



FERNANDA MUNHOZ PAGOTTO

**TREINAMENTO DE FORÇA E *WHEY PROTEIN*:
UM CASAMENTO PARA A HIPERTROFIA
MUSCULAR?**

Campinas

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

FERNANDA MUNHOZ PAGOTTO

**TREINAMENTO DE FORÇA E WHEY PROTEIN:
UM CASAMENTO PARA A HIPERTROFIA
MUSCULAR?**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado à
Graduação da Faculdade de
Educação Física da Universidade
Estadual de Campinas para
obtenção do título de Bacharel em
Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Marco Carlos Uchida

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A
VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA
DEFENDIDA POR FERNANDA MUNHOZ
PAGOTTO E ORIENTADO PELO PROF.
DR. MARCO CARLOS UCHIDA.

Assinatura do Orientador

Campinas

2017

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação Física
Andréia da Silva Manzato - CRB 8/7292

P149t Pagotto, Fernanda Munhoz, 1993-
Treinamento de força e whey protein : um casamento para a hipertrofia muscular? / Fernanda Munhoz Pagotto. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Marco Carlos Uchida.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Treinamento de força. 2. Proteínas do soro do leite. 3. Músculos - hipertrofia. I. Uchida, Marco Carlos. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Titulo em outro idioma: Strength training and whey protein: a marriage for muscle hipertrofy?

Palavras-chave em inglês:

Strength training

Whey protein

Muscle hipertrofy

Titulação: Bacharel

Banca examinadora:

Luis Felipe Milano Teixeira

Data de entrega do trabalho definitivo: 14-11-2017

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
COMISSÃO JULGADORA

Marco Carlos Uchida
Orientador

Luis Felipe Milano Teixeira
Banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por acreditar nas minhas escolhas e por me dar todo o apoio necessário para que tudo isso fosse possível. Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Fernando e Liége, porque sem o apoio deles não seria possível chegar aonde estou, por me proporcionarem estrutura para chegar aonde cheguei. Gostaria de agradecer imensamente as minhas tias, Mara e Vania, por sempre me apoiarem e me ajudaram no que for preciso, a minha vó, Aimar por todos os ensinamentos, e a minha irmã Carolina e meu primo Eduardo, pelo companheirismo e amizade. Gostaria também de agradecer ao meu amigo e companheiro Nickolas, por sempre me motivar e me ajudar em momentos difíceis.

Agradeço ao meu orientador Marco Carlos Uchida, pelos ensinamentos, humildade, por acreditar em mim e por ser um grande exemplo para nós.

Por fim, mas não menos importante, queria agradecer aos meus amigos que conquistei durante esses anos de FEF, e aos que conquistei também em toda a vida e levo até hoje, pelos momentos e aprendizados compartilhados e vividos nesses anos que foram inesquecíveis.

PAGOTTO, Fernanda Munhoz. **Treinamento de força e *whey protein*: um casamento para a hipertrofia muscular?**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

RESUMO

O presente trabalho de revisão de literatura, tem o objetivo de apresentar a influência da ingestão proteica associada ao treinamento de força no aumento da massa muscular. A hipertrofia muscular é caracterizada pelo aumento do volume celular, resultante do processo de *turnover* proteico positivo, em que a síntese proteica muscular é maior do que a degradação, podendo ser alcançada através do treinamento de força conjuntamente com a ingestão dietética adequada. O maior aporte de proteínas é necessário para que haja um balanço positivo e, conseqüentemente, o aumento da massa muscular. Deve ser levada em consideração uma ingestão proteica de alta qualidade e com grande quantidade de aminoácidos essenciais, sendo igualmente importante analisar a fonte, a velocidade de absorção, como também a quantidade e o momento da ingestão. Para suprir a necessidade de proteínas, nos casos em que há uma ingestão insuficiente na alimentação, existem alguns tipos de suplementos proteicos que agem como reforço alimentar, como o *whey protein*. Assim, para potencializar o ganho muscular alguns estudos vêm demonstrando a relação da hipertrofia com o consumo de suplemento, destacando-se o aminoácido indispensável leucina, um agente importante no estímulo à síntese de proteína muscular. Pode-se perceber através dessa revisão de literatura, em que os melhores resultados foram com o consumo de *whey protein* junto com um programa de treinamento resistido, porém não é necessário suplementar se a ingestão proteica diária total estiver adequada. **Palavras-chave:** Treinamento de força; *Whey protein*; Hipertrofia muscular.

PAGOTTO, Fernanda Munhoz. **Strength Training and Whey Protein: A Marriage for Muscle Hypertrophy?**. 2017. Course Competition Assignment (Undergraduate in Physical Education) - School of Physical Education. University of Campinas, Campinas, 2017.

ABSTRACT

Muscle hypertrophy is characterized by increased cell volume, and is the result of the positive protein turnover process, in which muscle protein synthesis is greater than degradation, and can be achieved through strength training along with an adequate dietary intake . The higher intake of protein is necessary for a positive balance and, consequently, an increase in muscle mass, and a high quality protein intake with a large amount of indispensable amino acids must be taken into account, and it is important to analyze the source, the speed the amount and timing of ingestion. To meet this need in cases where diet is insufficient, there are some types of protein supplements, such as whey protein. Thus, to potentiate muscle gain, some studies have demonstrated the relationship between hypertrophy and supplement consumption, especially the indispensable amino acid leucine, which plays an important role in stimulating muscle protein synthesis. It can be noticed from this literature review seen that the best results were with the consumption of whey protein along with a resistance training program, but it is not necessary to supplement if the total daily protein intake is adequate.

Keywords: Strength training; Whey protein; Muscular hypertrophy

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figura 1: Via de sinalização da síntese proteica. Fonte: Adaptado de SPIERING et al, 2008.	25
Figura 2: Resposta da síntese e degradação proteica em duas situações distintas. Fonte:Fonte:.....	31
Quadro 1: Lista de aminoácidos essenciais e não essenciais.....	14
Quadro 2: Composição de aminoácidos presentes em 100g de whey protein.....	16
Quadro 3: Tabela comparativa da janela anabólica.....	28
Quadro 4: Ingestão do soro do leite (whey protein) e a sua resposta sobre a massa muscular.	36
Tabela 1: Composição (%) das formas do Whey Protein em pó.....	17

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAEs - Aminoácidos Essenciais
Akt - Quinase t
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BCAAs - Aminoácidos de Cadeia Ramificada
DIAAS - Aminoácido Essencial Digestível
DPM - Degradação de Proteínas Musculares.
GH - Hormônio do Crescimento
IGF-1 - Fator de crescimento semelhante à Insulina do tipo 1
IRS-1 – Receptor de Insulina-1
LAT1 - Transportador de Aminoácido-L
RDA – Ingestão de referência dietética
mTOR - *Mammalian Target of Rapamycin*
PI3-K - Fosfatidilinositol 3 Quinase
p70s6K - Proteína Quinase S6 Ribossômica
SPM - Síntese Proteica Muscular
RM – Repetição máxima
RNAm – RNA mensageiro
WADA - Agência Mundial Antidoping

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
METODOLOGIA.....	12
REVISÃO DE LITERATURA	13
1. Proteína.....	13
1.1. Whey Protein.....	15
1.2. Leucina.....	17
2. Hipertrofia Muscular	20
3. Hipertrofia Muscular e Suplementação Proteica.....	22
3.1. Momento da Ingestão Proteica.....	25
3.2. Relações entre o consumo do suplemento e o aumento da massa magra. ...	28
CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos pode-se perceber uma maior valorização relacionada à composição corporal pelos praticantes de atividade física, sendo ela por ordem médica, estética ou melhora no desempenho esportivo. É importante considerar que o ganho de massa muscular inicia desde o nascimento e vai aumentando até o final da puberdade, se mantendo estável aproximadamente até a quinta década de vida. Após esta fase, há uma redução da massa muscular em torno de 10% a cada dez anos, estando relacionado com um déficit muscular importante (NOGUEIRA, 2015).

As academias de ginástica começaram a ser procuradas por indivíduos que não são atletas profissionais, tendo pelo menos duas possíveis explicações: 1. a dissipação de padrões estéticos que valoriza o modelo de um corpo magro com uma baixa quantidade de gordura e com um grande volume e tônus muscular; 2. a busca pelo melhor condicionamento físico para manutenção da saúde. A modalidade praticada que mais se destaca é o treinamento de força (musculação), que contém como objetivos primários a melhora da *performance* esportiva e da condição física e, também, o crescimento da massa muscular, ação denominada de hipertrofia. O aumento da massa muscular é caracterizado pelo aumento da secção transversa do músculo e pelo desenvolvimento (ADAM et al., 2013).

Entre as pessoas consideradas fisicamente ativas, sendo estas atletas ou não, verifica-se uma preocupação em comum: a composição corporal. A maioria tem como objetivo a hipertrofia ou a perda de massa gorda, encontrando em alguns casos, pessoas com ambos objetivos. No caso dos atletas, o aumento da massa muscular e as mudanças em relação à composição corporal são importantes para a melhora e aperfeiçoamento do desempenho. Ressalta que esse aspecto é apenas um dentre os diversos fatores que interferem na *performance*. Muitas vezes, para alcançar a desejada composição corporal, os atletas ou desportistas consomem diversos suplementos alimentares, com o objetivo de auxiliar na melhora do desempenho, contribuir para manutenção da saúde ou para melhora da composição corporal (POSSEBON; DE OLIVEIRA, 2006; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016) .

No mundo esportivo destacam-se diversas características que visam aperfeiçoar o desempenho esportivo, dentre elas pode-se citar os produtos relacionados

em aumentar a resistência, melhorar a recuperação, diminuir a gordura corporal e aumentar a massa muscular, o que conseqüentemente minimiza o risco de doenças. Contudo, nessa busca de um maior ganho de massa muscular e redução da gordura corporal, percebe-se um alto consumo de suplementos proteicos (DOS SANTOS et al, 2016; POSSEBON, DE OLIVEIRA, 2006).

Pesquisas apontam que o uso de suplementos entre a população não atleta também é expressiva, principalmente entre o público praticante de exercício físico. No estudo de Fayh et al. (2013) sobre o consumo de suplementos, realizado com 316 indivíduos em uma academia, observa-se uma predominância no uso de suplementos proteicos e aminoácidos de cadeia ramificada, com uma prevalência de 38,9%, seguido pelo uso de suplementos calóricos e de vitaminas e/ou minerais. Apenas uma pequena parcela dos voluntários consumia repositores hidroeletrólíticos ou bebidas para emagrecer.

Com base nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi comparar os efeitos da ingestão do suplemento proteico *whey protein*, destacando-se o aminoácido indispensável leucina, sobre a síntese de proteína muscular em praticantes de atividade física que visam hipertrofia, por meio de revisão bibliográfica.

METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho de revisão de literatura foram realizadas buscas em livros e artigos científicos, nas seguintes bibliotecas virtuais e bases de dados: PUB MED, MEDLINE, LILACS, BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE, SCIELO e RESEARCH GATE. Essa busca restringiu, de forma separada e combinada, as seguintes palavras-chaves: *hypertrophy*, *whey protein*, *leucine*. O período de busca foi entre os meses de Janeiro a Outubro de 2017, contemplando artigos publicados entre o período de 1997 a 2017, nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa. A quantidade de publicação dos artigos analisados compreendeu o total de 82 artigos. Foram incluídos artigos de revisão e artigos originais realizados com seres humanos (adultos, idosos) e/ou animais, todos em condições saudáveis. Foram excluídos artigos originais realizados com indivíduos que tivessem alguma patologia (como e.g. doença cardiovascular, diabetes, hipertensão ou dislipidemias).

REVISÃO DE LITERATURA

1. Proteína

O termo proteína deriva do grego *protos*, o que significa o primeiro, o primordial. As proteínas estão presentes em todos os tecidos, desempenhando várias funções, seja elas estruturais, hormonais, enzimáticas, contráteis como agentes de transporte. Todas as proteínas são construídas a partir de aminoácidos e, embora que haja mais de 300 aminoácidos descritos na literatura, apenas 20 são encontrados como constituintes das proteínas nos mamíferos. Cada aminoácido, com exceção da prolina, contém um grupo carboxila, um amino e uma cadeia lateral diferente, todos ligados em um átomo de carbono, sendo essas cadeias laterais que vão mostrar o papel que um aminoácido contém em uma proteína (PASCHOAL; NAVES, 2014).

Conforme Quadro 1, os 20 aminoácidos totais, agregam 9 aminoácidos essenciais e 11 aminoácidos não essenciais. sendo que os aminoácidos essenciais não são produzidos no corpo e, portanto, devem ser adotados na dieta. Existem vários métodos para determinar a qualidade da proteína, como pontuação química, relação de eficiência de proteína, valor biológico, pontuação de aminoácidos corrigida de digestão de proteína (PDCAAS) e, mais recentemente, a técnica de oxidação de aminoácidos indicadores (IAAO). Em última análise, a qualidade da proteína é definida pela sua eficiência em estimular a síntese proteica muscular (SPM) e promover a hipertrofia muscular (LEMON; 2000).

As ingestões diárias de 1,4 a 2,0 g/kg/dia funcionam como quantidade mínima recomendada para praticantes de atividade física, enquanto que grandes quantidades podem ser necessárias para as pessoas que tentam aumentar a ingestão de energia e desejam manter a massa magra. O *dietary reference intakes* (RDA) atual para proteína de 0,8 g/kg/dia, tem sido colocado em evidência, por várias linhas de pesquisa, como um valor não apropriado para atender as necessidades diárias de um atleta em fase de treino intenso (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Quadro 1: Lista de aminoácidos essenciais e não essenciais	
Essenciais	Não essenciais
Fenilalanina	Alanina
Histidina	Arginina
Isoleucina	Asparagina
Leucina	Aspartato
Lisimetionina	Cisteína
Treonina	Glicina
Triptofano	Glutamato
Valina	Glutamina
	Prolina
	Serina
	Tirosina

Fonte: FERREIRA; LEAL, 2017, p. 155.

Outros estudos demonstram que atletas de elite devem consumir 1,6 g/kg/dia de proteínas, enquanto indivíduos que praticam atividade de resistência aeróbica moderadamente (quatro a cinco vezes na semana durante 45-60 min) devem consumir 1,2 g/kg/dia. Já as pessoas que praticam esse tipo de atividade de modo recreativo (quatro a cinco vezes na semana, por 30 min a menos de 55% do VO₂ máx.) devem consumir a mesma recomendação para sedentários: 0,8 g/kg/dia (BACURAU, 2009).

Assim, as recomendações como um todo, sugerem a ingestão de proteína para o treinamento de resistido em torno de 1,2 a 2 g/kg/dia. Os maiores valores desse consumo são para indivíduos não treinados, durante as primeiras semanas, e conforme a progressão do treino, ou em indivíduos altamente treinados, a necessidade diminui devido à adaptação muscular ao esforço, acarretando na atenuação das sinalizações para as respostas anabólicas (TANG et al., 2008).

No entanto, as diretrizes sobre as recomendações proteicas para promover a hipertrofia muscular são mais complexas do que simplesmente receitar um total diário de ingestão de proteínas. A interação entre a fonte, o padrão e o tempo de ingestão de proteínas na dieta regulamenta a estimulação de SPM durante a recuperação do exercício que, ao longo do tempo, sustenta a hipertrofia muscular (MACNAUGHTON; WITARD, 2014).

Borsheim et al. (2002), descobriram que 6g de aminoácidos essenciais estimulam a síntese de proteínas duas vezes mais que uma mistura de 3 g de aminoácidos não essenciais combinada com 3g de aminoácidos essenciais (AAEs). Com base nessa pesquisa, os cientistas também tentaram determinar qual dos AAEs são os

principais responsáveis pela modulação do equilíbrio protéico. Os três aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs) - leucina, isoleucina e valina - são os únicos entre os AAEs por seus papéis no metabólito protéico, função neural e regulação da glicemia e insulina (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

A Classificação de Aminoácido Essencial Digestível (DIAAS) é o último índice para avaliar a qualidade protéica de uma fonte de proteína. O índice DIAAS retrata o perfil do aminoácido e as características de digestibilidade e absorção de qualquer fonte de proteína (MACNAUGHTON; WITARD, 2014).

Leucina, valina e isoleucina são os aminoácidos de cadeia ramificada indispensáveis na dieta humana, destacando a leucina em um papel importante na sinalização da síntese de proteína muscular. Esse aminoácido apresenta diferentes propriedades fisiológicas relacionadas à homeostase glicêmica e controle da massa corporal. Ela é a única com papel regulador no metabolismo, o que inclui o controle translacional da síntese proteica e regulação glicêmica (DOS SANTOS et al, 2016; NORTON; LAYMAN, 2006).

1.1. *Whey Protein*

Whey protein, ou, proteínas do soro, compõem 20% das proteínas do leite bovino, e contém cerca de 11g de leucina em 100g de whey. Esse soro é obtido durante o processo de fabricação de queijos e ele pode sofrer diferentes métodos de separação das proteínas. Pode-se dizer que essas proteínas possuem um alto teor de aminoácidos essenciais, incluindo os de cadeias ramificadas (isoleucina, leucina e valina) e também apresentam sequências de peptídeos bioativos quando a proteína se encontra na forma hidrolisada (SOUZA; PALMEIRA; PALMEIRA, 2016).

O leite pode ser fracionado em duas classes de proteínas: caseína e *whey protein*. A comparação da qualidade do soro e da caseína revela que estas duas proteínas contêm 11% e 9,3%, respectivamente, de teor de leucina a mais do que outras fontes de proteína. Embora ambas sejam de alta qualidade, as duas diferem na proporção em que são digeridas, bem como no impacto que elas têm sobre o metabolismo das proteínas (DANGIN et al., 2003; BOIRIE et al., 1997). A proteína é solúvel em água, mistura facilmente e é digerido rapidamente. Em contraste, a caseína é insolúvel em água,

coagula no intestino e é digerida mais lentamente do que a proteína (WILSON; WILSON, 2006).

No Quadro 2, percebe-se a composição média de aminoácidos presentes em 100g de *whey protein*, totalizando a porcentagem de aminoácidos essenciais que constituem as proteínas do soro de 42,7% (FISCHBORN, 2012).

No mercado atual existem três diferentes tipos de *whey protein*: os isolados, os concentrados e os hidrolisados (citando algumas diferenças de composição na tabela 3). O tipo concentrado é um produto proveniente do processo de ultra filtração, em que é removido a água, as cinzas e alguns minerais, ficando seu composto em torno de 35 a 80% de proteína. O tipo isolado é a fonte de proteína mais pura, caracterizado pela remoção significativa de gordura e lactose, podendo ser consumido por intolerantes a lactose. Há o risco da desnaturação de proteínas no processo de fabricação, mas no fim é constituído por mais de 90% de proteína. Já o tipo hidrolisado é composto por menores segmentos das cadeias de proteínas, ou seja, por peptídeos, e é submetido a aquecimento com ácido ou tratamento com enzimas proteolíticas seguido por purificação, obtendo uma forma já pré-digerida da proteína (DE OLIVEIRA, et al 2015; HOFFMAN; FALVO, 2004).

Quadro 2: Composição de aminoácidos presentes em 100g de *whey protein*.

Aminoácidos	Quantidade (mg)
Alanina	4,9
Arginina	2,4
Asparagina	3,8
Ácido aspártico	10,7
Cisteína	1,7
Glutamina	3,4
Ácido glutâmico	15,4
Glicina	1,7
Histidina	1,7
Isoleucina	4,7
Leucina	11,8
Lisina	9,5
Metionina	3,1
Fenilalanina	3
Prolina	4,2
Serina	3,9
Treonina	4,6
Triptofano	1,3
Tirosina	3,4
Valina	4,7

Fonte: Adaptado de FISCHBORN, 2012.

Segundo a Tabela 1, pode-se perceber que os três tipos de *whey* se diferem bastante entre os três componentes apresentados (proteína, lactose e gordura do leite). O *whey* que contém maior quantidade de proteína é o isolado (90% ou mais), sendo este o mais indicado para melhorar a síntese proteica. O tipo que contém maior quantidade de gordura do leite é o concentrado (2%-10%) e o que contém menor quantidade de lactose é o isolado (0,5%), sendo esse último o mais indicado para o público que contém intolerância à lactose.

Tabela 1: Composição (%) das formas do *Whey Protein* em pó.

Componente	<i>Whey</i> em pó	<i>Whey</i> concentrado	<i>Whey</i> isolado
Proteína	11-14,5	25-89	90+
Lactose	63-75	10-55	0,5
Gordura do leite	1-1,5	2-10	0,5

Fonte: HOFFMAN; FALVO, 2004, p. 5 Adaptado de International Society of Sports Nutrition Symposium.

1.2. Leucina

O papel dos aminoácidos como substrato para a síntese de proteínas já está bem evidenciado na literatura. A leucina é um aminoácido indispensável que compreende o grupo chamado BCAA (aminoácidos de cadeia ramificada). Ela é a mais eficaz em estimular a síntese proteica e em reduzir a proteólise. Por favorecer o balanço nitrogenado positivo, ela possivelmente auxilia a ativação e expressão da mTOR (Mammalian Target of Rapamycin) em vários tecidos, especialmente no músculo. Ela é a proteína responsável por ativar uma cascata de eventos bioquímicos intracelulares que culminam na ativação do processo de tradução proteica. Além disso, este aminoácido estimula, direta e indiretamente, a síntese e a secreção de insulina nas células beta pancreáticas, e, assim, aumenta as propriedades anabólicas celulares. (AMARAL et al., 2015; VIANNA et al., 2010).

O teor de leucina de uma fonte de proteína tem um impacto na síntese proteica e afeta a hipertrofia muscular. É necessário o consumo de 3-4 g de leucina para promover a síntese proteica máxima. Um suplemento ideal, após exercício resistido, deve conter proteína de soro de leite que forneça pelo menos 3g de leucina por porção. A combinação de uma fonte de carboidrato de ação rápida, como maltodextrina ou

glicose, deve ser consumida com a fonte de proteína, pois a leucina não pode modular a síntese proteica de forma eficaz, sem a presença de insulina. Tal suplemento pós-treino seria mais eficaz no aumento da síntese de proteínas musculares, resultando em maior hipertrofia muscular e força (STARK et al., 2012).

O transportador de aminoácido-L (LAT1) é responsável pela captação da leucina, e o exercício resistido promove um aumento da expressão deste transportador, o que acaba favorecendo a captação da leucina após o exercício. Em adultos jovens, a expressão é ainda maior do LAT1 quando comparado em indivíduos idosos (FERREIRA; LEAL, 2017).

Dreyer et al. (2008) realizaram um estudo com 16 homens novos e saudáveis sem treinamento, no qual determinava os efeitos do consumo pós-treino. Ele dividiu os sujeitos em dois grupos, um controle e um outro que consumia carboidrato com aminoácidos essenciais com aumento de leucina, ingerindo uma hora após exercícios resistidos. Aqueles que consumiram a bebida melhorada com leucina, uma hora depois de um único exercício resistido, tiveram maiores taxas de síntese proteica do que o grupo controle.

Pasiakos et al (2011) demonstraram que a leucina ativa diretamente a mTOR após um treino resistido em que a suplementação de leucina aumentou a SPM em 33%. Similarmente encontrado por Dreyer et al. (2008).

Outro estudo, realizado por Koopman et al. (2005), com oito homens não treinados, propunha que eles consumissem aleatoriamente, após 45 minutos de exercício resistido, alguma das três bebidas oferecidas: 1. carboidratos; 2. carboidratos e proteínas; 3. carboidratos, proteínas e leucina livre. Os resultados indicaram que o equilíbrio da proteína líquida no corpo inteiro foi significativamente maior nos grupos de carboidratos, proteínas e leucina (bebida 3) em comparação com os valores observados nos grupos de que ingeriram a bebida 1 e 2, indicando assim a capacidade da leucina em aumentar a síntese proteica.

O mTOR estimula a síntese proteica principalmente por meio de três proteínas regulatórias chaves: a proteína quinase ribossomal S6 de 70 Kda; a proteína 1 ligante do fator de iniciação eucariótico 4E; e o fator de iniciação eucariótico 4G (ROGERO; TIRAPÉGUI, 2008). A ativação do mTOR, como já foi ressaltado, é um passo fundamental no processo de síntese de proteínas. Desta forma, é consistentemente

demonstrado na literatura que a leucina é eficaz para aumentar a síntese protéica e diminuir a taxa de degradação em diferentes meios, como: no modelo de cultura de células musculares animais; em amostras de tecido muscular incubadas com este aminoácido; em administração intravenosa em humanos; e, finalmente, por meio de suplementação oral tanto em modelos animais quanto em seres humanos (AMARAL et al., 2015).

A leucina influencia o controle de curto prazo da etapa de tradução da síntese proteica e este efeito é sinérgico com a insulina, que é um hormônio anabólico com papel crítico na manutenção da síntese proteica muscular. Contudo, a insulina utilizada isolada não é suficiente para estimular a síntese proteica muscular no estado pós-absortivo, sendo necessária a ingestão de proteínas ou de aminoácidos para restaurar completamente as taxas de síntese proteica. É proposto que o efeito da insulina na síntese proteica muscular esteja relacionado ao papel desse hormônio, que consiste em potencializar o sistema de tradução de proteínas, ao invés de regular diretamente tal processo. Portanto, a insulina exerce um efeito permissivo sobre a síntese proteica na presença de aminoácidos. Aliado a isto, cabe ressaltar que a administração oral de leucina produz ligeiro e transitório aumento na concentração de insulina sérica, permitindo, também, que esse fato estimula a síntese protéica induzida por este aminoácido (ROGERO; TIRAPGUI, 2008).

A leucina estimula a síntese proteica pela modulação de elementos que atuam na tradução da via de sinalização da insulina, denominada via fosfatidilinositol 3 quinase (PI3-K). Esse aminoácido inibe a sinalização da insulina e diminui a utilização de glicose muscular. Isso ocorre, possivelmente, porque esse aminoácido ativa a proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR), que é responsável por estimular a fosforilação dos substratos do receptor de insulina-1 (IRS-1) em serina 307, por sua vez, reduzindo a da PI3-K (TORRES-LEAL et al., 2010).

Observou-se que mTOR responde imediatamente a qualquer modificação no consumo de aminoácidos ou energia. Quando a ingestão de aminoácidos, em particular a leucina, é elevada, a mTOR interage com outras proteínas para formar complexos de proteínas para fosforilar seus componentes-chave, que são, por sua vez, responsáveis pela tradução de RNAm em proteínas. Por outro lado, o esgotamento do agrupamento

de aminoácidos intracelular ou a remoção dos meios extracelulares inibem a mTOR, resultando na supressão da síntese protéica (VIANNA et al., 2010).

2. Hipertrofia Muscular

A hipertrofia muscular pode ser definida como um aumento do volume da célula muscular e, conseqüentemente, da massa muscular. É caracterizada pelo crescimento da área da secção transversa do músculo, a qual pode-se verificar as alterações estruturais reais, como o aumento do tamanho e número de filamentos de actina e miosina, além da adição dos sarcômeros das fibras musculares (OLIVEIRA, 2014; FIGUEIREDO; NAREZI, 2010).

Porém, a hipertrofia não tem seus mecanismos celulares totalmente esclarecidos. Esse aumento da área transversa (AST) do músculo está relacionado com a adaptação, devido ao aumento da síntese proteica, do maior número e tamanho das miofibrilas e da adição de sarcômeros no interior da fibra muscular. O exercício físico gera micro lesões nas células musculares e miofibrilas e, através dos estímulos, o corpo aumenta substâncias cicatrizantes no sarcoplasma. O processo de cicatrização aumenta a síntese de proteínas contrateis a níveis maiores do que se tinha no início do exercício. Com isso, os níveis de síntese proteica aumentam devido ao processo de cicatrização, colaboram no aumento da secção transversa do músculo esquelético e ocasionam um volume maior. Por outro lado, no estudo de Damas et al. (2016) que recrutaram 10 jovens saudáveis do sexo masculino para realizarem um treino de força nos membros inferiores por 10 semanas, e não foram encontradas correlações significativas entre qualquer marcador hipertrófico com marcadores indiretos do dano muscular (ASSIS; SOUZA; ROCHA, 2014).

A hipertrofia muscular é estimulada por distúrbios mecânicos e metabólicos e por danos musculares, assim como pela interação entre esses dois fatores (SCHOENFELD, 2010). Ela pode ser resultado de um treinamento resistido, gerando uma adaptação fisiológica e metabólica do músculo e é favorecida pela maior liberação de hormônios anabólicos, que estão envolvidos no crescimento muscular e na remodelação (sendo eles: o hormônio do crescimento (GH), fator de crescimento semelhante à insulina do tipo 1 (IGF-1) e a testosterona) (SOUZA; PALMEIRA;

PALMEIRA, 2016; FIGUEIREDO; NAREZI, 2010; SCHOENFELD; ARAGON; KRIEGER, 2013).

O treinamento resistido pode ser realizado por meio de exercícios como a musculação, em que os praticantes realizam movimentos musculares contra a força de oposição e levantamento de peso (ASSIS; SOUZA; ROCHA, 2014). Esse tipo de treinamento envolve uma série de variáveis em que o volume de treinamento e a intensidade são considerados componentes chave. O volume é caracterizado como uma somatória do número total de repetições realizadas, que vai interferir de acordo com a frequência do treino. A intensidade refere-se à resistência absoluta ou relativa utilizada para um determinado exercício ou movimento, e é afetada pelo intervalo de descanso entre os conjuntos e exercícios e entre a velocidade de cada movimento executado (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; RIBEIRO et al., 2017).

Segundo Dacosta (2006), a musculação teria surgido na Grécia com o nome de halterofilismo, onde os atletas utilizavam halteres em seus treinamentos. Avançando no tempo até o final do século é sabido que tanto o culturismo quanto o halterofilismo eram relacionados às companhias circenses e de teatros, sendo realizadas apresentações de força. Surgiu então o nome de Eugen Sandow (1867- 1925), que por 30 anos foi considerado o melhor físico do mundo. Ele garantiu sua importância ao abrir ginásios de cultura física, publicando livros sobre o treinamento com pesos, inventando aparelhos e criando cursos de ginástica, além de alguns estudiosos sugerirem que seja de sua autoria a criação da ginástica laboral e o papel do personal trainer.

O treinamento resistido induz hipertrofia muscular através de uma cascata sequencial que consiste em: ativação das fibras musculares; ativação da via de sinalização, resultante da deformação mecânica das fibras musculares; lançamento dos hormônios e miocinas envolvidas no sistema imunológico/resposta inflamatória; uma SPM aumentada através da ativação de transcrição e tradução de proteínas; e um aumento na área de secção transversa das fibras musculares (MARTINS et al., 2017). Esse treinamento envolve dois tipos de ações musculares: concêntrico e excêntrico. As ações concêntricas abarcam o encurtamento dinâmico dos sarcômeros enquanto o alongamento ativo de sarcômeros é gerado pelas ações excêntricas.(SCHOENFELD et al., 2017)

Para um melhor desempenho esportivo dos atletas profissionais ou dos praticantes, o aumento da massa muscular é importante, considerando também que esse é um fator protetor em relação ao aparecimento de certas lesões e na recuperação ativa das mesmas (NOGUEIRA, 2015).

3. Hipertrofia Muscular e Suplementação Proteica

A massa muscular esquelética é o produto de processos de síntese de proteínas musculares (SPM) e degradação de proteínas musculares (DPM). Ela é o saldo líquido entre esses dois processos que determinam se a massa muscular aumenta (balanço proteico positivo), diminui (balanço proteico negativo) ou permanece constante (equilíbrio proteico) (DEVRIES; PHILLIPS, 2015). A ingestão adequada de aminoácidos no plano alimentar, em conjunto com o exercício físico resistido, colabora para o aumento da massa muscular (NOGUEIRA, 2015).

O exercício físico produz diversas mudanças no metabolismo de aminoácidos e no *turnover* proteico do músculo esquelético. Este *turnover* é caracterizado pela constante síntese e degradação da proteína muscular. Durante o exercício físico ocorre há o predomínio da degradação muscular, ou seja, o catabolismo deste tecido. No entanto, no período de recuperação pós-treinamento, a síntese proteica muscular se sobrepõe a degradação sendo que essa síntese é maior quando há ingestão proteica. Com isso, em longo prazo, ocorre o crescimento muscular e a hipertrofia como resposta as constantes sínteses proteicas. Sendo assim, é necessária uma sequência de exercícios com períodos de catabolismo agudos, para que, durante a recuperação, ocorram períodos de anabolismo e, conseqüentemente, de hipertrofia muscular (NORTON; LAYMAN, 2006).

Constantes aumentos na síntese proteica muscular resultam em hipertrofia da fibra muscular, sendo que o treinamento de força é o que mais gera estímulo para essa hipertrofia. No corpo sempre ocorre síntese e degradação proteicas, mas a velocidade depende da demanda presente. Durante o exercício, há a diminuição da síntese proteica, junto com o aumento da degradação da proteína muscular, ao contrário do período de recuperação pós-exercício, em que há aumento da síntese proteica. Assim, o consumo de proteína após o treino, seja por meio de alimentos ou de

suplementos proteicos, pode gerar um equilíbrio de nitrogênio mais positivo, colaborando para a síntese proteica e ajuda na adaptação do músculo esquelético ao treinamento de força (KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2013).

Esses processos de rotatividade de proteínas, que levam a um crescimento muscular, ocorrem somente quando a síntese é maior do que a quebra. Por outro lado, o desgaste muscular ocorre quando a síntese é menor do que a quebra, ou seja, quando o catabolismo é maior do que o anabolismo (NORTON; LAYMAN, 2006).

O aproveitamento da proteína e o crescimento muscular são influenciados pelo estado de treinamento, pela oferta energética e pelo tipo e padrão de ingestão da proteína. Mas sabe-se que um aumento expressivo do volume muscular ocorre normalmente em 8 a 24 semanas de exercícios de força e, em apenas 3 semanas, já se pode verificar uma alteração na área da secção transversa da fibra. Após a realização de um exercício de força, já ocorrem alterações no metabolismo proteico celular (SEYNNES; DE BOER; NARICI, 2007).

O treinamento resistido induz um aumento na SPM, que pode durar até 48 horas pós-exercício (PHILLIPS et al., 1997). As sessões semanais de treino promovem um equilíbrio protéico positivo, gerando, muitas vezes, uma acumulação de proteínas musculares ao longo do tempo (BURD et al., 2009).

A ingestão de proteína dietética, após o treinamento resistido, aumenta a quantidade de aminoácidos plasmáticos, o que resulta na ativação de moléculas de sinalização e no aumento da SPM e da hipertrofia muscular (PHILLIPS, 2014).

No Brasil, não existe legalmente a categoria de suplementos alimentares. Atualmente, os produtos que pertencem a esse grupo podem ser encaixados, no mínimo, dentro de quatro categorias de alimentos, sendo elas: os suplementos vitamínicos e minerais; os novos alimentos; os alimentos com alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde; e as substâncias bioativas isoladas e probióticos. Existem ainda alimentos para atletas que são classificados pelas suas características para fins especiais, indicados para atender necessidades nutricionais específicas e que colaboraram com o desempenho dos atletas. Ressalta-se que agentes estimulantes, hormônios e/ou outras substâncias consideradas como “doping” pela Agência Mundial Antidoping (WADA) são expressamente proibidos nesses produtos. (BRASIL, 2016).

Segundo a resolução RDC nº. 18, de 27 de Abril de 2010 da ANVISA (BRASIL, 2010), os alimentos para atletas são categorizados em: suplementos hidroeletrolíticos; suplementos energéticos para atletas; suplementos proteicos para atletas; suplementos para substituição parcial de refeições de atletas; suplementos de creatina para atletas; e suplementos de cafeína para atletas. Segundo essa resolução, para que o produto seja classificado como um suplemento proteico para atletas, ele necessariamente deve conter, no mínimo, 10g de proteína na porção e pelo menos 50% do valor energético total proveniente das proteínas, assim como, pode conter a adição de vitaminas e minerais. Entretanto, nesse tipo de produto é proibido adicionar fibras alimentares e não nutrientes.

Com isso, alguns suplementos alimentares podem ser recursos ergogênicos que, em sua maioria, são utilizados para a melhoria do desempenho nas atividades físicas esportivas e fitness (OLIVEIRA, 2013).

A composição centesimal do suplemento proteico deve estar de acordo com a quantidade e a proporção de proteína por porção informada no rótulo. Aceita-se um máximo de 20% para mais ou para menos das quantidades expostas no rótulo do produto (PARREIRAS et al, 2014).

A figura 1 demonstra a via de sinalização de síntese proteica que envolve algumas enzimas com capacidade de fosforilação e que é potencializada por dois estímulos: o treinamento resistido e a ingestão nutricional (carboidratos e proteínas). Essa via de transdução de sinais, que intensifica o processo de síntese proteica. Os dois responsáveis no primeiro momento são o fator de crescimento semelhante a insulina (IGF-1) e a insulina, que compartilham do mesmo receptor na membrana das células, ou também pode ser o hormônio de crescimento (GH), os três fosforilam a enzima PI-3K, que transfere fosfato para a proteína quinase t (Akt), que fosforila a outra enzima mTor. Após isso, o mTor vai fosforilar a proteína quinase S6 ribossômica (p70s6K), que vai promover uma cascata de sinalização de síntese proteica em uma maior eficiência de tradução de proteínas nos ribossomos. O mTor é alvo da contração do músculo esquelético e da ingestão de macronutrientes, sendo que ambos potencializam o aumento da síntese proteica induzido pelo exercício resistido. O carboidrato aumenta a secreção de insulina, (um importante hormônio anabólico por induzir a cascata de fosforilação, e permitir a entrada na célula de nutrientes, tendo um custo energético

alto). Já as proteínas, em especial os aminoácidos essenciais, destacando a leucina, são fortes fosforiladores de mTor (SPIERING et al, 2008).

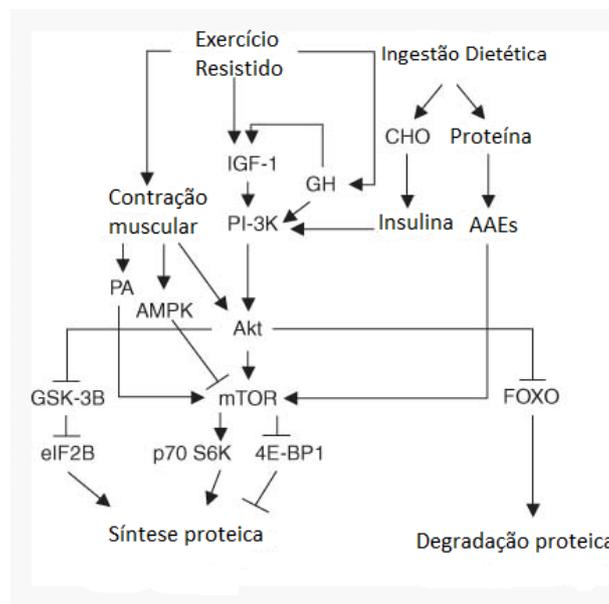


Figura 1: Via de sinalização da síntese proteica¹. Fonte: Adaptado de SPIERING et al, 2008, p. 4

3.1. Momento da Ingestão Proteica

Vários pesquisadores apresentam a noção de que o tempo do consumo de nutrientes é ainda mais importante para as adaptações musculares do que a quantidade da proporção de alimentos e macronutrientes da dieta (CANDOW; CHILIBECK, 2007). O tempo da proteína baseia-se na hipótese de que existe uma "janela de oportunidade anabólica" limitada para o anabolismo pós-treino (LEMON; BERARDI; NOREEN, 2002). Para aproveitar esta janela de oportunidade, proteína deve ser consumida, aproximadamente, dentro de 45 minutos até 1 h após a conclusão do exercício, para maximizar o músculo na SPM (IVY; FERGUSON-STEGALL, 2014). Uma revisão da literatura determinou que, após um treino físico, a janela anabólica não parece ser tão estreita quanto se pensa, embora existam evidências convincentes que mostrem que o músculo é sensibilizado para a ingestão de proteína (ARAGON; SCHOENFELD,

¹ Legenda da figura 1: As setas significam uma resposta estimulante; as linhas bloqueadas indicam uma resposta inibitória. 4E-BP1 = proteína de ligação de factor de iniciação eucariótica 4E-1; Akt = proteína quinase B; CHO = carboidrato; AAEs = aminoácidos essenciais; eIF2B = fator eucariótico de iniciação 2B; FOXO = fator de transcrição da caixa da forquilha-cabeça; GSK-3B = glicogênio sintase quinase-3B; mTOR = alvo mamífero de rapamicina; PA = ácido fosfatídico; PI-3K = fosfatidilinositol-3 quinase; p70 S6K = 70 kDa de proteína ribossômica S6 quinase.

2013). Em vez disso, os autores propuseram que o intervalo de consumo pudesse ampliar para 5 a 6 h após o exercício, dependendo do momento da refeição pré-treino. Eles perceberam que quanto mais perto uma refeição é consumida antes do exercício, maior será janela de oportunidade anabólica pós-treino (SCHOENFELD et al., 2017). Uma meta-análise recente de Schoenfeld, Aragon e Krieger (2013) descobriram que o consumo de proteína dentro de 1h após o treino resistido tem um efeito pequeno, mas significativo, no aumento da hipertrofia muscular em comparação com o atraso no consumo em pelo menos 2h.

Cribb e Hayes (2006) randomizou uma coorte de jovens fisiculturistas masculinos recreativos para consumir 1g/kg de um suplemento, contendo 40 g de soro de leite isolado, 43 g de glicose e 7 g de monohidrato de creatina, imediatamente antes e depois do exercício, e um outro grupo que recebia no início da manhã e no final da noite. Após 10 semanas de treinamento resistido, observou-se aumentos significativos na massa corporal magra e hipertrofia de fibras do tipo II para o grupo em que o suplemento foi programado em torno do exercício em comparação com o grupo que consumiu no período da manhã e noite.

No estudo de Schoenfeld et al (2017), 21 voluntários universitários masculinos foram divididos em dois grupos: um grupo consumiu um suplemento contendo 25 g de proteína e 1 g de carboidrato antes do exercício (PRE-SUPP) e o outro grupo imediatamente após o exercício (POST-SUPP). Os sujeitos do grupo PRE-SUPP foram instruídos a não se alimentarem pelo menos 3h após o exercício, enquanto aqueles no grupo POST-SUPP foram instruídos a abster-se de comer, minimamente, 3h antes do exercício. Todos os indivíduos realizaram um protocolo de treinamento resistido que visava à hipertrofia, consistindo em três sessões semanais realizadas em dias não consecutivos por 10 semanas, com três conjuntos de 8-12 repetições realizadas para cada exercício. Nenhum grupo demonstrou ganhos significativos na massa magra dos braços ou pernas ao longo do estudo. A redução das calorias ao longo do período do estudo resultou em uma redução significativa da gordura corporal, com perdas de 1,3 e 1,0 kg para PRE-SUPP e POST-SUPP, respectivamente. Dado que o grupo PRE-SUPP não consumiu proteína durante pelo menos 3 h após o treino, refutam a afirmação de que existe uma estreita janela de oportunidade anabólica pós-exercício para maximizar a resposta muscular e, em vez disso, dá suporte à teoria de que o intervalo para a ingestão

de proteínas pode ser tão grande como várias horas, dependendo de quando a refeição pré-treino foi consumida. Nesse estudo, a presença de uma estreita "janela de oportunidade anabólica" não foi demonstrada em outras pesquisas, pois o grupo PRE-SUPP apresentou mudanças semelhantes na composição corporal e força em detrimento àqueles que consumiram proteína imediatamente após o exercício. Do outro lado do intervalo de medidas, não houve atribuição de resultados significativos e consistentes à ingestão proteica pré versus pós-exercício.

Tipton et al (2001) relataram que 6g de aminoácidos essenciais junto com 35g de sacarose consumidos imediatamente antes do exercício resultam em uma resposta na SPM significativamente maior e mais sustentada em comparação com a ingestão imediata após o exercício do mesmo tratamento. Outro estudo de Tipton et al. (2003) relata que a ingestão de aminoácidos essenciais (15g/dose) antes e depois do exercício resistido promovem uma maior acumulação líquida de proteínas, não apenas 3 ou 4 horas pós-exercícios, mas também durante um período de até 24h. Por exemplo, a proteína de soro de leite, ingerida perto do exercício resistido, promove uma maior ativação (fosforilação) do mTOR (uma proteína de sinalização chave encontrada nos miócitos que está ligada à síntese de proteínas musculares) e das suas proteínas de sinalização translacional de RNAm (isto é, p70s6 quinase e eIF4BP). Esse panorama sugere, ainda, que uma redução temporária da proteína pode favorecer a elevação da hipertrofia muscular. (HULMI et al., 2009; FARNFIELD et al., 2011). Além disso, descobriu-se que o aumento da sinalização do mTOR corresponde a uma hipertrofia muscular significativamente maior após 10 semanas de treinamento (HULMI et al., 2008).

Phillips (2013) demonstra em seu estudo que há um aumento sinérgico das elevações induzidas pelo exercício resistido pré-existente em SPM. Com isso, ele demonstra que o consumo de proteína é maior imediatamente após o exercício e diminui ao longo do tempo, mas pode estar presente até 48h mais tarde.

De acordo com o exposto até aqui, a importância da duração da janela anabólica pode ser dependente de quando uma refeição pré-treino foi consumida, do tamanho e da composição dessa refeição e da proteína diária total na dieta. O quadro 3 apresenta todos os estudos citados (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Quadro 3: Tabela comparativa da janela anabólica.

Autor (ano)	Suplementação	Momento	Treinamento	Resultado
Cribb; Hayes (2006)	40g de soro do leite isolado, 43g de glicose e 7g de monohidrato de creatina	1 grupo consumia antes e depois do exercício, e o outro no início da manhã e no final da noite	Foi dividido em 3 fases: preparatório (70- 75% de 1RM), sobrecarga de fase 1 (80-85% de 1RM) e sobrecarga fase 2 (90-95% de 1RM)	Aumentos significativos na massa corporal magra e hipertrofia de fibras do tipo II quando o suplemento foi programado em torno do exercício.
Schoenfeld et al. (2017)	25 g de proteína e 1 g de carboidrato	Um grupo consumia antes do exercício e o outro depois	Três sessões semanais realizadas em dias não consecutivos por 10 semanas, com três conjuntos de 8-12 repetições realizadas para cada exercício	Não houve resultados significativos consistentemente atribuíveis à ingestão protéica pré versus pós-exercício
Tipton et al. (2001)	6 g de aminoácidos essenciais junto com 35 g de sacarose	Um grupo consumia antes do exercício e o outro depois	10 conjuntos de 8 repetições de pressão na perna em 80% de 1RM e 8 conjuntos de 8 repetições de extensão de perna em 80% de 1RM	Pré-exercício resultaram em uma resposta na SPM significativamente maior e mais sustentada em comparação com a ingestão imediata após o exercício
Tipton et al. (2003)	15g de aminoácidos essenciais	Cada sujeito participou de dois protocolos de infusão de 24 horas, um protocolo de repouso (REST) e um protocolo de suplementação de exercícios (ES), incluindo ingestão imediatamente antes do exercício e uma segunda ingestão 1 h após a conclusão do exercício	Oito conjuntos de oito repetições do exercício de extensão do joelho em 80% de 1 RM. Houve 2 min de descanso entre conjuntos	Maior acumulação líquida de proteínas, não apenas 3 ou 4 horas pós-exercícios, mas também durante um período de 24 h

3.2. Relações entre o consumo do suplemento e o aumento da massa magra.

A relação existente entre o *whey protein* e a hipertrofia muscular pode estar associada ao perfil de aminoácidos, destacando-se pela presença de leucina, pela rápida absorção intestinal de seus aminoácidos e peptídeos e também pela sua ação sobre a liberação de hormônios anabólicos, como, a insulina (ASSIS; SOUZA; ROCHA, 2014).

Ressalta-se que processo de SPM é saturado a partir de uma perspectiva de dose de proteína, sendo que, no estudo de Phillips (2013), percebe-se a ocorrência de

um platô com 20g de proteína ingerida (8,5g de aminoácidos essenciais). Os aminoácidos "extras" são simplesmente queimados por combustível.

Segundo Nogueira (2015), posteriormente ao treino resistido, deve-se ingerir um suplemento ou alimento proteico (que tenha elevada quantidade de leucina) e alguns aminoácidos para efetivar a síntese proteica. Cerca de 20g de proteína após treino são, atualmente, a opção que melhor cumpre essas premissas, garantindo máxima eficácia em indivíduos que estão engajados em treinamento de força, como a musculação. Acima dessa quantidade não há nenhum aumento adicional da síntese proteica.

Para Moore et al. (2009), há uma dose efetiva máxima de aminoácidos dietéticos suficientes para estimular o anabolismo muscular após o exercício resistido. Para indivíduos idosos, por fenômenos de resistência à leucina, é necessária uma maior dose de proteína/leucina após treino resistido. Vale ressaltar que esse estudo foi realizado verificando o efeito da ingestão de albumina e não de proteínas do soro do leite. Sendo assim, o efeito dose-resposta pode ser diferente quando utilizada uma fonte proteica de melhor valor biológico, como o *whey protein*.

No estudo de Drummond et al. (2008), com voluntários jovens e idosos, cada um ingeriu 20g de aminoácidos essenciais uma hora após o término do exercício resistido. Pode-se constatar que a SPM aumentou no início do treinamento dos voluntários jovens (1-3 horas pós-exercício) e mais tarde no treino dos idosos (3-6 horas pós-exercício)

Segundo Phillips (2011), o consumo após o exercício, tanto de proteínas e de carboidratos, colaborou para um aumento significativo de 50% na SPM, demonstrando que a associação do consumo de proteína e de carboidrato pode ser uma boa estratégia para obter, em um longo prazo, uma melhor resposta da hipertrofia muscular.

No estudo de Beelen et al (2008), 10 homens saudáveis foram submetidos ao exercício resistido associado à ingestão de proteína com carboidrato ou só carboidrato. Nessa pesquisa, verificou-se que mesmo os sujeitos encontrando-se alimentados, a co-ingestão de proteínas (0,15g/kg 1 h 1) com carboidratos (0,15g/kg 1 h 1) melhora o equilíbrio proteico do corpo e aumenta a taxa de síntese de proteínas musculares durante o protocolo de exercício aplicado.

Devries e Phillips (2015) demonstram em um treino de força, sem a complementação de nutrientes no pós treino, aumenta tanto a síntese de proteína muscular (SPM) quanto a degradação da proteína muscular (DPM). O resultado é o equilíbrio de nitrogênio e a manutenção da massa muscular. Porém, o consumo de proteínas pós-exercício, pode aumentar ainda mais a SPM e diminuir a DPM, resultando em um equilíbrio nitrogênio positivo e ganho muscular ao longo do tempo.

Em Cermak et al. (2012), os autores reuniram os resultados de 22 ensaios clínicos realizados separados, tendo ao final 680 indivíduos em sua análise estatística. Eles descobriram que a suplementação de proteínas com treinamento resistido resulta em um aumento de 13,5kg na força do corpo (especificamente os membros inferiores) quando comparado com as mudanças observadas com um placebo. Pasiakos et al. (2011), trouxe uma conclusão semelhante, em uma meta-análise que relata, em participantes não treinados, o baixo benefício da suplementação de proteínas durante as primeiras semanas de um programa de treinamento resistido. Entretanto, eles constataam que, à medida que a duração, a frequência e o volume de treinamento aumentam, a suplementação de proteínas impactou de forma favorável na hipertrofia e na força do músculo esquelético.

Andersen et al. (2005) examinaram 22 homens saudáveis que completaram um programa de treinamento resistido de 14 semanas (3 dias / semana consistindo em 3-4 conjuntos de exercícios do corpo inferior), que consumiam como complemento alimentar 25g de mistura de proteína de alta qualidade (16,6g de proteína de soro de leite, 2,8g de caseína, 2,8g de proteína branca de ovo e 2,8g de l-glutamina) ou 25g de carboidratos (maltodextrina). A suplementação era administrada antes e imediatamente após cada ataque de treino e também, no período da manhã, em dias de não treinamento. O programa de treinamento resistido consistiu de 3 a 4 conjuntos de exercícios de perna obrigatórios, com 4 e 15 repetições máximas. Quando a mistura de proteínas do leite foi administrada, percebeu-se um aumento substancialmente maior na massa magra e na área de secção transversa muscular das fibras musculares de tipo I e tipo II, em comparação às mudanças observadas com o consumo de hidratos de carbono. Os resultados mostraram que a suplementação proteica ajuda na conservação de proteínas, na reconstrução e no anabolismo muscular, ocasionando assim maiores ganhos de massa muscular. Já a presença de carboidratos ajuda na preservação das proteínas

corporais, reduzindo a proteólise (OLIVEIRA, 2013; ANDERSEN et al., 2005; MCARCLE; KATCH, KATCH, 2003).

Como exemplo clássico, Layman et al. (2005) investigaram mulheres obesas ao consumirem uma dieta energética (caracterizada pelo consumo de 1600-1700 kcal/dia), sendo que um grupo tinha um consumo maior em carboidratos e o outro em proteína. Os grupos foram ainda divididos em aqueles que seguiram um programa de exercícios de cinco dias por semana (caminhada + resistido, 20-50 min/treino) e um grupo de controle que realizou uma caminhada leve (menos de 100 minutos por semana). As maiores quantidades de perda de gordura foram observadas quando houve a ingestão de proteínas e, quando associado ao programa de exercícios, percebeu-se um aumento significativo da perda de gordura corporal. Em indivíduos mais jovens, a ingestão de 20-30g de qualquer proteína de valor biológico antes ou depois do exercício resistido parece ser suficiente para melhor estimular o SPM (HULMI et al., 2009; TIPTON, 2007).

Em um estudo que administrou dez doses separadas de 2,5g de *whey protein* (com o propósito de replicar uma proteína mais lenta), comparado com apenas uma dose de 25g, West et al (2011) relataram que uma única dose promove uma rápida aminoacidemia e aumenta a SPM e a sinalização anabólica, quando comparada a uma dose total idêntica de proteína de soro de leite, mas administrada em doses separadas.

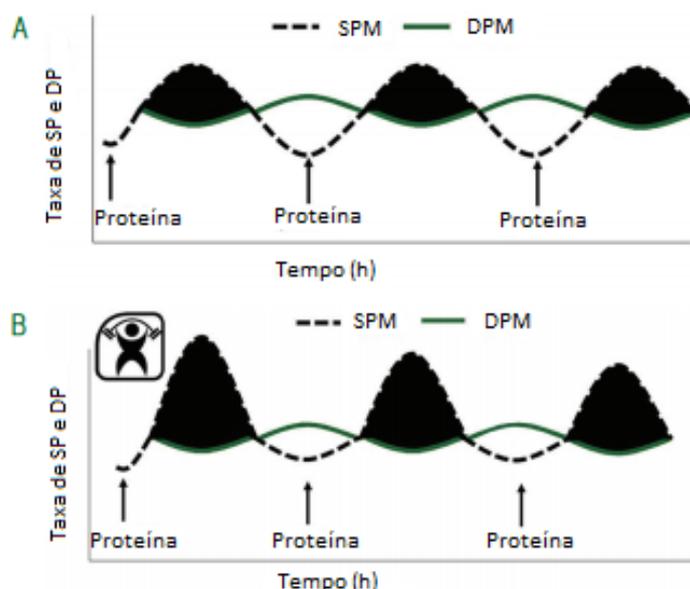


Figura 2: Resposta da síntese e degradação proteica em duas situações distintas. Fonte: PHILLIPS, 2013, p.2

De acordo com a Figura 2, pode-se perceber as diferentes respostas da síntese de proteínas musculares e degradação de proteína muscular, em resposta a 3 refeições de tamanho equivalente, contendo proteínas, administradas ao longo de um dia, depois de um jejum noturno (painel A) e a mesma situação alimentar após o desempenho do exercício resistido (painel B) (PHILLIPS, 2013).

Um estudo realizado por Joy e colaboradores (2013), compararam o efeito de ministrar, separadamente, um suplemento alimentar a base de proteína de soro de leite e um outra de proteína de arroz, ambos com dose de 48 g/dia, em um grupo de 24 homens de idade universitária, com experiência em treino, durante um programa de treinamento resistido de 8 semanas. Os pesquisadores concluíram que os voluntários de cada grupo ganharam força, espessura muscular e composição corporal diferentes. Eles sugerem que a proteína do arroz pode ser uma alternativa adequada à *whey protein* na promoção de adaptações de treinamento resistido. As proteínas (hidrolisadas e isoladas) parecem ser mais pesquisadas extensivamente para pré/pós-suplementação de exercício resistido, possivelmente por causa de seu maior teor de aminoácidos essenciais, com destaque para leucina, que apresenta boa solubilidade e cinética de digestão. Essas características possuem uma alta concentração de aminoácidos no sangue (aminoacidemia) que facilita a maior ativação de SPM e o acúmulo de proteína muscular líquida (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

Witard et al. (2014), forneceram inicialmente, a um grupo de homens idosos (idade média de 71 anos), doses de proteína de soro (0, 10, 20 e 40 g) em conjunto com um exercício resistido agudo e concluíram que uma dose mínima de proteína (20g) promove a SPM de forma generalizada. Em outro experimento de Yang et al. (2012), tinham 37 homens idosos (idade média de 71 anos) os voluntários consumiam doses incrementais de proteína isolada de soro (0, 10, 20 e 40 g / dose) em combinação com o único exercício resistido, com foco nos membros inferiores do corpo. Os autores concluíram que é necessária uma dose de 40g de proteína nesta população para maximizar as taxas de SPM.

Fontes proteicas de origem animal, demonstraram estimular uma maior resposta na SPM em comparação com fontes de proteína de planta, como soja. Por exemplo, uma bebida de proteína de soro de leite estimulou uma maior resposta da SPM

em comparação com uma bebida contendo uma quantidade de 20g de soja (TANG et al., 2009). Os mesmos autores também demonstram que o soro de leite suscitou uma resposta superior de SPM em comparação com a proteína caseína (TANG et al., 2009). Do ponto de vista prático, para permitir ou resgatar a menor estimulação pós-prandial de SPM, em atletas vegetarianos que visam o treinamento de hipertrofia muscular, é aconselhado o consumo de 25-30g de proteína vegetal em cada refeição (MACNAUGHTON; WITARD, 2014). Estudos agudos em que indivíduos consumiram proteínas de leite inteiro ou proteína de soja mostraram que ambas as proteínas são capazes de suportar a acumulação de proteína muscular após exercício resistido. As proteínas de soja suportam uma maior síntese de proteínas esplâncicas e são convertidas em uréia em maior extensão do que as proteínas do leite. Um hidrolisado de proteína de soro de leite, rapidamente digerido, foi mais efetivo do que a soja e a caseína micelar na estimulação da SPM, em repouso e em seguida ao exercício resistido. Essa resposta está correlacionado com a concentração máxima de leucina presente nos suplementos (PHILLIPS, 2013).

Segundo Reitelsheder et al. (2011), a combinação de soro e caseína em quantidades adequadas seria uma ótima escolha após exercício, isso porque o *whey* estimula a síntese proteica com a sua alta digestibilidade e, conseqüentemente, eleva as concentrações de pico de insulina e aminoácidos. Nesse panorama, o *whey* associado a uma elevada proporção de leucina e a caseína na sua composição fornece aminoácidos por um período prolongado de tempo, cumprindo a necessidade de aminoácidos para a síntese proteica. Sendo assim, o leite é um alimento com grande potencial para estimular a síntese de proteína muscular, já que é constituído pelas proteínas do soro e pela caseína. No entanto, um suplemento de recuperação à base de soro de leite com o fornecimento rápido de aminoácidos gera melhor resultado se administrado imediatamente após o exercício, enquanto outros suplementos, contendo proteínas de mais lenta digestão, devem ser ingeridos nas horas subsequentes.

No estudo de Elliot et al. (2006), foram separados três grupos de voluntários que ingeriram uma de três bebidas lácteas: a primeira continha leite fluido sem gordura (237mL, 377 kJ, 8,8g de proteína); a segunda tinha leite integral (237mL, 627kJ, 8,0g de proteína) e a terceira feita de leite sem gordura isocalórico (393mL, 626 kJ, 14,5g de proteína). Ambas as bebidas foram ingeridos 1h após rotina de exercícios resistido com

o propósito de apoiar a construção do músculo pós-treino. A pesquisa teve como foco a captação de fenilalanina e treonina, representativas da síntese da proteína muscular líquida e verificou-se que o leite integral resultou em maior capacidade de desenvolver músculo após o exercício.

Também é importante ressaltar a quantidade e a maneira como a proteína está sendo ingerida. No estudo de Moore et al. (2012), foram comparados três grupos que consumiram 80g de proteína do soro do leite. O primeiro grupo consumiu 8x10g a cada 1,5h (grupo PULSE), o segundo ingeriu 4x20g a cada 3h (grupo INT) e o terceiro 2x40g a cada 6h (grupo BOLUS). Todas as administrações foram realizadas após um ataque agudo do exercício bilateral de extensão do joelho (4x10 repetições com força máxima de 80%). O autor concluiu que o equilíbrio proteico tende a ser maior com uma alimentação moderada (de 20g a cada 3 horas), o que pode ter implicações positivas para os indivíduos com o objetivo de aumentar o anabolismo do corpo inteiro, incluindo a acumulação de massa corporal magra com treinamento. Coletivamente, estes dados demonstram que o padrão agudo, e não apenas a quantidade total de proteína ingerida, deve ser considerado ao determinar estratégias de alimentação para alterar o metabolismo das proteínas do corpo inteiro.

Em um estudo com indivíduos jovens do sexo masculino, conduzido por Hartman et al. (2007), foi observado uma superioridade das proteínas do leite sobre a proteína de soja, no que se refere a área de fibra muscular tipo I e II. A construção da massa muscular teve um maior aumento no grupo que consumia leite em comparação ao que consumia soja e ao grupo controle. Isso pode ser explicado pelo fato da soja ter um valor biológico menor do que o leite, sendo que esse valor biológico estabelece a eficiência com que a proteína exógena leva à síntese proteica nos tecidos, resultando, portanto, em menor síntese nos tecidos corporais.

No estudo de Brown et al. (2004), com indivíduos do sexo masculino entre 18 e 25 anos, que consumiram barras proteicas (cuja fonte era proteína de soja ou de leite) fortificadas com micronutrientes, verificou-se que tanto a soja e o soro de leite foram eficazes no aumento da massa corporal magra associando com treino muscular. Segundo os autores, a soja favoreceu o ganho de massa corporal magra por ser um agente fornecedor de antioxidantes. No caso do soro de leite, o teor de aminoácidos

essenciais, especialmente aqueles com enxofre (sulfurados), pode contribuir com o ganho de massa corporal magra.

No estudo de Tang et al. (2009), os autores tiveram como voluntários jovens do sexo masculino que realizaram treinamento resistido do corpo inteiro e consumiram, pós-treino, *whey* (de soja ou de caseína) em uma quantidade calculada para indivíduos treinados (1,2-1,4 g / kg). Os autores observaram que o consumo de hidrolisado de soro de leite e isolado de proteína de soja (ambas consideradas proteínas “rápidas”) resultou em taxas consideravelmente mais elevadas de síntese de proteína muscular quando comparado a caseína. Isso foi observado tanto em repouso (soro de leite \approx soja $>$ caseína) como após exercício resistido (soro de leite $>$ soja $>$ caseína). Segundo Tang et al. (2009), muitos estudos observaram que as proteínas consideradas “rápidas” estimulam um aumento na síntese de proteínas, enquanto que as proteínas “lentas” inibem principalmente o catabolismo proteico.

Através de toda a revisão, pode-se perceber o que é um suplemento proteico, com destaque para o *whey protein*, analisando a diferença entre os três tipos existentes, e a importância da concentração de leucina para alcançar o resultado desejado. Com isso, associando a ingestão de proteínas com um treino de força adequado, consegue se obter melhores resultados quando o objetivo é a hipertrofia, em que o que importa é a quantidade de ingestão diária total de proteínas, com ou sem a presença do suplemento *whey protein*. Outro ponto importante para se destacar é a questão do tempo de consumo, em que a maioria dos artigos analisados trouxe o consumo logo após o treino, porém não é necessário que o consumo seja imediatamente depois onde a SPM está aumentada, conforme analisado há uma janela anabólica que pode durar muito mais do que os 20 minutos pós atividade, com duração de até 48 horas.

Quadro 4: Ingestão do soro do leite (*whey protein*) e a sua resposta sobre a massa muscular.

Autor (ano)	Suplementação	Momento	Treinamento	Resultado
Tang et al. (2009)	Consumiram soro (21,4 g), ou caseína (21,9 g) ou proteína de soja (22,2 g) dissolvida em 250 ml de água com sucralose (1 g)	Os três grupos consumiram após os exercícios.	Exercício unilateral composto por quatro conjuntos de exercícios de extensão de joelho e de leg press em uma carga de 10 a 12 RM	Proteínas do soro do leite seguidas das proteínas de soja mostraram taxas + elevadas de SPM tanto em repouso quanto após o exercício
Brown et al. (2004)	Consumiram 3 barrinhas ao dia que continham 11g soja, ou proteína do soro ou controle	Em qualquer momento, mas era registrado a hora em que foi consumido	3 séries de 4-6 repetições para 14 exercícios	Ambas foram eficazes no aumento da massa corporal magra associando com o treino, sendo que a soja teve a vantagem em fornecer antioxidantes
Beelen et al. (2008)	1,5 ml / kg a cada 15 minutos	Durante o exercício	2 horas de exercício resistido, sendo 5 séries com 10 repetições do membro superior e 9 séries com 10 repetições pra membro inferior, entre 55-75% RM	Melhora o equilíbrio proteico do corpo inteiro e aumenta a taxa de síntese de proteínas musculares durante o protocolo de exercício aplicado.
Hartman et al. (2007)	Um grupo consumia 500mL de leite sem gordura, o outro 500mL de soja líquida e o controle consumia 500 ml de fluido aromatizado contendo carboidrato	Imediatamente após o exercício e uma hora depois	12 semanas com três tipos de exercícios: empurrar, puxar e de perna, com 80% do RM, com 2 séries entre 8-12 repetições, alternando entre as semanas	Não foram observadas diferenças entre os grupos em força, maior aumento na área de fibra muscular tipo II e da massa magra no grupo que consumiu leite
Andersen et al. (2005)	Dois grupos: 25 g de mistura de proteína de alta qualidade ou 25 g de carboidratos	Antes e imediatamente após o treino	3 a 4 conjuntos de exercícios de perna obrigatórios, com 4 e 15 repetições máximas	Houve um aumento substancialmente maior na massa magra e na área de secção transversa muscular nas fibras musculares de tipo I e tipo II no grupo que consumia proteína
Joy et al. (2013)	Dois grupos: 48g/dia de isolado de proteína de arroz ou proteína do soro do leite	Imediatamente após o exercício	3x/s durante 8 semanas, com 3 séries de 8 a 12 repetições	Ambos ganharam força, espessura muscular e composição corporal

CONCLUSÃO

Esta revisão bibliográfica apresentou dados que corroboram na perspectiva de que para se alcançar melhores resultados de hipertrofia muscular é necessário associar o treino de força com uma ingestão proteica adequada. Ressalta-se a importância da ingestão de proteínas de alto valor biológico, destacando-se a concentração de leucina consumida, principalmente, após o exercício, pois esse é o momento em que há um maior estímulo à SPM induzido pelo próprio exercício físico. Verificou-se, também, que não é necessário haver o consumo da proteína do soro do leite (*whey protein*) no pós treino e que é importante analisar e adequar a ingestão proteica diária total, levando em consideração a intensidade do exercício, a particularidade e as características do indivíduo em treino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, B.O. et al. Conhecimento nutricional de praticantes de musculação de uma academia da cidade de São Paulo. **Brazilian Journal of Sports Nutrition**, v. 2, n. 2, p. 24-36, 2013. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/5575796-Conhecimento-nutricional-de-praticantes-de-musculacao-de-uma-academia-da-cidade-de-sao-paulo.html> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

AMARAL, R.B. et al. Can leucine supplementation attenuate muscle atrophy? A literature review. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 17, n. 4, p. 496-506, 2015. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-00372015000400496> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n.3 p. 687-708, 2009. Disponível em: < <http://europepmc.org/abstract/MED/19204579> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

ANDERSEN, L. L.; et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. **Science Direct**, v. 54, n. 2, p. 151-156, 2005. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15690307> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

ARAGON, A.A.; SCHOENFELD, B.J. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 10, n. 1, p. 5, 2013. Disponível em: < <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-10-5> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

ASSIS, A.C.G.G.; SOUZA, M.A.; ROCHA, S.S.A. **O uso do Chá Verde na Hipertrofia Muscular**. TCC [Bacharel em Farmácia] - FAPI Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2014.

BACURAU, R.F. **Nutrição e suplementação esportiva**. 6.ed. São Paulo: Phorte, 2009.

BEELEN, M. et al. Protein coingestion stimulates muscle protein synthesis during resistance-type exercise. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 295, n. 1, p. E70-E77, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18430966> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

BOIRIE, Y. et al. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 94, n. 26, p. 14930-14935, 1997. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9405716>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

BORSHEIM, E. et al. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 283, n. 4, p. E648-E657, 2002. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12217881>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

BRASIL. RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 18, DE 27 DE ABRIL DE 2010. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_18_2010_COMP.pdf/1f6e1baf-fd83-4408-8e97-07578fe3db18> Acesso em: 2 de Junho de 2017.

BRASIL. Alimentos para atletas, 2016. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos-para-atletas>> Acesso em: 2 de Junho de 2017.

BROWN, E.C. et al. Soy versus whey protein bars: effects on exercise training impact on lean body mass and antioxidant status. **Nutrition journal**, Dec. 8, p. 3-22, 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15588291>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

BURD, N.A. et al. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. **J. Appl. Physiol.**, v.106, n.5, p.1696-1701, 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19036897>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

CANDOW, D.G.; CHILIBECK, P.D. Timing of creatine or protein supplementation and resistance training in the elderly. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 33, n. 1, p. 184-190, 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18347671>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

CERMAK, N.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, n. 6, p. 1454-1464, 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23134885>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

CRIBB, P.J.; HAYES, A. Effects of supplement-timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 11, p. 1918-1925, 2006. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17095924>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

DACOSTA, L. (ORG.). **Atlas do Esporte no Brasil**. Rio de Janeiro: CONFEEF. 2006.

DAMAS, F. et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **J Physiol.**, v. 594, n.18, p. 5209-22, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27219125>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

DANGIN, M. et al. The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. **The Journal of physiology**, v. 549, pt. 2, p. 635-644, 2003. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2342962/> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

DE OLIVEIRA, L.C.B.P. et al. Análise centesimal e comparativa de suplementos de proteínas do soro do leite bovino: Whey Protein. **RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 51, p. 223-231, 2015. Disponível em: < <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/487> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

DEVRIES, M.C.; PHILLIPS, S.M. Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. **Journal of food science**, v. 80, suppl. 1, p. A8-A15, 2015. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25757896> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

DOS SANTOS, A.C.A. et al. Efeitos da Suplementação Alimentar com Whey Protein e Leucina em Ratos Normais. **Journal of Health Sciences**, v. 18, n. 2, p. 121-128, 2016. Disponível em: < <http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/JHealthSci/article/view/3728> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

DREYER, H.C. et al. Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 294, n. 2, p. E392-E400, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18056791> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

DRUMMOND, M.J. et al. Skeletal muscle protein anabolic response to resistance exercise and essential amino acids is delayed with aging. **Journal of applied physiology**, v. 104, n. 5, p. 1452-1461, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18323467> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

ELLIOT, T.A. et al. Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 4, p. 667-674, 2006. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16679981> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

FAYH, A.P.T. et al. Consumo de suplementos nutricionais por frequentadores de academias da cidade de Porto Alegre. **Rev Bras Ciênc Esporte**, v. 35, n. 1, p. 27-37, 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-32892013000100004&script=sci_abstract&tlng=pt > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

FARNFIELD, M.M. et al. Activation of mTOR signalling in young and old human skeletal muscle in response to combined resistance exercise and whey protein

ingestion. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 1, p. 21-30, 2011. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22148961> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

FERREIRA, L.G; LEAL, M.L. Os blocos do crescimento (proteínas e atividade física). In: BACURAU, R.F.P., UCHIDA, M.C., TEIXEIRA, L.F.M. **Nutrição esportiva e do exercício físico**. São Paulo: Phorte, 2017.

FIGUEIREDO, F.M.; NAREZI, N.O. As alterações físicas entre duas atletas de fisiculturismo em fases distintas de preparação para II campeonato de fisiculturismo em Campo Grande-MS, **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. São Paulo. Vol. 04. Núm. 23. p.466-473. 2010. Disponível em: < <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/273> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

FISCHBORN, S.C. A influência do tempo de ingestão da suplementação de Whey Protein em relação à atividade física. **RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 3, n. 14, 2012. Disponível em: < <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/109> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

HARTMAN, J. et al. 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**. v. 86, n.2, p.373-381, 2007. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17684208> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

HOFFMAN, J.R.; FALVO, M.J. Protein-Which is best. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 3, n. 3, p. 118-130, 2004. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3905294/> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

HULMI, J.J. et al. The effects of whey protein on myostatin and cell cycle-related gene expression responses to a single heavy resistance exercise bout in trained older men. **European journal of applied physiology**, v. 102, n. 2, p. 205-213, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17924133> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

HULMI, JJ. et al. Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. **Amino acids**, v. 37, n. 2, p. 297-308, 2009. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18661258> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

IVY, J.L.; FERGUSON-STEAGALL, L.M. Nutrient timing: the means to improved exercise performance, recovery, and training adaptation. **American Journal of Lifestyle Medicine**, v. 8, n. 4, p. 246-259, 2014. Disponível em: < <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1559827613502444> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

JOY, J.M. et al. The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. **Nutrition journal**, Jun 20 p. 12-86, 2013. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23782948> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

KENNEY, W. L.; WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 5ed. Barueri, SP: Manole, 2013.

KOOPMAN, R. et al. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 288, n. 4, p. E645-E653, 2005. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15562251> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

LAYMAN, D.K. et al. Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. **The Journal of nutrition**, v. 135, n. 8, p. 1903-1910, 2005. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16046715> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

LEMON, P.W.R; BERARDI, J.M.; NOREEN, E.E. The Role of Protein and Amino Acid Supplements in the Athlete's Diet: Does Type or Timing of Ingestion Matter?. **Current sports medicine reports**, v. 1, n. 4, p. 214-221, 2002. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12831698> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

LEMON, P.W.R. Beyond the zone: protein needs of active individuals. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 19, suppl. 5, p. 513S-521S, 2000. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11023001> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

MACNAUGHTON, L.S.; WITARD, O. New insights into protein recommendations for promoting muscle hypertrophy. **The Sport and Exercise Scientist**, n. 41, p. 8-10, 2014. Disponível em: < http://www.bases.org.uk/write/Images/TSES_ISSUE_41-P8-P10.pdf > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

MARTINS, C.E.C. et al. Effects of leucine supplementation and resistance training on myopathy of diabetic rats. **Physiological reports**, v. 5, n. 10, e 13273, 2017. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5449559/> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

MCARDLE, W.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2003.

MOORE, D.R. et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. **Am J Clin Nutr**, v. 89, n.1, p.161-168, 2009. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19056590> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

MOORE, D.R. et al. Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. **Nutrition & metabolism**, v. 9, n. 1, p. 91, 2012. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23067428> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

NOGUEIRA, G.M. **Treino de resistência e suplementação proteica para a hipertrofia muscular**. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina) - Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

NORTON, L.E.; LAYMAN, D.K. Leucine regulates translation initiation of protein synthesis in skeletal muscle after exercise. **The Journal of nutrition**, v. 136, n. 2, p. 533S-537S, 2006. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16424142> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

OLIVEIRA, R.A. Efeitos da combinação de diferentes suplementos alimentares na hipertrofia muscular em praticantes de treinamento de força. **RBPFFEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 7, n. 40, 2013. Disponível em: < <http://www.rbpffex.com.br/index.php/rbpffex/article/view/524> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

OLIVEIRA, R.A. Efeitos de uma dieta rica em carboidratos na hipertrofia muscular em praticantes de treinamento de força. **RBPFFEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 8, n. 47, 2014. Disponível em: < <http://www.rbpffex.com.br/index.php/rbpffex/article/view/643> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

PARREIRAS, L.S. et al. Análise centesimal e sensorial de diferentes marcas de whey protein comercializadas no Brasil. **e-Scientia**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2014. Disponível em: < <http://revistas.unibh.br/index.php/dcbas/article/view/1399> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

PASCHOAL, V.; NAVES, A. **Tratado de nutrição esportiva funcional**. 1º ed. São Paulo: Roca, 2014. 752p.

PASIAKOS, S. M. et al. Leucine-enriched essential amino acid supplementation during moderate steady state exercise enhances postexercise muscle protein synthesis. **The American journal of clinical nutrition**, v. 94, n. 3, p. 809-818, 2011. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21775557> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

PHILLIPS, S.M. et al. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. **Am. J. Physiol.**, v. 293, v. 1, pt. 1, p. E99-107, 1997. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9252485> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

PHILLIPS, S.M. The science of muscle hypertrophy: making dietary protein count. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 70, n. 01, p. 100-103, 2011. Disponível

em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21092368> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

PHILLIPS, S.M. Protein consumption and resistance exercise: maximizing anabolic potential. **Sports Science Exchange**, v. 26, n. 107, p. 1-5, 2013. Disponível em: < <https://www.gssiweb.org/en/sports-science-exchange/article/sse-107-protein-consumption-and-resistance-exercise-maximizing-anabolic-potential> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

PHILLIPS, S.M. A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 44, suppl. 1, p. 71-77, 2014. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4008813/> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

POSSEBON, J.; DE OLIVEIRA, V.R. Consumo de suplementos na atividade física: uma revisão. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 7, n. 1, p. 71-82, 2006. Disponível em: < <https://www.periodicos.unifra.br/index.php/disciplinarumS/article/view/904/848> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

REITELSEDER, S. et al. Whey and casein labeled with L-[1-13C] leucine and muscle protein synthesis: effect of resistance exercise and protein ingestion. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 300, n. 1, p. E231-E242, 2011. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21045172> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

RIBEIRO, A.S. et al. Effects of traditional and pyramidal resistance training systems on muscular strength, muscle mass, and hormonal responses in older women: a randomized crossover trial. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 7, p. 1888-1896, 2017. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27749731> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

ROGERO, M.M.; TIRAPGUI, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 4, p. 17-20, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcf/v44n4/v44n4a04.pdf> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

SCHOENFELD, B.J. et al. Pre-versus post-exercise protein intake has similar effects on muscular adaptations. **PeerJ**, v. 5, e2825, 2017. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5214805/> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

SCHOENFELD, B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **J Strength Cond Res**, v. 24, n.10, p.2857-2872, 2010. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20847704> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

SCHOENFELD, B.J.; ARAGON, A.A; KRIEGER, J.W. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. **J Int Soc Sports Nutr**, v. 10, n.1, p.

53, 2013. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24299050> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

SCHOENFELD, B.J. Postexercise hypertrophic adaptations: A reexamination of the hormone hypothesis and its applicability to resistance training program design. **J Strength Cond Res**, v.27, n.6 p.1720–1730, 2013. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23442269> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

SEYNNES, O.R.; DE BOER, M.; NARICI, M.V. Early skeletal muscle hipertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **J Appl Physiol.**, v. 102, n. 1, p. 368-373, 2007. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17053104> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

SOUZA, L.B.L.; PALMEIRA, M.E.; PALMEIRA, E.O. Eficácia do uso de whey protein associado ao exercício, comparada a outras fontes proteicas sobre a massa muscular de indivíduos jovens e saudáveis. **RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 54, p. 607-613, 2016. Disponível em: < <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/589> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

SPIERING, B.A. et al. Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. **Sports Med.**, v. 37, n.7, p. 527-540, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18557656> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

STARK, M. et al. Protein timing and its effects on muscular hypertrophy and strength in individuals engaged in weight-training. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 54, 2012. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23241341> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

TANG, J.E. et al. Resistance training alters the response of fed state mixed muscle protein synthesis in young men. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.**, v. 294, n. 1, p. R172-178, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18032468> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

TANG, J.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, n. 3, p. 987-992, 2009. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19589961> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

TIPTON, K.D. Role of protein and hydrolysates before exercise. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 17, suppl. 1, p. S77-S86, 2007.

Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18577777> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

TIPTON, K.D. et al. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 281, n. 2, p. E197-E206, 2001. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11440894> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

TIPTON, K.D. et al. Acute response of net muscle protein balance reflects 24-h balance after exercise and amino acid ingestion. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 284, n. 1, p. E76-E89, 2003. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12388164> > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

THOMAS, D.T; ERDMAN, K.A; BURKE, L.M. Nutrition and Athletic Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.48, n.3, p.543-568, 2016. Disponível em: < <http://europepmc.org/abstract/med/26891166>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

TORRES-LEAL, F.L. et al. Aspectos atuais do efeito da leucina sobre o controle glicêmico e a resistência à insulina. **Nutrire Rev. Soc. Bras. Aliment. Nutr**, v. 35, n. 2, 2010. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/267807033_Aspectos_atuais_do_efeito_da_leucina_sobre_o_controle_glicemico_e_a_resistencia_a_insulina_Current_aspects_of_leucine_effect_on_glucose_control_and_insulin_resistance > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

VIANNA, D. et al. Protein synthesis regulation by leucine. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 1, p. 29-36, 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-82502010000100004 > Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

WEST, D.W.D et al. Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. **The American journal of clinical nutrition**, v. 94, n. 3, p. 795-803, 2011. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21795443>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

WITARD, O.C. et al. 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**, v. 99, n. 1, p. 86-95, 2014. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24257722>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

WILSON, J.; WILSON, G.J. Contemporary issues in protein requirements and consumption for resistance trained athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 7, 2006. Disponível em: < <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-3-1-7>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.

YANG Y. et al. Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. **J Nutr**, v.108, n.10, p.1780–1788, 2012.
Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22313809>> Acesso em: 2 de Novembro de 2017.