



unopar

**Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da
Saúde**

**PROTEINA E AUMENTO DA MASSA MUSCULAR EM PRATICANTES DE
EXERCÍCIOS RESISTIDOS**

LETICIA DOMINGUES

Londrina – Paraná
2023

LETICIA DOMINGUES

**PROTEINA E AUMENTO DA MASSA MUSCULAR EM PRATICANTES DE
EXERCÍCIOS RESISTIDOS**

Trabalho de Conclusão Final de Curso apresentada à Universidade Pitágoras UNOPAR, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Alex Silva Ribeiro

Londrina - Paraná

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D671p Domingues, Letícia
Proteína e aumento da massa muscular em praticantes de
exercícios resistidos. / Letícia Domingues. – Piza, 2023.
68 fl.

Orientador: Dr. Alex Silva Ribeiro
Dissertação (Mestrado em Exercício Físico na Promoção da
Saúde) – Unopar, 2023.

1. Treinamento resistido. 2. Hipertrofia muscular. 3.
Macronutriente. I. Ribeiro, Alex Silva. II. Título.

CDU 796

PROTEINA E AUMENTO DA MASSA MUSCULAR EM PRATICANTES DE EXERCÍCIOS RESISTIDOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Pitágoras UNOPAR, no Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde, área e concentração em “Dimensões Preventivas do Exercício Físico” como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Alex Silva Ribeiro
Universidade Pitágoras UNOPAR

Prof. Dr. Andreo Fernando Aguiar
Universidade Pitágoras UNOPAR

Prof. Dr. Matheus Amarante do Nascimento
Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR

Londrina, 28 março de 2023.

“Pois todas as coisas foram criadas por Ele, e tudo existe por meio Dele e para Ele. Glória a Deus para sempre! Amém”

Romanos 11:36

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me acompanhar nessa longa trajetória, me dando força nas horas necessárias e por ter me concedido a graça de finalizar esta etapa. Obrigada Senhor por me permitir realizar esse sonho!

A minha família (meus pais Odilson e Lucimeire e irmão Leonardo) que me ensinaram valores, por se abdicarem de momentos e de bens materiais, me incentivando a seguir em frente até a conclusão do curso.

A meu noivo Ivan, pela paciência e suporte, por sempre me incentivar e acreditar em mim. Sempre me dando força e amor ao longo de toda a minha trajetória.

Meu incalculável agradecimento, ao Professor orientador Dr. Alex Silva Ribeiro. Obrigada por entender as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento deste trabalho, pelo suporte, pelas correções e pelo incentivo até o fim do projeto.

Agradeço aos professores que compõem minha banca examinadora, Prof. Dr. Matheus e Prof. Dr. Andreo. Agradeço por aceitarem o convite e por toda contribuição neste trabalho.

Aos meus colegas de turma, por compartilharem comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado e por todo o companheirismo ao longo deste percurso.

E a todos, que direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

DOMINGUES, Letícia. **Proteína e aumento da massa muscular em praticantes de exercícios resistidos**. 44 páginas. Relatório Técnico. Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde. Centro de Pesquisa em Ciências da Saúde. Universidade Pitágoras Unopar, Londrina. 2022.

RESUMO

Adequados níveis de massa muscular esquelética são desejáveis ao longo da vida, por estar associado a melhora de vários indicadores de saúde, qualidade de vida e longevidade. Nesse sentido, a prática de exercícios resistidos vem sendo recomendada para promover melhora na aptidão muscular. Todavia, a magnitude das adaptações musculares induzidas pelo exercício resistido é dependente da adequada ingestão nutricional, com destaque para o consumo de proteínas. Portanto, o presente trabalho tem como principal propósito oferecer informações sobre a necessidade de ingestão de proteínas em indivíduos praticantes de exercícios resistidos visando hipertrofia muscular. Nesse sentido, será apresentado como produção técnica um livro com informações sobre ingestão de proteínas para praticantes de exercícios resistidos, que poderão capacitar e orientar os profissionais na determinação da dose diária recomendada bem como a distribuição da ingestão ao longo do dia, além das principais fontes proteicas. As informações utilizadas para elaboração deste material didático foram baseadas na revisão da literatura científica específica sobre o tema. Por fim, será apresentado um artigo científico que teve como principal objetivo verificar a influência da suplementação de whey protein na massa muscular de mulheres idosas praticantes de exercício resistido.

Palavras-chave: treinamento resistido, hipertrofia muscular, macronutriente.

DOMINGUES, Leticia. **Protein and increase of muscle mass in resistance exercise practitioners**. 44 pages. Technical Report. Professional Master's in Exercise in Health Promotion. Research Center on Health Sciences. Pitágoras Unopar University, Londrina. 2022.

ABSTRACT

Adequate skeletal muscle mass levels are desirable throughout life, as it is associated with improving several health indicators, quality of life, and longevity. In this sense, the practice of resistance exercises has been recommended to promote improvement in muscle fitness. However, the magnitude of muscle adaptations induced by resistance exercise depends on adequate nutritional intake, emphasizing protein consumption. Therefore, the main purpose of this work is to offer information about the need for protein intake in individuals who practice resistance exercises aiming at muscular hypertrophy. In this sense, a book with information on protein intake for resistance exercise practitioners will be presented as a technical production, which will be able to train and guide professionals in determining the recommended daily dose as well as the distribution of intake throughout the day, in addition to the main sources of proteins. The information used to prepare this didactic material was based on a review of the specific scientific literature on the subject. Finally, a scientific article will be presented whose main objective is to verify the influence of whey protein supplementation on the muscle mass of older women undergoing resistance exercise.

Keywords: resistance training, muscle hypertrophy, macronutrient.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Estrutura básica de um aminoácido	23
Figura 1.2 – Proposta de plano alimentar para paciente que realiza quatro refeições ao dia	33
Figura 1.3 - Proposta de plano alimentar para paciente que realiza seis refeições ao dia	34
Figura 4 - Adjusted mean by ANCOVA to post-training and the 95% confidence interval according to the groups for skeletal muscle mass (Panel A) and fat mass	56
Figura 5 - Relative change from pre-training to post-training according to groups for skeletal muscle mass and fat mass. Data presented as mean and 95% confidence interval.	56
Figura 6 - Composite z-score changes from pre-training to post-training of the body recomposition according to groups. Data are presented as mean and standard deviation.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Recomendações gerais de ingestão de proteínas para praticantes de treinamento resistido segundo a Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva.....32

Quadro 1.2 - Recomendações gerais de ingestão de proteínas para praticantes de treinamento resistido segundo o Colégio Americano de Medicina do Esporte33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Lista de subdivisão dos aminoácidos	24
Tabela 1.2 - Fontes comuns de proteína dietética classificadas pela qualidade da proteína.....	29
Tabela 1.3 - Fontes alimentares de proteína.....	30
Tabela 1.4 - Informação nutricional de diferentes tipos de suplementos proteicos...	32

SUMÁRIO

1	PRODUTO TÉCNICO.....	11
1.1	INTRODUÇÃO.....	11
1.2	MÚSCULO ESQUELÉTICO	12
1.2.1	<i>Estrutura</i>	12
1.2.2	<i>Hipertrofia muscular</i>	13
1.3	RECOMENDAÇÕES GERAIS DE TREINAMENTO RESISTIDO	19
1.3.1	<i>Intensidade</i>	19
1.3.2	<i>Intervalo de recuperação entre as séries</i>	19
1.3.3	<i>Velocidade do movimento e ação muscular</i>	20
1.3.4	<i>Volume</i>	21
1.3.5	<i>Seleção dos exercícios</i>	21
1.3.6	<i>Ordem dos exercícios</i>	22
1.4	PROTEÍNA.....	22
1.4.1	<i>Características das proteínas</i>	22
1.4.2	<i>Horário de ingestão</i>	27
1.4.3	<i>Fontes proteicas</i>	29
1.4.4	<i>Suplementos proteicos</i>	31
1.4.5	<i>Recomendações gerais</i>	32
1.4.6	<i>SUGESTÃO DE PLANOS ALIMENTARES:</i>	33
	REFERÊNCIAS	34
2	ARTIGO CIENTIFICO	47
2.1	ABSTRACT	48
2.2	INTRODUCTION.....	49
2.3	METHODS.....	50
2.3.1	<i>Experimental design</i>	50
2.3.2	<i>Participants</i>	50
2.3.3	<i>Anthropometry</i>	51
2.3.4	<i>Body composition</i>	51
2.3.5	<i>Dietary intake</i>	51
2.3.6	<i>Resistance training</i>	52
2.3.7	<i>Supplementation protocol</i>	53
2.3.8	<i>Statistical analyses</i>	53
2.4	RESULTS	54
2.5	DISCUSSION.....	58
2.6	CONCLUSION	60
	REFERENCES	61
	ANEXO A - CERTIFICADO DE PROFICIÊNCIA EM INGLÊS.....	67
	ANEXO B - CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO.....	68

1 PRODUTO TÉCNICO

PROTEINA E HIPERTROFIA MUSCULAR EM PRATICANTES DE TREINAMENTO RESISTIDO

1.1 INTRODUÇÃO

Adequados níveis de massa muscular esquelética são desejáveis ao longo da vida, devido à aptidão neuromuscular estar associada à melhora de vários indicadores de saúde, qualidade de vida e longevidade ⁽¹⁻⁶⁾. O músculo esquelético exerce papel fundamental na produção de força para locomoção, realização das atividades da vida diária e desempenho esportivo. Ainda, o músculo esquelético também tem papel na regulação metabólica, sendo importante na captação da glicose, produção e liberação de miocinas ⁽⁷⁻¹⁰⁾. Além disso, evidências científicas também indicam que baixos níveis de aptidão neuromuscular aumentam o risco para o desenvolvimento de doenças crônicas, como diabetes tipo II e doenças cardiovasculares ^(11, 12), bem como aumento no risco de quedas ^(13, 14) e redução na capacidade de realizar atividades de vida diária ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾.

Desta forma, algumas estratégias são sugeridas para promover aumento da musculatura esquelética, bem como sua manutenção ao longo da vida. Dentre as estratégias não farmacológicas, duas recebem destaque: a prática regular de treinamento resistido (TR) e a adequada ingestão proteica ^(18, 19).

O TR é a principal modalidade de exercício físico para promover aumento da massa muscular esquelética devido, sobretudo, ao potencial em induzir os estímulos mecânicos, metabólicos e hormonais necessários para ativar os mecanismos fisiológicos mediadores do processo de hipertrofia muscular ^(20, 21). Contudo, para otimizar os ganhos musculares proporcionados pelo TR, é necessária uma alimentação balanceada com adequada ingestão de proteínas ⁽¹⁹⁾. A literatura científica indica uma relação de dose-resposta entre a ingestão de proteínas e o aumento da massa muscular esquelética em praticantes de TR ⁽²²⁻²⁴⁾.

Portanto, o objetivo do presente livro será, a partir dos dados disponíveis na literatura científica, oferecer informações sobre a ingestão de proteína associada ao

TR para promover aumento da massa muscular esquelética. Além disso, o livro apresentará subsídios sobre horário e dose por refeição relacionados à ingestão de proteínas e aumento da massa muscular.

1.2 MÚSCULO ESQUELÉTICO

1.2.1 Estrutura

A musculatura esquelética constitui cerca de 40-50% da massa corporal total e, por estar fixado ao esqueleto, possui função de produção de força para o movimento articular e sustentação postural. Embora a função mais evidente seja a produção de movimento, o músculo esquelético também possui papel importante no metabolismo, sendo considerado um órgão endócrino que produz e libera substâncias que afetam a regulação de outros sistemas orgânicos ⁽⁹⁾.

A macroestrutura do músculo esquelético é dividida em duas partes: a parte vermelha, chamada de ventre muscular, que contém a parte contrátil do músculo; e a parte branca conhecida como tendão, que fica nas extremidades do ventre muscular conectando o músculo aos ossos.

A célula especializada do músculo esquelético é a fibra muscular, que é uma célula cilíndrica, alongada e multinucleada, que se estende por todo o comprimento do músculo. A fibra muscular é formada por uma elevada quantidade de miofibrilas, que contêm os miofilamentos contráteis de actina e miosina, logo, as miofibrilas são numerosas estruturas filamentosas, onde estão contidas as proteínas contráteis. O local de interação entre a actina e a miosina recebe o nome de sarcômero. A miofibrila contém milhares de sarcômeros no prolongamento da fibra, ou seja, as miofibrilas são constituídas de cadeias de sarcômeros. Além dos filamentos contráteis de actina e miosina, o sarcômero também é formado por uma série de proteínas estruturais. Portanto, a actina e a miosina se agrupam formando miofibrila, que se agrupam formando fibra muscular. Por sua vez, um conjunto de fibras forma um feixe muscular e um conjunto de feixes forma o ventre muscular.

A membrana da fibra muscular é denominada de sarcolema. Entre o sarcolema e abaixo da lâmina basal, ficam localizadas as células-satélites, que exercem papel fundamental no processo de reparo e hipertrofia muscular. Essas células, quando estimuladas, possuem capacidade de se multiplicarem e se fundir a fibra muscular, formando um novo núcleo. O aumento na quantidade de núcleos intensifica a capacidade das fibras de sintetizar proteínas musculares, o que auxilia no processo de hipertrofia muscular. Essa adição é uma adaptação para que a fibra mantenha uma proporção constante de volume celular e núcleo, o que é chamado de domínio micronuclear. Um núcleo é capaz de sustentar a expressão gênica necessária somente em uma área limitada. Dessa forma, para manter constante esse domínio, novos núcleos são adicionados à célula.

A camada de tecido conjuntivo que envolve o músculo é o epimísio. O feixe muscular (conjunto de fibras) também fica revestido por um tecido conjuntivo chamado de perimísio. Ainda, cada fibra muscular também é individualmente revestida por uma membrana de tecido conjuntivo, chamada de endomísio. O prolongamento dessas bandas de tecido conjuntivo forma os tendões na extremidade dos músculos. O tendão é um tecido conjuntivo altamente denso, rico em colágeno e muito resistente, que conecta e fixa o músculo na estrutura óssea, assim, a contração gerada pelo músculo é transmitida para o tecido conjuntivo, gerando a tração no osso e produzindo o movimento articular.

O músculo esquelético é controlado voluntariamente e a contração muscular ocorre mediante o deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina. Essa teoria do deslizamento dos filamentos foi descrita por Andrew Huxley na década de 50, apresentando uma série de passos para a contração muscular, portanto, conhecida como teoria dos filamentos deslizantes ou teoria de Huxley.

1.2.2 Hipertrofia muscular

O músculo esquelético é um tecido plástico que pode se adaptar aos estímulos proporcionados pelos exercícios resistidos. O principal fator para o aumento da massa muscular é o aumento do tamanho das fibras musculares, processo conhecido como hipertrofia muscular. Para que esse processo ocorra, é necessária a produção de estímulos específicos proporcionados pelo exercício físico, além de uma adequada

ingestão de calorias e de macronutrientes, para que durante o período de recuperação, as fibras musculares passem pelo processo de remodelamento.

O processo de hipertrofia muscular é um fenômeno complexo por ser multifatorial e multicausal. Entretanto, três estímulos são sugeridos como os principais fatores associados ao crescimento muscular: a tensão mecânica, o estresse metabólico e o dano muscular induzido pelo exercício ^(20, 21). Dentre estes estímulos, acredita-se que o estímulo tensional tenha um papel central para a hipertrofia muscular ⁽²¹⁾. Desta forma, o TR é uma das principais formas de exercício físico para otimizar o ganho de massa muscular, uma vez que o TR resulta em uma elevada tensão mecânica na fibra muscular ⁽²⁰⁾.

A tensão é percebida na membrana celular por receptores específicos que detectam essa tensão e respondem com sinal químico intracelular. Este processo é conhecido como mecanotransdução, em que o estímulo mecânico é transformado em sinais bioquímicos, que resultam em uma série de eventos intracelulares que inicia uma cascata de eventos mediadores da hipertrofia. Em última instância, a tensão mecânica eleva a síntese proteica muscular, e proporciona estímulo para células satélites atuarem no processo de hipertrofia muscular. Também ocorre um aumento da biogênese ribossomal, elevando a quantidade de ribossomos e, portanto, aumentando a capacidade do músculo em sintetizar proteína.

De forma básica, a tensão mecânica é o tipo de força que tenta esticar um material. Por exemplo, ao realizar o exercício rosca direta, flexionamos o cotovelo de modo que os músculos flexores de cotovelo se encurtem. Todavia, a resistência, devido à ação da gravidade, impõe uma força contrária, que levaria ao alongamento do músculo. Logo, para que ocorra a flexão do cotovelo, a força muscular produzida deve ser maior do que a resistência oferecida pelo peso utilizado no exercício somado à força gravitacional. Portanto, durante a realização dos exercícios resistidos, os músculos precisam se encurtar para superar forças que tentam alongá-los. Os músculos também são expostos a forças de alongamento na fase excêntrica do movimento.

Existe uma relação direta entre o peso utilizado no exercício e o estímulo mecânico, no entanto, não é correto afirmar que apenas cargas pesadas produzem níveis de tensão mecânica suficientes para promover a hipertrofia. Estudos indicam que cargas próximas de 30% de uma repetição máxima (1RM) parecem ser suficientes para estimular hipertrofia ⁽²⁵⁾. Assim, tanto cargas pesadas quanto cargas leves podem

produzir níveis de tensão mecânica nas fibras musculares para induzir hipertrofia muscular. Embora o estímulo mecânico tenha um papel chave para promover hipertrofia, provavelmente não atue sozinho e outros mecanismos também podem estar envolvidos. Nesse sentido, o estímulo metabólico e o dano muscular também podem estimular a resposta hipertrófica ^(20, 21).

O estresse metabólico refere-se ao acúmulo de subprodutos do metabolismo energético, especialmente da glicólise anaeróbia, no músculo ativo, como, por exemplo, o lactato, o hidrogênio e o fosfato inorgânico ⁽²⁶⁾. Este acúmulo de metabólitos pode mediar a hipertrofia via alterações de fatores que possuem potencial contribuição para o processo de hipertrofia, tais como: o aumento do recrutamento de fibras musculares; a elevada produção de espécies reativas de oxigênio, aumento de produção local de miocinas anabólicas e redução de miocinas catabólicas, elevação dos níveis de hormônios anabólicos e hidratação celular ^(26, 27).

Em termos práticos, o estresse metabólico será maior nas séries que demandam muito da glicólise anaeróbia (sistema anaeróbio láctico) para produção de energia, sistema de ressíntese de ATP, que é caracterizado por elevadas concentrações de hidrogênio e de lactato e acidose metabólica. A glicólise anaeróbica é dominante durante o exercício com duração de 15 a 120 s. Por exemplo, realizar uma série de 12 repetições até a falha (com um tempo total sob tensão de 34 a 40 s) eleva os níveis de lactato muscular para 91 mmol/kg, e os valores aumentam para 118 mmol/kg após três séries ⁽²⁸⁾. Em contraste, o acúmulo mínimo de metabólitos é observado em protocolos envolvendo cargas muito pesadas ($\geq 90\%$ de 1RM), uma vez que as curtas durações das séries (geralmente < 10 s por série) utilizam principalmente o sistema dos fosfagênicos para fornecimento de energia. Além disso, a oxigenação muscular é comprometida durante as séries que dependem do sistema glicolítico anaeróbio, uma vez que a compressão persistente do fluxo circulatório ao longo de uma série com maior quantidade de repetições resulta em hipóxia aguda, aumentando assim, o acúmulo de metabólitos no músculo ativo.

De fato, existem alguns indicativos na literatura de que o acúmulo de metabólitos parece estar associado à hipertrofia muscular ^(29, 30). Um dos principais tipos de estudo que sugere potencial hipertrófico do estresse metabólico são os experimentos realizados com restrição de fluxo sanguíneo, em que apesar de empregar intensidades muito baixas (ex: 20% de 1RM) é observado que esse método de treinamento pode induzir a hipertrofia muscular em uma magnitude semelhante ao

treino tradicional com maior intensidade ⁽³¹⁾. Em apoio adicional ao efeito do estresse metabólico sobre a hipertrofia, foram observados aumentos significativos na área transversal do músculo da coxa em homens em idade universitária após três semanas de caminhada com restrição de fluxo sanguíneo dos membros inferiores ⁽³²⁾. Considerando que indivíduos jovens e saudáveis geralmente não tendem a hipertrofiar os músculos com a realização de exercícios aeróbicos de baixa intensidade, o estudo fornece evidências de que outros fatores além da tensão mecânica podem mediar as adaptações hipertróficas.

Todavia, apesar das evidências sugerindo que o estresse metabólico induzido pelo exercício possa induzir a uma resposta hipertrófica, ainda precisa ser determinado se esses efeitos são aditivos ao estímulo de tensão mecânica, ou talvez redundante, desde que um determinado limite de tensão mecânica seja alcançado, ou seja, ainda não está claro se esses efeitos relacionados ao estresse metabólico têm relação sinérgica com a tensão mecânica ou se são redundantes.

O exercício físico pode causar microrrupturas no músculo esquelético, fenômeno conhecido como dano muscular induzido pelo exercício. A extensão do dano muscular depende de fatores como volume e intensidade de treino, do tipo de ação muscular e do nível de treino. Acredita-se que o dano muscular desencadeia uma cascata de respostas subseqüentes, que resultam em níveis aumentados de síntese proteica muscular e a ativação das células satélites, fatores necessários para o crescimento muscular ^(33, 34). Além disso, o dano muscular também resulta em um processo inflamatório local, que também é especulado como um mediador do processo de hipertrofia muscular ⁽³⁴⁻³⁷⁾.

Alguns estudos indicam que o dano muscular pode promover hipertrofia de forma independente de outros mecanismos. Por exemplo, um estudo observou que a exposição dos músculos tibiais anteriores à injeção de uma toxina indutora de lesão, resultou em fibras musculares maiores e em uma contagem de células satélites três vezes maior em comparação com fibras não lesionadas ⁽³⁸⁾. Outro estudo reportou que o transplante de células satélites em miofibras danificadas provoca um aumento na hipertrofia muscular ao longo da vida de um animal ⁽³⁹⁾. Desta forma, esses dados sugerem que o dano muscular, isoladamente, possui potencial para aumento no número de células satélites e pode fornecer estímulo suficiente para induzir o crescimento muscular. No entanto, esses protocolos experimentais foram empregados em modelos animais, logo, têm relevância mínima para protocolos de

exercícios em humanos e, portanto, as implicações práticas desses achados são limitadas.

Vale mencionar que o processo hipertrófico ainda ocorre sem presença do dano muscular ⁽⁴⁰⁾. Ademais, alguns autores sugerem que o dano muscular não apresenta qualquer função no processo de hipertrofia. Damas et al. ⁽⁴¹⁾ conduziram um experimento que refuta o papel hipertrófico do dano muscular no processo de hipertrofia. No estudo, 10 homens jovens não treinados realizaram um programa de TR durante 10 semanas. A síntese proteica muscular e o dano muscular foram avaliados após a primeira sessão de treinamento, após três semanas de treinamento e ao final do período de estudo de 10 semanas. Os resultados mostraram maior dano muscular e maiores aumentos na síntese de proteína muscular após a sessão inicial do que após as sessões posteriores. Todavia, apesar da alta correlação entre o dano muscular inicial com os altos níveis de síntese proteica muscular, esses resultados não se correlacionaram com a hipertrofia muscular obtida no final do estudo; somente após a atenuação do dano muscular, na semana três, os resultados mostraram associação entre síntese proteica e hipertrofia. Isso levou à especulação de que a síntese de proteína muscular induzida pelo exercício é direcionada apenas para gerar hipertrofia muscular após a atenuação do dano muscular. Embora o estudo de Damas et al. ⁽⁴¹⁾ tenha demonstrado que o dano muscular inicial não está necessariamente associado à hipertrofia induzida pelo exercício ao longo do tempo, tais achados não devem ser usados para fazer inferências sobre os efeitos de longo prazo do dano muscular nas adaptações musculares. Portanto, não é possível determinar se algum nível de dano muscular experimentado pelos sujeitos ao longo do estudo contribuiu para as alterações hipertróficas observadas. A conclusão que pode ser feita é que o dano produzido por uma sessão inicial em indivíduos destreinados parece ser direcionado para reparo estrutural em oposição à hipertrofia. Vale lembrar que o dano muscular experimentado na semana inicial não se repete e tende a diminuir nas sessões subsequentes. Portanto, os efeitos da exposição repetida a níveis variados de dano muscular não podem ser avaliados no desenho experimental específico deste estudo.

Apesar da base teórica bem fundamentada para o papel do dano muscular na hipertrofia, a literatura científica ainda permanece inconclusiva e ambígua sobre o papel do dano muscular no processo de hipertrofia muscular. Portanto, ainda não foi estabelecida de forma clara se existe uma relação causa-efeito entre o dano muscular

e hipertrofia. Ademais, caso de fato exista tal relação, ainda é preciso determinar o grau de dano necessário para otimizar a hipertrofia. Uma vez que, mesmo no caso de haver uma relação de causa-efeito entre dano muscular e hipertrofia, seria bastante provável a existência de um limiar para um estímulo hipertrófico, em que danos adicionais não irão conferir mais benefícios, e o excesso de dano muscular, poderia, inclusive prejudicar o crescimento muscular. Além disso, também seria preciso determinar até que ponto esses mecanismos propostos são sinérgicos ao estímulo tensional e se existe uma combinação ideal para maximizar a resposta hipertrófica induzida pelo TR.

De forma geral, os estudos verificando a contribuição do dano muscular para a hipertrofia são estudos indiretos e de difícil extrapolação das informações. Portanto, há uma escassez de pesquisas que investiguem diretamente a relação causal entre o dano muscular e a hipertrofia. Sobretudo porque estudar adequadamente o tópico exigiria a realização de um estudo no qual um grupo apresenta danos leves a moderados e, outro grupo treina com danos mínimos. Entretanto, para treinar com diferentes níveis de dano muscular, será necessária a manipulação de outras variáveis de treino, o que dificultaria a interpretação dos dados na tentativa de isolar o efeito do dano muscular, confundindo a capacidade de determinar a causalidade entre o dano muscular e a hipertrofia, uma vez que os resultados poderão não ser exclusivamente de um menor ou maior nível de dano muscular. Além disso, o dano muscular não é linear ao longo do processo de treinamento, sendo significativamente maior após a primeira sessão do que nas seguintes, havendo uma atenuação após as primeiras sessões de treino. No geral, a dificuldade em controlar variáveis de confusão ao tentar estudar os efeitos do dano muscular na hipertrofia em ensaios clínicos aleatorizados em humanos impede nossa capacidade de realizar inferências conclusivas.

Vale salientar que os estímulos hipertróficos não são necessariamente redundantes e podem atuar sinergicamente promovendo a hipertrofia. A dificuldade em tentar realizar inferências de estudos experimentais sobre os mecanismos hipertróficos é limitado devido à capacidade de isolar os efeitos de um do outro de forma prática. Dificultando em atribuir o quanto a hipertrofia está associada a fatores tensionais, metabólicos ou dano muscular.

1.3 RECOMENDAÇÕES GERAIS DE TREINAMENTO RESISTIDO

A prática regular de TR é uma modalidade de exercício físico recomendada para promover o aumento da massa muscular ⁽⁴²⁾. As adaptações musculares induzidas pelo TR são dependentes da manipulação de variáveis de prescrição como, por exemplo, volume, intensidade, seleção e ordem dos exercícios, entre outras ^(20, 42). As principais variáveis a serem consideradas no processo de montagem de um programa de TR serão brevemente abordadas a seguir.

1.3.1 Intensidade

A intensidade dos exercícios resistidos está relacionada ao grau de esforço que o sujeito realiza em um determinado exercício em relação à sua força máxima. A literatura científica indica que é possível obter hipertrofia muscular em uma ampla gama de intensidade, e alguns estudos indicam que o limiar mínimo de intensidade da zona hipertrófica parece iniciar a partir de 30% da força máxima ^(25, 43-45). Contudo, embora seja possível maximizar a hipertrofia com diferentes intensidades, é recomendada a utilização de cargas moderadas, ou seja, intensidade variando entre 8 e 12 repetições máximas e entre 60-85% da força máxima. Uma vez que esta intensidade é eficaz para maximizar a hipertrofia muscular, além de permitir melhor sensação de prazer e menor desconforto ^(46, 47). Alguns estudos indicam que a variação da intensidade pode conferir algum benefício, especialmente para indivíduos mais treinados ^(48, 49).

1.3.2 Intervalo de recuperação entre as séries

O tempo de recuperação entre as séries pode afetar o desempenho do exercício, no qual é observado que intervalos muito curtos tendem a prejudicar o desempenho em séries subsequentes e, conseqüentemente, atenuar a resposta hipertrófica ⁽⁵⁰⁻⁵⁴⁾. A recomendação é utilizar um intervalo entre as séries de 60-120 s, o que já pode ser suficiente para manter o desempenho entre as séries e otimizar a hipertrofia muscular ^(42, 55). Porém, esse tempo ainda pode depender do tipo de

exercício utilizado, uma vez que exercícios multiarticulares como agachamento, *leg press*, supino, puxada e remada, podem requerer um intervalo maior para a manutenção do desempenho, uma vez que, naturalmente, os exercícios que envolvem maior quantidade de articulações tendem a induzir maior demanda fisiológica e, portanto, podendo necessitar de maior tempo de recuperação entre as séries para evitar queda acentuada no desempenho.

1.3.3 Velocidade do movimento e ação muscular

A utilização da ação muscular dinâmica, envolvendo as fases concêntrica e excêntrica, é recomendada para promover hipertrofia muscular ⁽⁴²⁾. A fase concêntrica é realizada quando o músculo produz força encurtando seu comprimento, ao passo que a ação excêntrica é realizada quando o músculo produz força alongando seu comprimento. A fase excêntrica é executada a favor da resistência, ou seja, é a tendência natural do movimento, logo, é necessário realizar um movimento controlado, utilizando um freio excêntrico. Estudos comparando diferentes velocidades na fase excêntrica indicam que um movimento entre 2-4 s parece ser suficiente para otimizar a hipertrofia ⁽⁵⁶⁻⁵⁸⁾. Por outro lado, a ação concêntrica é sempre realizada contra a resistência. Com relação à cadência da fase concêntrica e a hipertrofia muscular, a literatura científica ainda não é consistente, sobretudo devido à escassez de experimentos comparando diferentes tempos de ação concêntrica. Porém, estudos comparando a velocidade concêntrica indicam uma velocidade de até seis segundos pode otimizar a hipertrofia, mas velocidades muito lentas podem prejudicar a resposta hipertrófica ^(59, 60). Vale destacar que devido à relação força-velocidade, o controle voluntário da velocidade da ação concêntrica será possível somente com intensidades leves e moderadas, em que não é possível executar o movimento com alta velocidade com intensidades ^(61, 62). Além disso, a fadiga muscular também afeta a velocidade concêntrica e a velocidade tende a reduzir e com o estabelecimento da fadiga.

1.3.4 Volume

O volume refere-se à quantidade de treino, e uma das formas práticas sugeridas para quantificação do volume é a partir da contabilidade da quantidade de séries semanais realizadas para um grupo muscular específico, ou seja, o volume de série semanal ⁽⁶³⁾. O volume de série é um importante mediador da hipertrofia muscular e a literatura científica indica uma clara relação de dose-resposta entre o volume de séries e a hipertrofia muscular ^(64, 65).

A realização de nove séries semanais é considerada um volume baixo, entre 10 e 20 séries um volume moderado, entre 20 e 30 séries um volume alto e acima de 30 séries um volume muito alto. A tomada de decisão de qual volume utilizar vai depender da necessidade e o objetivo do praticante, e será necessário identificar o volume mínimo efetivo, o volume máximo adaptativo, o volume máximo recuperável e o volume de manutenção.

Uma variável que afeta o volume de treino é a frequência semanal, que se refere a quantas vezes o músculo é treinado no período de uma semana. As evidências científicas indicam que se o volume semanal total for similar, a frequência não afeta significativamente a hipertrofia ⁽⁶⁶⁾. No entanto, maiores frequências de treino permitem maior acúmulo de volume semanal, logo, permitem acumular mais treino durante a semana, e isso reflete em resultados superiores em termos de hipertrofia muscular.

1.3.5 Seleção dos exercícios

Uma adequada seleção dos exercícios é uma das principais tomadas de decisão por parte do profissional responsável pela prescrição do treino. Os principais parâmetros utilizados para selecionar os exercícios são: a eficácia, a segurança e o conforto ^(67, 68). A eficácia do exercício refere-se ao quanto o exercício é capaz de produzir hipertrofia no músculo desejado, ao passo que a segurança está relacionada ao potencial lesivo que o exercício pode oferecer às articulações envolvidas. Vale destacar que os exercícios resistidos são seguros quando realizados com técnica adequada e carga compatível. Todavia, dependendo da condição do aluno, especialmente no que tange a problemas articulares já estabelecidos, o praticante

pode ser contraindicado para realizar algum movimento específico. O parâmetro conforto é mais subjetivo e tem uma variação maior entre os praticantes. Porém, é importante que o profissional atente para este parâmetro, uma vez que ele pode estar associado à manutenção do sujeito no longo prazo. Ainda, a seleção do exercício depende do objetivo e necessidade do aluno, de forma geral pode-se escolher entre máquinas e pesos livres pois ambos são eficazes para promover hipertrofia ^(69, 70).

1.3.6 Ordem dos exercícios

Após selecionar os exercícios, é necessário determinar a sequência destes dentro da sessão. A literatura científica indica que a ordem de execução dos exercícios não tem impacto significativo no processo de hipertrofia muscular ⁽⁷¹⁾. Desta forma, a sequência dos exercícios pode ser mais flexível dentro da sessão, não precisando ser algo rígido, podendo, inclusive, levar em consideração a prioridade e preferência individual além da disponibilidade dos exercícios.

1.4 PROTEÍNA

Para além de uma adequada prescrição de TR, será necessária uma adequada ingestão de macronutrientes, sobretudo da proteína para que ocorra a otimização da hipertrofia muscular. Neste sentido, a seguir, será apresentada as principais características e o metabolismo proteico, bem como a adequada ingestão de proteínas para praticantes de TR visando hipertrofia, além das principais fontes proteicas.

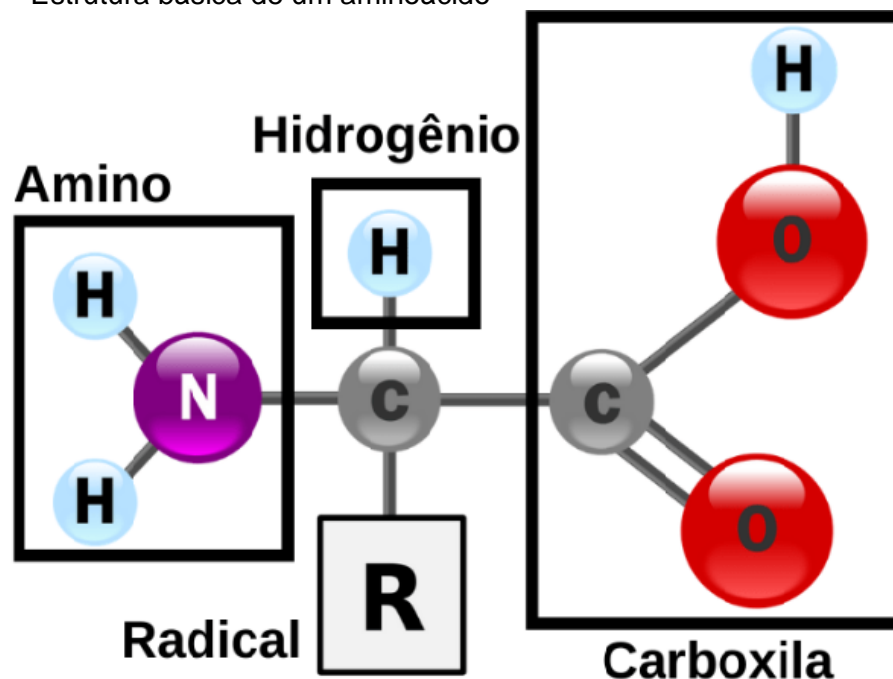
1.4.1 Características das proteínas

Do grego, a palavra proteína significa de primordial importância. Um adulto pode chegar a conter até 12kg de proteína, sendo encontrada, em sua grande maioria, no músculo esquelético.

As proteínas são indispensáveis pois são responsáveis pelo funcionamento adequado do organismo, permitindo a manutenção da integridade celular, o controle e regulação de funções celulares, reparação de danos, etc. As proteínas desempenham muitas funções importantes, entre elas: função estrutural (glicoproteínas que fazem parte das membranas celulares, as histonas que fazem parte dos cromossomos, o colágeno, presente na pele, cabelo, unhas e tendões, assim como a elastina e a queratina), função hormonal (insulina e glucagon são de natureza proteica), função de defesa (imunoglobulinas), função de transporte (hemoglobina e mioglobinas), função enzimática (as proteínas com funções enzimáticas são as mais numerosas) função contrátil (actina e miosina que constituem as miofibrilas), além da regulação da expressão genica.

As proteínas são formadas por aminoácidos que se agrupam entre si por ligações peptídicas. Existem quatro características comuns que constitui a estrutura geral de todos os aminoácidos (Figura 1): 1) Um carbono central; 2) um átomo de hidrogênio e um grupo radical; 3) um grupo amina em uma extremidade; 4) um grupo ácido orgânico na outra extremidade.

Figura 1.1 - Estrutura básica de um aminoácido



Fonte - Imagem adaptada – Wikipédia.

A ingestão de proteína é necessária para o funcionamento adequado do organismo, visto que a reserva desse macronutriente é relativamente menor que a reserva de carboidratos (glicogênio muscular e hepático) e gordura (adipócitos). Embora a proteína armazenada nos músculos possa ser utilizada como um substrato energético, sua contribuição é baixa para produção de energia.

As proteínas utilizadas pelo organismo são formadas por 20 aminoácidos, que são subdivididos em essenciais e não essenciais (naturais). Os aminoácidos não essenciais recebem esse nome porque o organismo é capaz de produzi-los a partir de outros aminoácidos, por um processo denominado de transaminação. Por outro lado, os aminoácidos essenciais precisam ser obtidos pela alimentação, uma vez que o corpo não consegue produzi-los.

Tabela 1.1 - Lista de subdivisão dos aminoácidos

ESSENCIAIS	NÃO ESSENCIAIS
Histidina	Alanina
Isoleucina	Arginina
Leucina	Asparagina
Lisina	Aspartato
Metionina	Cisteína
Fenilalanina	Glutamato
Treonina	Glutamina
Triptofano	Glicina
Valina	Prolina
	Serina
	Tirosina

Fonte: Elaborada pela autora.

A massa muscular esquelética é o resultado de processos contínuos e simultâneos da síntese de proteína muscular e do catabolismo proteico muscular, no qual o equilíbrio líquido entre estes dois processos determina se a massa muscular aumenta, diminui ou permanece constante ⁽⁷²⁾. Desse modo, para que ocorra o

aumento da massa muscular, a síntese proteica muscular deve superar o catabolismo de proteínas musculares, gerando um saldo positivo favorecendo a síntese proteica.

O aumento da síntese proteica muscular, em vez da supressão do catabolismo de proteínas musculares, é considerado o principal determinante das mudanças no balanço proteico líquido, uma vez que o processo de síntese proteica é mais sensível a flutuações enquanto o catabolismo proteico tende a permanecer mais constante ao longo do dia ⁽¹⁸⁾. A ingestão de proteínas é um fator que eleva significativamente a taxa de síntese proteica muscular. Entretanto, embora a ingestão isolada de proteínas eleve a síntese proteica, isso ainda não é suficiente para promover substancial aumento de massa muscular, ou seja, é necessário o estímulo mecânico proporcionado pelo exercício físico, sobretudo o TR.

A esse respeito, há um efeito sinérgico da ingestão proteica e o TR no aumento da síntese proteica muscular, produzindo maiores efeitos em comparação com a resposta da ingestão de proteína ou do exercício isoladamente ^(18, 73, 74). Nesse sentido, o balanço proteico líquido positivo resultante fornece a base para a hipertrofia muscular com sessões repetitivas de TR e ingestão adequada de proteínas ao longo de várias semanas e meses.

Para além das manipulações nas variáveis que compõem a prescrição do treino, a magnitude da hipertrofia pelo TR também é dependente de uma adequada ingestão de nutrientes. Dentre os parâmetros nutricionais, destaca-se a adequada ingestão de proteínas, no qual é observada uma relação de dose-resposta entre a ingestão proteica e o aumento da massa muscular ^(22-24, 75), ou seja, para otimizar o aumento da massa muscular é necessário um aporte adequado de proteínas. A seguir serão abordadas informações relacionadas ao consumo de proteínas orientado para aumento da massa muscular em praticantes de TR.

As proteínas são compostas por aminoácidos essenciais e aminoácidos não essenciais. Os aminoácidos não essenciais recebem esse nome porque o organismo é capaz de produzi-los a partir de outros aminoácidos, por um processo denominado de transaminação. Os aminoácidos essenciais, por sua vez, precisam ser obtidos pela alimentação, porque o corpo não consegue produzi-los.

Os músculos esqueléticos são constituídos por aproximadamente 15% de proteínas. A proteína é o macronutriente mais estudado em termos de resposta hipertrófica, havendo uma razoável quantidade de evidências científicas indicando a eficácia para a hipertrofia muscular ^(22-24, 75). Uma referência muito utilizada para

recomendação de ingestão de proteína e hipertrofia muscular é a meta-análise de Morton et al. ⁽²²⁾, na qual os autores observaram a existência de uma relação de dose-resposta entre a quantidade de proteína ingerida e a hipertrofia muscular, porém, também observaram a existência de um platô, com os ganhos estagnando a partir de 1,6 g/kg/d, e o intervalo de confiança máximo de 2,2 g/kg/d, e que consumir além dessa quantidade não induz mais benefícios hipertróficos. No geral, a recomendação para otimizar a hipertrofia muscular é de uma ingestão de proteínas na faixa de 1,4-2,0 g/kg/d ⁽⁷⁶⁻⁷⁸⁾.

Apesar do excesso de proteína ser oxidado e utilizado como fonte energética e não promover maior hipertrofia muscular, a ingestão proteica de atletas de fisiculturismo competitivos costuma ser maior do que o preconizado em diretrizes ⁽⁷⁹⁻⁸¹⁾. Por exemplo, Spendlove et al. ⁽⁸⁰⁾ observaram que a ingestão média de proteína de fisiculturistas masculinos é de 2,5 g/kg/dia na fase de hipertrofia, chegando a valores de até 4,3 g/kg/dia. Em parte, esse elevado consumo de proteína está associado ao controle da gordura corporal. Para otimizar a hipertrofia é necessário um superávit calórico ⁽⁸²⁻⁸⁴⁾ e, uma vez que um balanço energético positivo geralmente é acompanhado por um aumento da deposição de gordura, isso se torna problemático devido ao fato de que fisiculturismo é um esporte estético em que os competidores precisam atingir elevado nível muscular, mas também precisam de níveis muito baixos de gordura corporal.

Nesse sentido, existem algumas evidências de que consumir uma maior ingestão de proteína durante um período de superávit calórico pode induzir alterações positivas na gordura corporal sem comprometer os ganhos de massa magra ^(85, 86). Antonio et al. ⁽⁸⁵⁾ randomizaram 48 homens e mulheres com experiência no TR para consumir 2,3 ou 3,4 g/kg/dia de proteína em conjunto com um programa de TR por oito semanas. Os resultados indicaram que ambos os grupos aumentaram a massa magra em ~ 1,5 kg sem diferenças observadas entre os grupos. No entanto, o grupo com maior consumo proteico, apesar de consumir mais calorias (~ 400 kcal/dia), apresentou maior diminuição da massa gorda em comparação com o grupo de proteína mais baixa (- 2,4% vs. - 0,6%, respectivamente). Outro estudo com duração de oito semanas do mesmo laboratório ⁽⁸⁶⁾ observou que indivíduos que consumiam 800 kcal/dia adicionais por meio de uma ingestão maior de proteína (4,4 g/kg/dia) mostraram alterações semelhantes na massa gorda quando comparados a um grupo que consumiu uma ingestão normal de proteína (1,8 g/kg/dia).

A vantagem metabólica teorizada de uma maior ingestão de proteína pode ser, pelo menos em parte, mediada por um aumento no gasto energético de 24 horas e no gasto energético do sono ^(87, 88) Portanto, pode-se inferir que as calorias adicionais derivadas da proteína não são metabolizadas pelo organismo da mesma forma que os demais macronutrientes, de modo que o excesso de proteína é mais difícil de ser convertido em gordura, uma vez que o efeito térmico da proteína é maior em comparação ao do carboidrato e da gordura. Por isso, muitas vezes, praticantes e atletas preferem um superávit com mais proteínas pensando no controle da gordura corporal.

Além disso, a elevada ingestão proteica também pode auxiliar na manutenção da massa muscular durante uma dieta restritiva, na qual o objetivo principal é reduzir os níveis de gordura corporal. Consistente com a primeira lei da termodinâmica, alcançar um balanço energético negativo é necessário para reduzir os níveis de gordura corporal ⁽⁸⁹⁾. No entanto, restringir a ingestão de energia também pode reduzir concomitantemente a massa muscular. Assim, adotar estratégias que ajudem a reduzir o catabolismo muscular durante a fase de déficit calórico é fundamental para manutenção da massa muscular esquelética. A esse respeito, vários estudos mostram que uma dieta com maiores doses proteicas é mais eficaz na manutenção de massa livre de gordura durante a fase de perda de peso induzida pela dieta ⁽⁹⁰⁻⁹⁶⁾. A recomendação para dietas hipocalóricas é de 2,2-3,0 g/kg/d ⁽⁹⁶⁾. Os resultados podem ser atribuídos à capacidade de um maior aporte proteico em mitigar o declínio na síntese de proteína muscular durante períodos de restrição energética ^(97, 98).

Coletivamente, esses achados sugerem um benefício de uma dieta hiperproteica no controle da gordura corporal no período de superávit, e manutenção da massa muscular durante o período de déficit energético como uma forma eficaz de poupar massa muscular e otimizar a redução da gordura corporal.

1.4.2 Horário de ingestão

Após a determinação da dose diária de proteína a ser ingerida, o próximo passo é definir a quantidade de refeições diárias e o momento da ingestão. Embora a absorção de proteínas não seja limitada, existe um limite no aproveitamento da proteína consumida para aumentar a síntese proteica muscular ⁽⁹⁹⁾. Desta forma, a

partir de um certo ponto, por maior que seja a quantidade de aminoácidos disponibilizados na corrente sanguínea, não haverá mais aumento de síntese proteica. Nesse sentido, experimentos foram conduzidos para determinar a dose ideal por refeição para melhor aproveitamento da síntese proteica muscular ⁽¹⁰⁰⁻¹⁰²⁾. No geral, os estudos concluem que doses variando entre 20-40 g de proteína por refeição parecem promover o melhor aproveitamento da proteína ingerida para induzir elevação na síntese proteica muscular. Logo, são sugeridas multirefeições proteicas, com pelo menos três grandes refeições proteicas diárias ^(77, 78).

A sessão de exercício resistido promove um efeito de supercompensação na síntese proteica muscular, no qual os valores se elevam acima dos níveis pré-treino e esse aumento pode durar entre 24 e 48h. Além disso, existe uma janela anabólica logo após a sessão de TR, onde a síntese muscular proteica é otimizada ⁽¹⁰³⁻¹⁰⁵⁾. Assim, foi postulada a hipótese de que um consumo de proteína logo após o treino seria vantajoso para aproveitar essa janela anabólica e, assim, otimizar a hipertrofia. No entanto, estudos comparando o consumo de proteína nos momentos pós-treino não observaram vantagem na resposta hipertrófica em comparação ao consumo da mesma dose proteica em momentos mais distantes da sessão de treino, ⁽¹⁰⁶⁻¹⁰⁸⁾, ou seja, os estudos indicam que não existe a necessidade do consumo logo após o treino e que o mais importante é o consumo proteico ao longo do dia ⁽¹⁰⁹⁾.

Contudo, é importante ressaltar que a maioria destas informações foi produzida em estudos com sujeitos com pouca ou nenhuma experiência com o TR. Logo, ainda é possível especular que os resultados poderiam ocorrer de forma diferente em indivíduos mais treinados, que devido ao princípio da treinabilidade, apresentam menor sensibilidade para uma nova adaptação. Nesse sentido, Cribb e Hayes ⁽¹¹⁰⁾ conduziram um experimento com amostra de sujeitos treinados, no qual ambos os grupos ingeriram 32 g de proteína, 34 g de carboidrato e 5,6 g de creatina duas vezes ao dia. A diferença entre os grupos foi somente o momento da ingestão, no qual um grupo recebeu a suplementação antes e após o treino, ao passo que o outro grupo ingeriu a suplementação pela manhã e pela noite (com pelo menos 5h de intervalo com o treino). Esse estudo observou que o grupo que consumiu a suplementação no pré e pós treino teve maior ganho de massa livre de gordura e maior aumento da área de secção transversa das fibras musculares em comparação ao grupo que consumiu de manhã e à noite.

1.4.3 Fontes proteicas

Com relação a fonte proteica, foi sugerido que a proteína de origem animal poderia produzir resultados superiores para ganho de massa muscular devido as maiores respostas de síntese proteica muscular em comparação as de proteínas de origem vegetal ^(74, 111-114). As menores propriedades anabólicas das proteínas de origem vegetal são atribuídas ao reduzido teor de aminoácidos essenciais e à menor quantidade de aminoácidos específicos como, leucina, lisina e/ou metionina ^(115, 116).

Vale ressaltar que embora a síntese proteica muscular seja um importante pilar para o crescimento muscular, nem sempre maiores resultados agudos irão refletir em maiores adaptações no longo prazo ^(117, 118). Estudos que verificaram efeito crônico de diferentes fontes proteicas não observaram diferença entre proteína de fonte animal versus vegetal na hipertrofia muscular induzida pelo treinamento resistido quando a quantidade total de proteína é similar ^(119, 120).

Tabela 1.2 - Fontes comuns de proteína dietética classificadas pela qualidade da proteína.

ALIMENTO	CLASSIFICAÇÃO DA PROTEÍNA
Ovos	100
Peixes	70
Carne magra	69
Leite de vaca	60
Arroz integral	57
Arroz Branco	56
Soja	57
Trigo Integral	44
Amendoim	43
Feijões	34
Batata inglesa	34

Fonte: Adaptada de McArdle et al. ⁽¹²¹⁾.

Tabela 1.3 - Fontes alimentares de proteína.

FONTE	PROTEÍNA (g/100g)
Carne bovina magra	21,5
Peito de frango	22
Carneiro, carne magra	17,1
Bife suíno magro	19,5
Linguiça de porco	16,5
Presunto cru	16,7
Peito de peru	24
Coxa de peru	18
Ricota de vaca	8,8
Leite de vaca pasteurizado	3,6
Gorgonzola	19,1
logurte grego	6,4
logurte grego desnatado	9
Queijo Muçarela	18,7
Queijo tipo minas	18
Bacalhau	29
Atum escorrido em óleo	24,2
Salmão	18,4
Merluza	21,8
Atum	22,6
Feijão	6,4
Grão de bico	6,6
Lentilha	7,4
Ervilha	22
Castanha de caju	15
Nozes	14,3
Amêndoas doces secas	22
Ovo de galinha	12,9
Albumina	80g
Whey protein	80g

Fonte: Elaborada pela autora.

1.4.4 Suplementos proteicos

A suplementação proteica visa facilitar no atendimento das recomendações proteicas diárias, oferecendo maior praticidade para indivíduos com dificuldade de aumentar a ingestão diária de proteína. Existem vários tipos de suplementos proteicos como whey protein, caseína, albumina, proteína da carne, proteína da soja, entre outras.

A whey protein é a proteína do soro do leite, sendo a proteína mais consumida na forma de suplemento ⁽¹²²⁾. Sua popularidade é principalmente devido a seu alto valor nutricional, já que é uma proteína completa que possui alta quantidade de aminoácidos essenciais, especialmente a leucina ⁽¹¹⁵⁾, e a seu grande potencial em elevar a síntese proteica muscular ⁽¹¹²⁾

A whey protein é normalmente comercializada em três tipos: a concentrada, a isolada e a hidrolisada. A forma concentrada pode variar de muito entre as marcas, mas é constituída de 30% a 80% de proteína, sendo mais comumente encontrado entre 60-70%, e o restante corresponde à gordura, lactose e outros carboidratos. A versão isolada possui maior percentual de proteína, variando entre 90% e 99%. Para isso, a versão isolada passa por um processo de filtragem que isola uma maior quantidade de proteína do soro do leite, com quantidades praticamente nulas de caseína, gordura, lactose e outros carboidratos, podendo ser uma via de consumo interessante para indivíduos que apresentam intolerância à lactose. Já na versão hidrolisada, a proteína isolada passa por mais um processo, no qual a proteína é submetida a um procedimento de hidrólise que consiste na quebra da proteína em moléculas menores, o que aumenta a velocidade da absorção dos aminoácidos. As versões isolada e hidrolisada são mais caras em comparação a concentrada, devido ao processamento adicional encarecer o produto. Contudo, estudos indicam que não há superioridade das versões isoladas e hidrolisadas sobre a concentrada ^(123, 124). Estudos também indicam que a proteína da carne é similarmente eficaz para promover respostas hipertróficas em comparação a whey protein ^(125, 126).

Com relação a suplementação proteica de origem vegetal, a proteína de soja é bastante popular, e, embora apresente menor síntese proteica muscular em comparação a proteína de origem animal ⁽⁷⁴⁾, estudos indicam que a hipertrofia é semelhante ⁽¹²⁷⁾. Portanto, a proteína de soja parece ser uma estratégia para utilização visando hipertrofia, sobretudo em indivíduos vegetarianos e veganos. Além disso, a

suplementação com proteína de soja possui boa relação custo-benefício. Entretanto, é menos palatável visto que não é saborosa.

Tabela 1.4 - Informação nutricional de diferentes tipos de suplementos proteicos.

QUANTIDADE POR 100G	Whey protein Isolado	Whey protein concentrado	Proteína vegetal
Valor energético (kcal)	380	413	423
Carboidratos (g)	11	19	11
Proteínas (g)	80	67	77
Gorduras totais (g)	0	8	8
Fibra alimentar (g)	0	0	9
Sódio (mg)	402,8	410	1757

Fonte: Dux nutrition lab

1.4.5 Recomendações gerais

A seguir serão apresentadas as recomendações gerais de ingestão de proteínas para praticantes de treinamento resistido visando hipertrofia muscular de acordo com os principais órgãos de nutrição esportiva. Também serão apresentados como exemplos práticos de ingestão e distribuição de proteínas.

Quadro 1.1 - Recomendações gerais de ingestão de proteínas para praticantes de treinamento resistido segundo a Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva

Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (ISNN)	
Objetivo	Quantidade sugerida
Aumento de massa muscular	1,4 – 2,0 g / kg / d
Manutenção da massa muscular em dietas hipocalóricas	2,3 – 3,1 g / kg / d
Dose por refeição	0,25 – 0,55 g / kg ou 20 – 40g
Dose de leucina	0,7 – 3g
Frequência	Multirefeições a cada 3-4h

Quadro 1.2 - Recomendações gerais de ingestão de proteínas para praticantes de treinamento resistido segundo o Colégio Americano de Medicina do Esporte

Colégio Americano de Medicina do Esporte	
Aumento de massa muscular	1,2 – 2,0 g / kg / d
Em dietas hipocalóricas	2 g / kg / d
Dose por refeição	20 – 40g
Aminoácidos essenciais	~10 g
Após a sessão de treino	0,3 g / kg
Frequência	Multirefeições a cada 3-5h

1.4.6 SUGESTÃO DE PLANOS ALIMENTARES:

- Paciente de 70kg que faz 4 refeições por dia

$70 \times 2,0 = 140\text{g}$ de proteína

$140/4 = 35\text{g}$ por refeição

Figura 1.2 – Proposta de plano alimentar para paciente que realiza quatro refeições ao dia

Café da manhã (08h00)	35,0g de proteína
Almoço (12h00)	35,0g de proteína
Treino realizado as 16h	
Suplementação pós-treino (17h00)	35,0g de proteína
Jantar(20h00)	35,0g de proteína
Total consumido de proteína 140,0g	

Fonte: Elaborado pela autora.

- Paciente de 70kg que faz 6 refeições por dia

$70 \times 2,0 = 140\text{g}$ de proteína

$140/6 = 23,33\text{g}$ por refeição

Figura 1.3 - Proposta de plano alimentar para paciente que realiza seis refeições ao dia

Café da manhã (08h00)	23,33g de proteína
Almoço (12h00)	23,33g de proteína
Lanche pré-treino	23,33g de proteína
Treino realizado as 16h	
Suplementação pós-treino (17h00)	23,33g de proteína
Jantar (20h00)	23,33g de proteína
Ceia (22-23h00)	23,33g de proteína
Total consumido de proteína 140,0g	

Fonte: Elaborado pela autora.

REFERÊNCIAS

1. Aversa Z, Zhang X, Fielding RA, Lanza I, LeBrasseur NK. The clinical impact and biological mechanisms of skeletal muscle aging. *Bone*. 2019;127:26-36.
2. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyere O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16-31.
3. Aleman-Mateo H, Lopez Teros MT, Ramirez FA, Astiazaran-Garcia H. Association between insulin resistance and low relative appendicular skeletal muscle mass: evidence from a cohort study in community-dwelling older men and women participants. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69(7):871-7.
4. Kelley GA, Kelley KS. Is sarcopenia associated with an increased risk of all-cause mortality and functional disability? *Exp Gerontol*. 2017;96:100-3.
5. Srikanthan P, Karlamangla AS. Muscle mass index as a predictor of longevity in older adults. *Am J Med*. 2014;127(6):547-53.

6. Karagounis LG, Hawley JA. Skeletal muscle: increasing the size of the locomotor cell. *Int J Biochem Cell Biol.* 2010;42(9):1376-9.
7. Pedersen L, Hojman P. Muscle-to-organ cross talk mediated by myokines. *Adipocyte.* 2012;1(3):164-7.
8. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol.* 2012;8(8):457-65.
9. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev.* 2008;88(4):1379-406.
10. DeFronzo RA, Bonadonna RC, Ferrannini E. Pathogenesis of NIDDM. A balanced overview. *Diabetes Care.* 1992;15(3):318-68.
11. Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(11):1849-55.
12. Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr.* 2006;84(3):475-82.
13. Landi F, Liperoti R, Russo A, Giovannini S, Tosato M, Capoluongo E, et al. Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: results from the iLSIRENTE study. *Clin Nutr.* 2012;31(5):652-8.
14. Scott D, Hayes A, Sanders KM, Aitken D, Ebeling PR, Jones G. Operational definitions of sarcopenia and their associations with 5-year changes in falls risk in community-dwelling middle-aged and older adults. *Osteoporos Int.* 2014;25(1):187-93.
15. Janssen I, Baumgartner RN, Ross R, Rosenberg IH, Roubenoff R. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol.* 2004;159(4):413-21.
16. Steffl M, Bohannon RW, Sontakova L, Tufano JJ, Shiells K, Holmerova I. Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging.* 2017;12:835-45.
17. Velazquez Alva Mdel C, Irigoyen Camacho ME, Delgadillo Velazquez J, Lazarevich I. The relationship between sarcopenia, undernutrition, physical mobility and basic activities of daily living in a group of elderly women of Mexico City. *Nutr Hosp.* 2013;28(2):514-21.
18. McGlory C, van Vliet S, Stokes T, Mittendorfer B, Phillips SM. The impact of exercise and nutrition on the regulation of skeletal muscle mass. *J Physiol.* 2019;597(5):1251-8.

19. Deldicque L. Protein Intake and exercise-induced skeletal muscle hypertrophy: an update. *Nutrients*. 2020;12(7).
20. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res*. 2010;24(10):2857-72.
21. Wackerhage H, Schoenfeld BJ, Hamilton DL, Lehti M, Hulmi JJ. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *J Appl Physiol (1985)*. 2019;126(1):30-43.
22. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med*. 2018;52(6):376-84.
23. Tagawa R, Watanabe D, Ito K, Ueda K, Nakayama K, Sanbongi C, et al. Dose-response relationship between protein intake and muscle mass increase: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev*. 2020.
24. Cermak NM, Res PT, de Groot LC, Saris WH, van Loon LJ. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 2012;96(6):1454-64.
25. Schoenfeld BJ, Grgic J, Van Every DW, Plotkin DL. Loading recommendations for muscle strength, hypertrophy, and local endurance: a re-examination of the repetition continuum. *Sports*. 2021;9(2):32.
26. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med*. 2013;43(3):179-94.
27. Schoenfeld B, Contreras B. The muscle pump: potential mechanisms and applications for enhancing hypertrophic adaptations. *Strength Cond J*. 2013;23:1-5.
28. MacDougall JD, Ray S, Sale DG, McCartney N, Lee P, Garner S. Muscle substrate utilization and lactate production. *Can J Appl Physiol*. 1999;24(3):209-15.
29. Takada S, Okita K, Suga T, Omokawa M, Kadoguchi T, Sato T, et al. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. *J Appl Physiol (1985)*. 2012;113(2):199-205.
30. Hirono T, Ikezoe T, Taniguchi M, Tanaka H, Saeki J, Yagi M, et al. Relationship between muscle swelling and hypertrophy induced by resistance training. *J Strength Cond Res*. 2022;36(2):359-64.

31. Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceicao MS, Damas F, et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(2):361-78.
32. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol* (1985). 2006;100(5):1460-6.
33. Petrella JK, Kim JS, Mayhew DL, Cross JM, Bamman MM. Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. *J Appl Physiol* (1985). 2008;104(6):1736-42.
34. Schoenfeld BJ. Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? *J Strength Cond Res.* 2012;26(5):1441-53.
35. Wernig A, Irintchev A, Weisshaupt P. Muscle injury, cross-sectional area and fibre type distribution in mouse soleus after intermittent wheel-running. *J Physiol.* 1990;428:639-52.
36. Evans WJ, Cannon JG. The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exerc Sport Sci Rev.* 1991;19:99-125.
37. Bernard C, Zavoriti A, Pucelle Q, Chazaud B, Gondin J. Role of macrophages during skeletal muscle regeneration and hypertrophy-Implications for immunomodulatory strategies. *Physiol Rep.* 2022;10(19):e15480.
38. Hardy D, Besnard A, Latil M, Jouvion G, Briand D, Thepenier C, et al. Comparative study of injury models for studying muscle regeneration in mice. *PLoS One.* 2016;11(1):e0147198.
39. Hall JK, Banks GB, Chamberlain JS, Olwin BB. Prevention of muscle aging by myofiber-associated satellite cell transplantation. *Sci Transl Med.* 2010;2(57):57ra83.
40. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Naimo MA. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *J Strength Cond Res.* 2013;27(11):3068-75.
41. Damas F, Phillips SM, Libardi CA, Vechin FC, Lixandrao ME, Jannig PR, et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *J Physiol.* 2016;594(18):5209-22.

42. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
43. Lopez P, Radaelli R, Taaffe DR, Newton RU, Galvao DA, Trajano GS, et al. Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: systematic review and network meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(6):1206-16.
44. Schoenfeld BJ, Grgic J, Ogborn D, Krieger JW. Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2017;31(12):3508-23.
45. Lasevicius T, Ugrinowitsch C, Schoenfeld BJ, Roschel H, Tavares LD, De Souza EO, et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(6):772-80.
46. Ribeiro AS, Dos Santos ED, Nunes JP, Schoenfeld BJ. Acute effects of different training loads on affective responses in resistance-trained men. *Int J Sports Med.* 2019;40(13):850-5.
47. Pereira LC, Nunes JP, Kassiano W, Aguiar AF, Ribeiro AS. Acute effect of different resistance training loads on perceived effort and affectivity in older women: a cross-over and randomized study. *Aging Clin Exp Res.* 2022;34(6):1333-9.
48. De Souza EO, Tricoli V, Rauch A, Alvarez MR, Laurentino G, Aihara AY, et al. Different patterns in muscular strength and hypertrophy adaptations in untrained individuals undergoing non-periodized and periodized strength regimens. *J Strength Cond Res.* 2018;32(5):1238-44.
49. Carvalho L, Junior RM, Truffi G, Serra A, Sander R, De Souza EO, et al. Is stronger better? Influence of a strength phase followed by a hypertrophy phase on muscular adaptations in resistance-trained men. *Res Sports Med.* 2021;29(6):536-46.
50. Barquilha G, Ribeiro AS, Silva DRP, Oliveira JC, Azevedo PHSM, Cyrino ES. Efeito de diferentes intervalos de recuperação sobre a resistência de força em indivíduos de ambos os sexos. *Rev Educ Fís/UEM.* 2013;24(2):261-8.
51. Grgic J, Lazinica B, Mikulic P, Krieger JW, Schoenfeld BJ. The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(8):983-93.
52. Kassiano W, Medeiros AI, de Vasconcelos Costa BD, Andrade AD, Moura Simim MA, de Sousa Fortes L, et al. Does rest interval between sets affect resistance

training volume, density, and rating of perceived exertion when adopting the crescent pyramid system in young women? *J Sports Med Phys Fitness*. 2020;60(7):992-8.

53. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, et al. Longer intersets enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. *J Strength Cond Res*. 2016;30(7):1805-12.

54. Longo AR, Silva-Batista C, Pedrosa K, de Salles Painelli V, Lasevicius T, Schoenfeld BJ, et al. Volume load rather than resting interval influences muscle hypertrophy during high-intensity resistance training. *J Strength Cond Res*. 2022;36(6):1554-9.

55. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Hakkinen K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *J Strength Cond Res*. 2005;19(3):572-82.

56. Pereira PEA, Motoyama YL, Esteves GJ, Quinelato WC, Botter L, Tanaka KH, et al. Resistance training with slow speed of movement is better for hypertrophy and muscle strength gains than fast speed of movement. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. 2016;5(2):37-43.

57. Shibata K, Takizawa K, Nosaka K, Mizuno M. Effects of prolonging eccentric phase duration in parallel back-squat training to momentary failure on muscle cross-sectional area, squat one repetition maximum, and performance tests in university soccer players. *J Strength Cond Res*. 2021;35(3):668-74.

58. Azevedo PHSM, Oliveira MGD, Schoenfeld BJ. Effect of different eccentric tempos on hypertrophy and strength of the lower limbs. *Biology of Sport*. 2022;39(2):443-9.

59. Martins-Costa HC, Lacerda LT, Diniz RCR, Lima FV, Andrade AGP, Peixoto GH, et al. Equalization of training protocols by time under tension determines the magnitude of changes in strength and muscular hypertrophy. *J Strength Cond Res*. 2022;36(7):1770-80.

60. Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Krieger JW. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45(4):577-85.

61. da Silva BV, Simim MA, Marocolo M, Franchini E, da Mota GR. Optimal load for the peak power and maximal strength of the upper body in Brazilian Jiu-Jitsu athletes. *J Strength Cond Res*. 2015;29(6):1616-21.

62. Gonzalez-Badillo JJ, Sanchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med.* 2010;31(5):347-52.
63. Nunes JP, Kassiano W, Costa BDV, Mayhew JL, Ribeiro AS, Cyrino ES. Equating resistance-training volume between programs focused on muscle hypertrophy. *Sports Med.* 2021;51(6):1171-8.
64. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci.* 2017;35(11):1073-82.
65. Brigatto FA, Lima LEM, Germano MD, Aoki MS, Braz TV, Lopes CR. High resistance-training volume enhances muscle thickness in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2022;36(1):22-30.
66. Schoenfeld BJ, Grgic J, Krieger J. How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. *J Sports Sci.* 2019;37(11):1286-95.
67. Ribeiro AS, Nunes JP, Schoenfeld BJ. Selection of resistance exercises for older individuals: the forgotten variable. *Sports Med.* 2020;50(6):1051-7.
68. Bezerra ES, Schoenfeld BJ, Orssatto LBR, Mayhew JL, Ribeiro AS. Resistance training exercise selection: efficiency, safety and comfort analysis method. *Bra J Kin Human Perf.* 2021;23:e82849.
69. Nunes JP, Jacinto JL, Ribeiro AS, Mayhew JL, Nakamura M, Capel DMG, et al. Placing greater torque at shorter or longer muscle lengths? Effects of cable vs. barbell preacher curl training on muscular strength and hypertrophy in young adults. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(16).
70. Schwanbeck SR, Cornish SM, Barss T, Chilibeck PD. Effects of training with free weights versus machines on muscle mass, strength, free testosterone, and free cortisol levels. *J Strength Cond Res.* 2020;34(7):1851-9.
71. Nunes JP, Grgic J, Cunha PM, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, de Salles BF, et al. What influence does resistance exercise order have on muscular strength gains and muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Sport Sci.* 2021;21(2):149-57.
72. Rennie MJ. Exercise- and nutrient-controlled mechanisms involved in maintenance of the musculoskeletal mass. *Biochem Soc Trans.* 2007;35(Pt 5):1302-5.

73. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Aarsland AA, Sanford AP, Wolfe RR. Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2007;292(1):E71-6.
74. 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.
75. Nunes EA, Colenso-Semple L, McKellar SR, Yau T, Ali MU, Fitzpatrick-Lewis D, et al. Systematic review and meta-analysis of protein intake to support muscle mass and function in healthy adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2022;13(2):795-810.
76. Jager R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:20.
77. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jager R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15(1):38.
78. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016;116(3):501-28.
79. Ribeiro AS, Nunes JP, Schoenfeld BJ. Should competitive bodybuilders ingest more protein than current evidence-based recommendations? *Sports Med.* 2019;49(10):1481-5.
80. Spendlove J, Mitchell L, Gifford J, Hackett D, Slater G, Cobley S, et al. Dietary intake of competitive bodybuilders. *Sports Med.* 2015;45(7):1041-63.
81. Slater G, Phillips SM. Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *J Sports Sci.* 2011;29 Suppl 1:S67-77.
82. Murphy C, Koehler K. Energy deficiency impairs resistance training gains in lean mass but not strength: A meta-analysis and meta-regression. *Scand J Med Sci Sports.* 2022;32(1):125-37.
83. Ribeiro AS, Nunes JP, Schoenfeld BJ, Aguiar AF, Cyrino ES. Effects of different dietary energy intake following resistance training on muscle mass and body fat in bodybuilders: a pilot study. *J Hum Kinet.* 2019;70:125-34.

84. Slater GJ, Dieter BP, Marsh DJ, Helms ER, Shaw G, Iraki J. Is an energy surplus required to maximize skeletal muscle hypertrophy associated with resistance training. *Front Nutr.* 2019;6:131.
85. Antonio J, Ellerbroek A, Silver T, Orris S, Scheiner M, Gonzalez A, et al. A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women--a follow-up investigation. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12:39.
86. Antonio J, Peacock CA, Ellerbroek A, Fromhoff B, Silver T. The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11:19.
87. Bray GA, Redman LM, de Jonge L, Covington J, Rood J, Brock C, et al. Effect of protein overfeeding on energy expenditure measured in a metabolic chamber. *Am J Clin Nutr.* 2015;101(3):496-505.
88. Hackney KJ, Bruenger AJ, Lemmer JT. Timing protein intake increases energy expenditure 24 h after resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(5):998-1003.
89. Hall KD, Heymsfield SB, Kemnitz JW, Klein S, Schoeller DA, Speakman JR. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *Am J Clin Nutr.* 2012;95(4):989-94.
90. Westerterp-Plantenga MS, Lemmens SG, Westerterp KR. Dietary protein - its role in satiety, energetics, weight loss and health. *Br J Nutr.* 2012;108 Suppl 2:S105-12.
91. Soenen S, Martens EA, Hochstenbach-Waelen A, Lemmens SG, Westerterp-Plantenga MS. Normal protein intake is required for body weight loss and weight maintenance, and elevated protein intake for additional preservation of resting energy expenditure and fat free mass. *J Nutr.* 2013;143(5):591-6.
92. Kim JE, O'Connor LE, Sands LP, Slebodnik MB, Campbell WW. Effects of dietary protein intake on body composition changes after weight loss in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev.* 2016;74(3):210-24.
93. Mettler S, Mitchell N, Tipton KD. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(2):326-37.
94. Wycherley TP, Moran LJ, Clifton PM, Noakes M, Brinkworth GD. Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr.* 2012;96(6):1281-98.

95. Layman DK, Evans E, Baum JI, Seyler J, Erickson DJ, Boileau RA. Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *J Nutr.* 2005;135(8):1903-10.
96. Ruiz-Castellano C, Espinar S, Contreras C, Mata F, Aragon AA, Martinez-Sanz JM. Achieving an optimal fat loss phase in resistance-trained athletes: A narrative review. *Nutrients.* 2021;13(9).
97. Areta JL, Burke LM, Camera DM, West DW, Crawshay S, Moore DR, et al. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2014;306(8):E989-97.
98. Hector AJ, McGlory C, Damas F, Mazara N, Baker SK, Phillips SM. Pronounced energy restriction with elevated protein intake results in no change in proteolysis and reductions in skeletal muscle protein synthesis that are mitigated by resistance exercise. *FASEB J.* 2018;32(1):265-75.
99. Atherton PJ, Smith K. Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. *J Physiol.* 2012;590(5):1049-57.
100. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, et al. 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.
101. Macnaughton LS, Wardle SL, Witard OC, McGlory C, Hamilton DL, Jeromson S, et al. The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiol Rep.* 2016;4(15).
102. Kim IY, Schutzler S, Schrader A, Spencer HJ, Azhar G, Ferrando AA, et al. The anabolic response to a meal containing different amounts of protein is not limited by the maximal stimulation of protein synthesis in healthy young adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2016;310(1):E73-80.
103. Damas F, Phillips S, Vechin FC, Ugrinowitsch C. A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. *Sports Med.* 2015;45(6):801-7.
104. Burd NA, Tang JE, Moore DR, Phillips SM. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *J Appl Physiol (1985).* 2009;106(5):1692-701.

105. Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol.* 1997;273(1 Pt 1):E99-107.
106. Aragon AA, Schoenfeld BJ. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window?: post-exercise nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):5.
107. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):53.
108. Nabuco HCG, Tomeleri CM, Sugihara Junior P, Fernandes RR, Cavalcante EF, Antunes M, et al. Effects of whey protein supplementation pre- or post-resistance training on muscle mass, muscular strength, and functional capacity in pre-conditioned older women: a randomized clinical trial. *Nutrients.* 2018;10(5).
109. Wirth J, Hillesheim E, Brennan L. The role of protein intake and its timing on body composition and muscle function in healthy adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Nutr.* 2020;150(6):1443-60.
110. Cribb PJ, Hayes A. Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(11):1918-25.
111. Phillips SM. Nutrient-rich meat proteins in offsetting age-related muscle loss. *Meat Sci.* 2012;92(3):174-8.
112. 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 Appl Physiol (1985).* 2009;107(3):987-92.
113. Yang Y, Churchward-Venne TA, Burd NA, Breen L, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Myofibrillar protein synthesis following ingestion of soy protein isolate at rest and after resistance exercise in elderly men. *Nutr Metab (Lond).* 2012;9(1):57.
114. Gorissen SH, Horstman AM, Franssen R, Crombag JJ, Langer H, Bierau J, et al. Ingestion of wheat protein increases in vivo muscle protein synthesis rates in healthy older men in a randomized trial. *J Nutr.* 2016;146(9):1651-9.
115. Gorissen SHM, Crombag JJR, Senden JMG, Waterval WAH, Bierau J, Verdijk LB, et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids.* 2018;50(12):1685-95.
116. van Vliet S, Burd NA, van Loon LJ. The skeletal muscle anabolic response to plant- versus animal-based protein consumption. *J Nutr.* 2015;145(9):1981-91.

117. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, Parise G, Bellamy L, Baker SK, Smith K, et al. Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. *PLoS One*. 2014;9(2):e89431.
118. Witard OC, Bannock L, Tipton KD. Making sense of muscle protein synthesis: A focus on muscle growth during resistance training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2022;32(1):49-61.
119. Lim MT, Pan BJ, Toh DWK, Sutanto CN, Kim JE. Animal protein versus plant protein in supporting lean mass and muscle strength: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*. 2021;13(2).
120. Hevia-Larrain V, Gualano B, Longobardi I, Gil S, Fernandes AL, Costa LAR, et al. High-protein plant-based diet versus a protein-matched omnivorous diet to support resistance training adaptations: a comparison between habitual vegans and omnivores. *Sports Med*. 2021;51(6):1317-30.
121. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício. Nutrição, energia e desempenho humano*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018.
122. Hackett DA. Training, supplementation, and pharmacological practices of competitive male bodybuilders across training phases. *J Strength Cond Res*. 2022;36(4):963-70.
123. LH AC, FH SdA, MY MO, R BdBP, T TP, LA FL, et al. Comparative meta-Analysis of the effect of concentrated, hydrolyzed, and isolated whey protein supplementation on body composition of physical activity practitioners. *Nutrients*. 2019;11(9).
124. Lockwood CM, Roberts MD, Dalbo VJ, Smith-Ryan AE, Kendall KL, Moon JR, et al. Effects of hydrolyzed whey versus other whey protein supplements on the physiological response to 8 weeks of resistance exercise in college-aged males. *J Am Coll Nutr*. 2017;36(1):16-27.
125. Sharp MH, Lowery RP, Shields KA, Lane JR, Gray JL, Partl JM, 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):2233-42.
126. Valenzuela PL, Mata F, Morales JS, Castillo-Garcia A, Lucia A. Does beef protein supplementation improve body composition and exercise performance? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*. 2019;11(6).

127. Messina M, Lynch H, Dickinson JM, Reed KE. No difference between the effects of supplementing with soy protein versus animal protein on gains in muscle mass and strength in response to resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28(6):674-85.

2 ARTIGO CIENTIFICO

ARTIGO ORIGINAL

Effect of whey protein supplementation associated with resistance training on body recomposition in older women

Running head: whey protein and body recomposition

Authors:

Letícia Domingues¹, Alex S. Ribeiro¹, Matheus A. Nascimento², Juliano Casonatto¹,
Andreo F. Aguiar¹, Jerry L. Mayhew³, Edilson S. Cyrino⁴

Affiliations:

¹University Pitágoras UNOPAR. Londrina, PR, Brazil.

²Paraná State University - Unespar, Paranavaí Campus, Physical Education Department, Paranavaí, PR, Brazil

⁴Exercise Science Department, Truman State University. Kirksville, USA

⁴Metabolism, Nutrition, and Exercise Laboratory. Physical Education and Sport Center, Londrina State University. Londrina, PR, Brazil.

2.1 ABSTRACT

The present study aimed to analyze the effects of whey protein (WP) supplementation associated with resistance training on body recomposition of older women with equal daily protein intake. Thirty-four older women (68.4 ± 4.7 years, 57.5 ± 8.4 kg, 154.0 ± 4.9 cm, 24.2 ± 3.2 kg/m²) participated in this study and were allocated into two groups, a group that received 35 g of WP supplementation (WP, $n = 15$) or a control group (CON, $n = 19$) that received nutritional guidance to ensure a daily protein intake similar to the WP group through natural food. Both groups performed a 12-week resistance training program three times a week. Skeletal muscle mass and total body fat were evaluated using dual-energy X-ray absorptiometry before and after the intervention. There was an increase in skeletal muscle mass (CON = $4.3\% \pm 4.5$, WP = $4.7\% \pm 3.5$; $P = 0.78$) and a reduction in body fat (CON = $-5.8\% \pm 7.2$, WP = $-2.1\% \pm 3.1$; $P = 0.07$) without difference between groups ($P > 0.05$). The results suggest that WP supplementation associated with RT does not offer an additional effect on body recomposition when the total daily protein intake is matched.

Keywords: aging, strength training, muscle, body fat.

2.2 INTRODUCTION

The aging process promotes significant changes in body composition components, leading to reduced skeletal muscle mass (SMM) and increased total body fat (TBF) ⁽¹⁻³⁾. The combination of these morphological changes has been termed sarcopenic obesity ⁽⁴⁾. Sarcopenia and obesity can independently increase health risks; however, combining these factors increases the chances for multiple morbidities ^(5, 6). Therefore, searching for strategies to increase SMM and reduce TBF, promoting several health-related benefits in older individuals, has challenged researchers' efforts.

Evidence shows that resistance training (RT) is an effective type of physical exercise to increase SMM and decrease fat mass in the older population ^(7, 8). The concomitant SMM growth and fat mass reduction is known as "body recomposition" ⁽⁹⁾. Furthermore, protein intake is a mediator of adaptation induced by RT on body composition, promoting better improvements in SMM ⁽¹⁰⁻¹²⁾ and TBF ^(13, 14). Accordingly, the regular practice RT associated with appropriate protein intake has been recommended for older individuals due to the positive effects on body composition ^(1, 15, 16).

Among the various protein sources, whey protein (WP) is a recommended and popular nutritional strategy to promote RT-induced increases in skeletal muscle ^(17, 18). Mainly due to its high amount of essential amino acids, especially leucine, which plays a key role in muscle protein synthesis ^(18, 19). In this sense, WP is more effective in stimulating muscle protein synthesis than other protein sources ^(20, 21). Moreover, WP may also improve RT's benefits on fat mass ^(13, 14).

The scientific literature has shown that WP supplementation associated with RT positively increases SMM in older individuals ^(22, 23). However, most of the investigations did not equalize total daily protein intake; that is, the group that received supplementation had a higher daily protein intake than the placebo group. Thus, it is difficult to identify whether the effect is due to the WP supplementation itself or simply due to the greater protein intake provided by the supplementation. Furthermore, the literature is still equivocal regarding the impact of WP supplementation on fat loss; while some experiments observed a positive effect of WP supplementation on fat mass reduction ^(14, 24-28), others investigations did not report a significant effect of WP supplementation on fat mass loss ^(10, 29-32).

Therefore, the present study aimed to analyze the effects of WP supplementation associated with RT on the body recomposition of older women with equal daily protein intake. We hypothesized that the WP supplementation would induce similar body recomposition to a non-supplemented group but with equalized daily protein intake.

2.3 METHODS

2.3.1 Experimental design

Participants included in the analyzes followed similar experimental protocols, differing only in WP supplementation. The study was carried out over 16 weeks. Anthropometric and body composition measurements were collected at baseline and after the RT program (weeks 1–2 and 15–16). The RT program was performed for 12 weeks (weeks 3–14). Food intake was determined in the first two and last two weeks of the intervention (weeks 3-4 and 13-14).

2.3.2 Participants

Thirty-four older women (≥ 60 years old) participated in this study and were separated into two groups: a group that received WP supplementation ($n = 15$) and a control group (CON, $n = 19$). All participants met the following inclusion criteria: (i) 60 years old or older; (ii) physically independent; (iii) no chronic diseases (diabetes, hypertension, dyslipidemia) non-controlled; (iv) no osteoarticular and musculoskeletal disorders or limitation in upper and lower limb function; (v) not receiving hormonal replacement therapy; and (vi) not performing physical exercise more than once a week during the six months preceding the beginning of the study. A cardiologist performed a diagnostic graded exercise stress test with a 12-lead electrocardiogram, and then participants were released without restrictions for participation in the study. All analyzed participants completed at least 85% of the training sessions.

After receiving a detailed description of procedures, including risks and benefits involved in the study, written informed consent was obtained from all participants. This

investigation was conducted according to the Declaration of Helsinki and was approved by the local University Ethics Committee.

2.3.3 Anthropometry

Body mass was measured to the nearest 0.1 kg using a calibrated electronic scale (Balmak, Laboratory Equipment Labstore, Curitiba, PR, Brazil), with the participants wearing light workout clothing and no shoes. Height was measured to the nearest 0.1 cm by a stadiometer attached to the scale with subjects standing and no shoes. Body mass index was calculated as body mass in kilograms divided by the square of height in meters.

2.3.4 Body composition

A Lunar Prodigy dual-energy X-ray absorptiometry device (GE Lunar, model NRL 41990, Madison, WI, USA), estimated lean soft tissue and fat mass from a total-body scanner. The SMM was calculated by the Kim et al. equation ⁽³³⁾. A skilled laboratory technician calibrated the equipment and analyzed all images. Equipment calibration followed the manufacturer's recommendations. The software generated standard lines, which were adjusted by the same technician using specific anatomical landmarks determined by the manufacturer. Previous test-retest scans from our laboratory of 12 older women measured 24-48 h apart resulted in a technical error of measurement of 0.10 kg and an intraclass correlation coefficient > 0.98 for fat mass, a technical error of measurement of 0.24 kg, and an intraclass correlation coefficient > 0.99 for SMM.

2.3.5 Dietary intake

Food consumption was assessed by the 24-hour dietary recall method, applied on two non-consecutive weekdays. During the initial interview, a photographic manual of food portion sizes was shown to participants to improve food intake reporting quality. For dietary analysis, the nutritional values of homemade foods or supplementation

were converted into grams and milliliters using the online software Virtual Nutri Plus (Keeple®, Rio de Janeiro, RJ, Brazil). Foods not included in the program database were manually added from other food tables. To reduce errors in estimating habitual consumption obtained through the 24 h dietary recall, we employed the multiple-source method statistical program (<https://msm.dife.de/>). This program generates information regarding the estimated regular intake of an individual from the combination of probabilities, using repetitions of 24 h dietary recall or food records ⁽³⁴⁾. All participants were instructed to maintain their habitual diet with allowance for ad libitum water ingestion throughout the study period.

2.3.6 Resistance training

Supervised RT was performed during the morning hours in the State University facilities. The protocol was based on recommendations for RT in an older population to improve muscular strength and hypertrophy ⁽³⁵⁾. All participants were personally supervised by physical education professionals with substantial RT experience to help ensure consistent and safe exercise performance. Subjects performed RT using a combination of free weights and machines. The sessions were performed three times a week on Mondays, Wednesdays, and Fridays. The RT program was a whole-body program with eight exercises comprising one exercise with free weights and seven with machines performed in the following order: chest press, seated row, triceps pushdown, preacher curl, horizontal leg press, knee extension, knee curl, and seated calf raise. Participants performed three sets of 8–12 RM. The participants carried out exercises until volitional failure or an inability to sustain exercise performance properly.

Participants were instructed to inhale during the eccentric phase and exhale during the concentric phase while maintaining a constant velocity of movement at a ratio of approximately 1:2 for concentric and eccentric phases, respectively. Participants were afforded 1–2 min of rest between sets and 2–3 min between each exercise. The average duration of each session was approximately 45–50 min. Instructors adjusted loads of each exercise according to the participant's abilities and improvements in exercise capacity throughout the investigation to ensure that the participants exercised with as much resistance as possible while maintaining proper

exercise technique. The load was adjusted weekly using the procedures described elsewhere ⁽³⁶⁾.

2.3.7 Supplementation protocol

Participants of the WP group ingested 35 g of hydrolyzed WP (Lacprodan® PSNU 29900; Arla Foods, Aarhus, Denmark) dissolved in 200 mL of water immediately after the end of each RT session throughout the 12-week intervention period. Supplements were consumed under the direct supervision of the investigators. The supplements were mixed mechanically with a mixer and administered in shakers. The doses were weighed and pre-separated in sealed packages for use on training days. Participants were asked to provide any information if they felt any side effects related to supplement administration, but they reported no side effects. The participants in the CON group received nutritional guidance to ensure a daily protein intake similar to the WP group through natural food.

Before the beginning of the investigation, both supplements (WP and maltodextrin) were sent to the Food Analysis Laboratory of the Department of Food Science and Technology of the Center for Agrarian Sciences of the Londrina State University to analyze the chemical composition and establish technical reports.

2.3.8 Statistical analyses

Normality was confirmed for all data using the Shapiro-Wilk test. Z-scores for percentage changes were calculated for SMM and fat mass. The z-score is a number that indicates how far a measure deviates from the mean in terms of standard deviation, ranging from -3 to +3 standard deviations. A composite Z-score derived from SMM and fat mass average was calculated using the following formula:

$$(\text{SMM Z-score}) + (-1 \times \text{fat mass Z-score}) / 2$$

Independent t-test was employed to compare groups at baseline and to assess differences between groups on composite Z-scores. A two-way analysis of covariance

(ANCOVA) for repeated measures was performed to examine differences between groups for changes in selected variables. The baseline score, kcal, and carbohydrate intake were used as covariates to reduce their potential influence on initial scores. A 95% confidence interval was used to determine significant differences between adjusted ANCOVA means at pre-and post-training and post-training differences between groups when the F-ratio was significant. The effect size was calculated as post-training mean minus pre-training mean divided by pooled standard deviation of pre-training⁽³⁷⁾. Effect size values were categorized as follows: an ES of 0.00–0.19 was considered trivial, 0.20–0.49 was considered small, 0.50–0.79 was considered moderate, and ≥ 0.80 was considered large. Statistical significance was established a priori at $P < 0.05$. Data were analyzed using IBM SPSS Statistics, version 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

2.4 RESULTS

Table 1 presents the general characteristics of the sample at pre-training. No statistically significant difference between groups was observed for age and height. However, the WP group showed higher values for body mass, body mass index, SMM, total body fat, and relative body fat than the CON group.

Table 2.1 - General characteristics of the sample according to the group at baseline. Data are presented as mean and standard deviation.

Variables	Control (n = 19)	Whey protein (n = 15)
Age (years)	69.1 ± 5.1	67.5 ± 4.1
Body mass (kg)	54.4 ± 9.1	61.3 ± 5.6*
Height (cm)	153.3 ± 4.9	154.8 ± 5.1
BMI (kg/m ²)	23.1 ± 3.4	25.6 ± 2.4*
SMM (kg)	14.8 ± 2.4	16.8 ± 1.3*
Total body fat (kg)	19.8 ± 7.1	24.3 ± 4.5*

Note: BMI = Body mass index. SMM = Skeletal muscle mass. * $P < 0.05$ vs. control.

The energy and macronutrient intake scores according to the group are shown in Table 2. As expected, there was no difference between groups for protein intake. However, the CON group had a higher energy, carbohydrate, and lipid intake than the WP group.

Table 2.2 - Daily intake of energy and macronutrients according to the group. Data are presented in mean and standard deviation.

Variables	Control (n = 19)	Whey protein (n = 15)
Energy (kcal/kg/d)	31.8 ± 4.8	27.0 ± 2*
Protein (g/kd/d)	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.1
Carbohydrate (g/kd/d)	4.1 ± 0.7	3.4 ± 0.6 *
Lipid (g/kd/d)	1.1 ± 0.2	0.9 ± 0.1*

Note: * $P < 0,05$ vs. control.

Figure 1 presents the covariate means and the adjusted post-training scores for SMM (Panel A) and BFM (Panel B). There was a significant effect of time for SMM and BFM, and both groups presented increased for SMM and reduced BFM without difference between them ($P > 0.05$).

Figura 4 - Adjusted mean by ANCOVA to post-training and the 95% confidence interval according to the groups for skeletal muscle mass (Panel A) and fat mass



Pre-training to post-training percentage changes in SMM and BFM for each group are illustrated in Figure 2. Significant changes were observed for SMM and BFM, in which both groups showed similar increases in SMM and reductions in BFM. The ES values for both groups are presented in Table 3. Between-group differences were of trivial magnitude for SMM and BFM. The within-group ES was of small magnitude for SMM and BFM in both groups.

Figura 5 - Relative change from pre-training to post-training according to groups for skeletal muscle mass and fat mass. Data presented as mean and 95% confidence interval.

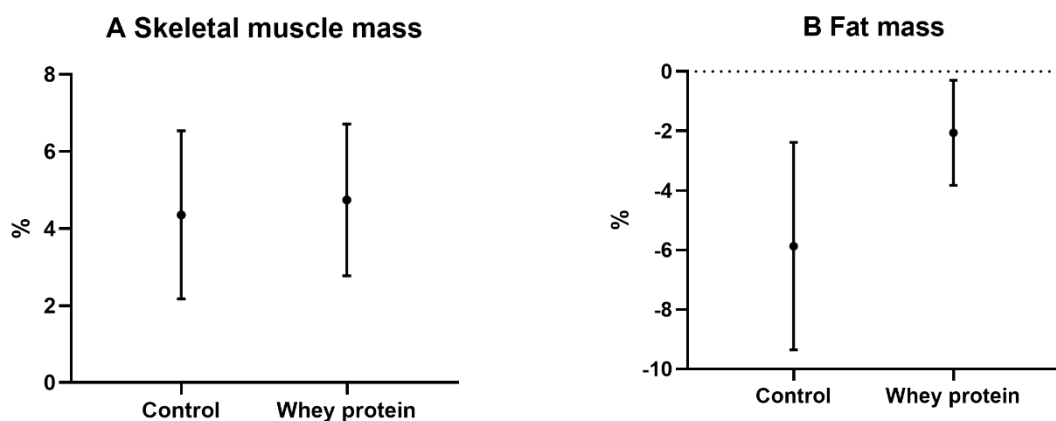


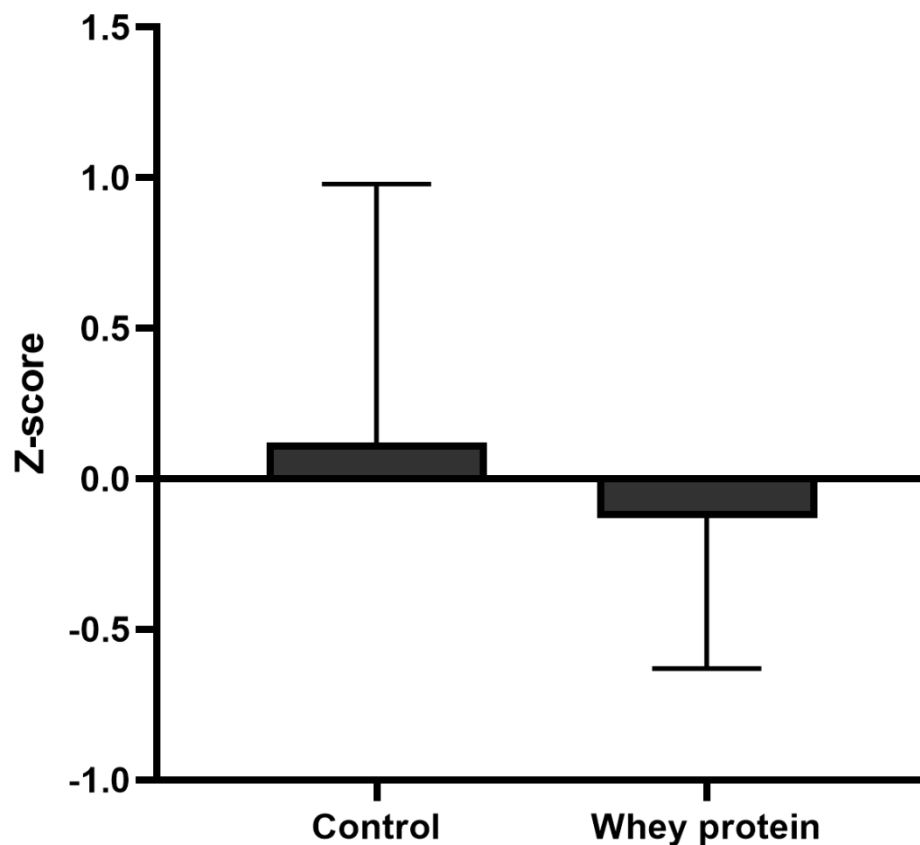
Table 2.3 - Effects size according to groups.

Variables	Control (n = 19)	Whey protein (n = 15)	Difference
Skeletal muscle mass	0.33	0.44	0.11
Body fat	-0.13	-0.08	0.05

Note. Effect size interpretation: Trivial = 0.00-0.19, Small = 0.20–0.49, Moderate = 0.50–0.79, Large \geq 0.80.

The composite z-score of the percentage changes from pre-training to post-training, reflecting the extent of body recomposition according to groups, is presented in Figure 3. There was no difference between groups.

Figura 6 - Composite z-score changes from pre-training to post-training of the body recomposition according to groups. Data are presented as mean and standard deviation.



2.5 DISCUSSION

The present study aimed to analyze the effect of WP supplementation on body recomposition in older women with matched daily protein intake. The initial hypothesis was that the groups would show similar body recomposition. The premise for establishing this hypothesis was based on the fact that as protein intake would be matched between groups, the improvements would also be similar. The hypothesis was confirmed since the increases in SMM and reductions in TBF did not differ between groups.

Despite the lack of difference between the groups, our findings indicated that RT induced body recomposition since there was an increase in SMM and a reduction in TBF. The body recomposition analysis provides important insights into health because it considers the intervention effect of collective changes in muscle and fat mass instead of isolated changes in each body composition component. In this regard, we found that the source of protein did not affect the body composition-related benefits of RT. Therefore, results indicate that RT is a type of physical exercise that is efficient for promoting benefits in body composition.

The physiological mechanisms underlying body recomposition are multifactorial and not completely understood yet, but they are related to hypertrophic and weight loss mechanisms. Regarding muscle hypertrophy, we did not observe effect of WP supplementation on SMM. Previous studies from our laboratory conducted with older women observed that WP groups achieved a higher increase in muscle mass than the placebo control groups ^(22, 23). The discordance in findings may be related to the total daily protein ingested because in previous studies, the total daily protein intake was greater in the WP groups compared to control groups due to supplementation. Taken together, these results suggest that differential changes in muscle mass may be related to greater total protein intake instead of specifically WP supplementation. Therefore, the daily protein dose seems more relevant than the source in promoting increased muscle mass. The supplementation will only offer an additive effect to promote muscle hypertrophy when protein need is low. This assumption is also supported by studies reporting that protein supplementation has little impact on promoting muscle adaptations in healthy older adults with adequate protein intake ⁽³⁸⁾ and findings indicating that the source of protein does not seem to have an impact on the synergistic effect with RT on muscle hypertrophy when the amount of protein is

equivalent⁽³⁹⁻⁴³⁾. In a meta-analysis, Messina et al.⁽⁴⁴⁾ reported no significant difference between whey versus soy protein on lean body mass change.

Although WP is more effective in stimulating muscle protein synthesis than other protein sources^(20, 21), mainly due to a high concentration of essential amino acids, particularly leucine, which is a potent stimulator of muscle protein synthesis^(18, 20, 21), this increased stimulus provided by WP seems to be redundant and not additive to muscle hypertrophy. The greatest muscular protein synthesis induced by WP may exceed the rate of muscle growth; thus, the muscular protein synthesis provided by WP is redundant and not additive to muscle hypertrophy. Furthermore, it is noteworthy that although muscle protein synthesis is an essential factor for muscle growth, greater acute results will not always reflect greater adaptations in the long term^(45, 46). The maximum rate for muscle growth occurs at a given protein synthesis, and values beyond this threshold will not promote further gains. Once this threshold for muscle growth is met, further increases in muscle protein synthesis do not lead to further increases in the anabolic response of the muscle. Therefore, in addition to the analysis of cross-sectional studies that evaluate muscle protein synthesis in different doses and protein sources, it is necessary to analyze studies that verify the chronic effect of these protein manipulations. This reinforces the need for experimental studies to verify the chronic impact of WP supplementation in muscular adaptation.

Our results indicated that WP supplementation did not affect fat mass loss. The scientific literature regarding the effect of WP supplementation during RT on fat mass is still equivocal. For example, some studies report that WP supplementation did not result in statistically significant differences in total fat mass loss^(10, 29-32). On the other hand, some studies observed that WP may help fat mass loss^(14, 24-28). These conflicting results may be related to several aspects since protein metabolism is affected by different factors such as gender; age; physiological changes that interfere in the absorption of nutrients; intensity, duration, type of exercise; and the consumption and availability of energy. Li e Liu⁽⁴⁷⁾ reported that older age is a major factor to compromise the effectiveness of WP supplementation. Moreover, Morton et al.⁽¹²⁾ reported that the effect of protein supplementation was attenuated with increasing age.

Muscle mass increases mainly by hypertrophy of muscle fibers⁽⁴⁸⁾, an energy-dependent mechanism⁽⁴⁹⁾. On the other hand, according to the thermodynamic principle, achieving a chronic negative energy balance is necessary to reduce fat mass levels⁽⁵⁰⁾. Therefore, the most influential factor for fat loss is energy restriction. In this

sense, RT contributes to fat mass loss mainly by factors that seem to be related to the exercise sessions' energy cost and an increased basal metabolic rate, which is usually observed in older adults undergoing RT ⁽⁵¹⁾. Previous studies have reported that RT effectively reduces fat mass in older women ^(7, 8, 11). Therefore, promoting fat mass loss through RT represents an essential interventionist strategy to reduce fat mass in older individuals. However, for a greater impact on fat mass, association with an energy-restricted diet is needed ⁽⁵²⁾.

The present study has some limitations. The participants' habitual physical activity level was not evaluated. We did not assess the participants' physical activity levels beyond the RT sessions. Thus, we could not infer if there were differences in total energy expenditure between groups. Moreover, participants were instructed to maintain their usual eating habits, but food intake was not monitored during the study. On the other hand, this experiment's strengths include strict supervision of the RT sessions, individualized progression in training load, equalization of total protein intake, and blinding the examiners to study outcomes.

2.6 CONCLUSION

The results observed in this experiment suggest that WP supplementation associated with RT does not offer an additional effect on body recomposition, in which an increase in SMM and reduction in TBF of older women occur similarly when the total daily protein intake is matched. Therefore, from a practical point of view, the results indicate flexibility in recommending the protein source, using WP as a complement to meet the daily needs of older people with difficulty in increasing protein intake by food. In practice, the diets may increase protein intake from meat, eggs, dairy, and nuts. Still, WP protein can be an easy way to increase protein intake to match the daily need because older people generally have slower chewing, less hunger and thirst, and less food intake than young adults ⁽⁵³⁾.

REFERENCES

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyere O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16-31.
2. Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2020;21(3):300-7 e2.
3. Kassiano W, Costa B, Nunes JP, Cyrino LT, Nascimento MA, Tomeleri C, et al. Muscular strength and skeletal muscle mass in 511 physically independent older women aged 60-88 years. *Exp Gerontol*. 2022;166:111867.
4. Baumgartner RN, Wayne SJ, Waters DL, Janssen I, Gallagher D, Morley JE. Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. *Obes Res*. 2004;12(12):1995-2004.
5. Gandham A, Mesinovic J, Jansons P, Zengin A, Bonham MP, Ebeling PR, et al. Falls, fractures, and areal bone mineral density in older adults with sarcopenic obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2021.
6. Morgan PT, Smeuninx B, Breen L. Exploring the impact of obesity on skeletal muscle function in older age. *Front Nutr*. 2020;7:569904.
7. Cunha PM, Ribeiro AS, Tomeleri CM, Schoenfeld BJ, Silva AM, Souza MF, et al. The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. *J Sports Sci*. 2018;36(14):1564-71.
8. Cavalcante EF, Ribeiro AS, do Nascimento MA, Silva AM, Tomeleri CM, Nabuco HCG, et al. Effects of different resistance training frequencies on fat in overweight/obese older women. *Int J Sports Med*. 2018;39(7):527-34.
9. Barakat C, Pearson J, Escalante G, Campbell B, De Souza EO. Body recomposition: can trained individuals build muscle and lose fat at the same time? *Strength Cond J*. 2020;42(5):7-21.
10. Kuo YY, Chang HY, Huang YC, Liu CW. Effect of whey protein supplementation in postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2022;14(19).
11. Ribeiro AS, Pereira LC, Schoenfeld BJ, Nunes JP, Kassiano W, Nabuco HCG, et al. Moderate and higher protein intakes promote superior body recomposition in

- older women performing resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2022;54(5):807-13.
12. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med.* 2018;52(6):376-84.
13. Demling RH, DeSanti L. Effect of a hypocaloric diet, increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers. *Ann Nutr Metab.* 2000;44(1):21-9.
14. Batista A, Monteiro CP, Borrego R, Matias CN, Teixeira FJ, Valamatos MJ, et al. Association between whey protein, regional fat mass, and strength in resistance-trained men: a cross-sectional study. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019;44(1):7-12.
15. Cruz-Jentoft AJ, Dawson Hughes B, Scott D, Sanders KM, Rizzoli R. Nutritional strategies for maintaining muscle mass and strength from middle age to later life: A narrative review. *Maturitas.* 2020;132:57-64.
16. Rogeri PS, Zanella R, Jr., Martins GL, Garcia MDA, Leite G, Lugaresi R, et al. Strategies to prevent sarcopenia in the aging process: role of protein intake and exercise. *Nutrients.* 2021;14(1):52.
17. Hackett DA. Training, supplementation, and pharmacological practices of competitive male bodybuilders across training phases. *J Strength Cond Res.* 2022;36(4):963-70.
18. Devries MC, Phillips SM. Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *J Food Sci.* 2015;80 Suppl 1:A8-A15.
19. Gorissen SHM, Crombag JJR, Senden JMG, Waterval WAH, Bierau J, Verdijk LB, et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids.* 2018;50(12):1685-95.
20. Phillips SM, Tang JE, Moore DR. The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. *J Am Coll Nutr.* 2009;28(4):343-54.
21. 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 Appl Physiol* (1985). 2009;107(3):987-92.

22. Sugihara Junior P, Ribeiro AS, Nabuco HCG, Fernandes RR, Tomeleri CM, Cunha PM, et al. Effects of whey protein supplementation associated with resistance training on muscular strength, hypertrophy and muscle quality in pre-conditioned older women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;1(28):528-35.
23. Nabuco HCG, Tomeleri CM, Sugihara Junior P, Fernandes RR, Cavalcante EF, Antunes M, et al. Effects of whey protein supplementation pre- or post-resistance training on muscle mass, muscular strength, and functional capacity in pre-conditioned older women: a randomized clinical trial. *Nutrients.* 2018;10(5).
24. 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(5):494-509.
25. Lockwood CM, Roberts MD, Dalbo VJ, Smith-Ryan AE, Kendall KL, Moon JR, et al. Effects of hydrolyzed whey versus other whey protein supplements on the physiological response to 8 weeks of resistance exercise in college-aged males. *J Am Coll Nutr.* 2017;36(1):16-27.
26. Miller PE, Alexander DD, Perez V. Effects of whey protein and resistance exercise on body composition: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Coll Nutr.* 2014;33(2):163-75.
27. Arciero PJ, Baur D, Connelly S, Ormsbee MJ. Timed-daily ingestion of whey protein and exercise training reduces visceral adipose tissue mass and improves insulin resistance: the PRISE study. *J Appl Physiol (1985).* 2014;117(1):1-10.
28. Frestedt JL, Zenk JL, Kuskowski MA, Ward LS, Bastian ED. A whey-protein supplement increases fat loss and spares lean muscle in obese subjects: a randomized human clinical study. *Nutr Metab (Lond).* 2008;5:8.
29. Aldrich ND, Reicks MM, Sibley SD, Redmon JB, Thomas W, Raatz SK. Varying protein source and quantity do not significantly improve weight loss, fat loss, or satiety in reduced energy diets among midlife adults. *Nutr Res.* 2011;31(2):104-12.
30. Cribb PJ, Williams AD, Stathis CG, Carey MF, Hayes A. Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):298-307.
31. Burke DG, Chilibeck PD, Davidson KS, Candow DG, Farthing J, Smith-Palmer T. The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001;11(3):349-64.

32. Bergia RE, 3rd, Hudson JL, Campbell WW. Effect of whey protein supplementation on body composition changes in women: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev*. 2018;76(7):539-51.
33. Kim J, Heshka S, Gallagher D, Kotler DP, Mayer L, Albu J, et al. Intermuscular adipose tissue-free skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in adults. *J Appl Physiol*. 2004;97(2):655-60.
34. Harttig U, Haubrock J, Knüppel S, Boeing H. The MSM program: web-based statistics package for estimating usual dietary intake using the Multiple Source Method. *Eur J Clin Nutr*. 2011;65 Suppl 1:S87-91.
35. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708.
36. Ribeiro AS, Avelar A, Schoenfeld BJ, Fleck SJ, Souza MF, Padilha CS, et al. Analysis of the training load during a hypertrophy-type resistance training programme in men and women. *Eur J Sport Sci*. 2015;15(4):256-64.
37. Cohen J. A power primer. *Psychol Bull*. 1992;112(1):155-9.
38. de Camargo JBB, Ferraz de Oliveira A. Protein supplementation for strength and functionality in older adults: is there still any doubt? A brief update review. *J Aging Phys Act*. 2022:1-8.
39. Lim MT, Pan BJ, Toh DWK, Sutanto CN, Kim JE. Animal protein versus plant protein in supporting lean mass and muscle strength: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*. 2021;13(2).
40. Haub MD, Wells AM, Tarnopolsky MA, Campbell WW. Effect of protein source on resistive-training-induced changes in body composition and muscle size in older men. *Am J Clin Nutr*. 2002;76(3):511-7.
41. Maltais ML, Ladouceur JP, Dionne IJ. The effect of resistance training and different sources of postexercise protein supplementation on muscle mass and physical capacity in sarcopenic elderly men. *J Strength Cond Res*. 2016;30(6):1680-7.
42. Sharp MH, Lowery RP, Shields KA, Lane JR, Gray JL, Partl JM, 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):2233-42.

43. Arciero PJ, Edmonds RC, Bunsawat K, Gentile CL, Ketcham C, Darin C, et al. Protein-pacing from food or supplementation improves physical performance in overweight men and women: The PRISE 2 study. *Nutrients*. 2016;8(5).
44. Messina M, Lynch H, Dickinson JM, Reed KE. No difference between the effects of supplementing with soy protein versus animal protein on gains in muscle mass and strength in response to resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2018;28(6):674-85.
45. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, Parise G, Bellamy L, Baker SK, Smith K, et al. Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. *PLoS One*. 2014;9(2):e89431.
46. Witard OC, Bannock L, Tipton KD. Making sense of muscle protein synthesis: A focus on muscle growth during resistance training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2022;32(1):49-61.
47. Li M, Liu F. Effect of whey protein supplementation during resistance training sessions on body mass and muscular strength: a meta-analysis. *Food Funct*. 2019;10(5):2766-73.
48. Wackerhage H, Schoenfeld BJ, Hamilton DL, Lehti M, Hulmi JJ. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *J Appl Physiol (1985)*. 2019;126(1):30-43.
49. Slater GJ, Dieter BP, Marsh DJ, Helms ER, Shaw G, Iraki J. Is an energy surplus required to maximize skeletal muscle hypertrophy associated with resistance training. *Front Nutr*. 2019;6:131.
50. Hall KD, Heymsfield SB, Kemnitz JW, Klein S, Schoeller DA, Speakman JR. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *Am J Clin Nutr*. 2012;95(4):989-94.
51. Hunter GR, Wetzstein CJ, Fields DA, Brown A, Bamman MM. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *J Appl Physiol (1985)*. 2000;89(3):977-84.
52. Nicklas BJ, Chmelo E, Delbono O, Carr JJ, Lyles MF, Marsh AP. Effects of resistance training with and without caloric restriction on physical function and mobility in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2015;101(5):991-9.

53. Nieuwenhuizen WF, Weenen H, Rigby P, Hetherington MM. Older adults and patients in need of nutritional support: review of current treatment options and factors influencing nutritional intake. *Clin Nutr.* 2010;29(2):160-9.

ANEXO A - CERTIFICADO DE PROFICIÊNCIA EM INGLÊS

CERTIFICADO DE IDIOMAS PARA PROPÓSITOS ACADÊMICOS ESPECÍFICOS
EXERCÍCIO FÍSICO & SAÚDE – INGLÊS

I

Certificamos que

LETICIA DOMINGUES

foi aprovada no exame realizado em 16/10/2021, com a nota **100**.

COD PROVA: **LDAEFSi161021-07** DOC: **99583142**



Diretor

Rua Belo Horizonte, 1093 • Centro • Londrina • PR • CEP: 86020-060 • CNPJ: 72.506.751/0001-95 • IE: 905302257



ANEXO B - CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO EM EVENTO CIENTÍFICO

Verifique o código de autenticação 9019047.5174513.3.7.062043285426119 em <http://www.ever3.com.br/documentos>

CERTIFICADO



45^o Simpósio Internacional
de Ciências do Esporte
5^o Simpósio Internacional de Atividade
Física e Comportamento Sedentário
Movimentando, Exercitando e Competindo - Fatos e Fakes

Certificamos que **Letícia Domingues**, participou como **CONGRESSISTA** no **45^o Simpósio Internacional de Ciências do Esporte e 5^o Simpósio Internacional de Atividade Física e Comportamento Sedentário**, organizado pelo **CELAFISCS**, com carga horária de **60 horas**.

São Caetano do Sul, 6, 7 e 8 de outubro de 2022.



Dr. Victor Matsudo
Presidente



CELAFISCS
Centro de Estudos do Laboratório de
Aptidão Física de São Caetano do Sul