**Ingestão proteica recomendada para maior resposta anabólica em praticantes de exercício de resistência**

**Categoria do artigo: Revisão**

**Área temática: Nutrição Básica e Experimental**

**RESUMO**

Para manter alto nível de rendimento e adaptação aos estímulos dos exercícios, os atletas podem precisar de mais proteína comparado com a população geral. Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto da ingestão proteica em praticantes de exercícios de resistência, buscando identificar a quantidade ideal de proteína para maximizar a síntese proteica muscular e a recuperação pós-exercício. Trata-se de revisão bibliográfica na base de dados PubMed, sem delimitação de tempo, utilizando os descritores *protein synthesis, absorption, limit, resistance exercise, protein Intake, protein and recovery, recommendation and protein*. Os resultados indicam doses de proteína variando entre 1,6 e 2,4 g/kg/dia são suficientes para promover a preservação e aumento da massa magra. Suplementos proteicos como o soro de leite também mostraram ser mais eficazes em comparação com carboidratos no aumento do balanço proteico e na recuperação muscular. A dose de proteína por refeição para maximizar a síntese proteica muscular seria entre 20 a 40 gramas, dependendo de fatores como idade e massa muscular total. Assim dividir a ingestão diária de proteínas em refeições que forneçam cerca de 0,25 a 0,40 g por quilo de peso corporal pode ser uma estratégia eficiente para promover o anabolismo muscular e a recuperação pós-exercício. A pesquisa reforça a necessidade de adequar a quantidade e o tipo de proteína ingerida para os indivíduos que buscam hipertrofia muscular e melhora da performance.

Termos de indexação: Hipertrofia; Proteínas; Aminoácidos de Cadeia Ramificada; Atletas; Recomendações Nutricionais.

**INTRODUÇÃO**

As proteínas dietéticas passam por processo de degradação em nosso corpo, onde enzimas específicas as quebram em pedaços menores, como tripeptídeos, dipeptídeos e aminoácidos (AA). Esses nutrientes são absorvidos pelo intestino delgado e utilizados pelas bactérias intestinais. Os AA absorvidos são transportados para células eucariontes e procariontes, onde ocorre a síntese proteica, que é o processo de formação de proteína, através de ligações peptídicas entre aminoácidos1.

Esse processo de síntese proteica se inicia com a **transcrição**, onde a informação genética codificada no DNA é copiada para o RNA mensageiro (RNAm). Na etapa seguinte, a **tradução**, o RNAm é interpretado pelos ribossomos, que leem a sequência de bases nitrogenadas e a convertem em uma sequência de aminoácidos. Cada sequência de três bases nitrogenadas no RNAm, chamada de códon, é específica para um aminoácido. Essa relação entre códons e aminoácidos é conhecida como código genético. Esse processo de tradução continua até que o RNAm seja completamente lido, resultando na formação de uma proteína com uma estrutura e função específicas2,3.

A forma como nosso corpo é composto, com a quantidade de massa muscular, gordura e ossos, influencia diretamente em nossa saúde. Diversas doenças, como as **cardiovasculares, diabetes, alguns tipos de câncer, osteoporose e osteoartrite**, estão associadas à composição corporal. Os músculos esqueléticos são fundamentais para o nosso bem-estar. Eles controlam o equilíbrio **metabolismo**, entre músculo e gordura. A sarcopenia, redução do desempenho físico, está relacionada à perda de massa muscular4.

Seja de natureza resistiva ou de resistência, a contração muscular durante um exercício, tem efeitos profundos na renovação proteica muscular que pode persistir até 72 horas. É bem estabelecido a potência anabólica do exercício resistido, sendo relatado que estimula a síntese proteica muscular entre 40 e 150% acima dos níveis de repouso após um único ataque agudo. Assim após exercício de resistência, o consumo de uma fonte de proteína, para ter uma maior resposta anabólica e um equilíbrio proteico, é necessário, aliado ao treinamento para ajudar hipertrofia muscular5.

De acordo com Recommended Dietary Allowances (RDA), que é a dose diária recomendada, um adulto deve consumir de 0,8 g a 0,95 gramas (g) de proteína por quilograma (kg) de peso por dia (d). Já a Ingestão diária adequada (AI) é de 0,8 g/kg/d a 1,1 g/kg/d. E o limite superior tolerável (UL) é 2,0 g/kg/d6.

Para evitar deficiências mantendo alto nível de funcionamento e se adaptar ao estímulo do exercício, os atletas podem precisar de mais proteína comparado a população em geral. Essa evidencias tem uma justificativa, na qual a leucina e outros aminoácidos de cadeia ramificada, possivelmente, tem um destaque na estimulação da síntese de proteínas musculares, com ingestão de 1,3 – 1,8 g/kg/d de proteína, consumindo de 3 a 4 refeições de uma mesma fonte nitrogenada, irá maximizar a síntese de proteína muscular7.

Existem diversas recomendações sobre ingestão proteica, no entanto, existe uma lacuna na literatura, sobre qual seria o valor máximo que teria eficiência na síntese proteica. Deste modo, esse trabalho tem como objetivo verificar o efeito de diferentes doses de proteína nas taxas de síntese de proteína muscular em praticantes de exercício resistido.

**MÉTODOS**

Oestudo trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa. Foram selecionados artigos em português e inglês, no período de 2008-2024, com o tema “limite de ingestão proteica recomendada para uma maior resposta anabólica em praticantes de exercício de resistência.”

As bases de dados pesquisadas foram *PubMed*, no intervalo de março de 2024 até novembro de 2024, utilizando as palavras em inglês *protein synthesis, absorption, limit, resistance exercise, protein Intake, protein and recovery, recommendation and protein*. Após isso foi feita a leitura dos títulos e resumos e descartados aqueles que não obedeceram aos critérios acima. Foram excluídas revisões de literatura, livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorado, pesquisas com animais, crianças e adolescentes. Também foi feita a exclusão de artigos de outras temáticas, tais como nutrição de reabilitação para recuperação de lesões de atletas, ingestão de macronutrientes, suplementação oral de aminoácidos de cadeia ramificada e presença de doenças.

**RESULTADOS**

Foram analisados estudos com diversas metodologias, como ensaios clínicos duplo-cego, ensaios clínicos randomizados e estudos transversais. Foram realizados em diversos países, incluindo Holanda, Brasil, Canadá e Estados Unidos, oferecendo uma população variada e resultando em dados mais abrangentes.

Os participantes da pesquisa tinham idades entre 18 e 40 anos, com adultos jovens constituindo a maioria do grupo de participantes. No total, 356 indivíduos foram analisados. Embora vários estudos tenham incluído ambos os sexos, a maioria dos participantes eram homens. Todos os estudos foram realizados com indivíduos que já tinham familiaridade com exercícios de resistência.

Os objetivos incluíram hipertrofia muscular como resposta pós-prandial e pós-exercício, avaliar a dose de proteína necessária após exercício de resistência, verificar o efeito da ingestão de proteínas na síntese proteica do tecido conjuntivo e o impacto de diferentes doses de proteína na recuperação pós-exercício.

Os estudos foram realizados em pessoas que praticavam exercícios de resistência, incluindo leg press, extensão de pernas, supino e puxada lateral, a maioria realizados com 10 repetições submáximas com descanso de 2 minutos. Outros estudos realizaram exercícios de resistência bilateral, como leg press e flexão, exercícios contínuos em cicloergômetro por 90 minutos, cicloergômetro, com esteira e movimentos de articulação única, remada sentada, 20 km de corrida em esteira, exercícios de corpo inteiro, bem como HIT (*High Intensity Trainin*g) e SIT *(*Sprint Interval Training) entre as séries. Um estudo dividiu o treinamento pela parte superior e inferior do corpo, sendo 3 séries com 10 repetições.

Os estudos sobre proteínas abrangeram diferentes cenários, quantidades e tipos de proteínas ingeridas. Com relação às quantidades, observou-se comparação de 100 g com 25 g de proteína; comparação entre diferentes quantidades (0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 e 45g de bebidas proteicas) e 25 g de proteína. As recomendações baseadas no peso do indivíduo contemplaram: 0,6 a 3,4 g/kg/dia; 2,3 g/kg/dia versus 1,0 g/kg/dia; 1,2 versus 2,4 g/kg/dia; comparação entre 0,8, 1,6 e 2,4 g/kg/dia; 0,2 a 2,8 g/kg/dia e comparação entre 1,33, 0,84 e 0,72 g/kg/dia.

Os estudos analisados forneceram informações valiosas sobre a importância da ingestão de proteínas para a recuperação e o desempenho físico após o exercício, enfatizando a necessidade de considerar várias doses e fontes de proteínas para maximizar os resultados. Os estudos sugerem que doses moderadas a elevadas podem ser mais eficazes do que doses mais baixas em certos contextos.

Os estudos mostram que a ingestão de diferentes quantidades de proteínas pode influenciar significativamente a síntese proteica, o balanço de nitrogênio e a composição corporal, especialmente quando combinada com exercícios de resistência. Ingerir 100 g de proteína provocou uma resposta anabólica maior e mais prolongada em comparação com 25 g, aumentando a disponibilidade de aminoácidos plasmáticos e sua incorporação na proteína muscular. No entanto, a ingestão de proteínas não alterou significativamente as taxas de degradação proteica ou oxidação de aminoácidos8.

Por outro lado, consumir 20 g de proteína foi suficiente para maximizar a síntese proteica de albumina após exercícios de resistência, sem aumentar a fosforilação de proteínas sinalizadoras, o que sugere que a síntese proteica muscular está mais relacionada à disponibilidade de aminoácidos. Proteína em excesso consumida após o exercício que não é incorporada na proteína tecidual resulta em oxidação irreversível9.

Outros estudos indicam que 30 g de proteína são suficientes para maximizar a síntese proteica miofibrilar durante a recuperação de uma sessão de exercício de resistência10.

Suplementar com proteína de soro de leite, em comparação com carboidratos, melhorou o equilíbrio proteico líquido do corpo durante a recuperação pós-exercício, especialmente nas primeiras 10 a 24 horas, favorecendo a recuperação aguda do desempenho em homens jovens treinados11.

O consumo de proteína dentro das faixas recomendadas (0,6-3,4 g/kg/d) foi eficaz no ganho de massa muscular em praticantes de musculação, com maiores ganhos observados em ingestões acima dos valores recomendados (1,6-1,7 g/kg/dia)12. Em contextos de perda de peso, ingestões proteicas mais altas (1,6-2,4 g/kg/d) resultaram em menor perda de massa magra e maior perda de gordura comparado a menores ingestões (0,8 g/kg/d)13. A suplementação proteica durante déficit energético não alterou a resposta anabólica comparada à manutenção de peso para 1,6 e 2,4 g/kg/d, mas foi menor para 0,8 g/kg/d13.

A ingestão proteica recomendada para atletas de resistência foi estimada entre 1,65 e 1,83 g/kg/d, superiores à RDA e às recomendações atuais para esses atletas. Em mulheres na pré-menopausa, alta proteína e alto teor de laticínios resultaram em maiores ganhos de tecido magro comparado a ingestões adequadas de proteína com variações no teor de laticínios14. Finalmente, em um estudo com déficit energético severo, alta ingestão de proteína (2,4 g/kg/d) promoveu ganho de massa magra, enquanto a massa magra permaneceu inalterada no grupo controle com 1,2 g/kg/d15.

**Tabela 1.**

**DISCUSSÃO**

A ingestão de proteína caseína antes do sono não aumentou ainda mais as taxas de síntese proteica do tecido conjuntivo intramuscular durante a recuperação pós-exercício. No entanto, demonstrou-se que os aminoácidos derivados de proteínas dietéticas atuam como precursores para a síntese proteica do tecido conjuntivo intramuscular de novo à medida que são incorporados na fração proteica em repouso e, mais proeminentemente, durante a recuperação do exercício16.

A caseína, como muitas outras fontes de proteína, pode não oferecer quantidades suficientes de aminoácidos essenciais necessários para apoiar a síntese de novas proteínas do tecido conjuntivo e não contém muita glicina (2%) comparada com outros aminoácidos como leucina (10%) ou prolina (11%)16.

A ausência de um aumento adicional nas taxas de síntese proteica do tecido conjuntivo intramuscular, após a ingestão de caseína, pode estar relacionada ao tipo e/ou doses de proteína dietéticas, e que ela não pode fornecer glicina suficiente para suportar um aumento nas taxas de síntese de proteína do tecido conjuntivo intramuscular pós-exercício16.

Aminoácidos derivados de proteínas dietéticas são incorporados em proteína de tecido conjuntivo intramuscular e o exercício de resistência realizado a noite permite que mais aminoácidos derivados de proteínas ingeridas sejam direcionados para a síntese de novas proteínas do tecido conjuntivo intramuscular durante a recuperação a noite16.

Pode-se especular que a ingestão de uma fonte de proteína dietética diferente da caseína pode ser mais eficaz no estímulo das taxas de síntese proteica de tecido intramuscular pós-exercício. Aquelas que contenham maior quantidades de glicina e prolina podem fornecer mais precursores de aminoácidos necessários para suportar taxas mais altas de síntese do tecido conjuntivo intramuscular após o exercício16.

Ao observar que após a ingestão de 100 g de proteína quando comparada a 25 g as taxas de síntese proteica plasmáticas foram mais altas nas fases pós-prandial precoce (0-4 h) e na pós-prandial prolongada (4-12 h) 8, sua hipótese de que mesmo grandes quantidades de proteína dietéticas são eficazmente utilizada para apoiar o anabolismo tecidual pós-prandial, porém, requer um período mais longo para a digestão completa das proteínas e a absorção de aminoácidos fiquem disponíveis para incorporação nos tecidos8.

As taxas de oxidação pós-prandial de aminoácidos foram insignificantes quando expressa em relação ao aumento nas taxas de síntese proteica no corpo inteiro e que a maior parte da proteína ingerida é utilizada para a síntese de proteínas teciduais8.

Devido a proteína do leite ter 20% de proteína de soro do leite com digestão rápida e 80% de caseína com digestão lenta, especula-se que uma resposta anabólica mais prolongada à ingestão de proteínas é exclusiva de alimentos de digestão lenta. Assim aquelas proteínas de digestão mais rápida podem ser oxidadas desproporcionalmente e que podem resultar em menos aminoácidos disponíveis para a síntese proteica8.

A ingestão de grande quantidade de proteína resultou em aumento na disponibilidade de aminoácidos plasmáticos (incluindo a leucina) na qual a disponibilidade de aminoácidos plasmáticos não foi refletida em um aumento nas concentrações de aminoácidos livres no tecido muscular, já que as concentrações de aminoácidos livres de cadeia ramificada nos músculos estavam elevadas. No entanto, esse aumento intra e extracelular, da leucina, no aumento pós-prandial na sinalização miocelular anabólica foi transitória8.

A disponibilidade prolongada da leucina não resultou na ativação prolongada da Mammaliantarget of rapamycin (mTOR) e que essa sinalização não é necessária para causar o aumento pós-prandial na taxa de síntese de proteína muscular8.

A ingestão de proteína tem impacto mínimo nos fluxos endógenos de aminoácidos com os exógenos, respondendo de acordo com a quantidade ingerida de proteína. Essa contribuição é relativa dos aminoácidos derivados de proteínas exógenas para a liberação total de aminoácidos na circulação, captação de aminoácidos plasmáticos nos tecidos e na incorporação de aminoácidos em proteínas miofibrilares foram semelhantes (32%, 30%, e 27% respectivamente, após a ingestão de 100 g de proteína). Isso demonstra que a ingestão de proteína resulta em um fluxo coordenado de aminoácidos derivados de proteínas exógenas8.

Com evidências que apoiam maior flexibilidade nos padrões alimentares destinado à melhora do anabolismo muscular, a ingestão de uma única quantidade grande de proteína é seguida por uma resposta anabólica prolongada, que diminui a necessidade de consumir outra refeição rica em proteína em um curto período. Esses dados sugerem que protocolos alimentares com restrição de tempo, provavelmente, superestimam o comprimento de suas janelas pós-absortivas, porém, um estado pós-absortivo não é necessário para permitir a depuração de proteínas8.

Pode ser possível que a resposta metabólica a ingestão de proteínas seja modificada ao longo do tempo8. Assim, é possível especular que a oxidação de aminoácidos pode aumentar em resposta a episódios frequentes e prolongados de hiper-aminoacidemia ou que o maior ganho de proteína pós-prandial é compensado por uma melhor regulação da oxidação de aminoácidos num estado de jejum subsequente8.

Acredita-se que após uma sessão de treinamento de 20 km, dentro de 3 dias, o aumento da oxidação de aminoácidos induzido pelo exercício e a estimulação aguda de remodelação proteica pós-exercício seriam os fatores que teriam maior relevância no aumento das necessidades proteicas17.

Com o resultado de um aumento na eliminação oxidativa de aminoácidos durante o exercício, os resultados sugerem que os dias de treinamento com maior volume de treinamento, pode exigir mais proteína, sendo o inverso para dias de treinamento com menor volume17.

A co-ingestão de proteínas resultou em rápido aumento nas concentrações plasmáticas de aminoácidos e enriquecimento de fenilalanina demonstrando rápida digestão de proteínas e absorção de fenilalanina derivada de proteína dietética10.

As alterações no metabolismo das proteínas no nível do corpo inteiro não refletem necessariamente a síntese proteica do músculo esquelético ou a resposta proteolítica à alimentação10.

A necessidade potencialmente maior de proteína após o exercício de resistência pode estar relacionada a necessidade de remodelar as proteínas musculares e viscerais devido ao aumento da degradação proteica18 e de substituir as perdas de aminoácidos induzidos pelo exercício, incorridas por meio da oxidação direta19 e o gliconeogênese hepática20.

Comparado com indivíduos obesos, que possuem mais gordura corporal, os adultos com peso normal e com sobrepeso moderado podem ter diminuição na massa magra mais pronunciados em períodos semelhantes de perda de peso, sugerindo que indivíduos normais e com sobrepeso moderado podem se beneficiar do consumo de mais proteínas dietéticas do que as recomendações atuais para a perda ponderal saudável (1,5 g/kg/dia) durante períodos de balanço energético negativo ou planejado13.

Verificou que o consumo de 2,4 g/kg/dia de proteína não provocou uma maior proteção da massa magra em comparação com 1,6 g/kg/dia, sendo, provavelmente desnecessário, e que consumir mais proteína na dieta não causa nenhum benefício extra no contexto de perda de peso a curto prazo13.

As repostas sintéticas da proteína muscular após o consumo agudo de proteína são causadas pela demanda metabólica de energia e aminoácido, uma vez que o aumento do conteúdo de leucina de uma dose “máxima” de proteína limita a depender das reservas de proteína, e melhora a síntese de proteína na recuperação do exercício em estado estacionário13.

Mesmo que as medidas diretas de proteólise não tenham sido medidas, os resultados sugerem que o aumento dos níveis de aminoácidos endógenos resultante do consumo da dieta de RDA triplicada atenua a degradação de proteínas endógenas, ocasionando em um menor estímulo para sintetizar novas proteínas13.

Durante o déficit energético, os níveis elevados de aminoácidos resultantes de altas ingestões de proteína podem ter sido suficiente para saturar as necessidades de energia basal e de proteína de todo o corpo durante o aumento da demanda metabólica, assim, poupando os aminoácidos exógenos para a síntese de proteínas musculares13.

Tem uma hipótese de que nos estágios iniciais do déficit energético as regulações negativas na síntese proteica muscular pós-absortivas são revertidas conforme o corpo se adapta à insuficiência energética prolongada, parecido com o que acontece com as adaptações do nitrogênio em todo o corpo13.

Aqueles que consomem o dobro e o triplo da RDA, sustentam a hipótese de que o nitrogênio e a massa livre de gordura podem ter sido polpados as custas do gasto de gordura corporal devido ao custo metabólico do catabolismo proteico exógeno13.

Em contraponto, estudo observou uma maior perda (1,3 kg) de massa gorda no grupo com dieta alta em proteína comparado ao grupo controle15. Mesmo que o consumo de proteína elevada resultou em um aumento de massa magra (1,1 kg), foi observado que a massa magra permaneceu inalterada durante um período de treinamento físico de alta intensidade e de déficit energético substancial, o mesmo que aconteceu quando a quantidade de proteína consumida foi menor (1,2 g/kg/dia)15.

A dose de proteína por refeição, a quantidade de proteína e o horário de consumo concomitante ao exercício se tornaria mais importante na alteração da massa magra, quando em déficit calórico, devido à diminuição nas taxas basais de SMP para a alimentação proteica15.

Mesmo não medindo o equilíbrio de nitrogênio, Mettler, Mitchell e Tipton22 mencionam que um maior equilíbrio de nitrogênio no grupo de alta proteína seria importante para a ausência da perda de massa magra observada. E que não está claro se o equilíbrio de nitrogênio pode estar quantitativamente associado a massa magra.

A perda de massa magra parece ter sido influenciada pela quantidade de proteína na dieta, e no grupo de baixo teor de proteína a perda de massa magra excedeu a perda de gordura22.

Estudo mencionou que a diferença na ingestão de energia pode ter influenciado nos resultados. Assim se o balanço energético fosse maior para o grupo de alta proteína, o peso corporal e a massa magra mais alta nesse grupo, pode ser consequência tanto da energia quanto da proteína. Porém, não acreditam nessa hipótese, pois se o balanço energético fosse diferente, seria provável que a perda de gordura fosse maior para o grupo controle22.

Mesmo que a leucina estimule a síntese de proteína, seus níveis elevados são responsáveis por diminuir os níveis de outros aminoácidos, especialmente os outros BCAA, devido sua maior atividade de desidrogenase do alfa-cetoácido de cadeia ramificada22.

Durante a atrofia muscular, quando a disponibilidade de aminoácidos é baixa, as proteínas miofibrilares parecem ser alvos seletivos de degradação. Assim as diferenças na massa magra corporal podem ter sido devido ao aumento na síntese de proteínas musculares em consequência do exercício e ao aumento da disponibilidade de aminoácidos e/ou degradação seletiva das proteínas estruturais com baixa disponibilidade de aminoácidos22.

A leucina é um potente estimulador de cascadas de sinalização anabólica na célula. Ela aumentada pode ser um sinal para aumentar a síntese de proteínas, contrabalanceando até certo ponto, a sinalização catabólica da dieta hipocalórica no grupo de alta proteína22.

Pós-exercício semelhante, o equilíbrio de aminoácidos líquido após duas altas doses de aminoácidos essenciais (EAAs) (21 g versus 40 g), mostram que a síntese de proteínas musculares é mais estimulada, porém, atingindo um platô após a ingestão de 20 g de proteína de alta qualidade. Com isso, parece existir uma dose máxima eficaz de aminoácidos dietéticos para estimular o anabolismo muscular após o exercício de resistência9.

Os aminoácidos melhoram de forma robusta a sinalização da mTOR e a atividade da S6K1 e elF2B, o que não afeta a fosforilação das proteínas de sinalização intracelular. Em um contexto em que o exercício de resistência, que é um potente estímulo anabólico, demostrou aumentar a atividade destas vias de sinalização em estado de jejum. Sendo possível que o exercício resistido tenha estimulado a fosforilação de proteínas dentro da via de sinalização da mTOR, mascarando qualquer alteração induzida por aminoácidos (AA) com a ingestão de proteínas9.

No entanto, dados mostram que existe uma taxa máxima à qual os AA dietéticos podem ser incorporados no tecido muscular e que, com quantidades mais elevadas de AA, não há estimulação adicional da síntese de proteínas musculares9. Observaram, ainda, uma estimulação dose dependente de síntese de proteína de albumina para altas quantidades de proteína dietéticas. A síntese de albumina parece não ser afetada pelo exercício de resistência, o que sugere uma diferença em sua taxa de síntese fracionaria que são medidas por AA9.

Os AA dietético consumidos em excesso para sintetizar o tecido magro é direcionada para a síntese de albumina para minimiza sua oxidação irreversível9. Embora uma pequena quantidade de AA dietéticos possa ser detido pela proteína da albumina como um mecanismo conservador, acredita-se que isso é relativamente menor em comparação com a grande capacidade de armazenamento do musculo9.

O maior Balanço proteico líquido após a ingestão de proteína foi provavelmente associada a quantidades aumentadas de síntese de proteína muscular, o que demonstra que a ingestão de proteína antes de dormir aumenta a síntese de proteína muscular e quantidades derivadas de rastreadores de equilíbrio de proteína líquida do corpo inteiro11.

A quantidade de 25 g de proteína foi insuficiente para gerar um Balanço proteico líquido positivo durante a noite, que pode estar relacionada à ingestão habitual de proteína relativamente alta (1,9 g/kg/dia) dos participantes11.

É possível que uma dose resposta entre o equilíbrio proteico muscular e/ou corporal total em direção a recuperação do desempenho, onde induzir algum anabolismo líquido mínimo indefinido é suficiente para melhorar e/ou maximizar a recuperação do desempenho11.

**CONCLUSÃO**

Conclui-se que a ingestão proteica em doses superiores às recomendadas para a população geral é benéfica para praticantes de exercício resistido que buscam otimizar a síntese de proteína muscular. A ingestão de proteínas entre 1,6 e 2,4 g/kg/dia mostrou-se eficaz para preservar a massa magra e potencializar a resposta anabólica em praticantes de exercício de resistência. Suplementos proteicos, como o soro de leite, foram mais eficientes no aumento do balanço proteico em comparação com carboidratos, proporcionando uma recuperação mais acelerada após o exercício.

Além disso, foi observado que a ingestão de grandes quantidades de proteína em uma única refeição pode sustentar a síntese proteica muscular por um longo período, sugerindo que estratégias nutricionais que incluam refeições ricas em proteínas podem ser eficazes na promoção de uma resposta anabólica prolongada. Estudos indicam que a dose ideal de proteína por refeição para maximizar a síntese proteica muscular está entre 20 a 40 gramas, dependendo de fatores como idade e massa muscular total. Estas recomendações indicam que dividir a ingestão diária de proteína em refeições que forneçam cerca de 0,25 a 0,40 g de proteína por quilo de peso corporal por refeição pode ser uma estratégia eficiente para promover o anabolismo muscular e a recuperação pós-exercício. Dessa forma, a personalização da ingestão proteica, considerando o tipo de proteína e a quantidade ingerida, é fundamental para maximizar os resultados em termos de hipertrofia e recuperação muscular.

Sugerem-se novos estudos para explorar o impacto de diferentes tipos de proteínas, além do soro de leite, na maximização da resposta anabólica em praticantes de exercícios de resistência. Além disso, investigações mais aprofundadas sobre o momento ideal de ingestão proteica ao longo do dia que poderiam fornecer insights valiosos para otimizar a síntese proteica muscular. Estudos futuros também devem avaliar a variabilidade individual na resposta anabólica à ingestão de proteína, considerando fatores como idade, gênero, nível de treinamento e composição corporal, o que pode levar a recomendações nutricionais mais personalizadas para diferentes grupos populacionais.

**REFERÊNCIAS**

1. WU, Guoyao. Dietary protein intake and human health. *Food & Function*, v. 7, n. 3, p. 1251-1265, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1039/c5fo01530h. Acesso em: 3 dez. 2024.
2. GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. *Tratado de fisiologia médica*. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. Disponível em: https://cssjd.org.br/imagens/editor/files/2019/Abril/Tratado%20de%20Fisiologia%20M%C3%A9dica.pdf. Acesso em: 3 dez. 2024.
3. ROCHA, Pollyanna; SOUZA. Análise da expressão de fatores envolvidos na síntese de proteínas durante o ciclo de vida de Leishmania sp. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6588/1/arquivo6288\_1.pdf. Acesso em: 3 dez. 2024.
4. KURIYAN, R. Body composition techniques. Indian Journal of Medical Research, v. 148, n. 5, p. 648-658, nov. 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.4103/ijmr.IJMR\_1777\_18. Acesso em: 3 dez. 2024.
5. BURD, Nicholas A. et al. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. Journal of Applied Physiology, v. 106, n. 5, p. 1692-1701, maio 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.91351.2008. Acesso em: 3 dez. 2024.
6. TRUMBO, Paula et al. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. Journal of the American Dietetic Association, v. 102, n. 11, p. 1621-1630, nov. 2002. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9. Acesso em: 3 dez. 2024.
7. PHILLIPS, Stuart M.; VAN LOON, Luc J. C. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. Journal of Sports Sciences, v. 29, n. 1, p. 29-38, jan. 2011. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.619204. Acesso em: 3 dez. 2024.
8. TROMMELEN, Jorn et al. The anabolic response to protein ingestion during recovery from exercise has no upper limit in magnitude and duration in vivo in humans. Cell Reports Medicine, v. 4, n. 12, p. 101324, dez. 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.xcrm.2023.101324. Acesso em: 3 dez. 2024.
9. MOORE, Daniel R. et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. The American Journal of Clinical Nutrition, v. 89, n. 1, p. 161-168, jan. 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.2008.26401. Acesso em: 3 dez. 2024.
10. CHURCHWARD-VENNE, Tyler et al. Dose-response effects of dietary protein on muscle protein synthesis during recovery from endurance exercise in young men: a double-blind randomized trial. The American Journal of Clinical Nutrition, v. 112, n. 2, p. 303-317, ago. 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/nqaa073. Acesso em: 3 dez. 2024.
11. WEST, Daniel et al. Whey Protein Supplementation Enhances Whole Body Protein Metabolism and Performance Recovery after Resistance Exercise: a double-blind crossover study. Nutrients, v. 9, n. 7, p. 735, 11 jul. 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/nu9070735. Acesso em: 3 dez. 2024.
12. MENON, Daiane; SANTOS, Jacqueline Schaurich dos. Consumo de proteína por praticantes de musculação que objetivam hipertrofia muscular. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 18, n. 1, p. 8-12, fev. 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/s1517-86922012000100001. Acesso em: 3 dez. 2024.
13. PASIAKOS, Stefan M. et al. Effects of high‐protein diets on fat‐free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. The Faseb Journal, v. 27, n. 9, p. 3837-3847, 5 jun. 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1096/fj.13-230227. Acesso em: 3 dez. 2024.
14. JOSSE, Andrea R. et al. Increased consumption of dairy foods and protein during diet- and exercise-induced weight loss promotes fat mass loss and lean mass gain in overweight and obese premenopausal women. *The Journal of Nutrition*, v. 141, n. 9, p. 1626-1634, set. 2011. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3945/jn.111.141028. Acesso em: 3 dez. 2024.
15. LONGLAND, Thomas M. et al. Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 103, n. 3, p. 738-746, mar. 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.115.119339. Acesso em: 3 dez. 2024.
16. TROMMELEN, Jorn et al. Casein ingestion does not increase muscle connective tissue protein synthesis rates. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 52, n. 9, p. 1983-1991, 19 mar. 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1249/mss.0000000000002337. Acesso em: 3 dez. 2024.
17. KATO, Hiroyuki et al. Protein requirements are elevated in endurance athletes after exercise as determined by the indicator amino acid oxidation method. *Plos One*, v. 11, n. 6, p. 0157406, 20 jun. 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0157406. Acesso em: 3 dez. 2024.
18. HOWARTH, Krista R. et al. Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *Journal of Applied Physiology*, v. 106, n. 4, p. 1394-1402, abr. 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.90333.2008. Acesso em: 3 dez. 2024.
19. BOWTELL, J. L. et al. Effect of oral glucose on leucine turnover in human subjects at rest and during exercise at two levels of dietary protein. *The Journal of Physiology*, v. 525, n. 1, p. 271-281, maio 2000. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00271.x. Acesso em: 3 dez. 2024.
20. LAMONT, Linda S.; MCCULLOUGH, Arthur J.; KALHAN, Satish C. Gender differences in leucine, but not lysine, kinetics. *Journal of Applied Physiology*, v. 91, n. 1, p. 357-362, 1 jul. 2001. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1152/jappl.2001.91.1.357. Acesso em: 3 dez. 2024.
21. TARNOPOLSKY, Mark. Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, v. 20, n. 7-8, p. 662-668, jul. 2004. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.008. Acesso em: 3 dez. 2024.
22. METTLER, Samuel; MITCHELL, Nigel; TIPTON, Kevin D. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 42, n. 2, p. 326-337, fev. 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e3181b2ef8e. Acesso em: 3 dez. 2024.

**TABELA PARA RESULTADOS**

**Tabela 1.** Principais resultados sobre ingestão proteica para uma maior resposta anabólica em praticantes de exercício de resistência.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Autor/ano** | **Tipo de estudo** | **Local** | **População do estudo** | | | **Objetivo** | **Exercício físico** | **PTN** | **Principais resultados** |
| n | idade | sexo |
| Trommelen et al., 2023 | ensaio clínico randomizado | Holanda | 36 | 18-40 | M | No presente estudo, avaliamos de forma abrangente a resolução do tempo de manipulação de proteínas pós-prandial em resposta à ingestão de quantidades moderadas e grandes de proteína (0, 25 e 100 g) após exercício em todo o corpo, tecido muscular e miocelular. nível in vivo em humanos. | uma única sessão de exercício de resistência de corpo inteiro  exercícios: leg press, extensão de pernas, supino e puxada lateral - 10 repetições submáximas 3 a 6 repetições da série - descanso de 2 minutos | 100 g de proteína x 25 g de proteína | - Ingestão de 100 g de proteína resulta em uma resposta anabólica maior e + prolongada (> 12 h) quando comparada à ingestão de 25 g de proteína  - Aumento dose-resposta na disponibilidade de aminoácidos plasmáticos derivados de proteínas dietéticas e subsequente incorporação na proteína muscular.  - A ingestão de um grande bolo de proteína aumenta ainda + o equilíbrio líquido de proteínas do corpo inteiro, as taxas de síntese de proteínas musculares mistas, miofibrilares, musculares conjuntivas e plasmáticas.  - A ingestão de proteínas tem um impacto insignificante nas taxas de degradação de proteínas em todo o corpo ou nas taxas de oxidação de aminoácidos. |
| MOORE et al., 2008 |  |  | 6 | 22+-2 | M | Determinar a dose resposta de proteína ingerida do musculo e da síntese proteica de albumina após exercício de resistência. | Foi realizado exercício de resistência bilateral em máquinas de movimento guiado e envolveu 4 séries de leg press, extensão de joelho e flexão de perna usando uma carga pré-determinada projetada para provocar falha dentro de 8 a 10 repetições.  Cada série foi completada em 25 segundos com um período de descanso de 120 segundos entre cada série | Foi consumido bebidas de 0, 5, 10, 20 ou 40 g de proteína de ovo em ordem aleatória. | A ingestão de 20 g de proteína é suficiente para estimular ao máximo a síntese proteica de albumina após o exercício de resistência.  A fosforilação de proteínas sinalizadoras candidatas não foi aumentada com nenhuma dose de proteína ingerida o que sugeriu que o estímulo da síntese proteica muscular após o exercício resistido pode estar relacionada à disponibilidade de aminoácidos.  Finalmente, proteína dietética consumida após o exercício em excesso da taxa na qual pode ser incorporada a proteína tecidual estimula a oxidação irreversível. |
| TROMMELEN et al., 2020 |  | Holanda | 36 | 24+-3 | M | Avaliar o efeito da ingestão de proteínas na dieta nas taxas de síntese proteica do tecido conjuntivo intramuscular durante a recuperação noturna de uma única sessão de exercício resistido. | Começaram realizando um aquecimento de ciclismo de 10 minutos a 150 W antes de completar uma estimativa de sua repetição máxima (1RM).  Exercícios: leg press e extensão de pernas usando o procedimento de teste de múltiplas repetições.  Para cada exercício, os sujeitos realizaram 10 repetições submáximas para se familiarizarem.  As séries foram então realizadas com cargas progressivamente crescentes até a falha em realizar uma estimativa válida dentro de 3 a 6 repetições da série. | 30g de proteína antes de dormir e após o exercício resistido | O exercício resistido resultou em maiores taxas de síntese proteica do tecido conjuntivo quando comparado ao repouso.  A ingestão de proteína caseína pós exercício não resultou em taxas mais altas de síntese proteica no tecido conjuntivo quando comparada com a ingestão de placebo pós-exercício.  Aminoácidos derivados de proteínas dietéticas foram incorporados à fração proteica do tecido conjuntivo em repouso e em maior extensão durante a recuperação do exercício |
| CHURCHWARD-VENNE et al., 2020 | Ensaio clínico duplo cego randomizado | Holanda/Reino Unido | 48 | 18-35 | M | Determinar o efeito de doses graduadas de proteína dietética ingerida com carboidratos no metabolismo proteico de todo o corpo e nas taxas de síntese de proteína miofibrilar e mitocondrial do músculo esquelético durante a recuperação do exercício de resistência. | Foi realizado exercícios de resistência contínuos de 90 minutos em um cicloergômetro a aproximadamente 60 % de seus valores previamente determinados Vmáx. | 45 g de carboidrato com 0 g de proteína  45g de carboidrato com 15, 30 ou 45 g de proteína marcada com fenilalanina e leucina | A ingestão de 30 g de proteína é suficiente para maximizar as taxas de proteína miofibrilar durante a recuperação de uma única sessão de exercício de resistência. |
| WEST et al., 2017 | Ensaio clínico randomizado |  | 12 | 24+-4 | M | Determinar se a ingestão de proteína de soro de leite melhora o equilíbrio proteico líquido de todo o corpo e a recuperação do desempenho do exercício durante a noite (10 horas) e 24 horas de recuperação após exercícios de resistência de corpo inteiro em homens treinados | A série de exercícios (somente testes CHO e PRO) consistiu em superséries de supino com barra e supersérie pulldown, e supino com barra e remada sentada, respectivamente, bem como leg press e extensão de pernas (isolados). Para todos os superséries ou exercícios isolados, os participantes realizaram 4 séries de 10 repetições a 75% de sua repetição máxima (RM) com intervalos de descanso de 2 minutos entre as séries. Os participantes foram solicitados a abster-se de exercícios no período de 48 horas antes do início de cada ensaio, bem como durante o período de intervenção de 24 horas. | Uma porção do suplemento proteico continha 25 g de proteína de soro de leite (uma mistura de peptídeos de soro de leite, isolados e concentrados) | A suplementação com proteína de soro de leite, mas não com carboidratos, após uma sessão de exercício de resistência à noite melhorou o equilíbrio proteico líquido de todo o corpo durante 10 horas e 24 horas de recuperação em comparação com um dia de controle de descanso.  Não foi observado um equilíbrio proteico líquido de corpo inteiro estatisticamente maior com a suplementação proteica durante o período agudo de 10 horas em comparação com um controle de carboidratos.  No entanto, estatísticas baseadas em magnitude revelaram que houve efeitos benéficos moderados da suplementação de proteína em relação a um controle isocalórico isento de proteína para melhorar o anabolismo agudo precoce (isto é, 10 horas) e posterior (isto é, 24 horas) de todo o corpo durante as 24 horas imediatamente após a ingestão. Dados sugerem que a suplementação com proteína de soro de leite aumenta a taxa de recuperação aguda do desempenho em homens jovens treinados. |
| MENON; SANTOS, 2012 | Estudo transversal | Brasil | 23 | 19-33 | M | Avaliar o consumo de proteína dos praticantes de musculação que objetivam hipertrofia muscular em uma academia do interior do Estado do Rio Grande do Sul |  | 0,6 - 3,4 g/kg/d | O consumo de proteína dentro de todas as faixas de recomendação mostrou-se efetivo no ganho de massa muscular nos praticantes de musculação, sendo que a ingestão dentro e acima do valor recomendado teve um aumento maior.  Quando analisados o consumo de calorias e demais macronutrientes, encontramos para calorias e carboidrato, na amostra em geral, uma ingestão abaixo dos valores recomendados, porém para lipídeo encontrou-se valores acima do recomendado na ingestão diária da amostra. |
| METTLER et al., 2010 | Ensaio clínico | Reino Unido | 20 | 18 - 40 | M | Examinar a influência da proteína dietética na perda de massa corporal magra e no desempenho durante a perda de peso hipoenergética de curto prazo em atletas. | Salto de agachamento, extensão isométrica máxima das pernas, supino reto com uma repetição máxima (1RM), supino de resistência muscular e teste de Wingate de 30 segundos | 1,0 g/kg/d de proteína no grupo controle e 2,3 g/kg/d de proteína no grupo rico em proteína | Perda de massa corporal total (-3,0 +- 0,4 e -1,5 +- 0,3 kg/d para grupo controle e rico em proteína, respectivamente, P = 0,036) e magra (-1,6 -+ 0,3 e -0,3 +- 0,3 kg, P = 0,006) foram significativamente maiores no grupo controle em comparação com os do rico em proteína.  A perda de gordura, o desempenho e a maioria dos parâmetros sanguíneos não foram influenciados pela dieta.  A ureia foi maior no rico em proteína, e AGNE e ureia apresentaram interação grupo-tempo.  As classificações de fadiga e as pontuações “piores que o normal” na Análise Diária das Demandas de Vida dos Atletas foram mais altas em rico em proteína |
| PASIAKOS *et al.*, 2013. | Ensaio randomizado | Estados Unidos | 39 | 21+-1 | M e F | Determinar e explorar os efeitos de vários níveis de proteína na dieta, sobre composição corporal e síntese de proteína muscular durante déficit energético | Esteira e cicloergometria de baixa a moderada intensidade (40 – 60% Vo² pico)  Movimentos de articulação única por grupo muscular principal 3 series de 15 repetições | 0,8 g/kg/d, 1,6 g/kg/d e 2,4 g/kg/d | A proporção de perda de peso devido as reduções na massa isenta de gordura foram menores e a perda de massa gorda foi maior naqueles que receberam 1,6 g/kg e 2,4 g/kg/d em comparação com 0,8 g/kg/d.  A resposta anabólica muscular em uma refeição rica em proteína durante déficit energético não foi deferente da manutenção de peso para 1,6 g/kg e 2,4 g/kg/d, mas foi menor durante o déficit de energia do que para manutenção de peso para aqueles que consumiram níveis de proteína de 0,8 g/kg/d. |
| KATO *et al.*, 2016. |  | Canadá | 6 | 28+-4 | M | Determinar a necessidade média estimada de proteína e a ingestão recomendada de proteína em atletas de resistência durante um período agudo de treinamento controlado de 3 dias usando o método indicador de oxidação de aminoácidos. | 20 km de corrida em esteira. | 0,2 – 2,8 g/kg/d de proteína do ovo. | A excreção de CO 2 apresentou uma relação linear bifásica robusta (R 2 = 0,86) que resultou em uma necessidade média estimada e uma ingestão proteica recomendada de 1,65 e 1,83 g/kg/d, respectivamente, o que foi semelhante aos valores baseados na oxidação da fenilalanina (1,53 e 1,70 g/kg/d, respectivamente).  Relatamos uma ingestão recomendada de proteína superior à RDA (0,8 g/kg/d) e às recomendações atuais para atletas de resistência (1,2–1,4 g/kg/d). |
| JOSSE *et al.*, 2011. | Ensaio clínico randomizado | Canadá | 90 | 19-45 | F | Determinar como o exercício diário (resistência e/ou aeróbico) e uma dieta hipoenergética variando no teor de proteína e cálcio dos laticínios afetariam a composição do peso perdido em mulheres saudáveis, no pré-menopausa, com sobrepeso e obesas. | Treinamento de resistência progressivo 2 dias/semana (parte superior do corpo, divisão inferior do corpo).   O peso levantado por cada participante foi registrado a cada sessão e aumentado quando eles conseguiam completar 3 séries de 10 repetições ou mais com qualquer peso. | 3 grupos: alto teor de proteína, alto teor de laticínios (HPHD); proteína adequada, meio lácteo (APMD) e proteína adequada, baixo teor de lácteos (APLD): 30 e 15% (1,33 g/kg/d), 15 e 7,5% (0,84 g/kg/d), ou 15 e <2% (0,72 g/kg/d) de energia, respectivamente | O grupo HPHD ganhou tecido magro com um aumento maior durante 8-16 semanas do que o grupo APMD, que manteve a massa magra e o grupo APLD que perdeu massa magra (P <0,05). |
| LONGLAND *et al.*, 2016. | Estudo paralelo duplo cego randomizado | Canadá | 40 | 23+-2 | M | Uma dieta com alto teor de proteína ou com baixo teor de proteína da dieta controle durante um déficit energético acentuado (redução de 40% em relação às necessidades) atenuaria a perda ou promoveria o ganho de massa magra enquanto o TR e o HIT/SIT eram realizados. | Exercícios resistidos de corpo inteiro, que foi completado 2 vezes/semana com circuitos (sem descanso entre os exercícios). Os circuitos incluíram 10 repetições/série para 3 séries a 80% de 1RM, sendo a última série de cada exercício até a falha volitiva, com 1 min de descanso entre as séries; HIT/SIT, que ocorreu 2 vezes/semana. | 1,2 g/kg/d;  2,4 g/kg/d | Durante a intervenção, a massa magra permaneceu inalterada no grupo controle (0,1 ± 1,0 kg; P < 0,45); no entanto, a massa magra aumentou no grupo com alto teor de proteína (1,2 ± 1,0 kg) em comparação com a pré-intervenção, e esse aumento foi maior (P <0,05) do que no grupo controle. |

**Legenda:** 1RM: repetição máxima; Vmáx: ; CHO: carboidrato; PRO: proteína; Vo²: volume de oxigênio; CO2: gás carbônico; RDA: Recommended Dietary Allowances (Ingestão Dietética Recomendada); HPHD: alto teor de laticínios; +: mais; APMD: proteína adequada ao meio lácteo; APLD: proteína adequada, baixo teor de lácteos; TR: treinamento resistido; HIT: High Intensity Training (Treinamento de Alta Intensidade); SIT: Sprint Interval Training (Treino Intervalado de Alta Intensidade); M: Masculino; F: Feminino.