. Para adultos levemente ativos ou sedentários, a necessidade proteica é de 0,8 g/Kg de peso ao dia. Para atletas recreacionais, a recomendação passa para 1 g/Kg e para atletas de força a necessidade proteica varia de 1,6 a 1,7 g/Kg de peso ao dia. Quanto aos atletas de resistência, a necessidade diminui, variando de 1,2 a 1,6 g/Kg de peso ao dia. Além disso, preconiza-se para que ocorra a recuperação muscular após o exercício, cerca de 8 a 10 g de proteína animal ou de soja (Dunford, 2012).

Entretanto, convém salientar a existência de aminoácidos diretamente

relacionados à síntese muscular. São os aminoácidos de cadeia ramificada, leucina, isoleucina e valina que se mostram presentes na corrente sanguínea quando há aumento da síntese muscular (Terada e colaboradores, 2009).

Particularmente a leucina tem papel chave na regulação dos precursores de hipertrofia (Walker e colaboradores, 2010). Promove a síntese e inibe a degradação proteica via mecanismos envolvendo a cascata mTOR (Mata e Navarro, 2009), e também influencia o controle em curto prazo da etapa de tradução da síntese proteica e este efeito é sinérgico com a insulina (Gonçalves, 2013).

A administração oral de leucina produz ligeiro e transitório aumento na concentração de insulina sérica, fato este que age também de modo permissivo para a estimulação da síntese proteica (Rogerio e Tirapegui, 2008).

De acordo com a Portaria nº 222 de 1998 (Ministério da Saúde, 1998), a necessidade diária de leucina para indivíduos saudáveis e não atletas, é de 14 mg/ Kg de peso por dia.

Venne e colaboradores (2012), estudaram voluntários submetidos a suplementação de leucina isolada de outros aminoácidos comparada com a administração de aminoácidos de cadeia ramificada. De acordo com os pesquisadores, doses de 0,7 g, logo após a realização de exercícios de resistência, foram suficientes para estimular a síntese de proteína miofibrilar.

Entretanto, Koopman e colaboradores (2005) que realizaram um estudo randomizado para avaliar a síntese e a degradação muscular após o treino e após a ingestão de carboidratos e proteína contendo leucina, encontraram que com uma quantia de 0,03 g/Kg de peso de leucina para cada indivíduo o balanço proteico total foi significativamente maior comparado com os valores dos demais grupos, sem leucina. Portanto, concluíram que a suplementação de leucina é eficiente na síntese proteica e reparo muscular.

PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE

O soro do leite é um subproduto adquirido em laboratório ou na indústria a partir de queijos e que possui diversas aplicações como matéria-prima (Siqueira, Souza e Cerqueira, 2002; Torres, 2005;

Pacheco e colaboradores, 2005). Durante décadas, esta fração do leite era desperdiçada pela indústria de alimentos. Somente a partir da década de 70 as propriedades destas proteínas foram estudadas (Phillips, 2004).

Neste período, houve um expressivo crescimento nos métodos de preparação de hidrolisados proteicos, tanto com finalidades clínicas e nutricionais como para a melhoria de propriedades funcionais de alimentos (Pacheco e colaboradores, 2005).

Comercialmente estão disponíveis proteínas compostas pelo concentrado proteico do soro do leite, cuja concentração de proteína varia entre 25 e 89%. Nestes produtos há remoção parcial de carboidrato e de gordura e, como consequência, redução de lactose. Há ainda os isolados do soro do leite, contendo entre 90 e 95% de proteína, com gordura e lactose em pequena proporção, ou ausentes. E, por fim, a proteína hidrolisada do soro, composta da fração isolada e concentrada, formada por dipeptídeos e tripeptídeos de alto valor nutricional. Como característica, apresenta boa digestibilidade e baixo potencial alergênico, podendo conter até 98% de peptídeos no produto pronto para consumo. Assim, com base no exposto anteriormente, a composição do soro pode variar em quantidade de macro e micronutrientes, e esta, por sua vez, do método de remoção e produção da proteína (Carrilho, 2013).

O arranjo de aminoácidos em um grama de proteína do soro do leite é, de forma genérica, de 4,9 mg de alanina, 2,4 mg de arginina, 3,8 mg de asparagina, 10,7 mg de ácido aspártico, 1,7 mg de cisteína, 3,4 mg de glutamina, 15,4 mg de ácido glutâmico, 1,7 mg de glicina, 1,7 mg de histidina, 4,7 mg de isoleucina, 11,8 mg de leucina, 9,5 mg de lisina, 3,1 mg de metionina, 3,0 mg de fenilalanina, 4,2 mg de prolina, 3,9 mg de serina, 4,6 mg de treonina, 1,3 mg de triptofano, 3,4 mg de tirosina e 4,7 mg de valina (Haraguchi, Abreu e de Paula, 2008).

Os aminoácidos de cadeia ramificada perfazem 21,2% e todos os aminoácidos essenciais constituem 42,7%. Esta composição ultrapassa as doses recomendadas para as crianças de dois a cinco anos e para os adultos. Este aspecto torna o soro do leite uma fonte proteica concentrada em aminoácidos essenciais, especificamente leucina, em comparação às

demais fontes de proteína (Terada e colaboradores, 2009).

Este perfil de aminoácidos torna a sua digestão e absorção intestinal mais rápida, o que proporciona elevação da concentração de aminoácidos no plasma que, por outro lado, estimula a síntese de proteínas nos tecidos (Haraguchi, Abreu e de Paula, 2008).

A caseína, por sua vez, representa 80% da outra porção das proteínas do leite. Em 100 g há cerca de 8,77 g de leucina. Enquanto as proteínas do soro do leite têm como principal característica a sua rápida absorção, a caseína é caracterizada por ser lentamente absorvida. Este fator é determinante nos níveis de leucina disponíveis para utilização (Reitelseder e colaboradores, 2010).

De acordo com alguns estudos, uma rápida aminoacidemia estimula a síntese de proteínas intramusculares e aumenta o estímulo para a cascata de sinalização mTOR de forma mais eficiente (Boirie e colaboradores, 1997; Dangin e colaboradores, 2001).

Ao comparar a administração de proteína do soro do leite em uma única dose de 25 g com a administração em pequenas doses de 2,5 g a cada 20 minutos, na tentativa de reproduzir a digestão de uma proteína de absorção lenta, os pesquisadores observaram que a proteína administrada em dose única, após o exercício, é mais competente para aumentar os níveis de aminoácidos no plasma do que a administração da mesma proteína suplementada em pequenas quantias (West e colaboradores, 2011).

E ao confrontar a suplementação de proteína do soro do leite isolada com caseína micelar, ficou evidente que a síntese de proteína miofibrilar foi mais rápida com a administração de proteína isolada (Reitelseder e colaboradores, 2010; Burd e colaboradores, 2012).

Em relação aos micronutrientes o soro do leite possui 1,2 mg de ferro, 170 mg de sódio e 600 mg de cálcio por 100 g de proteína do soro. Acredita-se que produtos lácteos ricos em cálcio desempenham um papel-chave na regulação do metabolismo de energia (Zemel e colaboradores, 2000).

Akhavan e colaboradores (2010) e Breen e colaboradores (2011), ao suplementarem proteína do soro concentrada em praticantes de atividade física,

contemplaram redução da glicemia, mostrando que houve melhora na resposta metabólica em vias que necessitam ou não de insulina.

SUPLEMENTAÇÃO DE PROTEÍNA DO SORO DO LEITE E HIPERTROFIA MUSCULAR

Como citado anteriormente, para que ocorra recuperação muscular recomenda-se o consumo de 8 a 10 g de proteínas de origem animal ou de soja, logo após a realização do exercício (Dunford, 2012). Ainda, alguns estudos determinaram que a leucina tivesse papel fundamental na síntese muscular, sendo que 30 mg/Kg de peso são suficientes para aumentar as taxas de síntese de proteínas miofibrilares (Koopman e colaboradores, 2005).

Por conter uma quantia elevada de aminoácidos de cadeia ramificada, especificamente leucina e principalmente pela praticidade de administração após o exercício, estudos vem sendo feitos para verificar qual a menor quantia de proteína do soro do leite promove hipertrofia. Tipton e colaboradores (2007), Moore e colaboradores (2009) e Witard e colaboradores (2014), examinaram qual a relação entre a proteína do soro do leite isolada e o estímulo da síntese de proteína miofibrilar.

Witard e colaboradores (2014), constataram que com 20 g de proteína do soro do leite isolada, administrada antes da realização de exercício de resistência, houve elevação dos estímulos para a síntese de proteínas miofibrilares. O grupo avaliado era de jovens voluntários não treinados que foram divididos em equipes para cada quantia suplementada de 0, 10, 20 e 40 g de proteína do soro do leite isolada. Com a suplementação de 40 g, houve aumento na síntese proteica entretanto, aumento significativo na produção de ureia também foi determinado, sendo assim os autores determinaram que a melhor dose de proteína seria 20 g.

Moore e colaboradores (2009), obtiveram o mesmo efeito, porém, com a administração de 25 g de proteína isolada do soro do leite.

Tipton e colaboradores (2007) foram além, tentando averiguar qual a diferença entre a suplementação de proteína antes e após a realização do exercício e concluíram que foi indiferente. A quantia administrada de

proteína do soro do leite foi de 20 g. Os resultados, em todos os estudos, foram atingidos por meio de biópsia do músculo submetido ao exercício de força e do músculo em repouso e o tempo de suplementação foi de um dia.

Farnifield e colaboradores (2009) e Atherton e colaboradores (2010), também analisaram a suplementação de proteína do soro do leite e a ativação da cascata de sinalização mTOR. Para tanto, avaliaram jovens adultos, submetidos a exercícios controlados de resistência. Para identificação dos achados, após a administração de proteína do soro, foi realizada biópsia do músculo exercitado. Com isso, os autores demonstraram que o perfil total de aminoácidos suplementados foram suficientes para gerar aumento da sinalização da cascata mTOR. Para Farnifield e colaboradores (2009), o total de aminoácidos presentes na solução oferecida aos voluntários foi de 26,6 g, sendo que destes, 6,6 g eram aminoácidos de cadeia ramificada. Em contrapartida, Atherton e colaboradores (2010), ofereceram 48 g de proteína do soro do leite concentrada.

Sakzenian e colaboradores (2009), avaliaram 10 jovens do sexo masculino com idade aproximada de 22 anos que, anteriormente à oferta do suplemento, receberam orientação de dieta contendo 1,8 g de proteína por kg de peso, 8 a 10 g de carboidrato por quilo de peso. A recomendação de lipídios foi para complementar o gasto energético total. Na sequência, os voluntários foram suplementados com proteína concentrada do soro do leite que totalizou 1 g/Kg de peso após a realização dos exercícios. A alimentação complementou a necessidade proteica diária e foi de 1 g/Kg de peso. O grupo placebo manteve-se com alimentação como orientado no início do experimento que foi, adicionada de placebo composto por maltodextrina (50 g). O ganho de massa muscular foi avaliado por meio de antropometria através da verificação das pregas cutâneas e circunferência muscular. O tempo de estudo foi de três semanas.

Os autores observaram hipertrofia muscular nos dois grupos, controle e suplementado E atribuíram o resultado à modificação dietética e ao treinamento hipertrófico, e não à suplementação com proteína do soro do leite isolada.

Weisgarber, Candow e Vogt, (2012), também determinaram os efeitos da suplementação de proteína do soro do leite isolada antes e durante a realização de exercícios de resistência em jovens adultos não treinados. A dose de proteína administrada para o grupo estudo (n=9) foi de 0,3 g/Kg de peso, equivalente a 26 g de proteína, e 0,006 g/Kg de peso a cada sessão de exercício de resistência num total de 6 a 10 repetições. Para o grupo placebo (n=8), foram administrados 0,2 g de maltodextrina e 0,1 g de sucralose por unidade de peso em quilo. Como método de avaliação dos resultados, os autores utilizaram o Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA).

Após oito semanas de experimentos, sendo realizados os exercícios e a suplementação durante quatro dias da semana, houve aumento significativo do volume muscular em ambos os grupos, suplementado e placebo, evidenciando que a ingestão de proteína, antes e durante o exercício não aumentou a síntese muscular.

A mesma conclusão foi obtida ao avaliar a suplementação de proteína do soro do leite em um grupo de voluntários com sobrepeso e obesidade. Por 36 semanas, Weinheimer e colaboradores (2012), ofereceram aos voluntários, suplementação duas vezes ao dia, associada com exercícios de força e resistência. Ao final do experimento, houve melhora em todos os grupos, com suplementação de 0, 20, 40 e 60 g de proteína do soro do leite, comprovando que o suplemento não foi relacionado ao aumento de massa muscular. É importante ressaltar que o método de avaliação dos resultados foi antropometria e DEXA.

DISCUSSÃO

Ao revisar a composição da proteína do soro do leite, torna-se evidente o motivo pelo qual praticantes de atividade física utilizam este suplemento para sua nutrição. Seu perfil de aminoácidos é fator determinante para que exista o estímulo para a síntese proteica, associando a sua administração com exercícios. Tem elevada taxa de leucina em sua composição e, de forma prática, pode ser ingerido a qualquer momento, sendo uma opção para a complementação das proteínas da alimentação, principalmente para a população que possui intolerância a lactose ou

à proteína do leite, uma vez que o soro do leite é disponível no mercado de forma hidrolisada e isolada.

Entretanto, há divergências entre os resultados dos estudos sobre o tema. Esta diferença se dá principalmente porque os métodos de avaliação foram diferentes. Alguns estudos foram efetivos na comprovação da síntese de proteínas miofibrilares. Por outro lado, também há estudos que não comprovaram aumento da massa muscular relacionada com a suplementação de proteína do soro do leite.

O que é possível afirmar em todos os experimentos é a afinidade da atividade física com a hipertrofia e o aumento de força. Porém, estas alterações ocorrem de maneira diferente ao exercitar-se com um protocolo ou outro. Desta forma, as variações nas conclusões dos estudos podem ser justificadas pela utilização de diferentes protocolos de aplicação de exercícios de resistência e força.

Além disso, todos os estudos fizeram adequação da alimentação dos voluntários antes da administração do suplemento, ou seja, as necessidades nutricionais foram supridas com a alimentação e, em alguns casos, ultrapassaram as recomendações diárias. Este fato pode ter influenciado positivamente na hipertrofia muscular, uma vez que, para que ocorra síntese proteica, é necessário que o organismo esteja em equilíbrio nutricional relacionado ao exercício. Portanto, a hipertrofia muscular observada em todos os estudos também pode ser justificada pela adequação nutricional da alimentação dos voluntários e não somente pela administração da proteína do soro do leite.

A suplementação de proteína nos estudos variou de 20 a 60 g de proteína do soro do leite antes, durante ou após a realização dos exercícios. Independente do total oferecido houve hipertrofia muscular. Estudos que avaliaram a suplementação com variação do conteúdo de soro do leite (0, 10, 20 e 40 g) observaram síntese miofibrilar em todas as situações estudadas, inclusive sem suplementação, o que, mais uma vez, comprova a relação do exercício físico realizado e a adequação da alimentação com o aumento de massa muscular. Entretanto, verificou-se significativo aumento quando as doses de suplemento foram maiores que a recomendação.

A recomendação diária de leucina para população geral e saudável é de 14 mg/Kg de peso (Ministério da Saúde, 1998), sendo que 30 mg/Kg de peso após a realização de exercícios são suficientes para geração de estímulo para síntese muscular (Koopman e colaboradores, 2005). De fato, ao ofertar a suplementação, os níveis de leucina disponíveis aumentam. Este achado é determinante para concluir que a disponibilidade dos aminoácidos, especificamente leucina, antes, durante ou depois da realização do exercício físico auxilia na produção de miofibrilas. Entretanto, ao desconsiderar as recomendações diárias de proteína e leucina bem como o gasto energético total, o uso de suplemento proteico pode tornar a dieta hiperproteica.

Menon e Santos (2012), verificaram se a alimentação de praticantes de musculação, que objetivavam hipertrofia muscular, era rica em proteínas. Verificaram que a maioria dos voluntários consumia valores acima do recomendado. Ao analisar 11 indivíduos praticantes de musculação com objetivo de hipertrofia muscular, 63,6 % consumiram mais de 2 g/Kg de peso ao dia de proteína na sua alimentação, o que caracteriza uma dieta hiperproteica (Oliveira e colaboradores, 2009).

Dietas ricas em proteína devem ser consideradas com cautela, pois podem alterar o equilíbrio nutricional (Dunford, 2012). Aparicio e colaboradores (2010), referiram que oferecendo altas taxas de proteína (45% do

gasto energético total), alterações como: aumento do peso do rim, ampliação da excreção de cálcio com paralela redução na excreção urinária de citratos e consequente aumento da acidez, além de mudanças metabólicas como aumento nas taxas de colesterol total e triglicerídeos, resultaram desta condição. Além disso, segundo Journal e colaboradores (2012), uma dieta com alto teor de proteínas (acima do recomendado) pode aumentar a secreção de hormônios anorexígenos produzidos no intestino.

A ingestão de altos teores de proteína pode aumentar o risco de desidratação, uma vez que é necessário o aumento da excreção urinária para que ocorra a saída dos metabólitos da proteína pela urina. Outro risco em administrar uma alimentação com teores de proteína acima do recomendado está em desconsiderar a necessidade de carboidratos e lipídios, gerando um possível déficit nutricional, o que também prejudica o desempenho nos treinos e a hipertrofia muscular (Dunford, 2012).

Para adequar o consumo proteico, deve-se priorizar os alimentos, (Sakzenian, 2009). Sendo assim, é importante relacionar alguns alimentos que possam complementar a quantidade de leucina com o objetivo de hipertrofia muscular. A seguir, a Tabela 1 exhibe alimentos que contêm leucina na sua composição.

Tabela 1 - Total de leucina em diferentes porções de alimentos:

Fonte	Leucina (mg)	Em 100 g/ mL
Atum (180 g)	3700	2055
Peito de frango (120 g)	2650	2208
Carne bovina (100 g)	810	810
Clara de ovo (2 unidades)	600	1000
Queijo mozzarella (100 g)	2380	2380
Leite desnatado (240 ml)	950	395

Fonte: Adaptado de Lima e colaboradores (2011).

Ao considerar que a recomendação para recuperação e síntese muscular após a realização de exercícios é de 8 a 10 g de proteína de alto valor biológico e que um copo de leite, por exemplo, contém em torno de 8 g de proteína e 950 mg de leucina, fica evidente que é possível realizar a troca da

suplementação após o exercício por um copo de leite desnatado.

Entretanto, se considerarmos um indivíduo de 70 Kg, a necessidade de leucina para estímulo de hipertrofia se aproxima de 2100 mg, o que pode ser obtido em 500 mL de leite. Neste caso, o total de proteína será de aproximadamente 16 g. Muitas vezes a

ingestão alimentos durante o dia está impossibilitada pela rotina do indivíduo. Como alternativa disponível no mercado há o leite em pó desnatado, que em 100 g tem em torno de 34,7 g de proteína e 4,12 g de leucina (Lima e colaboradores, 2011). Então, seriam necessários 50 g de leite em pó.

Fazendo a troca do soro do leite por leite desnatado ou leite em pó desnatado, além da reposição proteica, é oferecido ao organismo taxas de carboidrato que podem auxiliar na reposição do glicogênio muscular perdido na atividade física. E ao optar por outros alimentos ricos em leucina, como o atum que em 100 g, tem 2100 mg de leucina, aproximadamente 20 g de proteína, é possível ofertar outros nutrientes necessários para o bom desempenho físico, como óleos essenciais e vitaminas responsáveis pelo metabolismo energético. Além disso, esta opção pode ser economicamente vantajosa em relação aos suplementos proteicos (Dunford, 2012).

Assim, é possível afirmar que o conteúdo de proteína da dieta é essencial para hipertrofia muscular e esta necessidade pode ser suprida por uma alimentação equilibrada e adequada ao indivíduo. A suplementação pode ser uma opção quando certificada a impossibilidade da proteína ser suprida pela alimentação, uma vez que os níveis de aminoácidos disponíveis possibilitam a síntese de proteína miofibrilar.

CONCLUSÃO

A combinação de evidências encontradas sugere que a suplementação de proteína do soro do leite associada a exercícios de resistência ou força é eficiente na síntese de proteína miofibrilar, portanto hipertrofia muscular, entretanto, é preciso cautela na inclusão de suplementação proteica uma vez que a proteína proveniente da dieta também é eficiente em promover reparo e síntese muscular.

Ao optar pela proteína do soro do leite é necessário considerar as proteínas da dieta, assim como os outros nutrientes a fim de manter o suporte necessário para o desempenho físico eficiente.

REFERÊNCIAS

- 1-Adam, B. O.; Fanelli, C.; Souza, E. S.; Stulbach, T. E.; Monimo, P. Conhecimento nutricional de praticantes de musculação de uma academia da cidade de São Paulo. *Brazilian Journal of Sport Nutrition*. Vol. 2. Num. 2. 2013. p. 24-36.
- 2-Akhavan, T.; Luhovyy, B. L.; Brown, P. H.; Cho, C. E.; Anderson, G. H. Effect of premeal consumption of whey protein and its hydrolyzate on food intake and post meal glycemia and insulin responses in young adults. *The American Journal of Nutrition*. Num. 91. 2010. p. 966-975.
- 3-American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and The American College of sport medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*. Vol. 109. 2009. p. 509-527.
- 4-Aparicio, V. A.; Nebot, E.; Porres, J. M.; Ortega, F. B.; Heredia, J. M.; López-Jurado, M.; Ramírez, P. A. Effects of high-whey-protein intake and resistance training on renal, bone and metabolic parameters in rats. *British Journal of Nutrition*. Vol. 105. 9, 2010. p. 836-845.
- 5-Atherton, P. J.; Etheridge, T.; Watt, P. W.; Wilkinson, D.; Selby, A.; Rankin, D.; Smith, K.; Rennie, M. J. Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 92. Set, 15, 2010. p. 1080-1088.
- 6-Azevedo, P. H. S. M.; Demampra, T. H.; Oliveira, G. P.; Baldissera, V.; Mendonça, M. B.; Marques, A. T.; Oliveira, J. C.; Perez, S. E. A. Efeito de 4 semanas de treinamento resistido de alta intensidade e baixo volume na força máxima, endurance muscular e composição corporal de mulheres moderadamente treinadas. *Brazilian Journal of Biomotricity*. Vol. 1. Num. 3. 2007. p. 76-85.
- 7-Bacurau, R. F. Nutrição e Suplementação Esportiva. 5ª edição. Phorte. 2007. p. 77-116.

- 8-Bilsborough, S.; Mann, N. A review of issues of dietary protein intake in humans. *Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 16. 2006. p. 129-152.
- 9-Boirie, Y.; Dangin, M.; Gachon, P.; Vasson, M. P.; Maubois, J. L.; Beaufrère, B. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Acad. Sci. Physiology, EUA*. Vol. 94. Dez, 1997. p. 14930-14935.
- 10-Breen, L.; Philp, A.; Shaw, C. S.; Jeukendrup, A. E.; Baar, K.; Tipton, K. D. Beneficial effects of resistance exercise on glycemic control are not further improved by protein ingestion. *Plos One*. Vol. 6. Num. 6. 2011. p. 1-13.
- 11-Buckley, J. D.; Thomson, R. L.; Coates, A. M.; Howe, P. R. C.; Denichilo, M. O.; Rowney, M. K. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 13. 2010. p. 178-181.
- 12-Burd, N. A.; Yang, Y.; Moore, D. R.; Tang, J. E.; Tarnopolsky, M. A.; Phillips, S. M. Greater stimulation of myofibrillar protein synthesis with ingestion of whey protein isolate v. micellar casein at rest and after resistance exercise in elderly men. *British Journal of Nutrition*. Vol. 108. 2012. p. 958-962.
- 13-Carrilho, L. H. Benefícios da utilização da proteína do soro do leite, whey protein. *Rev. Brasileira de Nutrição Esportiva*. São Paulo. Vol. 7. Num. 40. 2013. p.195-203.
- 14-Crystal, R.G. Transfer of genes to humans: early lessons and obstacles to success. *Science*. Vol. 270. 1995. p. 404-410.
- 15-Dabaghi, P.; Ramos, M. B. T. C.; Bonde, T. Guia de Suplementos. Conselho Regional de Educação Física, Região 9. Março, 2014.
- 16-Dangin, M.; Boirie, Y.; Garcia-Rodenas, C.; Gachon, P.; Fauquant, J.; Philippe, C.; Ballèvre, O.; Beaufrère, B. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* Vol. 280. 2001. p. 340-348.
- 17-Dias, R. M. R. D.; Cyrino, E. S.; Salvador, E. P.; Nakamura, F. Y.; Pina, F. L. C.; Oliveira, A. R. Impacto de oito semanas de treinamento com pesos sobre a força muscular de homens e mulheres. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 11. Num. 4. 2005. p. 224-228.
- 18-Donis-Keller, H.; Green, P.; Helms, C.; Cartinhour, S.; Weiffenbach, B.; Stephens, K.; Keith, T. P.; Bowden, D. W.; Smith, D. R.; Lander, E. S. A genetic linkage map of the human genome. *Cell*. Vol. 51. 1987. p. 319-337.
- 19-Dreyer, H. C.; Fujita, S.; Cadenas, J. G.; Chinkes, D. L.; Volpi, E.; Rasmussen, B. B. Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metabol.* Vol. 294. 2008. p. 392-400.
- 20-Dunford, M. Fundamentos de nutrição no esporte e no exercício. Manole, São Paulo, 2012.
- 21-Duran, A. C. F. L.; Latorre, M. R. D. O.; Florindo, A. A.; Jaime, P. C. Correlação entre consumo alimentar e nível de atividade física habitual de praticantes de exercícios físicos em academia. *Revista Brasileira. Ciência e Movimento*. Vol. 12. Num. 3. 2004. p. 15-19.
- 22-Farnfield, M. M.; Carey, K. A.; Gran, P.; Trenerry, K.; Cameron-Smith, D. Whey protein ingestion activates mTOR-dependent signaling after resistance exercise in young men: A double-blinded randomized controlled trial. *Rev. Nutrients*. Vol. 1. 2009. p. 263-275.
- 23-Fernandes, T.; Soci, U. P. R.; Alves, C. R.; Carmo, E. C.; Barros, J. G.; Oliveira, E. M. Determinantes moleculares da hipertrofia do músculo esquelético mediados pelo treinamento físico: estudo de vias de sinalização. *Rev. Mackenzie de Educação Física e Esporte*. Vol. 7. Num. 1. 2008. p. 169-188.
- 24-Foschini, R. M. S. A; Ramalho, F. S.; Bicas, H. E. A. Células satélites musculares. *Arquivo Brasileiro Oftalmologia*. Vol. 67. Num. 4. 2004. p. 681-687.

- 25-Gonçalves, L. A. A suplementação de leucina com relação à massa muscular em humanos. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, São Paulo. Vol. 7. Num. 40. 2013. p. 212-223.
- 26-Grounds, M. D. Age-associated changes in the response of skeletal muscle cells to exercise and regeneration. *Annals of the New York Academy of Science*. Vol. 854. 1998. p. 78-79.
- 27-Guyton, A. C.; Hall, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 11. ed. Local Saunders Elsevier. 2006.
- 28-Haraguchi, F. K.; Abreu, W. C.; De Paula, H. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. *Revista de Nutrição*, Campinas. Vol. 4. Num. 19. 2008. p. 479-488
- 29-Harper, H. A.; Rodwell, V. W.; Mayes, P. A. *Manual de química fisiológica*. 5ª edição. Atheneu.1982.
- 30-Hawke, T. J.; Garry, D. J. Myogenic satellite cells: physiology to molecular biology. *Journal Appl. Physiology*. Vol. 91. 2001. p. 534-551.
- 31-Jones, D. A.; Rutherford, O. M. Human muscle strength training: The effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. *Journal Pthysiologi*. Vol. 391. Num. 20. 1986. p. 1-11.
- 32-Journal, M.; Chaumontet, C.; Darcel, N.; Fromenting.; Tomé, D. Brain responses to hi-protein diets. *Am. Society for Nutrition. Adv. Nutr.* Vol. 3. 2012. p. 322-329.
- 33-Koopman, R.; Verdijk, L.; Manders, R. J. F.; Gijzen, A. P.; Gorselink, M.; Pijpers, E.; Wagenmakers, A. J. M.; Van-Loon, L. J. C. Co-Ingestion of protein and leucine stimulates muscle protein synthesis rates to the same extent in young and elderly lean men. *American Journal Clinical Nutrition*, Maastricht. Vol. 84. Num. 3. 2006. p. 623-632.
- 34-Lehninger, A. L.; Nelson, D. L.; Cox, M. M. *Lehninger Princípios de bioquímica*. 4ª edição. São Paulo, Sarvier, 2006.
- 35-Lima, D. M.; Padovani, R. M.; Amaya, D. B. R.; Farfán, J. A.; Nonato, C. T.; Lima, M. T.; Salay, E.; Colugnati, F. A. B.; Galeazzi, M. A. M. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO. *Revista e Ampliada. NEPA-UNICAMP*. Campinas. 4ª edição. 2011. 161 p.
- 36-Lima, F. V.; Chagas, M. H.; Corradi, E. F. F.; Silva, G. F.; Souza, B. B.; Moreira, L. A. J. Análise de dois treinamentos com diferentes durações de pausa entre séries baseadas em normativas previstas para a hipertrofia muscular em indivíduos treinados. *Revista Brasileira de Medicina Esporte*. Vol. 12. Num. 4. 2006.
- 37-Marchini, J. S. Métodos atuais de investigação do metabolismo protéico: aspectos básicos e estudos experimentais e clínicos. *Simpósio: Nutrição Clínica*. Vol. 31. 1998. p. 22-30.
- 38-Mata, G. R.; Navarro, F. O efeito da suplementação de leucina na síntese proteica muscular. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. São Paulo. Vol. 3. Num. 17. 2009. p. 367-378.
- 39-Menon, D.; Santos, J. S. Consumo de proteína por praticantes de musculação que objetivam hipertrofia muscular. *Revista Brasileira de Medicina Esporte*. Vol.18. Num. 1. 2012. p. 8-12
- 40-Ministério da Saúde, ANVISA. Portaria nº 222, de 24 de março de 1998.
- 41-Moore, D. R.; Tang, J. E.; Burd, N. A.; Reresich, T.; Tarnopolski, M. A.; Phillips, S. M. Differential stimulation of myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis with protein ingestion at rest and after resistance exercise. *The Journal of Physiology*. Vol. 587. Num. 4. 2009. p. 897-904.
- 42-Oliveira, A. F.; Fatel, E. C. S.; Soares, B. M.; Círico, D. Avaliação Nutricional de praticantes de musculação com objetivo de hipertrofia muscular do município de Cascavel, PR. *Colloquium Vitae*. Vol. 1. Num. 1. 2009. p.44-52.

- 43-Pacheco, M. T. B.; Dias, N. F. G.; Baldini, V. L. S. Propriedades funcionais de hidrolisados obtidos a partir de concentrados protéicos de soro de leite. *Ciênc. Tecnol. Alimentos*. Vol. 25. Num. 2. 2005. p. 333-338.
- 44-Pereira, C. V.; Monteiro, E. A.; Venci, G. L.; Paula, L.; Liberali, R.; Navarro, F. Perfil do uso de whey protein nas academias de Curitiba-PR. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, São Paulo. Vol. 3. Num. 17. 2009. p. 423-431.
- 45-Phillips, S. M. Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition*. Vol. 20. Num. 2004. p. 689-695
- 46-Reitelseder, S.; Agergaard, J.; Doessing, S.; Helmark, I. C.; Lund, P.; Kristensen, N. B.; Frystyk, J.; Flyvbjerg, A.; Schjerling, P.; Hall, G. V.; Kjaer, M.; Holm, L. Whey and casein labeled with L-[1-¹³C]leucine and muscle protein synthesis: effect of resistance exercise and protein ingestion. *The American Physiological Society*. Vol. 300. 2010. p. 231-242.
- 47-Rogero, M. M.; Tirapegui, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo. Vol. 44. Num. 4. 2008.
- 48-Sakzenian, V. M.; Maestá, N.; Castanho, G. K. F.; Michelin, E.; Orsatti, F. L.; Moraes, J. E.; Sales, M. D.; Buscariolo, F. F.; Burini, R. C. Suplementação de proteína do soro do leite na composição corporal de jovens praticantes de treinamento para hipertrofia muscular. *Rev. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*, São Paulo. Vol. 34. Num. 3. 2009. p. 57-70.
- 49-Siqueira, I. M. C.; Souza, M. R.; Cerqueira, M. M. O. P. Importância e utilização dos derivados de soro de queijo. *Rev. Higiene Alimentar*. Vol. 16. Num. 97. 2002 p. 31-35.
- 50-Stone, W. J.; Coulter, S. P. Strength/endurance effects from three resistance training protocols with women. *J Strength Cond Res*. Vol. 8. Num. 4. 1994. p. 231-234.
- 51-Terada, L. C.; Godoi, M. R.; Silva, T. C. V.; Monteiro, T. L. Efeitos metabólicos da suplementação do Whey protein em praticantes de exercícios com peso. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. Vol. 3. Num. 16. 2009. p. 295-304.
- 52-Tipton, K. D.; Elliott, T. A.; Cree, M. G.; Aarsland, A. A.; Sanford, A. P.; Wolfe, R. R. Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *American Physiological Society*. Vol. 292. 2007. p. 71-76.
- 53-Torres, P. D. M. Gelificação térmica de hidrolisados enzimáticos de proteínas de soro de leite bovino. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos) - Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Portugal, 2005.
- 54-Venne, T. A. C.; Burd, N. A.; Mitchell, C. J.; West, D. W. D.; Philp, A.; Marcotte, G. R.; Baker, S. K.; Baar, K.; Phillips, S. M. Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. *J. Physiol*. Vol. 11. Num. 590. 2012. p. 2751-2765.
- 55-Villanueva, M. G.; He, J.; Schroeder, E. T. Periodized resistance training with and without supplementation improve body composition and performance in older men. *Eur. Journal Appl. Physiology*. Vol. 114. 2014. p. 891-905.
- 56-Walker, T. B.; Smith, J.; Herrera, M.; Lebegue, B.; Pinchak, A.; Fisher, J. The influence of 8 weeks of whey-protein and leucine supplementation on physical and cognitive performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 20. 2010. p. 409-417.
- 57-Weinheimer, E. M.; Conley, T. B.; Kobza, V. M.; Sands, L. P.; Lim, E.; Janle, E. M.; Campbell, W. W. Whey protein supplementation does not affect exercise training-induced changes in body composition and indices of metabolic syndrome in middle-aged overweight and obese adults. *The Journal of Nutrition*. Vol. 142. 20, 2012. p. 1532-1539.
- 58-Weisgarber, K. D.; Candow, D. G.; Vogt, E. S. M. Whey protein before and during

resistance exercise has no effect on muscle mass and strength in untrained young adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 22. 2012. p. 463-469.

59-West, D. W. D.; Burd, N. A.; Coffey, V. G.; Baker, S. K.; Burke, L. M.; Hawley, J. A.; Moore, D. R.; Stellingwerff, T.; Phillips, S. M. Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 94. 2011. p. 795-803.

60-Witard, O. C.; Jackman, S. R.; Breen, L.; Smith, K.; Selby, A.; Tipton, K. D. Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 99. 2014. p. 86-95.

61-Zemel, M. B., Shi, H.; Greer, B.; Dirienzo, D.; Zemel, P. C. Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB J*. Vol.14. 2000. p.1132-1138.

2-Orientadora, Professora do departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil.

3-Coorientadora, Professora do departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil.

E-mails:

jessicaeloisaz@gmail.com

claudiaseelyrocco@gmail.com

mila@ufpr.br

Recebido para publicação em 12/08/2014

Aceito em 10/11/2014

Segunda versão em 04/05/2015