

WHEY PROTEIN: LEUCINA ASSOCIADA A HIPERTROFIA MUSCULAR

Ozanildo Vilaça do Nascimento¹

RESUMO

O Whey protein é um subproduto extraído da confecção de queijo, um composto proteico de alto valor nutricional e com propriedades funcionais, largamente usadas nas indústrias alimentícia e farmacêutica. Sendo assim, o objetivo desta revisão é discorrer acerca da utilização do Whey Protein no ganho de hipertrofia muscular. Para tanto, foram utilizados os bancos de dados do MEDLINE (PubMed) SciELO, LILACS de julho a dezembro de 2024, descrevendo os unitermos “Whey protein”, “hypertrophy”, “resistance training”, “athletes” e seus similares em português. Como inclusão, todos os artigos que fossem avaliados por pares, disponíveis na íntegra e que o Whey protein fosse utilizado como suplementação por atletas juntamente com treinamento resistido com o objetivo de hipertrofia muscular. Evidências sugerem que a suplementação de Whey Protein juntamente com exercícios resistido ou força é eficiente para desenvolver a massa muscular e como consequência a hipertrofia muscular.

PALAVRAS-CHAVES: Atletas; Hipertrofia; Whey protein; Leucina.

WHEY PROTEIN: LEUCINE ASSOCIATED WITH MUSCLE HYPERTROPHY

ABSTRACT

Whey protein is a by-product extracted from cheese making, a protein compound with high nutritional value and functional properties, widely used in the food and pharmaceutical industries. Therefore, the aim of this review is to discuss the use of Whey Protein in hypertrophy gain. To this end, the MEDLINE (PubMed) SciELO, LILACS databases were used from July to December 2024, using the terms “Whey protein”, “hypertrophy”, “resistance training”, “athletes” and their similar terms in Portuguese. The inclusion criteria were all articles that were peer-reviewed, available in full and that Whey protein was used as a supplement by athletes and who performed resistance training with the aim of muscle hypertrophy. Evidence suggests that Whey protein supplementation together with resistance or strength exercises is effective in developing muscle mass and, as a consequence, muscle hypertrophy.

KEYWORDS: Athletes; Hypertrophy; whey protein; Leucine.

1.INTRODUÇÃO

Na constituição do leite cerca de 3,6% são proteínas, deste percentual a caseína sobressai em cerca de 80% e os 20% que sobram são denominados de proteínas do soro de leite (Whey protein) sendo utilizado em diversas aplicações de produtos alimentícios e está significativamente associado à indústria de laticínios (Minj; Anand, 2020).

O Whey protein (WP) atualmente é misturado em fórmulas infantis, suplementos, barras, bebidas utilizados por esportistas, além,

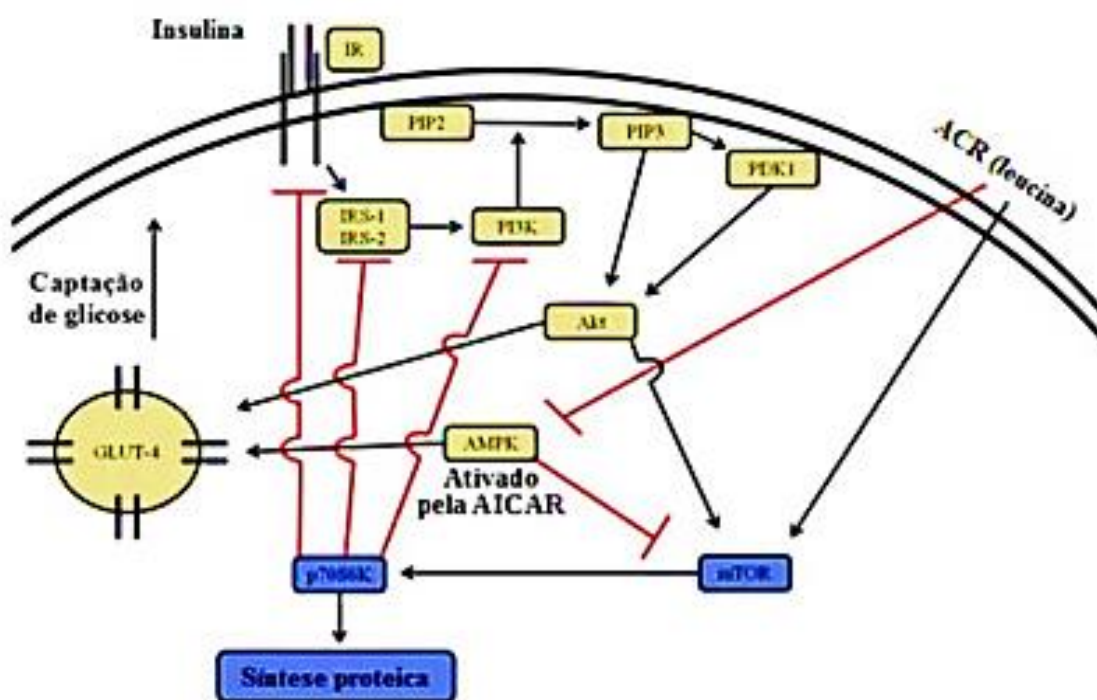
de uma variedade de produtos com objetivo de melhorar a saúde, podendo ser ingerido sem discriminação de gênero e idades, uma combinação de proteínas incluindo α -lactoalbumina (α -LA), β -lactoglobulina (β -LG), albumina de soro bovino (BSA), imunoglobulinas (IG), lactoferrina bovina (BLF), lactoperoxidase bovina (LP), pequenas quantidades de glicomacropeptídeo (GMP) e com valores expressivos de aminoácidos essenciais (Kumari et al., 2022).

¹ Faculdade de Educação Física e Fisioterapia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. E-mail: ozanildo@bol.com.br: <https://orcid.org/0000-0002-5030-8084>.

Esses aminoácidos essenciais são encontrada na forma de cadeia ramificada figura 1, (BCAAs): leucina, isoleucina e valina, com ação no crescimento e restauração dos tecidos,

intervenção no metabolismo das proteínas, sendo vistos como um sinal-chave na via de iniciação da tradução da síntese de proteínas musculares (Kumari et al., 2022).

Figura 1. Visão esquemática da leucina no processo de estimulação ou inibição da via de sinalização da insulina no músculo esquelético, conduzido para a síntese de proteína. Fonte: ZANCHI, Nelo Eidy et al. The possible role of leucine in modulating glucose homeostasis under distinct catabolic conditions. **Medical hypotheses**, v. 79, n. 6, p. 883-888, 2012.



Evidências encontradas em animais e em pesquisas em seres humanos, indicam uma série de bioatividades benéficas do Whey protein e dos seus componentes, além disso, várias elaborações alimentares, particularmente na forma de Whey protein em pó (WP), concentrado (WPC), isolada (WPI) e hidrolisada (WPH) podem ser encontradas (Prabhakaran et al., 2024). Na tabela 1 são apresentados a

composição química das proteínas de soro de leite, seguido pela tabela 2 indicando o escore químico de aminoácido corrigido pela digestibilidade proteica (PDCAAS) comparando ao Whey protein com outras porções de proteínas e finalmente na tabela 3 os constituintes químicos de várias proteínas e seu valor biológico comparas ao Whey protein.

Tabela 1. Composição química das proteínas de soro de leite.

Componentes do soro de leite	WP em pó (%)	WPC (%)	WPI(%)	WPH (%)
Proteína	11-14.5	25-89	90+ 0.5	Variável
Lactose	63-75	10-55	0.5	Varia com a concentração de proteínas
Gordura	0-1.5	2.0-10	0.5	Varia com a concentração de proteínas

Fonte: SHANKAR, Jangale Rohini; BANSAL, Ghanendra Kumar. A study on health benefits of whey proteins. **International Journal of Advanced Biotechnology and Research**, v. 4, n. 1, p. 15-19, 2013.

Tabela 2. escore químico de aminoácidos corrigido pela digestibilidade proteica (PDCAAS) comparando o Whey protein e com outras porções de proteínas.

Porção Proteica	PDCAAS
Whey protein	1.14
Caseína	1.0
Proteína de leite Isolada	1.0
Proteína de soja Isolada	1.0
Clara de ovo em pó	1.0
Carne de vaca moída	1.0
Lentilhas enlatadas	0.52
Farinha de amendoim	0.52
Glúten de trigo	0.25

Escore químico de aminoácidos corrigido pela digestibilidade proteica (PDCAAS) sendo uma medida atualmente aceita para avaliar a qualidade de proteínas.

Fonte: SCHAAFSMA, G. Nutritional Appreciation of Proteins. Report V94.135, **TNO Nutrition and Food Research Institute**, Zeist, The Netherlands, 1994.

Tabela 3: Constituintes químicos de várias proteínas e seu valor biológico comparadas ao Whey protein.

Tipo de Proteína	PDCAAS	AA	PER	VB	DP%
Whey protein	1.0	1.14	3.2	100	99
Ovo inteiro	1.0	1.21	3.8	88-100	98
Caseína	1.0	1.00	2.5	80	99
Proteína de soja	1.0	0.99	2.2	74	95
Bife de carne	0.92	0.94	2.9	80	98
Glúten de trigo	0.25	0.47	NA	52	91

PDCAAS: Proteína digestibilidade aminoácidos corrigidos pela fonte de aminoácidos; AA: Aminoácido; PER: eficiência protéica; VB: valor biológico; DP %: digestibilidade; NA: não avaliado. Fonte: GANGURDE, Hemant et al. Whey protein. **Scholars' Research Journal**, v. 1, n. 2, 2011.

2. METODOLOGIA

Para esta revisão foram utilizados os bancos de dados do MEDLINE (PubMed) SciELO e LILACS, pesquisas realizadas de julho a dezembro de 2024. Na consulta, foram utilizados os unitermos “Whey protein”, “hypertrophy”, “resistance training”, “athletes” e seus similares em português. Como inclusão, todos os artigos selecionados foram avaliados por pares, disponíveis na íntegra com estudos que utilizassem a suplementação de proteína do soro do leite por atletas juntamente com treinamento resistido com o objetivo de hipertrofia muscular.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma das respostas ao treinamento dada pelo músculo esquelético é o aumento da massa muscular, e a l-leucina (LEU) presente no soro de leite (WP) ativa mediadores chave da cascata de sinalização das proteínas que, por sua vez, regula positivamente a síntese de proteica muscular que está intimamente relacionada a hipertrofia muscular (Mobley et al., 2016).

Uma das forma da LEU acelerar a síntese proteína muscular (SPM) é pela modulação de elementos que participam na tradução da via de sinalização denominada via fosfatidilinositol 3 quinase (PI3-K), levando a inibição da sinalização da insulina como consequência a redução do uso da glicose muscular, levando possivelmente a ativação da proteína alvo da rapamicina em mamíferos

(mTOR), que é responsável por estimular a fosforilação dos substratos do receptor de insulina-1 (IRS-1) em serina 307, por sua vez, diminuiria a da PI3-K (Torres-Leal et al., 2010).

Viana *et al.* (2010) observaram que a mTOR responde prontamente a qualquer mudança na ingestão de aminoácidos ou energia. Quando o consumo de aminoácidos, em particular a LEU é elevada, a mTOR age com outras proteínas para construir complexos proteicos para fosforilar seus componentes-chave, que são, por sua vez, responsáveis pela tradução de RNAm em proteínas, entretanto, a redução do agrupamento de aminoácidos intracelular ou a retirada dos meios extracelulares dificultam a ação da mTOR, levando a supressão da síntese proteica.

No trabalho pioneiro de Tipton *et al.* (2004) onde investigaram o confronto entre a caseína e o WP em estimular a SPM, os autores observaram que a proteína do WP aumentou os níveis plasmáticos e intracelulares de LEU em 110% e as concentrações séricas de insulina após uma 1 de consumo no grupo experimental, enquanto, no grupo caseína teve uma assimilação de fenilalanina 35% maior em comparação com o grupo do Whey protein.

Os resultados da pesquisa de Tipton *et al.* (2004) abriram uma discussão complexa sobre sinalização intracelular da síntese proteica, principalmente sobre o aminoácido LEU encontrado em maiores quantidades na porção de WP, um importante sinalizador intracelular

que direciona o músculo esquelético na tradução de proteínas (Devries & Phillips, 2015).

No trabalho de Dijk et al. (2018) o WP enriquecida com LLEU elevou expressivamente a SPM, os aminoácidos essenciais (EAAS) livre muscular, os aminoácidos não essenciais (NEAA) e a taxa de fosforilação de Akt, 4E-BP1 e p70S6k ($P < 0,05$) em camundongos idosos 60 minutos após a gavagem ($P < 0,05$).

Wilkinson et al. (2018) observaram que 1.5g a 6g LEU sozinha na ausência de outros aminoácidos podem estimular a SPM a níveis quase máximos o equivalente demonstrado de uma porção de WP (40g) em homens adultos jovens.

A LEU e o WP também foram pesquisados em outros contextos, como enriquecendo dieta ou conjuntamente com outros aminoácidos.

Ratos idosos fizeram a ingestão por 40 dias de uma dieta de caseína suplementada com LEU (44,5 g / kg de leucina), essa mistura não teve efeito na SPM pós-prandial em comparação com a proteína caseína, no entanto, quando os ratos ingeriram WP houve estímulo efetivo da SPM pós-prandial. Os autores indicaram a falta de resposta da SPM com caseína enriquecida com leucina como uma dessincronização entre o 'sinal de leucina' e a disponibilidade de substratos para induzir a síntese de proteínas musculares, com o whey protein, essa dessincronização foi superada (Magne et al., 2012).

Na pesquisa de Volek et al. (2013) os pesquisadores observaram que a ingestão diária de 22g de WP foi suficiente para desenvolver a massa muscular em indivíduos não treinados quando associada com a mesma porção de proteína da soja (3,5 x 1,8 kg respectivamente).

Constantes aumentos na síntese proteica muscular resultam em hipertrofia da fibra muscular, sendo que o treinamento de força (resistido) é o que mais gera estímulo para essa hipertrofia, além disso, a oferta energética e o padrão de ingestão da proteína facilitam o desenvolvimento muscular.

A relação existente entre o whey protein e a hipertrofia muscular pode estar associada ao perfil de aminoácidos, destacando-se pela presença de leucina e sua rápida absorção intestinal de seus aminoácidos e peptídeos e pela sua ação sobre a liberação de hormônios anabólicos, como, a insulina (Pagotto, 2017).

Cribb et al. (2006) descrevem um aumento de cinco vezes na massa corporal magra com a utilização da suplementação com WPI ou WPH versus caseína, quando misturados após 10 semanas de treinamento resistido em fisiculturistas recreativos.

Quando do consumo de 15 g WPI imediatamente antes e após o exercício resistido por 21 semanas aumentou a área de secção transversa do músculo esquelético (Hulmi et al., 2009).

Entretanto, Kalman et al. (2007) não encontraram diferenças entre os grupos

estudados para massa corporal magra ao observar os efeitos de 12 semanas de treinamento resistido juntamente com suplementação de 50 g de uma combinação de (proporção de 50:50 de WPI: WPC) ou uma proporção de 50:50 de isolado de soja e a mistura de WP.

Erskine et al. (2012) desenvolveram uma pesquisa para investigar se o WP tinha um efeito sobre o tamanho do músculo, força e arquitetura muscular no músculo flexor do cotovelo, em combinação com o treinamento resistido. O experimento utilizou 33 homens jovens sem experiência em treinamento com pesos e sem registro de consumo de proteína. Os indivíduos ficaram 3 semanas sem suplementação seguida por 6 semanas sem treinamento, após isto, foram atribuídos aleatoriamente dois grupos um denominado proteína (PRO; n = 17) e outro placebo (PLA; n = 16). Os participantes realizaram um treinamento resistido com ênfase para os flexores do cotovelo 3X por semana por 12 semanas e consumiram WP imediatamente antes e depois de cada sessão de treinamento.

Os autores concluíram que após ingestão de WP não houve modificações significativas na força muscular do flexor do cotovelo e nem no tamanho muscular após o treinamento resistido de 12 semanas.

Farup et al. (2014) neste experimento examinaram se haveria modificações na hipertrofia muscular e tendinosa utilizando o

treinamento resistido juntamente com ingestão de WP. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: um grupo que ingeriu uma mistura de WPH com alto teor de leucina + hidratos de carbono (WHC) e um grupo de placebo (PLA) que consumia hidratos de carbono.

Os grupos realizaram as sessões de treinamento com dois tipos de contração: contrações concêntricas numa perna e contrações excêntricas na outra. Os resultados demonstraram um desenvolvimento expressivo da área de secção transversal do quadríceps e do tendão patelar proximal em ambos os grupos, com significância maior em WHC em comparação com PLA ($p < 0,01$). O experimento concluiu que a hipertrofia adquirida dos tendões e dos músculos foram induzidas pelo treino somada ao suplemento de WPH com alto teor de leucina.

Hambre et al. (2012) investigaram o efeito do treinamento resistido com aumento da ingestão proteica ou uma dieta hipercalórica, aumentariam a massa corporal magra, força e a taxa metabólica de repouso. Os participantes realizaram 1 hora de treinamento resistido 3 vezes por semana, com 3-5 séries para cada exercício. Os indivíduos foram divididos em grupos: um que tomou um suplemento de WP e outro que ingeriu uma refeição de fast-food (1350/ kcal) por dia, além, de manterem suas dietas diárias.

Os resultados observados demonstram que ambos os grupos aumentaram peso

corporal, sem diferença significativa entre os grupos ($p=0,4$), a massa magra e da força muscular foram semelhantes, não houve diferenças expressivas na força ($p=0,23$ quadríceps e $p=0,9$ isquiotibiais) e nem na taxa metabólica de repouso, mas, o grupo do fast-food aumentou significativamente a gordura corporal ($p=0,028$).

Herda et al. (2013) examinaram se 2 tipos diferentes de suplementação de proteína teriam influência na área da seção transversal do músculo da coxa, nos marcadores sanguíneos, na força muscular, na resistência e composição corporal após 8 semanas de treinamento resistido de baixo ou moderado volume em homens saudáveis, sem experiência em treinamento em idade universitária.

Cento e seis homens foram randomizados em 5 grupos: treinamento resistido de baixo volume com proteína de soro de leite (WP $n = 22$), treinamento resistido de volume moderado (TRVM; $n = 20$), treinamento resistido de volume moderado com proteína de soro de leite padrão (TRVMWP; $n = 22$), treinamento resistido de volume moderado com placebo (PLA; $n = 21$) ou treinamento resistido de volume moderado sem suplementação (TRVMS; $n = 21$). As sessões de treinamento resistido foram realizadas 3 vezes por semana durante 8 semanas.

Com exceção do TRVMS, todos os grupos consumiram 1 shake antes e depois de cada sessão de exercício e um shake em cada

dia sem treinamento. O TRVM, TRVNWP e TRVMS estes grupos receberam aproximadamente 20 g de proteína de soro de leite por shake, enquanto os grupos WP receberam 5 g de leucina polietileno glicosilada (PEG) adicional. Os resultados indicam que não houve melhora no desempenho e no tamanho muscular entre os grupos, independentemente da suplementação.

Hwang et al. (2017) tiveram como objetivo analisar vinte homens que foram randomizados em 2 grupos de iguais número (WP ou CHO; 25 g) de forma duplo-cega. Os indivíduos realizaram um programa de treinamento resistido (TR) de 4 dias por semana (TR de 4 semanas; Destreinamento (DT) de 2 semanas; Retreinamento (ReT) de 4 semanas) enquanto ingeriam seus respectivos suplementos apenas nos dias de treino, mas, todos os dias durante o DT. A força do leg press (FLP) foi analisada e a área da seção transversal do reto femoral e as alterações da massa magra foram avaliadas por ultrassonografia e absorciometria de raios-x de dupla energia, respectivamente. Embora não estatisticamente significativo, ambos os grupos mantiveram massa magra do reto femoral após o DT.

Jacinto et al. (2022) aferiram o efeito da suplementação com WP versus peptídeos de colágeno (PC) na espessura do músculo após um programa de treinamento resistido. Os participantes foram divididos em um grupo WP e um grupo PC. O programa de exercício

resistido continha 3 sessões por semana com 3 séries para cada exercício. Não houve diferença no consumo de macronutrientes entre os dois grupos ($p>0,05$) durante o experimento. A espessura muscular evoluiu mais no grupo WP do que no grupo PC ($p<0,05$) após o experimento.

Para investigar o efeito da proteína láctea versus fontes de proteína à base de carne na composição corporal, força e potência muscular, Sharp et al. (2018) dividiram os participantes em 4 grupos que consumiram: WP, proteína isolada de carne bovina, proteína hidrolisada de frango, ou placebo (controle). Todos os participantes seguiram um protocolo de treino idêntico contendo duas sessões de hipertrofia e uma sessão de treino de força por semana. Após o estudo, verificou-se uma diferença significativa na massa corporal entre os grupos e o grupo controle e ainda, todos os grupos de proteínas aumentaram a massa corporal magra e diminuíram a massa gorda ($p\leq 0,0001$)

Pasiakos et al. (2014) verificaram que a suplementos de WP, ocasionou um discreto resultado no ganho da hipertrofia e na força muscular durante as primeiras semanas de treino resistido, porém com o aumento, duração, frequência, bem como, o volume de treino, a suplementação com WP auxiliou na hipertrofia e no aumento da força muscular.

Nabuco, (2018) em um ensaio clínico, observou que, independentemente do momento da suplementação, antes ou após o treino, em apenas três dias da semana, a ingestão de WP

foi capaz de gerar resultados positivo no grupo ingestão pós-treino demonstrando que esses resultados foram superiores quando comparado ao grupo que consumia o WP antes do treinamento.

Sobral et al. (2020) selecionaram 13 homens com idades entre 18 anos e 30 anos de idade, onde foram criados dois grupos: o grupo de controle que consumiu suplementos de carboidratos e o grupo experimental que consumiu 36g/ dia de WP. Ambos os grupos realizaram 3 sessões/semana de treinamento resistido e a quantidade de proteína estimada da dieta foi de 1,4g/Kg/dia. Os resultados demonstraram que o grupo experimental teve um acréscimo de 9% a 27% no teste de 1 repetição máxima (1RM_{Max}) em comparação com o grupo de controle.

Além disso, na meta-análise feita por Morton et al. (2018) englobando 49 estudos com 1863 indivíduos os resultados apontam que a suplementação de proteína pode aumentar a hipertrofia em 27% (~ 0,3 kg), da mesma forma, na meta-análise de Naclerio e Larumbe-Zabala, (2016) descrevem que em atletas bem condicionados houve um incremento extra de 2 a 4% na massa livre de gordura podendo ser adquirido juntando o consumo de WP com treinamento resistido regular entre 6 e 2 semanas.

No experimento de Huan et al. (2018) descrevem ganhos idênticos na massa magra ao longo de um período de treinamento resistido de

6 semanas desde que, o consumo de doses consideradas baixas (25 g/d) ou altas (25–150 g/d) de WP devam ser ajustadas com o consumo de proteína diária que não deve ser inferior a 1,6 g/kg/d.

Outra forma de diferentes misturas utilizadas pelos atletas para maximizar a hipertrofia são no formato de multi-ingredientes combinados com WP (Naclerio; Seijo, 2019).

Kerksick et al. (2006) descreveram aumentos expressivos na hipertrofia muscular em 36 homens que participaram de um programa de treinamento resistido de 10 semanas com o consumo de 40 g de WP, mais 8 g de caseína e 2 g de carboidratos, quando comparado ao grupo placebo com uma mistura de um multi-ingrediente, contendo, 40 g de WP acrescido com 3 g de BCAAs, 5 de glutamina e 2 g de carboidratos.

Os autores concluíram que o consumo ingestão de WP, caseína enriquecido com 2g de carboidratos podem ser mais eficaz para maximizar o acúmulo muscular em comparação com a ingestão de apenas uma fonte de proteína.

Cribb et al. (2007) verificaram os efeitos do consumo de quatro suplementos diferentes: 1) apenas o WP; 2) WP mais monohidrato de creatina; 3) creatina mais carboidrato e 4) apenas carboidrato, na massa muscular em um grupo de fisiculturistas masculinos recreativos durante um período experimental de 11 semanas.

A suplementação apenas com WP mais monohidrato de creatina e carboidratos levou a

respostas acentuadas na hipertrofia quando comparada com as outras opções de ingestão.

Recentemente, Jakubowski et al. (2019) descreveram não haver diferenças entre o consumo de duas doses diárias de 25 g de WP enriquecida com 1,5 g de HMB ou 1,5 de leucina durante um programa de treinamento resistido praticados durante 12 semanas sobre o aumento da hipertrofia muscular em homens treinados. Os resultados indicam que não houve nenhum estímulo adicional na resposta da SPM pela ingestão de HMB juntamente com a leucina.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Várias evidências foram encontradas sugerindo que a suplementação com Whey protein associada ao exercício resistido é eficiente na síntese de proteína muscular portanto, na hipertrofia muscular.

Salienta-se a importância do consumo do Whey protein enriquecido com leucina e outros tipos de proteínas ingeridas, principalmente, após o exercício, pois esse é o período que seria o ápice da síntese de proteína muscular, além disso, é essencial a intensidade do exercício, a particularidade e as características do indivíduo e seu tempo de treinamento. Importante também, ter cautela na inclusão de suplementação proteica uma vez que a proteína proveniente da dieta, assim como, os outros nutrientes já justifica a finalidade de manter o suporte necessário para o desempenho físico e na promoção do reparo e síntese muscular.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRIBB, Paul J. et al. Effects of whey isolate, creatine and resistance training on muscle hypertrophy. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 2, p. 298-307, 2007.

DAVIES, Robert W.; CARSON, Brian P.; JAKEMAN, Philip M. The effect of whey protein supplementation on the temporal recovery of muscle function following resistance training: A systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v. 10, n. 2, p. 221, 2018.

DIJK, Francina J. et al. Differential effects of leucine and leucine-enriched whey protein on skeletal muscle protein synthesis in aged mice. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 24, p. 127-133, 2018.

ERSKINE, Robert M. et al. Whey protein does not enhance the adaptations to elbow flexor resistance training. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 44, n. 9, p. 1791-1800, 2012.

FARUP, Jean et al. Whey protein hydrolysate augments tendon and muscle hypertrophy independent of resistance exercise contraction mode. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 24, n. 5, p. 788-798, 2014.

HAMBRE, David et al. A randomized trial of protein supplementation compared with extra fast food on the effects of resistance training to increase metabolism. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, v. 72, n. 6, p. 471-478, 2012.

HAUN, Cody T. et al. Effects of graded whey supplementation during extreme-volume resistance training. **Frontiers in nutrition**, v. 5, p. 84, 2018.

HERDA, Ashley A. et al. Muscle performance, size, and safety responses after eight weeks of resistance training and protein supplementation: a randomized, double-blinded, placebo-

controlled clinical trial. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3091-3100, 2013.

HULMI, Juha J. et al. Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. **Amino acids**, v. 37, p. 297-308, 2009.

HWANG, Paul S. et al. Resistance training-induced elevations in muscular strength in trained men are maintained after 2 weeks of detraining and not differentially affected by whey protein supplementation. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 4, p. 869-881, 2017.

JACINTO, Jeferson L. et al. Whey protein supplementation is superior to leucine-matched collagen peptides to increase muscle thickness during a 10-week resistance training program in untrained young adults. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 32, n. 3, p. 133-143, 2022.

JAKUBOWSKI, Josephine S. et al. Equivalent hypertrophy and strength gains in β -hydroxy- β -methylbutyrate-or leucine-supplemented men. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 1, p. 65, 2018.

KALMAN, Douglas et al. Effect of protein source and resistance training on body composition and sex hormones. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 4, 2007.

KERKSICK, Chad M. et al. The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 3, p. 643-653, 2006.

KUMARI, Rashmi et al. Influence of dietary molecules on human health: Whey proteins. **Research Journal of Pharmacy and Technology**, v. 15, n. 4, p. 1910-1914, 2022.

MAGNE, Hugues et al. Contrarily to whey and high protein diets, dietary free leucine supplementation cannot reverse the lack of recovery of muscle mass after prolonged immobilization during ageing. **The Journal of physiology**, v. 590, n. 8, p. 2035-2049, 2012.

MINJ, Shayanti; ANAND, Sanjeev. Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current applications. **Dairy**, v. 1, n. 3, p. 233-258, 2020.

MOBLEY, C. Brooks et al. Comparative effects of whey protein versus L-leucine on skeletal muscle protein synthesis and markers of ribosome biogenesis following resistance exercise. **Amino Acids**, v. 48, p. 733-750, 2016.

MORTON, Robert W. et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. **British journal of sports medicine**, v. 52, n. 6, p. 376-384, 2018.

NABUCO, Hellen CG et al. Effect of whey protein supplementation combined with resistance training on body composition, muscular strength, functional capacity, and plasma-metabolism biomarkers in older women with sarcopenic obesity: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Clinical nutrition ESPEN**, v. 32, p. 88-95, 2019.

NACLERIO, Fernando; LARUMBE-ZABALA, Eneko. Effects of whey protein alone or as part of a multi-ingredient formulation on strength, fat-free mass, or lean body mass in resistance-trained individuals: a meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 46, p. 125-137, 2016.

PAGOTTO, Fernanda Munhoz. Treinamento de força e whey protein: um casamento para a hipertrofia muscular? 2017.

PASIAKOS, Stefan M.; MCLELLAN, Tom M.; LIEBERMAN, Harris R. The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a

systematic review. **Sports medicine**, v. 45, p. 111-131, 2015.

PRABHAKARAN, GY Subbiah et al. Heat-stable whey protein isolate made using isoelectric precipitation and clarification. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 9, p. 6629-6642, 2024.

SHARP, Matthew H. et al. The effects of beef, chicken, or whey protein after workout on body composition and muscle performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 8, p. 2233-2242, 2018.

SOBRAL, C. et al. Whey protein supplementation in muscle hypertrophy. **European Journal of Public Health**, v. 30, n. Supplement_2, p. ckaa040. 004, 2020.

TIPTON, Kevin D. et al. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 12, p. 2073-2081, 2004.

TORRES-LEAL, F. L. et al. Aspectos atuais do efeito da leucina sobre o controle glicêmico e a resistência à insulina Current aspects of leucine effect on glucose control and insulin resistance. **CEP**, v. 5508, p. 900. VIANNA, D. et al. Protein synthesis regulation by leucine. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 1, p. 29-36, 2010.

VOLEK, Jeff S. et al. Whey protein supplementation during resistance training augments lean body mass. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 32, n. 2, p. 122-135, 2013.

WILKINSON, Daniel J. et al. Effects of leucine and its metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. **The Journal of physiology**, v. 591, n. 11, p. 2911-2923, 2013.