

A ingestão de proteína animal ou vegetal gera diferença na resposta anabólica no processo de hipertrofia muscular?

Does the ingestion of animal or vegetable protein generate a difference in the anabolic response in the process of muscle hypertrophy?

DOI:10.34119/bjhrv5n4-054

Recebimento dos originais: 14/04/2022

Aceitação para publicação: 30/06/2022

Mayra Natasha Santana da Silva

Graduação em Nutrição pelo Centro Universitário do Norte (UNINORTE)

Instituição: Centro Universitário do Norte (UNINORTE)

Endereço: Av. Japurá, 1345, Praça 14, Manaus - AM, CEP: 69020-031

E-mail: mayra_natasha@hotmail.com

Tatiana dos Santos Dias

Graduação em Nutrição. Centro Universitário do Norte (UNINORTE)

Instituição: Centro Universitário do Norte (UNINORTE)

Endereço: Rua José Américo, Conjunto 31 de Março II, 1390, Japiim, Manaus - AM,

CEP: 69076-270

E-mail: tatianadias2223@gmail.com

Nayara Sousa Castro

Mestre em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva (INPA), Especialização em Nutrição, Metabolismo e Fisiologia do Exercício (FMRP-USP)

Docente do Curso de Nutrição do Centro Universitário do Norte

Instituição: Centro Universitário do Norte (UNINORTE)

Endereço: Av. Joaquim Nabuco, 1232, Centro, Manaus - AM, CEP: 69020-031

E-mail: nayaracastro.nutricao@gmail.com

RESUMO

As proteínas são importantes componentes na base dos alimentos e têm papel fundamental na hipertrofia muscular, pois auxiliam como substrato para síntese muscular e energia para a realização da contração muscular. A oferta de nutrientes antes, durante e pós exercício físico, é um agente primordial na resposta de adaptações musculares ao treinamento. Este trabalho teve como objetivo revisar a literatura sobre as diferenças na resposta anabólica para o ganho de massa muscular em indivíduos saudáveis frente ao consumo de proteínas de origem animal ou vegetal, de acordo com a literatura disponível. Trata-se de uma revisão com base em ensaios clínicos randomizados, meta-análises e revisões sistemáticas realizados em humanos, publicados nos últimos 10 anos. Estudos apontam que as proteínas de origem animal, possuem uma vantagem na hipertrofia, com exceção da de soja que apresentou números similares, porém, a presença de fatores antinutricionais atrapalham na capacidade de estimulação da MPS. Sendo assim, a fonte de proteína de maior qualidade é a animal, com maior capacidade de estimular a MPS, entretanto, o consumo de proteínas vegetais deve ser ajustado com várias fontes diferentes para obter uma melhora na qualidade e no ganho de massa muscular.

Palavras-chave: proteína vegetal, proteína animal, síntese de proteína muscular, massa muscular, exercício.

ABSTRACT

Proteins are important food components and fundamental role in muscle hypertrophy, as a substrate for muscle synthesis and energy for muscle contraction. The supply of nutrients pre training, during and after physical exercise is a key agent in the response of muscle adaptations to training. This review purpose shower the differences in the anabolic response to muscle mass gain in healthy individuals when consuming animal or plant proteins. This is a review based on randomized clinical trials, meta-analyses and systematic reviews performed in humans, published in the last 10 years. Studies indicate that proteins of animal origin have an advantage in hypertrophy, with the exception of soy, which showed similar numbers, however, the presence of anti-nutritional factors hinders the ability to stimulate MPS. Thus, the highest quality protein source is animal, with the greatest ability to stimulate MPS, however, the consumption of plant proteins must be adjusted with several different sources to obtain an improvement in quality and in muscle mass gain.

Keywords: vegetable protein, animal protein, muscle protein synthesis, muscle mass, exercise.

1 INTRODUÇÃO

O ganho de massa muscular acontece através de um equilíbrio dinâmico entre a síntese de proteína muscular e a degradação de proteína muscular. No entanto, este ganho ocorre apenas quando há o balanço proteico líquido positivo, ou seja, quando a síntese ultrapassa a degradação proteica. A síntese de proteína muscular pode aumentar com exercícios de resistência, mas o balanço prossegue negativo, pois a degradação da proteína muscular é elevada (Tipton e Wolfe, 2001). Por isso, é importante manter um consumo de proteínas de forma equilibrada durante o dia para potencializar a sua resposta anabólica após o exercício e durante o repouso. Sendo assim, a prática de atividade física regularmente associada ao consumo adequado de proteínas são primordiais para a preservação e aumento da massa e força muscular (Cermak et al., 2012).

A proteína consumida fornece aminoácidos que são utilizados como precursores para a síntese de massa muscular, agindo como um sinalizador direto para a ativação destes processos (Moore e Soeters, 2015). Existem diversos tipos de fontes de proteínas disponíveis para o consumo humano, porém o grande foco tem sido para o consumo de proteínas animais, principalmente pelo seu alto conteúdo de aminoácidos e maior qualidade de proteína (Berrazaga et al., 2019). Simultaneamente, as proteínas vegetais foram consideradas inferiores por esses resultados, mas recentemente o interesse por dietas à base de vegetais tem aumentado e as dietas veganas/vegetarianas também fornecem benefícios para a saúde (Kerksick et al., 2021).

Os efeitos das proteínas de origem vegetal comparados com os de origem animal na hipertrofia muscular foram examinados por alguns autores e ainda há controvérsias em relação à eficiência. Langer e Carlsohn (2014) concluíram que é preciso consumir uma quantidade

maior de proteína vegetal para atingir um crescimento muscular semelhante ao da proteína animal. Além disso, uma meta-análise realizada recentemente por Messina et al. (2018) concluiu que a proteína de soja resultou em ganhos de massa muscular semelhante ao de proteínas de origem animal.

Segundo Albuquerque e Sales (2021), atletas que seguem uma dieta vegetariana e buscam a hipertrofia muscular devem ser acompanhados por um nutricionista para realizar uma alimentação de acordo com as necessidades nutricionais e as individualidades para obter resultados satisfatórios.

Portanto, considerando esse cenário, o presente trabalho propõe revisar a literatura sobre as diferenças na resposta anabólica para o ganho de massa muscular em indivíduos saudáveis frente ao consumo de proteínas de origem animal ou vegetal de acordo com a literatura disponível.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão da literatura, a partir de estudos realizados em humanos e que abordassem os temas relacionados ao exercício físico, ganho de massa muscular e consumo de proteína animal e vegetal. Para tanto, foram recuperados com prioridade na literatura nacional e internacional os estudos de ensaios clínicos randomizados, meta-análises e revisões sistemáticas entre os últimos 10 anos indexados nas bases de dados PubMed (National Library of Medicine and National Institutes of Health), Science Direct, Scielo e Periódicos Capes. O processo de seleção constitui-se em: 1) identificação dos artigos repetidos; 2) análise do título; 3) análise do resumo; 4) leitura integral do artigo considerando a metodologia aplicada. Foram adotados os seguintes critérios de elegibilidade para inclusão dos artigos na presente revisão: 1) estudos de revisão/meta-análise; 2) idiomas Português/Inglês; 3) realizados em humanos; 4) que analisaram o uso de proteínas de origem vegetal e animal em indivíduos e sua repercussão no ganho e força muscular; 5) que incluam indivíduos em idade adulta; 6) estudos realizados no período de 10 anos. Foram excluídos: 1) estudos com indivíduos enfermos; 2) estudos que não envolvam exercício físico; 3) estudos em idosos; 4) estudos em animais.

3 REVISÃO

3.1 HIPERTROFIA MUSCULAR

A hipertrofia muscular esquelética tem como definição o aumento da área de divisão transversa do músculo esquelético e da fibra muscular, como resultado da amplificação da síntese proteica, aumento do número e tamanho das miofibrilas e adição de sarcômeros no

interior da fibra muscular, ação que ocorre mediante o ciclo do dano e regeneração muscular. A biossíntese de novas estruturas ligadas a contração é uma das fundamentais adaptações geradas nos 12 músculos em decorrência do treinamento físico (Meloni, 2005; Glass, 2005; Biesek, Alves e Guerra, 2010).

O ganho de massa muscular acontece através de um equilíbrio dinâmico entre a síntese e degradação de proteína muscular, porém este ganho ocorre apenas quando a síntese ultrapassa a degradação de proteína, processo conhecido como balanço proteico líquido positivo. É possível aumentar a síntese de proteína muscular com exercícios de resistência, mas o balanço prossegue negativo, pois a degradação da proteína muscular é elevada (Tipton e Wolfe, 2001).

O treino favorece adaptações musculares, resultando em maiores quantidades de repetições de contrações sucessivas, por consequência do aumento de concentrações de proteínas. Esse efeito em relação à quantidade de proteínas no músculo esquelético muda mediante a intensidade e duração de atividade motora (Hirschbruch e Carvalho, 2002). Um movimento bem executado, supervisionado por um profissional capacitado torna o treino eficiente (Torquato e Silva, 2020).

A hipertrofia muscular pode ser mediada pela atividade de células satélites que estão localizadas entre a lâmina basal e o sarcolema (Hawke e Garry, 2001; Rosenblatt et al., 1994). Estas células são ativadas quando ocorre um estímulo mecânico no músculo esquelético (Vierck et al., 2000). Após despertadas, as células satélites se proliferam e se fundem com as células existentes ou entre si para criar novas miofibras, capacitando o reparo e crescimento do novo tecido muscular (Toigo e Boutellier, 2006). O eixo akt/mTOR é uma das principais vias ativadas no processo de hipertrofia muscular. A sinalização mTOR (alvo da rapamicina em mamíferos) é classificada como reguladora primária de síntese proteica e pode ser ativada por diversos estímulos, sendo eles: sinais hormonais, ingestão de aminoácidos, predisposição genética, e o principal deles – o treinamento de força (Gonzalez et al., 2015). Embora seus mecanismos não estejam totalmente esclarecidos, a AKT (proteína quinase B) é considerada tanto como um sinalizador anabólico, quanto um inibidor dominante dos sinais catabólicos. Após sua ativação, o AKT sinaliza o mTOR, que inicia uma série de eventos moleculares para aumentar a síntese de proteínas, melhorando os processos de tradução (Musarò et al., 1999; Toigo e Boutellier, 2006).

3.2 HORMÔNIOS NA HIPERTROFIA MUSCULAR

O treinamento de força é um estímulo importante para o aumento sagaz dos hormônios anabólicos circulantes em homens e mulheres após 21 semanas de treinamento de força, um

mecanismo indispensável para a hipertrofia muscular (Hakkinen et al., 2000), que ocasiona várias reações no músculo esquelético, sendo uma delas o aumento da secreção do hormônio IGF-1, na qual 75% é produzida no fígado tendo sua grande maioria controlada pelo hormônio do crescimento (GH). A secreção de IGF-1 é apontada como primeira etapa do processo de hipertrofia muscular e depende da disponibilidade de proteínas no organismo (BIKLE et al., 2015). Entretanto, sabe-se que o IGF-1 desempenha um papel autócrino e parácrino no músculo esquelético, porém, seus efeitos são exercidos de várias maneiras, dentre elas a promoção direta do anabolismo, aumentando a taxa de síntese de proteínas em miofibras diferenciadas. A ativação da isoforma MGF (fator de crescimento mecânico), estimula a ação das células satélites e mede sua proliferação e diferenciação, além disso, segundo Toigo e Boutellier (2006), o IGF-1Ea é capaz de melhorar a fusão entre as células satélites com as fibras musculares, facilitando a doação de mionúcleos para manter as proporções ideais de DNA nas proteínas do tecido muscular (DeVol et al., 1990; Hameed et al., 2004; Hill e Goldspink, 2003; Yang e Goldspink, 2002).

O hormônio GH (hormônio do crescimento) atua diretamente através de seu receptor e indiretamente através do IGF-1 sistêmico para regular uma diversidade de tecidos. O desenvolvimento e a parte final do conjunto músculo esquelético são entrepostos por variações sistêmicas no eixo GH/IGF-1. Este hormônio pode ativar a hipertrofia na célula muscular ligando-se ao seu coletor na membrana plasmática, intensificando assim, a via de comunicação AKT/mTOR e impulsionando a proteína P70S6K (Álvarez-García et al., 2012; Schoenfeld, 2010). E segundo Ojasto e Hakkinen (2009), o aumento transitório de GH pode ocasionar uma interação intensificada com receptores das células musculares, favorecendo a recuperação da fibra e estimulando uma resposta hipertrófica.

A testosterona é capaz de armazenar de forma indireta as proteínas, estimulando o desbloqueio de hormônios anabólicos, como o GH (Crewther et al., 2006). Além disso, têm-se notado a habilidade de reproduzir e incitar as células satélites, ocasionando uma ampliação na quantidade de células satélites comprometidos miogenicamente (Schoenfeld, 2010; Sinha-Hikim et al., 2006). Em contrapartida, como observado por (Kyorning et al., 2006), a omissão de testosterona compromete seriamente a resposta ao exercício de resistência (Kvorning et al., 2006).

3.3 PROTEÍNA ANIMAL *VERSUS* PROTEÍNA VEGETAL

Diversas condições favorecem para o potencial anabólico de uma proteína, que geralmente abrange as quantidades de aminoácidos totais, aminoácidos essenciais e

aminoácidos de cadeia ramificada, além da digestibilidade da proteína, valor biológico e ausência de fatores antinutricionais (Kerksick et al., 2021).

Com isso, a qualidade da proteína dietética é avaliada com base na composição de aminoácidos essenciais fornecida no que se refere às necessidades humanas, contra a capacidade da proteína de ser digerida, absorvida e assimilada por vários tecidos do corpo (Moore e Soeters, 2015).

As taxas de digestão e absorção diferem entre as proteínas e isso influencia na estimulação da síntese de proteína muscular. Segundo a FAO (2011), as proteínas vegetais são menos digeríveis que as de origem animal. Alguns estudos estabeleceram o conceito de proteínas “lentas” e proteínas “rápidas” no quesito absorção (Boirie et al., 1997; Dangin et al., 2001; Dangin et al., 2002; Dangin et al., 2003).

De acordo com Boirie (1997), proteínas como a do soro do leite são consideradas “rápidas” pela rápida absorção no organismo, o que faz com que os aminoácidos estejam mais rapidamente na corrente sanguínea. Enquanto, a caseína é considerada uma proteína “lenta”, apresentando uma taxa de absorção mais lenta e prolongada, a proteína da soja é considerada como “rápida”, porém, não é capaz de estimular a síntese de proteína muscular como o soro do leite (Tang et al., 2009).

Esta diferença pode ser observada devido à composição de aminoácidos da soja, principalmente pelo menor teor de leucina, que estimula a síntese proteica e inibe a degradação da proteína muscular (Anthony et al., 2001; Suryawan et al., 2011). Outra diferença importante entre as proteínas de fonte animal e vegetal é a presença de fatores antinutricionais, compostos que afetam a digestibilidade da proteína, e são encontrados com mais frequência nas proteínas de origem vegetal e incluem os fitatos, taninos, glucosinolatos, inibidores de tripsina, hemaglutininas e gossipol (Gilani, Cockell e Sepehr, 2005).

Estes fatores atuam de maneiras diferentes para reduzir a digestibilidade das proteínas, um dos mecanismos de ação é a interrupção das enzimas responsáveis pela digestão das proteínas. Por exemplo, o fitato que é encontrado em sementes, grãos e nozes, pode ligar-se às proteínas no trato digestivo, levando à diminuição da absorção, além de quelar minerais, reduzindo assim, biodisponibilidade (Bye et al., 2013). Os taninos, que são encontrados na cevada, sementes de leguminosas, feijões e ervilhas, são capazes de reduzir a digestibilidade das proteínas, minerais e carboidratos, provavelmente por inibir as enzimas digestivas (Jansman et al., 1994).

Os inibidores de tripsina presentes nos legumes crus, cereais, batatas e tomates interrompem a digestão das proteínas ao inibir a enzimas pancreáticas responsáveis pela

digestão, como a tripsina e a quimiotripsina Friedman e Brandon, 2001). Além disso, os tratamentos térmicos, como a autoclavagem, tostagem e secagem podem reduzir significativamente a atividade inibitória da tripsina, pela redução da formação de complexos entre os inibidores de tripsina e a tripsina, o que libera mais enzimas para a digestão (Sarwar, 1997; Gilani, Cockwell e Sepehr, 2005).

3.4 ESCORE DE AMINOÁCIDOS INDISPENSÁVEIS DIGERÍVEIS (DIAAS)

É indiscutível a necessidade de ter informações mais detalhadas e precisas sobre as quantidades de aminoácidos digeridos ou biodisponíveis nas proteínas alimentares. Assim, em março de 2013 a FAO sugeriu que as proteínas deveriam ser classificadas com base no seu conteúdo de aminoácidos digeríveis, considerando cada aminoácido como um nutriente individual, pois a digestibilidade é variável entre eles.

O Escore de Aminoácidos Indispensáveis Digeríveis (DIAAS) é o método mais recomendado para a avaliação da qualidade das proteínas atualmente. Este método utiliza a digestibilidade no final do intestino delgado (íleo) em vez de fecal, levando em consideração o conteúdo de aminoácidos digeríveis comparada com uma proteína de referência e sua digestibilidade ideal (FAO, 2013).

Para a classificação, se uma proteína tem um DIAAS maior que 100, pode-se considerar uma fonte proteica de “excelente” qualidade. Caso uma certa proteína apresente valor de DIAAS entre 75 e 99, pode ser considerada como uma proteína de “boa” qualidade. Entretanto, um alimento proteico com valor de DIAAS inferior a 75 é visto como uma fonte “pobre” em aminoácidos, que requer uma alimentação com fontes proteicas complementares para aumentar sua qualidade (FAO, 2013). A tabela 1 mostra os valores de DIAAS de algumas fontes proteicas.

Tabela 1 – DIAAS das fontes de proteína animal e vegetal

| Tipo de proteína | DIAAS |
|------------------------------------|--------------|
| Fonte animal | |
| Carne vermelha | 97 (val) |
| Carne fervida, 71°C | 99 (val) |
| Leite | 113 (SAA) |
| Soro do leite | 133 (his) |
| Ovo | 113 |
| Fonte vegetal | |
| Isolado de proteína de soja | 98 (SAA) |
| Feijão cozido | 59 (SAA) |
| Ervilha cozida | 58 (SAA) |
| Concentrado de proteína de ervilha | 82 (SAA) |
| Grão-de-bico | 83 (SAA) |
| Arroz cozido | 37 (lys) |

O primeiro aminoácido limitante está em parênteses.

Val: valina, SAA: cisteína+metionina, Lys: lisina, His: histidina.

Adaptado de Rutherford et al., 2015; Han et al., 2019; Mathai et al., 2017; Hodgkinson et al., 2018.

A classificação do DIAAS indica que, se uma determinada fonte de proteína maior que 100 for consumida em uma quantidade adequada à necessidade corporal, significa que 100% ou mais da recomendação de aminoácidos diário será suprida.

A metodologia do DIAAS possibilita a determinação de proteínas complementares (FAO, 2013), assim, apesar das proteínas de fonte animal serem consideradas como de alto valor biológico, as misturas de vegetais, como um cereal com uma leguminosa, também demonstram ser combinações proteicas de alto valor biológico (Oliveira e Vannucchi, 1983).

No Brasil, a mistura de arroz e feijão é considerada como a principal fonte de proteína na alimentação. O arroz tem como o primeiro aminoácido limitante a lisina, já o feijão é rico em lisina, mas limitante em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína). Os dois alimentos juntos se complementam e são capazes de oferecer quantidade satisfatória de aminoácidos essenciais. Segundo Santos (1979), esta conjunção possui quantidades suficientes de aminoácidos essenciais, adequado teor nitrogenado e tem digestibilidade em cerca de 80%.

3.5 EXISTE DIFERENÇA NA RESPOSTA ANABÓLICA ENTRE A PROTEÍNA DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL?

A investigação da hipertrofia muscular é importante não somente por aspectos esportivos. Sabe-se que atletas recreativos e profissionais se beneficiam da hipertrofia para aumentar seu desempenho de força e potência. No entanto, a hipertrofia muscular também é benéfica do ponto de vista da saúde geral e qualidade de vida, já que o tecido muscular desempenha um papel importante no metabolismo e, conseqüentemente, em todas as doenças que estão relacionadas a ele (Kelley et al., 2002; Pedersen, 2013).

Os indivíduos que praticam atividade física requerem maiores quantidades de proteína na dieta para dar suporte às suas necessidades de treinamento, o que cria a necessidade de incluírem propositalmente várias fontes de proteínas que fornecem quantidades ideais de aminoácidos essenciais (Morton et al., 2018). Além disso, atualmente dietas com restrito ou nenhum consumo de carne animal têm se popularizado e dúvidas decorrentes do consumo de proteínas vegetais para hipertrofia surgem a todo instante.

Em 2013, Volek e outros pesquisadores randomizaram 63 homens e mulheres não treinados divididos em grupos que consumiram suplementos isocalóricos diariamente, sendo

24g de carboidratos (n=22), 24g de proteína do soro do leite (n=19) ou 24g de proteína da soja (n=22). Todos os indivíduos completaram um programa de treinamento de resistência periodizado de corpo inteiro e supervisionado, que consistiu em 96 exercícios durante 9 meses. A composição corporal foi determinada no início e após 3, 6 e 9 meses. Os resultados foram que os ganhos de massa magra corporal tiveram significativamente maiores resultados para o grupo que consumiu proteína do soro do leite (~3,3Kg) do que o carboidrato (~2,3Kg) e na soja (~1,8Kg).

Também em 2013, Joy e seus colaboradores foram os primeiros a analisar uma fonte vegetal diferente da soja quanto ao seu potencial no aumento de massa muscular. Este estudo reuniu 24 homens treinados e saudáveis que foram aleatoriamente e igualmente divididos em dois grupos, consumindo 48g de proteína de arroz isolada ou 48g de proteína isolada do soro do leite. Os participantes treinaram 3 dias por semana durante 8 semanas como parte de um programa de treinamento de resistência. Houve aumento significativo na espessura muscular no vasto lateral e intermediário nas condições de proteína de arroz (0,2cm) e proteína do soro do leite (0,5cm), a massa magra corporal total aumentou em 2,5Kg na proteína de arroz e 3,2Kg na proteína do soro do leite. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre as duas condições em qualquer medida.

Reidy e colaboradores realizaram em 2014 um ensaio clínico duplo-cego em que randomizaram 16 jovens saudáveis (19-30 anos) não treinados. Os indivíduos foram divididos aleatoriamente em dois grupos, para ingerir uma mistura de proteína da soja e leite ou proteína do soro do leite em 1 hora após uma sessão de exercícios de resistência de perna em alta intensidade. Os resultados mostram que a síntese de proteína miofibrilares em repouso não foi diferente entre a proteína do soro do leite (~0,035%/h) e a mistura (~0,0413%/h), a síntese de proteínas miofibrilares pós-exercício aumentou acima dos valores de repouso em ambos os grupos, sendo 0,093%/h para o soro do leite e 0,081%/h para a mistura. A mistura de proteínas resultou em um balanço líquido de fenilalanina prolongado e positivo durante a recuperação pós-exercício em comparação com a proteína do soro do leite ($p < 0,05$).

Em 2017, Mobley e colaboradores fizeram um estudo onde reuniram 75 homens não treinado em idade universitária (19-23 anos), os participantes foram aleatoriamente designados a consumir placebo de maltodextrina, leucina, concentrado de proteína de soro do leite, hidrolisado de proteína de soro do leite ou concentrado de proteína de soja. Os indivíduos realizaram treinamento de resistência em três dias na semana, durante 12 semanas. Em média, todos os grupos de suplementos, inclusive o placebo, exibiram volumes de treinamento semelhantes e experimentaram aumentos estatisticamente aproximados na massa muscular total

(+2,2Kg) e aumentos na área de seção transversal da fibra tipo 1 e 2 (+394 μm^2 e +927 μm^2). Curiosamente, a contagem de células satélites aumentou em relação ao início do estudo nos grupos que consumiram concentrado de proteína de soro do leite e hidrolisado de proteína de soro do leite, no grupo da proteína de soja os valores foram aproximados.

Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Lynch e seus parceiros (2020), que juntou 48 homens e mulheres não treinados que foram divididos aleatoriamente em dois grupos para consumir 19g de isolado de proteína do soro do leite ou 26g de isolado de proteína da soja, ambos contendo 2g de leucina. Todos os participantes realizaram treinamento de resistência supervisionado 3 vezes na semana, durante 12 semanas. Ambos os grupos aumentaram significativamente a massa corporal total ($p=0,027$) e massa magra corporal ($p < 0,01$), houve tendência de aumento da espessura do vasto lateral ($p=0,08$) após as 12 semanas de treino e o vasto intermediário ($p=0,0971$) não mudou significativamente desde o início em nenhum dos grupos. Entretanto, como os estudos anteriores, nenhuma diferença significativa foi observada entre os grupos de proteínas.

Recentemente, Hevia-Larraín e seus colaboradores (2021) foram os primeiros a realizarem um estudo baseado no consumo habitual de uma dieta baseada em vegetais versus dieta onívora. Este estudo reuniu 19 homens jovens que eram veganos habitualmente e 19 homens jovens que eram onívoros, onde realizaram um programa de treinamento de resistência supervisionado por 12 semanas, duas vezes na semana. A ingestão habitual de proteína foi avaliada entre os grupos e ajustada para 1,6g/Kg/dia e receberam proteína suplementar (proteína de soja para os veganos e proteína de soro do leite para os onívoros). Ambos os grupos mostraram aumentos significativos na massa magra da perna (VEG: ~1,2Kg; ONV: ~1,2Kg), na área transversal do reto femoral (VEG: ~1,0 cm^2 ; ONV: ~0,9 cm^2), na área transversal do vasto lateral (VEG: ~2,2 cm^2 ; ONV: ~2,8 cm^2), fibra muscular tipo 1 (VEG: ~741 μm^2 ; ONV: ~677 μm^2) e fibra muscular tipo 2 (VEG: ~921 μm^2 ; ONV: ~844 μm^2), sem diferenças entre os grupos para qualquer uma das variáveis.

Também em 2021, Lim et al realizou uma revisão e meta-análise de ensaios controlados em que 16 artigos científicos foram utilizados para meta-análise. Os resultados demonstraram que, embora a proteína animal fornecesse um efeito favorável na massa magra absoluta em comparação com a proteína vegetal, o resultado não foi significativo (ADM 0,22Kg). Porém, verificou-se que o consumo de proteína animal aumentou significativamente a porcentagem de massa magra (ADM 0,50%). Foi analisado que os adultos mais jovens (<50 anos) obtiveram um ganho de 0,41Kg de massa magra e 0,50% de massa magra com a ingestão de proteína

animal. A tabela 2 mostra uma visão geral dos estudos sobre resposta anabólica das proteínas de origem animal e vegetal.

Tabela 2 – Revisão da literatura sobre a resposta anabólica das proteínas de origem animal e vegetal

| Nº | AUTOR /ANO | SUJEITOS DE PESQUISA | TIPO DE ESTUDO | INTERVENÇÃO NUTRICIONAL | TREINAMENTO | PARÂMETROS AVALIADOS | RESULTADOS | PRINCIPAIS CONCLUSÕES |
|----|-------------------------------|---|---|---|---|---|--|--|
| 1 | LIM M et al., 2021 | Adultos <50 anos | Revisão sistemática e meta-análise de ensaios controlados e randomizados. | Foram incluídos estudos com grupos de proteína animal e vegetal, como suplementação ou dieta. | Supino e agachamento com repetição máxima, força de prensão, pico de torque de extensão e flexão de perna/joelho. | Absorciometria de raios-X de dupla energia e a plestimografia por deslocamento de ar. | A fonte de proteína não afetou as mudanças na massa magra total ou na força muscular. Porém, a proteína animal apresentou um efeito favorável na porcentagem de massa magra, sendo mais benéfica para massa magra do que a proteína vegetal, especialmente para adultos mais jovens. | A proteína animal apresentou maiores ganhos de massa magra em comparação a proteína vegetal. |
| 2 | HEVIA-LARRAÍ N V et al., 2021 | 19 jovens (<26 anos) veganos habituais e 19 jovens (<26 anos) onívoros. | Ensaio clínico randomizado. | A ingestão habitual de proteína foi ajustada para 1,6g/Kg/dia com a suplementação de soja para veganos e soro do leite para os onívoros. | Programa de treinamento de resistência supervisionado de 12 semanas, 2 vezes por semana. | A massa magra da perna, área transversal da fibra muscular e o legpress foram avaliados antes e após a intervenção. | Todos os resultados medidos melhoraram em ambos os grupos ao longo do estudo, mas não houve diferenças entre os dois grupos de proteínas. | A proteína de arroz garante resultados na hipertrofia semelhantes a proteína de soro do leite. |
| 3 | LYNCH H et al., 2020 | 119 homens e mulheres treinados e não treinados com idade entre 18 e 35 anos. | Desenho experimental. | 19g de isolado de proteína do soro do leite ou 26g de isolado de proteína da soja, ambos contendo 2g de leucina. | Exercícios de resistência progressiva de corpo inteiro durante 12 semanas, 3 vezes na semana. | Massa total magra e gorda, porcentagem de gordura corporal, espessura do tecido vasto intermediário e lateral, torque máximo de extensão e flexão de perna. | Ambos os grupos aumentaram significativamente a massa corporal total e a massa magra corporal, além da redução na gordura corporal total e a porcentagem de gordura total. | Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. |
| 4 | MOBLE Y C et al., 2017 | 75 homens não treinados, em idade universitária (19-23 anos) | Desenho de estudo duplo-cego controlado por placebo. | Os participantes foram divididos aleatoriamente para receber suplementação de concentrado de soro do leite, hidrolisado de proteína de soro do leite, concentrado | Treinamento de resistência realizado de corpo inteiro durante 12 semanas, 3 dias na semana. | Foram avaliados a composição corporal da massa muscular de braço duplo e perna dupla, massa muscular total, massa gorda corporal e espessura | Não relataram diferenças entre os grupos para mudanças observadas na força, composição corporal ou vários atributos do músculo esquelético. | Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. |

| | | | de proteína de soja ou placebo. | | do músculo vasto lateral. | | | |
|---|----------------------|---|--|--|---|---|---|---|
| 5 | REIDY J et al., 2014 | 16 jovens adultos, não treinados e saudáveis com idade entre 19 e 30 anos | Ensaio clínico duplo-cego e randomizado. | Refeição padronizada de 1900kcal, sendo 20% PTN, 60% CHO e 20% LIP. Foram distribuídos aleatoriamente para ingerir uma mistura de proteína de soja e leite ou proteína do soro do leite. | Realizaram treinamento de resistência de perna de alta intensidade consistindo em 8 séries de 10 repetições. | Massa magra e gorda total, amostra de sangue para medição da concentração de fenilalanina, concentração plasmática de ICG, determinação de enriquecimento do sangue e concentração de aminoácidos na perna. | A síntese de proteínas miofibrilares pós-exercício aumentou de forma similar entre os dois grupos. A síntese de proteína em repouso não houve grandes diferenças e a síntese pós-exercício não foi diferente entre o leite de soja e a proteína de soro do leite. | Ambas as fontes proteicas aumentaram a síntese de proteína muscular após exercício. |
| 6 | VOLEK J et al., 2013 | Homens e mulheres não treinados. | Teste controlado e aleatório. | Suplementos isocalóricos contendo carboidratos, proteína de soro do leite ou proteína de soja. | Programa de treinamento de resistência periodizado de corpo inteiro, supervisionado, que consistiu em 96 exercício que durou 9 meses. | Massa magra total, massa gorda total e concentração de leucina em jejum e pós-exercício. | Os ganhos de massa corporal foram significativamente maiores para o soro do leite do que no carboidrato e na soja. As concentrações de leucina em jejum foram significativamente maiores e a leucina plasmática pós-exercício aumentou 2x mais no soro do leite. | O soro do leite proporcionou aumento significativo no ganho de massa corporal em relação ao carboidrato e soja. |
| 7 | JOY J et al., 2013 | 24 homens saudáveis, treinados em idade universitária (20 a 23 anos) | Protocolo duplo-cego randomizado. | Dois grupos divididos aleatoriamente para consumir 48g de arroz ou 48g de proteína isolada de soro do leite. | Os indivíduos realizaram treinamento de resistência periodizado e ondulante durante 8 semanas, 3 dias por semana. | Foram avaliados a recuperação, dor e prontidão para treinar antes e após exercício. Ultrassonografia da espessura do músculo, absormetria de dupla emissão de raio-X para determinação de composição corporal, supino e | A espessura muscular combinada do vasto lateral e intermediário aumentaram nas condições da proteína de arroz e proteína de soro do leite. A massa corporal magra aumentou nas condições de proteína de arroz em 2,5Kg, e também aumentou a condição de proteína do soro do leite em 3,2Kg. | A proteína de arroz garante resultados na hipertrofia semelhantes a proteína de soro do leite. |



legpress para força
superior e inferior
do corpo.

Fonte: O próprio autor, 2021. Siglas: CHO – Carboidratos, PTN – Proteínas, LIP – Lipídeos, ICG –Andocianina verde.

De forma geral, as pesquisas que avaliam a capacidade anabólica das proteínas de origem vegetal em comparação com as proteínas animais têm tido um aumento considerável. A maioria dos estudos publicados indicam que as proteínas vegetais são capazes de fornecer mudanças na força e composição corporal semelhante à proteína animal, quando são adotadas estratégias para igualar a quantidade de leucina e aminoácidos essenciais. Porém, grande parte dos estudos realizaram um programa que durou de 8 a 12 semanas e isto pode acarretar controvérsias. Visto que, Volek et al (2013) obtiveram um resultado mais favorável para a ingestão de soro do leite comparada com uma dose idêntica de proteína da soja após um programa de 9 meses de treinamento. Sendo assim, embora os estudos com duração mais curta estejam relatando equivalência nos resultados obtidos dentro das limitações estabelecidas, há a possibilidade de resultados diferentes em estudos futuros que considerem um tempo maior de 4 a 8 meses.

4 CONCLUSÃO

As dietas veganas/vegetarianas cresceram substancialmente nos últimos anos, com isso, os estudos decorrentes das proteínas vegetais para aumento de massa muscular, força e resistência também ganharam notoriedade. A estimulação da síntese de proteína muscular depende de vários processos intramoleculares em que a fonte de proteína não é um fator único determinante. No entanto, as pesquisas sobre a qualidade, absorção e digestão das proteínas mostraram que as proteínas de origem animal possuem uma vantagem, com exceção da soja que apresentou números similares, porém, a presença de fatores antinutricionais atrapalham na capacidade de estimulação da MPS. Sendo assim, a fonte de proteína de maior qualidade é a animal, com maior capacidade de estimular a MPS, entretanto, o consumo de proteínas vegetais deve ser ajustado com várias fontes diferentes para obter uma melhora na qualidade e no ganho de massa muscular.

Por fim, algumas limitações nos estudos devem ser observadas. Atualmente, a maioria dos estudos limitam-se ao uso da proteína de soja e faltam mais pesquisas utilizando diferentes fontes de proteínas vegetais na estimulação da hipertrofia muscular. Outro ponto, é que poucos estudos foram realizados com participantes veganos em comparação com onívoros, sendo que, os demais artigos utilizaram suplementação de proteína vegetal ou animal em participantes que consumiam uma alimentação com variados tipos de proteínas. Além disso, grande parte dos estudos usaram proteínas de forma isolada em pó, sendo que, durante o consumo habitual mistura-se proteína com macro e micronutrientes. Entretanto, são necessárias mais pesquisas

decorrentes do uso das proteínas de origem vegetal bem como a elucidação de quais estratégias usar para aumentar sua capacidade de estimular a hipertrofia muscular.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Nathalya Nickoly Barros; SALES, José Carlos de. A influência da alimentação vegetariana para hipertrofia muscular. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n. 9, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n9-425>

ÁLVAREZ-GARCÍA, Óscar et al. Growth hormone improves growth retardation induced by rapamycin without blocking its antiproliferative and antiangiogenic effects on rat growth plate. **PloS One**, v. 7(4), e34788, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034788>

ANTHONY, Joshua C. et al. Signaling pathways involved in translational control of protein synthesis in skeletal muscle by leucine. **The Journal of nutrition**, v. 131(3), 856S–860S, 2001. <https://doi.org/10.1093/jn/131.3.856S>

BERRAZAGA, Insaf et al. The Role of the Anabolic Properties of Plant- versus Animal-Based Protein Sources in Supporting Muscle Mass Maintenance: A Critical Review. **Nutrients**, v. 11(8), p. 1825, 2019. <https://doi.org/10.3390/nu11081825>

BIESEK, Simone; ALVES, Letícia Azen; GUERRA, Isabela. Estratégias de nutrição e suplementação no esporte. 2. ed. rev. e ampl. Barueri: **Manole**, 2010.

BIKLE, Daniel D. et al. Role of IGF-I signaling in muscle bone interactions. **Bone**, v. 80, p. 79–88. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.04.036>

BOIRIE, Yves et al. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 94(26), p. 14930–14935. 1997. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.26.14930>

BYE, Jordan W. et al. Dual effects of sodium phytate on the structural stability and solubility of proteins. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61(2), p. 290–295. 2013. <https://doi.org/10.1021/jf303926v>

CERMAK, Naomi M. et al., Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis, **The American Journal of Clinical Nutrition**, V. 96 (6), p. 1454–1464, 2012. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.037556>

CREWETHER, Blair et al. Possible stimuli for strength and power adaptation: Acute hormonal responses. **Sport Med**. V. 36, p. 215-238, 2006. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00004>

DANGIN, Martial et al. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. **American journal of physiology. Endocrinology and metabolism**, v. 280(2), E340–E348. 2001. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.280.2.E340>

DANGIN, Martial et al. Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects. **The Journal of nutrition**, v. 132(10), 3228S–33S. 2002. <https://doi.org/10.1093/jn/131.10.3228S>

DANGIN, Martial et al. The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. **The Journal of physiology**, v. 549(2), p. 635–644. 2003. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.036897>

DEVOL, D. L. et al. Activation of insulin-like growth factor gene expression during work-induced skeletal muscle growth. **American Journal of Physiology**, v. 259, E89-E95, 1990. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1990.259.1.E89>

FAO. Report of a sub-committee of the 2011 FAO Consultation on “Protein Quality Evaluation in Human Nutrition”: the assessment of amino acid digestibility in foods for humans and including a collation of published ileal amino acid digestibility data for human foods. Rome (Italy): FAO; 2012 USDA, Agricultural Research Service. **National Nutrient Database for Standard Reference**, release 26. Washington (DC): USDA; 2013. <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>

FRIEDMAN, Mendel; BRANDON, David L. Nutritional and health benefits of soy proteins. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 49(3), p. 1069–1086. 2001. <https://doi.org/10.1021/jf0009246>

GILANI, Sarwar G.; COCKELL, Kevin A.; SEPEHR, Estatira. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. **Journal of AOAC International**, v. 88(3), p. 967–987, 2005. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16001874/>

GLASS, David J. Skeletal muscle hypertrophy and atrophy signaling pathways. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 37, p. 1974–1984, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2005.04.018>

GONZALEZ, Adam M. et al. Protein supplementation does not alter intramuscular anabolic signaling or endocrine response after resistance exercise in trained men. **Nutrition Research**, v. 35, P. 990- 1000, 2015.

HAKKINEN, Keijo. et al. Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. **The Journal of Gerontology: Series A**, v. 55: B95–B105, 2000. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.2.b95>

HAMEED, M. et al. The effect of recombinant human growth hormone and resistance training on IGF-I mRNA expression in the muscles of elderly men. **The Journal of Physiology**, v. 555: 231-240, 2004. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.051722>

HAWKE, Thomas J.; GARRY, Daniel J. Myogenic satellite cells: physiology to molecular biology. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 91(2), p. 534–551. 2001. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.2.534>

HEVIA-LARRAÍN, Victoria et al. High-Protein Plant-Based Diet Versus a Protein-Matched Omnivorous Diet to Support Resistance Training Adaptations: A Comparison Between Habitual Vegans and Omnivores. **Sports Medicine**, v. 51, 1317–1330. 2021. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01434-9>

HILL, Maria; GOLDSPINK, Geoffrey. Expression and splicing of the insulin-like growth factor gene in rodent muscle is associated with muscle satellite (stem) cell activation following

local tissue damage. **The Journal of physiology**, v. 549(Pt 2), p. 409–418. 2003. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.035832>

HIRSCHBRUCH, Márcia Daskal; CARVALHO, Juliana Ribeiro. *Nutrição esportiva: uma visão prática*. São Paulo: **Manole**, 2002.

JANSMAN, Alfonso J.; ENTING, H; VERSTEGEN, M. W.; HUISMAN, J. Effect of condensed tannins in hulls of faba beans (*Vicia faba* L.) on the activities of trypsin (EC 2.4.21.4) and chymotrypsin (EC 2.4.21.1) in digesta collected from the small intestine of pigs. **The British journal of nutrition**, v. 71(4), p. 627–641. 1994. <https://doi.org/10.1079/bjn19940168>

JOY, Jordan M. et al. The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. **Nutrition Journal**, v. 12, 86. 2013. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-12-86>

KELLEY, David et al. Dysfunction of mitochondria in human skeletal muscle in type 2 diabetes. **Diabetes**, v. 51(10), p. 2944–2950. 2002. <https://doi.org/10.2337/diabetes.51.10.2944>

KERKSICK, Chad M.; JAGIM, Andrew; HAGELE, Anthony; JÄGER, Ralf. Plant Proteins and Exercise: What Role Can Plant Proteins Have in Promoting Adaptations to Exercise? **Nutrients**, v. 13, p. 1962. 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13061962>

KVORNING, Thue; ANDERSEN, Marianne; BRIKEN, Kim; MADSEN, Klavs. Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study. **American journal of physiology. Endocrinology and metabolism**, 291(6), E1325–E1332. 2006. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00143.2006>

LANGER, Henning B. A.; CARLSOHN, Anja PhD. Effects of Different Dietary Proteins and Amino Acids on Skeletal Muscle Hypertrophy in Young Adults After Resistance Exercise. **Strength and Conditioning Journal**, v. 36 (3), p. 33-42. 2014. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000057>

LIM, Meng Thiam et al. Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Nutrients**, v. 13, p. 661. 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13020661>

LYNCH, Heide M. et al. No Significant Differences in Muscle Growth and Strength Development When Consuming Soy and Whey Protein Supplements Matched for Leucine Following a 12 Week Resistance Training Program in Men and Women: A Randomized Trial. **International Journal of Environmental Research Public Health**, v. 17, p. 3871. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113871>

MELONI, Victor Hugo Maciel. O papel da hiperplasia na hipertrofia do músculo esquelético. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 7, n. 1, 2005. <https://doi.org/10.1590/%25x>

MESSINA, Mark et al. No Difference Between the Effects of Supplementing with Soy Protein Versus Animal Protein on Gains in Muscle Mass and Strength in Response to Resistance Exercise. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 28(6), p. 674–685. 2018. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0071>

MOBLEY, C. Brooks et al. “Effects of Whey, Soy or Leucine Supplementation with 12 Weeks of Resistance Training on Strength, Body Composition, and Skeletal Muscle and Adipose Tissue Histological Attributes in College-Aged Males.” **Nutrients**, v. 9,9 972. 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5622732/>

MOORE, D. R.; SOETERS, P. B. The Biological Value of Protein. **Nestle Nutrition Institute workshop series**, v. 82, p. 39–51. 2015. <https://doi.org/10.1159/000382000>

MORTON, Robert W. et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. **British Journal of Sports Medicine**; v. 52, p. 376-384. 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>

MUSARÒ, Antonio et al. IGF-1 induces skeletal myocyte hypertrophy through calcineurin in association with GATA-2 and NF-ATc1. **Nature**, v. 400(6744), p. 581–585. 1999. <https://doi.org/10.1038/23060>

OJASTO, Timo; HÄKKINEN, Keijo. Effects of different accentuated eccentric loads on acute neuromuscular, growth hormone, and blood lactate responses during a hypertrophic protocol. **Journal of strength and conditioning research**, v. 23(3), p. 946–953. 2009. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a2b22f>

OLIVEIRA. J. E. D.; VANNUCCHI, H. The protein requirement of Brazilian rural works studies with a rice and a bean a diet. In: RAND, W.M. Protein energy requirements of developing countries: results of international research. **Tokio, United University**, p. 98-114, 1983.

PEDERSEN, Bente K. Muscle as a secretory organ. **Comprehensive Physiology**, v. 3(3), p. 1337–1362. 2013. <https://doi.org/10.1002/cphy.c120033>

REIDY, P. T. et al. Soy-dairy protein blend and whey protein ingestion after resistance exercise increases amino acid transport and transporter expression in human skeletal muscle. **Journal of applied physiology**, v. 116(11), p. 1353–1364. 2014. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01093.2013>

Report of an FAO Experte consultation. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. ISSN 0254-4725. **FAO and food nutrition paper 92**. 31 March – 2 April, 2011.

ROSENBLATT, J. David; YONG, David; PARRY, David J. Satellite cell activity is required for hypertrophy of overloaded adult rat muscle. **Muscle e Nerve**. V. 17, p. 608-613,1994. <https://doi.org/10.1002/mus.880170607>

SANTOS, J. E. et al. Relationship between the nutritional efficacy of a rice and bean diet and energy intake in pre-school children. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 32, p. 1.541-4, 1979.

SARWAR, Ghulam. The protein digestibility-corrected amino acid score method overestimates quality of proteins containing antinutritional factors and of poorly digestible proteins supplemented with limiting amino acids in rats. **The Journal of nutrition**, v. 127(5), p. 758–764. 1997. <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.758>

SINHA-HIKIM, Indrani et al. Effects of testosterone supplementation on skeletal muscle fiber hypertrophy and satellite cells in community-dwelling older men. **The Journal of clinical endocrinology and metabolism**, v. 91(8), p. 3024–3033. 2006. <https://doi.org/10.1210/jc.2006-0357>

SURYAWAN, A.; ORELLANA, R. A.; FIOROTTO, M. L.; DAVIS, T. A. Triennial Growth Symposium: leucine acts as a nutrient signal to stimulate protein synthesis in neonatal pigs. **Journal of animal science**, v. 89(7), p. 2004–2016. 2011. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3400>

TANG, Jason E. et al. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. **Journal of applied physiology**, v. 107(3), p. 987–992. 2009. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00076.2009>

TIPTON, Kevin; WOLFE, Robert R. Exercise, protein metabolism, and muscle growth. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, 11 (1), pp. 109-132. 2001. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.11.1.109>

TOIGO, Marco; BOUTELLIER, Urs. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European journal of applied physiology**, v. 97(6), p. 643–663. 2006. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0238-1>

TORQUATO, Ricardo Amando; SILVA, Juliano Vieira. Exercício físico como melhora na qualidade de vida de pessoas com fibromialgia. **Brazilian Journal of Health Review Braz. J. Hea. Rev.**, Curitiba, v. 3, n. 5, p.12900-12914 set./out. 2020. <https://doi.org/10.34119/bjhrv3n5-124>

VIERCK, Janet et al. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. **Cell biology international**, v. 24(5), p. 263–272. 2000. <https://doi.org/10.1006/cbir.2000.0499>

VOLEK, Jeff S et al. “Whey protein supplementation during resistance training augments lean body mass.” **Journal of the American College of Nutrition**, v. 32,2: 122-35. 2013. <https://doi.org/10.1080/07315724.2013.793580>

YANG, Shi Yu; GOLDSPIK, Geoffrey. Different roles of the IGF-I Ec peptide (MGF) and mature IGF-I in myoblast proliferation and differentiation. **FEBS letters**, v. 522(1-3), p. 156–160. 2002. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(02\)02918-6](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(02)02918-6)