

A relação entre o consumo de proteína de origem animal e a síntese proteica muscular em praticantes de exercício físico

Gabrielle Freitas Bressanini¹, Milena Beatriz de Lima Marfil¹, Bruna Marcacini Azevedo Nogueira^{2*}

¹Graduanda do curso de Nutrição pelo Centro Universitário Padre Anchieta.

²Docente do Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, São Paulo, Brasil.

*Autor de correspondência: Bruna Marcacini Azevedo Nogueira. Departamento da área da saúde. Av. Odila Azalim, 575 – Vila Nova Jundiainópolis, Jundiaí – SP, 13210-795.

E-mail: bruna.azevedo@anchieta.br. Telefone institucional: 011 4527-3444

Todos os autores deste artigo declaram que não há conflito de interesses

Resumo

A estrutura corporal dos seres humanos e animais é constituída por proteínas, que desempenham funções fundamentais no organismo. As proteínas são formadas por aminoácidos essenciais, obtidos por meio da alimentação, e não essenciais, sintetizados pelo organismo. Alimentos e suplementos contendo proteína animal e láctea apresentam uma maior porcentagem de aminoácidos essenciais e parecem resultar em maior síntese proteica após um estímulo de exercício de resistência. O objetivo desse estudo foi avaliar a relação entre a ingestão de proteínas de origem animal e o aumento da síntese proteica muscular. Foram selecionados 14 artigos publicados nas bases de dados Scielo e Pubmed nos últimos 14 anos. Os estudos mostraram que os grupos que utilizaram proteínas de origem animal tiveram um maior estímulo da síntese proteica muscular em relação aos grupos que utilizaram proteínas vegetais. O estudo que comparou a ingestão do ovo inteiro com a ingestão da clara do ovo não encontrou diferenças entre eles. O estudo que avaliou a ingestão do leite de vaca não conseguiu determinar efeito positivo entre a ingestão e a performance e recuperação muscular. Os estudos que avaliaram a caseína, a proteína do ovo integral e o *whey protein* determinaram um aumento da síntese proteica muscular. Três estudos compararam a ingestão entre proteínas animais diferentes e concluíram que houve um aumento da síntese proteica muscular, à exceção do colágeno. Por fim, três estudos compararam a ingestão entre fontes de proteínas animais diferentes com um grupo controle, resultando em síntese proteica muscular apenas nos grupos que ingeriram proteína animal. Concluiu-se que a síntese proteica muscular é mais favorecida quando praticantes de exercício

físico utilizam fontes de proteínas animais, desde que a quantidade de proteína total diária recomendada seja obtida.

Palavras-chave: proteína, proteína animal, aminoácidos essenciais, síntese proteica muscular, exercício de resistência.

The relationship between animal protein consumption and muscle protein synthesis in physical exercise

Abstract

The body structure of humans and animals is made up of proteins, which play fundamental roles in the body. Proteins are made up of essential amino acids, obtained through food, and non-essential amino acids, synthesized by the body. Foods and supplements containing animal and dairy protein have a higher percentage of essential amino acids and appear to result in increased protein synthesis after a resistance exercise stimulus. The purpose of this study was to evaluate the relationship between the intake of animal protein and the increase in muscle protein synthesis. 14 articles published in the Scielo and Pubmed databases in the last 14 years were selected. The studies showed that the groups that used animal proteins had a greater stimulus of muscle protein synthesis compared to the groups that used vegetable proteins. The study that compared whole egg ingestion with egg white ingestion found no differences between them. The study that evaluated the intake of cow's milk failed to determine a positive effect between intake and muscle performance and recovery. The studies that evaluated casein, whole egg protein and whey protein determined an increase in muscle protein synthesis. Three studies compared intake between different animal proteins and concluded that there was an increase in muscle protein synthesis, with the exception of collagen. Finally, three studies compared intakes between different animal protein sources with a control group, resulting in muscle protein synthesis only in the groups that ingested animal protein. It was concluded that muscle protein synthesis is more favored when practitioners of physical exercise use animal protein sources, as long as the recommended amount of total daily protein is obtained.

Keywords: protein, animal protein, essential amino acids, muscle protein synthesis, endurance exercise.

Introdução

A estrutura corporal dos seres humanos e animais é constituída por proteínas que diferem dos carboidratos e lipídios, por possuírem nitrogênio e, ocasionalmente, enxofre, fósforo, cobalto e ferro. As proteínas funcionam como componentes primários para as

membranas plasmáticas e o material celular interno. As proteínas estruturais colagenosas formam os pelos, o cabelo, a pele, as unhas, os ossos, os tendões e os ligamentos. As proteínas globulares formam as diferentes enzimas que aceleram as reações químicas para a liberação de energia. O plasma sanguíneo contém as proteínas especializadas necessárias para a coagulação sanguínea. Além disso, as proteínas ajudam a regular as características acidobásicas dos líquidos corporais, neutralizando o excesso de metabólitos, ácidos formados durante o exercício. As proteínas estruturais actina e miosina desempenham o papel predominante na contração muscular durante os movimentos¹.

As proteínas são formadas pela união de aminoácidos por meio de ligações peptídicas. A combinação de mais de 50 aminoácidos acoplados constitui uma proteína, sendo a sequência dos aminoácidos um determinante para a sua estrutura final e função¹. A síntese de proteínas exige a presença de todos os aminoácidos necessários durante o processo. Existem 20 aminoácidos diferentes, sendo 9 conhecidos como aminoácidos essenciais e 11, aminoácidos não essenciais. Os aminoácidos essenciais não são produzidos pelo organismo, devem ser obtidos por meio de dieta. São eles: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina e histidina. Os aminoácidos não essenciais são sintetizados pelo organismo a partir de outros compostos, já presentes no corpo, a fim de atender às demandas para o crescimento normal e o reparo tecidual. São eles: alanina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina, arginina, glutamina, tirosina, prolina, glicina e cisteína².

A concentração proteica do organismo se mantém extremamente estável, não existindo “reserva” de aminoácidos, uma vez que a proteína dietética não é a fonte preferida de energia do corpo. Os aminoácidos que não são utilizados para a síntese de proteínas ou de outros compostos, como hormônios, ou para o metabolismo energético, proporcionam o substrato para a gliconeogênese ou são transformados em triacilglicerol para armazenamento nos adipócitos^{1,3}.

A recomendação de ingestão diária de proteína, atualmente, é 0,8g/kg/dia (RDA). Entretanto múltiplos estudos indicam que esse valor não é apropriado para um atleta atender às suas necessidades diárias. A necessidade diária e por dose para um indivíduo dependem de inúmeros fatores, como volume de exercício, idade, composição corporal, necessidade energética diária e o *status* de treinamento. Uma ingestão diária de 1,4 a 2,0g/kg/dia atua como uma quantidade mínima recomendada, enquanto maiores

quantidades, >3,0g/kg/d, podem ser necessárias para indivíduos que estejam restringindo a ingestão de energia, mantendo a massa livre de gordura. Essa recomendação se enquadra na faixa aceitável de distribuição de macronutrientes (AMDR) de 10-35% de proteína^{4,5,6,7}.

A recomendação de proteína por porção para maximizar a síntese proteica muscular varia em relação à idade e à intensidade do estímulo de resistência, mas a recomendação geral é 0,25g de uma proteína de alto valor biológico por kg de peso corporal ou uma dose absoluta na faixa de 20 a 40g por porção. Doses maiores que 40g de proteína podem ser necessárias para aumentar a resposta da síntese proteica muscular em indivíduos idosos^{6,8,9}.

O período ideal para a ingestão de proteínas provavelmente está relacionado a uma questão de tolerância individual; embora o efeito anabólico do exercício seja de longa duração, pelo menos 24h, este vai reduzindo progressivamente com o aumento do tempo pós-exercício¹⁰.

As proteínas de alta qualidade provêm de alimentos que contêm todos os aminoácidos essenciais na quantidade e relação corretas para manter o equilíbrio nitrogenado e permitir o crescimento e reparo dos tecidos. Além disso, consideram-se a gordura, a caloria, o conteúdo de micronutrientes, a presença de peptídeos bioativos, a concentração de leucina e a taxa de digestão como fatores importantes neste processo. Uma proteína de alta qualidade pode ser definida também pela sua eficiência em estimular a síntese proteica e promover hipertrofia muscular. O ideal é priorizar sempre os alimentos que contenham uma boa concentração proteica de alta qualidade; entretanto a suplementação é um método conveniente e prático para se atingir a ingestão adequada^{1,11}.

Os aminoácidos essenciais são criticamente necessários para alcançar taxas máximas de síntese proteica muscular, o que faz com que uma proteína de alta qualidade seja a sua fonte preferida. Proteínas de rápida digestão, contendo altas proporções de aminoácidos essenciais e uma quantidade adequada de leucina, parecem ser mais eficazes para o aumento desse estímulo. O total de proteína e caloria ingerida ao longo do dia é mais importante que o *timing* de ingestão, para promover adaptações positivas ao treinamento de resistência^{2,12,13}.

Na ausência da alimentação adequada e em resposta a um exercício de resistência, o balanço proteico muscular permanece negativo, mas para que ocorra ganho e manutenção de massa muscular, o organismo precisa estar num balanço proteico positivo¹⁴.

O balanço nitrogenado corporal é definido quando a ingestão de nitrogênio se iguala a sua excreção. No balanço nitrogenado positivo, a ingestão de nitrogênio ultrapassa a sua excreção, com novos tecidos sintetizados pela proteína adicional. O balanço nitrogenado negativo constitui uma excreção de nitrogênio maior que sua ingestão, indicando a utilização da proteína para obter energia¹.

Alimentos e suplementos contendo proteína animal e láctea apresentam uma maior porcentagem de aminoácidos essenciais e parecem resultar em maior hipertrofia e síntese proteica, após um estímulo agudo de exercício de resistência, quando comparados a uma dieta à base de proteína de origem vegetal^{15,16,17}.

O objetivo desse estudo foi avaliar a relação entre a ingestão de proteínas de origem animal, como ovos, carne, frango, peixe, colágeno, leite, proteínas do soro do leite (*whey protein*) e caseína e o aumento da síntese proteica no tecido muscular.

Método

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica utilizando artigos publicados nas bases de dados eletrônicas Scielo e Pubmed.

Foram selecionados artigos nos idiomas português e inglês. As palavras-chave utilizadas para a busca foram: performance, exercício físico, suplementação, qualidade da proteína, síntese proteica, treino de resistência, hipertrofia e aminoácidos essenciais.

Como critérios de inclusão dos artigos, foram selecionados apenas artigos de revisão sistemática e ensaios clínicos randomizados sobre o tema abordado, excluindo-se outros tipos de desenhos de estudo. Também foram consideradas apenas as publicações dos últimos 14 anos.

Resultados

Foram selecionados 14 artigos para compor esta revisão bibliográfica. O Quadro 1 apresenta a relação de resultados dos estudos da pesquisa de revisão literária sobre a relação entre o consumo de proteína de origem animal e a síntese de massa muscular.

Quadro 1. Relação dos estudos selecionados que analisaram a relação entre o consumo de proteína de origem animal e a síntese proteica muscular em praticantes de exercício físico.

Autor/ano	Desenho de estudo	Amostra do estudo	Protocolo utilizado	Principais resultados encontrados
Bagheri R et al ¹⁸ . 2020.	Ensaio clínico randomizado	30 homens praticantes de treinamento de resistência.	Comparação entre a ingestão do ovo inteiro e a clara do ovo na composição corporal, durante 12 semanas de treinamento de resistência. 15 participantes consumiram 3 ovos inteiros e 15 consumiram 6 claras de ovo imediatamente após o treino de resistência.	Não houve diferença significativa na composição corporal e na força entre os 2 grupos quando a ingestão proteica foi igualizada.
Alcantara J et al ¹⁹ . 2019.	Revisão sistemática	Foram incluídos 11 artigos conduzidos com leite de vaca.	----	Não foi possível determinar se o leite de vaca tem efeito positivo na performance do exercício e na recuperação muscular.
Tang J et al ²⁰ . 2009.	Ensaio clínico randomizado	3 grupos de 6 homens saudáveis e jovens que praticam regularmente exercício de resistência.	Examinou-se o efeito do consumo do <i>whey protein</i> , da caseína e da proteína de soja na taxa sintética fracionada de proteína muscular mista, após uma sessão de exercício de resistência.	O consumo do <i>whey protein</i> hidrolisado estimulou a síntese proteica muscular em maior extensão que a caseína e a proteína da soja.

<p>Joy J et al²¹. 2013.</p>	<p>Ensaio clínico randomizado</p>	<p>24 homens em idade universitária que praticam exercícios de resistência.</p>	<p>Os participantes foram divididos em 2 grupos, ambos consumindo 48g de suplemento proteico de arroz ou de <i>whey protein</i> isolado logo após o exercício. Os participantes treinaram 3 dias da semana por 8 semanas. A ultrassonografia determinou espessura muscular, absorção de raio-x de emissão dupla determinou composição corporal e os valores do supino e do <i>leg press</i> foram registrados nas semanas 0, 4 e 8. Um modelo de ANOVA foi utilizado para mensurar grupo, tempo e a interação de grupo por tempo.</p>	<p>A suplementação da proteína do arroz e do <i>whey protein</i> isolado melhoraram os índices de composição corporal e a performance no exercício, mas não houve diferença significativa entre os dois grupos.</p>
<p>Res P et al²². 2012</p>	<p>Ensaio clínico randomizado.</p>	<p>16 jovens saudáveis, do sexo masculino.</p>	<p>Os participantes realizaram exercício de resistência às 20h e ingeriram 20g de proteína e 60g de carboidrato logo após o exercício (21h). 30 minutos antes de dormir, eles ingeriram 40g de caseína. Contínuas infusões intravenosas de</p>	<p>A caseína foi eficientemente digerida e absorvida, estimulou síntese proteica muscular durante o sono e melhorou o balanço proteico corporal.</p>

			<p>tirosina e fenilalanina foram aplicadas e amostras de sangue e músculo foram coletadas para análise.</p>	
<p>Reitelseder S et al²³. 2010.</p>	<p>Ensaio clínico randomizado</p>	<p>17 indivíduos saudáveis, do sexo masculino, moderadamente ativos, sem histórico de participação em atividades aeróbicas ou de resistência durante os últimos 6 meses.</p>	<p>Foi utilizado <i>whey protein</i> e caseína (0,3g/kg de massa corporal) e uma bebida não calórica (grupo controle), ambos ingeridos imediatamente após o exercício.</p>	<p>A ingestão imediata de <i>whey protein</i> e caseína após o exercício resultou em respostas semelhantes durante o período de recuperação (6 horas após).</p>
<p>Oikawa S et al²⁴. 2020.</p>	<p>Ensaio clínico randomizado</p>	<p>22 idosos saudáveis, que praticam treinamento de resistência.</p>	<p>As participantes consumiram 30g de <i>whey protein</i> ou colágeno, duas vezes por dia, por 6 dias. Praticavam exercícios de resistência unilateral 2 vezes ao dia. Utilizou-se infusão de fenilalanina e água deuterada para determinar a síntese proteica.</p>	<p>A síntese proteica muscular a longo prazo não teve aumento significativo com a ingestão de colágeno, apenas com a ingestão de <i>whey protein</i>.</p>
<p>Reidy P et al²⁵. 2013.</p>	<p>Ensaio clínico randomizado</p>	<p>19 jovens participantes saudáveis (17 homens e 2 mulheres).</p>	<p>Foi utilizado 0,3g de proteína por kg de peso nos dois grupos. O primeiro grupo utilizou <i>whey protein</i> e o segundo</p>	<p>O segundo grupo teve a síntese de proteína muscular em repouso elevada nos três períodos. O</p>

		Faixa etária: 18-30 anos.	utilizou um <i>blend</i> com 25% de proteína de soja, 25% de <i>whey protein</i> e 50% de caseinato de cálcio 1 hora após o treino. Os resultados foram analisados em 3 períodos (inicial, inteiro e tardio).	grupo que utilizou <i>whey protein</i> apresentou a síntese de proteína muscular em repouso, elevada apenas no período tardio e inteiro.
Wilkinson S et al ²⁶ . 2007.	Ensaio clínico randomizado	8 homens saudáveis, com uma idade média de 21,6 anos, que realizam treinamento de resistência.	Os sujeitos realizaram 2 ensaios em ordem aleatória, separados por 1 semana. Em cada dia de teste, os participantes receberam uma bebida à base de soja ou uma bebida láctea após uma sessão de exercícios de resistência unilateral.	A síntese proteica muscular foi maior, após a ingestão do leite, quando comparado com a ingestão da soja.
Burd N et al ²⁷ . 2015.	Ensaio clínico randomizado	12 jovens saudáveis.	Os participantes ingeriram 30g de proteína da carne ou do leite após uma sessão de exercício de resistência. Amostras de sangue e biópsia muscular foram coletadas.	Houve um aumento na síntese muscular nos participantes. A proteína da carne teve uma absorção mais rápida. O leite apresentou uma resposta anabólica mais precoce.
Sharp M et al ²⁸ . 2015.	Ensaio clínico randomizado	30 homens e mulheres treinados em resistência, em	Os sujeitos consumiram duas porções de carne bovina (46g), isolado de proteína do soro do leite ou	O consumo da proteína da carne ou do soro do leite isolado, após

		idade universitária.	maltodextrina, imediatamente após o exercício. Treinaram 5 dias por semana por 8 semanas.	treinamento de resistência, levou a aumentos significativos da massa corporal magra e da força.
Moore D et al ²⁹ . 2009.	Ensaio clínico randomizado	6 jovens saudáveis.	Os participantes ingeriram bebidas contendo 0g, 5g, 10g, 20g ou 40g de proteína de ovo integral logo após uma sessão de treinamento de resistência. Os resultados foram coletados 4 horas após o exercício por uma infusão de fenilalanina.	Os dados indicam que 20g de proteína de alta qualidade intacta é suficiente para maximizar a resposta anabólica à resistência do exercício. A proteína dietética consumida em excesso estimula a oxidação irreversível.
Macnaughton L et al ³⁰ . 2016.	Ensaio clínico randomizado	30 homens saudáveis, 15 com o peso menor ou igual a 65kg e 15 com o peso maior ou igual a 70kg.	Os 2 grupos ingeriram 20g ou 40g de proteína do soro do leite após uma série de exercícios de resistência. A síntese proteica foi avaliada com a infusão de fenilalanina e a coleta de biópsias do músculo.	A síntese proteica foi estimulada em maior extensão após a ingestão de 40g de proteína.
Sharp M et al ³¹ . 2017/2018.	Ensaio clínico randomizado	41 homens e mulheres foram randomizados em 4 grupos: grupo <i>whey protein</i> , grupo	Os indivíduos participaram de um programa de treinamento de resistência periodizado de 8 semanas e, imediatamente após o treino, ingeriram 46g de	Em comparação com o grupo controle, todos os grupos apresentaram um aumento significativo na

		carne bovina, grupo frango e grupo maltodextrina (controle).	proteína e o grupo controle, 46g de maltodextrina. A absorptometria de raio-x de dupla energia foi usada para determinar mudanças na composição corporal. Força máxima foi avaliada por 1 repetição máxima para supino e levantamento terra.	massa magra corporal e diminuição de gordura.
--	--	--	--	---

Dos quatorze estudos selecionados para este trabalho, três compararam o consumo de proteínas animais com o *whey protein*, a caseína e o leite com proteínas de origem vegetal, como a proteína da soja e do arroz. De uma forma geral, os estudos mostraram que os grupos que utilizaram proteínas de origem animal tiveram um maior estímulo da síntese proteica muscular quando comparados com os grupos que utilizaram proteínas de origem vegetal^{20,21,26}.

Cinco estudos analisaram o consumo individualizado de algumas proteínas de origem animal, como o ovo, o leite de vaca, a caseína, uma bebida à base de proteína do ovo integral e o *whey protein*. O estudo que comparou a ingestão do ovo inteiro com a ingestão da clara do ovo não encontrou diferenças significativas na síntese proteica muscular entre eles. A revisão sistemática que avaliou a ingestão do leite de vaca não conseguiu determinar efeito positivo entre a ingestão e a performance e recuperação muscular^{18,19,22,29,30}.

Os três estudos que avaliaram isoladamente a caseína, a proteína do ovo integral e o *whey protein* determinaram um aumento da síntese proteica muscular após a ingestão^{22,29,30}.

Três estudos compararam a ingestão entre fontes de proteínas animais diferentes e concluíram que houve um aumento da síntese proteica muscular. A única exceção foi o estudo comparando a ingestão de whey com a ingestão do colágeno. Neste, houve um aumento da síntese proteica muscular apenas no grupo que ingeriu *whey protein*^{24,25,27}.

Por fim, três estudos compararam a ingestão entre fontes de proteínas animais diferentes com um grupo de controle que ingeriu maltodextrina ou uma bebida não calórica, resultando em síntese proteica muscular apenas nos grupos que ingeriram proteína animal^{23,28,31}.

Discussão

O ensaio clínico randomizado, comparando a ingestão entre o ovo inteiro e apenas a clara do ovo em praticantes de exercício de resistência, concluiu que não houve diferença na síntese proteica e na força entre os dois grupos, desde que a ingestão proteica total diária estivesse igualizada.

O ovo é considerado uma excelente fonte proteica, em especial para atletas, devido ao seu perfil de aminoácidos e à sua ótima digestibilidade. Por se tratar de uma proteína de alto valor biológico, rica em leucina, o consumo de ovo por atletas é particularmente interessante, pois ele estimula a síntese proteica plasmática e do músculo esquelético após a prática de um treinamento de resistência. Bagheri e colaboradores¹⁸ não encontraram diferenças na síntese proteica muscular entre os dois grupos, pois já é consolidado que a ingestão total de proteína ingerida no dia é o requisito mais importante quando se trata de hipertrofia muscular^{2,13,32}.

Embora Alcantara e colaboradores¹⁹ não tenham determinado efeito positivo entre o consumo de leite e a performance e recuperação muscular, estudos sugerem que o consumo de leite após o exercício, além de melhorar a recuperação muscular, aumenta a reposição do glicogênio, melhora a hidratação e o balanço proteico a favor da síntese, resultando em ganhos de força neuromuscular e hipertrofia^{15,16,29,33,34}.

Sobre a suplementação, um ensaio clínico randomizado concluiu que a ingestão de *whey protein* hidrolisado estimulou a síntese proteica em maior extensão do que a ingestão de caseína e a proteína da soja²⁰. Isso ocorre devido à rápida digestão do *whey protein*, que promove uma melhor modificação no músculo esquelético quando comparado à digestão lenta da caseína e da proteína da soja³⁵.

Outro estudo analisado realizou um ensaio clínico comparando a ingestão da proteína do arroz e o *whey protein* isolado, e concluiu que ambos melhoraram a composição corporal e performance, sem diferenças significativas entre eles²¹. Isso porque o conteúdo de leucina da proteína do arroz apresenta uma cinética de absorção única, com pico mais rápido do que a leucina do *whey protein*, estimulando de maneira

eficiente a via metabólica da mTOR, que é uma proteína com papel fundamental na sinalização para a síntese proteica muscular³⁶.

No caso da caseína, concluiu-se que houve estímulo na síntese proteica muscular durante o sono, além de melhorar o balanço proteico corporal²². Outros estudos também avaliaram que a caseína produziu um maior balanço de leucina de longa duração, sugerindo que a sua digestão lenta também pode favorecer o anabolismo proteico^{37, 38}. Entretanto outros estudos demonstraram que a caseína e o *whey protein*, consumidos após exercício, apresentaram resultados semelhantes no período de recuperação. Tang e colaboradores, também avaliaram o consumo das duas fontes proteicas após um treinamento de resistência em homens jovens e concluíram que a concentração de leucina foi 200% maior no grupo que ingeriu *whey protein* quando comparado ao grupo que ingeriu caseína, resultando em uma maior síntese proteica muscular após o exercício. Esses achados sugerem que a rápida digestão do *whey protein* pode ser mais benéfica para gerar adaptações anabólicas no músculo esquelético quando comparada com a digestão lenta da caseína¹⁵.

Em relação à comparação entre a suplementação e o *whey protein* e o colágeno, Sara e colaboradores²⁴ concluíram que a síntese proteica muscular a longo prazo ocorreu apenas no grupo que consumiu *whey protein*. Outro estudo também avaliou os benefícios da suplementação de colágeno e concluiu que essa proteína, produzida naturalmente pelo organismo, não estimula a via metabólica mTor, uma das principais vias para o anabolismo muscular³⁹. Isso se deve principalmente ao fato de o colágeno apresentar uma maior proporção de aminoácidos não essenciais e pela baixa concentração de leucina, valina e isoleucina, principais aminoácidos essenciais associados ao estímulo da via anabólica muscular³⁹.

O estudo comparando a ingestão de *whey protein* com a ingestão de um *blend* contendo proteína da soja, *whey protein* e caseína, avaliou que a ingestão do *blend* resultou em um balanço de aminoácidos positivo e prolongado desde o início do período pós-exercício, quando comparado com a ingestão apenas do *whey protein*. Entretanto quando se compara o período total, não há diferença na síntese proteica muscular entre os dois grupos, reforçando que a quantidade total de proteína ingerida ao longo do dia é o fator preponderante no anabolismo muscular⁴⁰.

Após a avaliação da ingestão da soja e da ingestão do leite e sua relação com a síntese proteica muscular após o exercício de resistência, concluiu-se que a síntese é

aumentada apenas no grupo que ingeriu o leite²⁶. Isso ocorreu provavelmente porque a soja apresenta quantidades menores de aminoácidos essenciais quando comparamos com o leite bovino. Além disso, estudos comprovam que os fitoestrogênios da soja ativam a AMPK, proteína responsável por inibir a expressão da via mTOR^{41,42}.

Tratando-se apenas de proteínas animais, os estudos que compararam a ingestão da carne, *whey protein* e frango concluíram que houve síntese proteica muscular em todos os grupos. Isso porque tanto a carne quanto o *whey protein* e o frango são considerados fontes proteicas de alto valor biológico, pois são ricas em aminoácidos essenciais, principalmente em leucina, isoleucina e valina, importantes para estimular a ativação da via mTOR, responsável pela resposta anabólica muscular. O grupo que consumiu *whey protein* apresentou uma resposta anabólica mais precoce, muito provavelmente devido à sua rápida digestibilidade^{41, 43}.

A literatura demonstra que além do consumo de proteínas de alto valor biológico, como as proteínas de origem animal, é fundamental a adequação da quantidade diária de proteína recomendada, além do ajuste da quantidade por refeição.

Uma ingestão diária de 1,4 a 2,0g/kg/dia atua como uma quantidade mínima recomendada, enquanto maiores quantidades, >3,0g/kg/d, podem ser necessárias para indivíduos que estejam restringindo a ingestão de energia, mantendo a massa livre de gordura^{4,5}.

Em relação ao fracionamento proteico diário, estudos sugerem que uma dose mínima de 20g de proteína por refeição otimiza a promoção da síntese proteica muscular, mas doses maiores, como 40g, podem ser necessárias em indivíduos mais idosos. Essa ingestão proteica, distribuída entre 4 e 6 refeições por dia, parece promover níveis elevados e sustentados de síntese proteica mediante a fosforilação de proteínas intramusculares ligadas à hipertrofia muscular, além de benefícios na performance^{8,9,44}.

Para que ocorra hipertrofia muscular, além do aumento da síntese proteica, o organismo precisa estar num balanço proteico positivo, no qual a síntese se sobressai à degradação. Além disso, a formação de novos tecidos depende também do balanço energético total ingerido, do nível de treinamento, do perfil hormonal e dos hábitos de sono e repouso, favorecendo ou não esse processo^{2,20}.

Conclusão

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que a síntese proteica muscular pode ser mais favorecida quando praticantes de exercício físico utilizam fontes de proteínas animais, seja em forma de alimentos e/ou de suplementos, desde que a quantidade de proteína total diária recomendada seja obtida.

Além disso, é importante destacar que a regulação do balanço proteico muscular após o exercício é mais complexa do que uma simples associação do tipo de proteína ingerida. Existem outros fatores que podem influenciar a síntese proteica e provável hipertrofia, além do tipo de proteína consumida, como a ingestão proteica diária total, o treinamento e a adequação da dieta como um todo, dentre outros.

Referências

1. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 1099 p. 31-40.
2. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, Purpura M, Ziegenfuss TN, Ferrando AA, Arent SM, Ryan AES, Stout, JR, Arciero PJ, Ormsbee MJ, Taylor LW, Wilborn CD, Kalman DS, Kreider RB, Willoughby DS, Hoffman JR, Krzykowski JL, Antonio J. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:20.
3. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci.* 2011;29(Suppl 1):S17-27.
4. Tarnopolsky MA, Macdougall JD, Atkinson AS. Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J APP Physiol (Bethesda, Md: 1985).* 1988;64:187-93.
5. Tarnopolsky MA, Atkinson AS, Macdougall JD, Chesley A, Phillips S, Schwarcz HP. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol.* 1992;73:1986-95.
6. Phillips SM. A brief review of higher dietary protein diets in weight loss: a focus on athletes. *Sports Med.* 2014;449(Suppl 2):S149-53.
7. Wolfe RR, Cifelli AM, Kostas G, Kim IY. Optimizing protein intake in adults: interpretation and application of the recommended dietary allowance compared with the acceptable macronutrient distribution range. *Adv Nutr.* 2017;8:266-75.

8. Witard OC, Jackman SR, Breen L, Smith K, Selby A, Tipton KD. Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *Am J Clin Nutr.* 2014;99:86-95.
9. Yang Y, Breen L, Burd NA, Hector AJ, Churchward-Venne TA, Josse AR, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. *Br J Nutr.* 2012;108:1780-8.
10. Burd NA, West DW, Moore DR, Atherton PJ, Staples AW, Prior T, Tang JE, Rennie MJ, Baker SK, Phillips SM. Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J Nutr.* 2011;141:568-73.
11. Lemon PW. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr.* 2000;19(5 Suppl):513S-21S.
12. Churchward-Venne TA, Burd NA, Mitchell CJ, West DW, Philip A, Marcotte GR, Baker SK, Baar K, Phillips SM. 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.* 2012;590:2751-65.
13. Bosse JD, Dixon BM. Dietary protein to maximize resistance training: a review and examination of protein spread and change theories. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:42.
14. Kinsey AW, Cappadona SR, Panton LB, Allman BR, Contreras RJ, Hickner RC, Ormsbee MJ. The effect of casein protein prior to sleep on fat metabolism in obese men. *Nutrients.* 2016;8:8.
15. Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in Young men. *J APP Physiol (Bethesda, Md:1985).* 2009;107:987-92.
16. Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, Phillips SM. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in Young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr.* 2007;86(2):373-81.

17. Campbell WW, Barton ML Jr, Cyr-Campbell D, Davey SL, Beard JL, Parise G, Evans WJ. Effects of an omnivorous diet compared with a lactoovo-vegetarian diet on resistance-training-induced changes in body composition and skeletal muscle in older men. *Am J Clin Nutr.* 1999;70:1032-9.
18. Bagheri R, Moghadam BH, Jo E, Tinsley GM, Stratton MT, Ashtary-Larky D, Eskandari M, Wong A. Comparison of whole egg v. egg White ingestion during 12 weeks of resistance training on skeletal muscle regulatory markers in resistance-trained man. *British Journal of Nutrition.* 2020;124:1035-1043.
19. Alcantara JMA, Sanchez-Delgado G, Martinez-Tellez B, Labayen I, Ruiz JR. Impact of cow's Milk intake on exercise performance and recovery of muscle function: a systematic review. *J Int Society of Sports Nutr.* 2019;16:22.
20. Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young man. *J Appl Physiol.* 2009;107:987-992.
21. Joy JM, Lowery RP, Wilson JM, Purpura M. The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutrition Journal.* 2013;12:86.
22. Res PT, Groen B, Pennings B, Beelen M, Wallis GA, Gijzen AP, Senden JMG, Loon LJC. Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(8):1560-9.
23. Reitelseder S, Agergaard J, Doessing S, et al. Whey and casein labeled with L-[1-13C]leucine and muscle protein synthesis: effect of resistance exercise and protein ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2011;300(1):E231-42.
24. Oikawa SY, Kamal MJ, Webb EK, Mcglory C, Baker SK, Phillips SM. Whey protein but not collagen peptides stimulate acute and long-term muscle protein synthesis with and without resistance exercise in healthy older women: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2020;111(3):708-718.
25. Reidy PT, Walker DK, Dickinson JM, Gundermann DM, Drummond MJ, Timmerman KL, Fry CS, Borack MS, Cope MB, Mukherjea R, Jennings K, Volpi E, Rasmussen BB. Protein blend ingestion following resistance exercise promotes human muscle protein synthesis. *J Nutr.* 2013;143(4):410-6.

26. Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Macdonald MJ, Macdonald JR, Armstrong D, Phillips SM. Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am J Clin Nutr.* 2007;85(4):1031-40.
27. Burd NA, Gorissen SH, Vliet SV, Snijders T, Loon LJ. Differences in postprandial protein handling after beef compared with milk ingestion during postexercise recovery: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2015;102(4):828-36.
28. Sharp M, Shields K, Lowery R, Lane J, Partl J, Holmer C, Minevich J, Souza E, Wilson J. The effects of beef protein isolate and whey protein isolate supplementation on lean mass and strength in resistance trained individuals – a double blind, placebo controlled study. *Int Soc of Sports Nutr* 12. 2015. P 11.
29. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, Prior T, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr.* 2009;89(1):161-8.
30. Macnaughton LS, Wardle SL, Witard OC, McGlory C, et al. The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40g than 20g of ingested whey protein. *Physiol Rep.* 2016;4(15):e12893.
31. Sharp MH, Lowery RP, Shields KA, Lane JR, et al. The effects of beef, chicken, or whey protein after workout on body composition and muscle performance. *J Strength Cond Res.* 2018;32(8):2233-2242.
32. Cockburn E, Stevenson E, Hayes PR, Robson-Ansley P, Howatson G. Effect of Milk-based carbohydrate-protein supplement timing on the attenuation of exercise-induced muscle damage. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010;35:270-7.
33. Wokcik JR, Walber-Rankin J, Smith LL, Gwazdauskas FC. Comparison of carbohydrate and Milk-based beverages on muscle damage and glycogen following exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001;11:406-19.
34. Watson P, Love TD, Maughan RJ, Shirreffs SM. A comparison of the effects of Milk and a carbohydrate-electrolyte drink on the restoration of fluid balance and exercise capacity in a hot, humid environment. *Eur J Appl Physiol.* 2008;104:633-42.

35. Cribb PJ, Williams AD, Carey MF, Hayes A. The effect of whey isolate and resistance training on strength, body composition, and plasma glutamine. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006;16:494-509.
36. Purpura M, Lowery RP, Joy JM, De Souza EO, Kalman D. A comparison of blood amino acid concentrations following ingestion of Rice and whey protein isolate: a double-blind, crossover study. *J Nutr Health Sci.* 2014;1-306.
37. Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, Maubois JL, Beaufrere B. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci.* 1997;94:14930-5.
38. Dangin M, Guillet C, Garcia-Rodenas C, Gachon P, Bouteloup-Demange C, Reiffers-Magnani K, et al. The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *J Physiol.* 2003;549(Pt 2):635-44.
39. Avila Rodrigues MI, Barroso LGR, Sánchez ML. Collagen: a review on its sources and potencial cosmetic applications. *Journal of Cosmetic Dermatology.* 2018. 17(1):20-26.
40. Reidy PT, Walker DK, Dickinson JM, Gundermann DM, Drummond MJ, Timmerman KL, et al. Soy-dairy protein blend and whey protein ingestion after resistance exercise increases amino acid transport and transporter expression in human skeletal muscle. *J Appl Physiol (Bethesda, Md:1985).* 2014;116:1353-64.
41. Wilson J, Wilson GJ. Contemporary issues in protein requirements and consumption for resistance trained athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2006;3:7-27.
42. Cederroth CR, Vinciguerra M, Gjinovci A, Kuhne F, Klein M, Cederroth M, et al. Dietary phytoestrogens activate amp-activated protein kinase with improvement in lipid and glucose metabolism. *Diabetes.* 2008;57:1176-85.
43. Symons TB, Schutzler SE, Cocke TL, Chinkes DL, Wolfe RR, Paddon-Jones D. Aging does not impair the anabolic response to a protein-rich meal. *Am J Clin Nutr.* 2007;86:451-6.
44. Areta JL, Burke LM, Ross ML, Camera DM, West DW, Broad EM, et al. Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Physiol.* 2013;591:2319-31.