Artigo recebido em 19 de junho de 2025.
Aceito para publicação em 25 de novembro de 2025.
https://doi.org/10.54397/rcfaminas.v20i2.998

O papel dos macronutrientes na resposta de hipertrofia muscular durante o treinamento resistido: uma revisão narrativa.

The role of macronutrients in the muscle hypertrophy response during resistance training: a narrative review.

Marcos Vinícius Nogueira dos Santos[1], Adolfo César da Silva Pires[1], Ana Luísa Heringer Duarte[1], Marcio Leandro Ribeiro de Souza[1]

[1] Curso de Nutrição, Faculdade de Minas Faminas-BH

Resumo:

O treinamento resistido é amplamente reconhecido por sua eficácia na promoção da hipertrofia muscular, força e melhora do condicionamento físico. No entanto, para que essas adaptações ocorram de maneira otimizada, a nutrição exerce papel fundamental, especialmente quanto à ingestão adequada e estratégica dos macronutrientes: proteínas, carboidratos e lipídios. Esta revisão narrativa teve como objetivo verificar o papel de cada macronutriente no processo de hipertrofia, com ênfase no *timing* nutricional e necessidades individuais. A proteína, particularmente a de alto valor biológico, é essencial para a síntese proteica muscular, sendo recomendado um consumo entre 1,6 e 2,2 g/kg/dia, com ajustes para populações específicas, como idosos. Os carboidratos contribuem para a manutenção dos estoques de glicogênio e atuam na modulação da fadiga e da recuperação muscular. Os lipídios, embora menos discutidos, possuem funções importantes na regulação hormonal e como substrato energético em treinos com intensidade baixa a moderada. A interação entre dieta e treinamento evidencia que uma alimentação estrategicamente planejada potencializa os efeitos do exercício, tornando o aporte nutricional um elemento central na otimização da hipertrofia. Conclui-se que a manipulação consciente e personalizada dos macronutrientes, aliada à prática regular do treinamento resistido, representa uma abordagem eficaz para maximizar os resultados de força, massa muscular e desempenho físico.

Palavras-chave: Macronutrientes; Hipertrofia muscular; Proteína; Treinamento resistido; Nutrição esportiva.

Abstract:

Resistance training is widely recognized for its effectiveness in promoting muscle hypertrophy, strength, and improving physical fitness. However, for these adaptations to occur optimally, nutrition plays a fundamental role, especially regarding the adequate and strategic intake of macronutrients: proteins, carbohydrates, and lipids. This narrative review aims to verify the role of each macronutrient in the hypertrophy process, with an emphasis on nutritional timing and individual needs. Protein, particularly that of high quality, is essential for muscle protein synthesis, and a consumption of between 1.6 and 2.2 g/kg/day is recommended, with adjustments for specific populations, such as the elderly. Carbohydrates contribute to the maintenance of glycogen stores and act in the modulation of fatigue and muscle recovery. Lipids, although less discussed, have important functions in hormonal regulation and as an energy substrate in low- to moderate-intensity training. The interaction between diet and training shows that a strategically planned diet enhances the effects of exercise, making nutritional intake a central element in optimizing hypertrophy. It is concluded that the conscious and personalized manipulation of macronutrients, combined with the regular practice of resistance training, represents an effective approach to maximize the results of strength, muscle mass and physical performance.

***Keywords**: Macronutrients; Muscle hypertrophy; Protein; Resistance training; Sports nutrition.*

1. **Introdução**

O treinamento resistido tem ganhado grande popularidade nos últimos anos, impulsionado por evidências que apontam seus benefícios não apenas para a estética corporal, mas também para a saúde geral, prevenção de doenças e promoção de um envelhecimento funcional. Diversos estudos têm demonstrado que a prática regular desse tipo de treinamento resistido contribui para a manutenção da massa magra, redução do risco de sarcopenia e melhora da qualidade de vida em diferentes faixas etárias, especialmente na população idosa (FRAGALA *et al*., 2019; WARNEKE *et al*., 2023).

Para haver hipertrofia muscular, é necessário que o estímulo mecânico do treinamento seja devidamente acompanhado por adaptações metabólicas e hormonais, as quais estão diretamente relacionadas à disponibilidade de nutrientes. Nesse contexto, os macronutrientes — carboidratos, proteínas e lipídios — possuem papéis distintos, mas interdependentes, na promoção da síntese proteica, recuperação muscular e adaptação ao treinamento (JÄGER *et al*., 2017; MORTON *et al*., 2018).

A ingestão adequada desses nutrientes, em quantidade, qualidade e tempo adequado, pode potencializar os efeitos do treinamento resistido, sendo fundamental compreender as diferentes estratégias nutricionais que favorecem a hipertrofia muscular. A proteína é amplamente reconhecida por seu papel na síntese de novas proteínas miofibrilares, enquanto os carboidratos influenciam diretamente a ressíntese de glicogênio e a redução da degradação proteica. Já os lipídios, embora menos abordados em estratégias de hipertrofia, desempenham papéis essenciais na regulação de processos inflamatórios e na manutenção da integridade das membranas celulares. Sua relação direta com a síntese hormonal anabólica, como na produção de testosterona, é multifatorial e ainda é objeto de debate na literatura atual (MORTON *et al*., 2018; WHITTAKER; WU, 2021).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o papel dos macronutrientes na resposta de hipertrofia muscular associada ao treinamento resistido.

2. **Materiais e Métodos**

Foi realizada uma pesquisa de artigos científicos em língua portuguesa, inglesa e espanhola publicados preferencialmente nos últimos 10 anos, entre 2015 e 2025. A busca eletrônica sistemática foi realizada nas seguintes bases de dados: Pubmed/MEDLINE, *Web of Science*, SciElo (*Scientific Eletronic Library Online*) e *Google Scholar*. Após o levantamento das informações dos artigos selecionados pelo seu título e após a leitura do resumo, foram

incluídos nesta revisão aqueles que, após a sua leitura integral, revelaram ser mais pertinentes ao assunto, organizados de acordo com o objetivo geral da pesquisa. Como critérios de inclusão, foram utilizados estudos randomizados e controlados, revisões sistemáticas, meta-análises e estudos de revisão que abordassem os mecanismos de ação dos macronutrientes nas respostas ao treinamento resistido. Foram excluídos estudos que, após leitura, não abordassem especificamente o tema da presente pesquisa. As pesquisas nos bancos de dados utilizaram os seguintes descritores em inglês, espanhol e português: macronutrientes, hipertrofia muscular, treinamento resistido, proteína, carboidrato, lipídio.

3. **Resultados e Discussão**

3.1. Proteínas

As proteínas são macromoléculas indispensáveis, ocupando a segunda maior proporção no organismo humano após a água. No tecido muscular, destacam-se proteínas estruturais como actina e miosina, responsáveis pela contração muscular, além de proteínas funcionais como enzimas envolvidas no metabolismo energético e transporte de oxigênio, como a hemoglobina. Ainda, hormônios proteicos como insulina e glucagon regulam a disponibilidade de glicose e influenciam diretamente o desempenho e recuperação muscular (LIAO *et al*., 2024).

As proteínas são compostas por aminoácidos, que podem ser classificados em essenciais, não essenciais e condicionalmente essenciais. Dentre os 20 aminoácidos principais, nove são considerados essenciais, pois não são sintetizados pelo organismo e precisam ser obtidos pela alimentação. São eles fenilalanina, metionina, lisina, leucina, valina, isoleucina, triptofano, treonina e histidina. Esses aminoácidos são especialmente relevantes para praticantes de musculação, pois estão ligados à recuperação e à promoção da hipertrofia (MORTON *et al*., 2018; LIAO *et al*., 2024).

Os aminoácidos não essenciais podem ser produzidos endogenamente, porém sua disponibilidade ainda depende de uma dieta equilibrada. A ingestão de proteínas completas, que contenham todos os aminoácidos essenciais em proporções adequadas, é recomendada para maximizar os efeitos do treinamento resistido (MORTON *et al*., 2018; WITARD; BANNOCK; TIPTON, 2022).

Portanto, compreender o papel das proteínas e sua interação com o treinamento resistido é essencial para otimizar a hipertrofia muscular. A combinação entre dieta estratégica e exercício bem estruturado representa a base de intervenções classificadas como eficazes, combinado com o corpo de evidências disponíveis.

3.1.1. Importância das proteínas e aminoácidos na hipertrofia muscular

O desenvolvimento da hipertrofia muscular exige não apenas estímulos mecânicos adequados, mas também um suporte energético compatível com o aumento das demandas metabólicas induzidas pelo treino. Neste contexto, a ingestão calórica superior ao gasto energético diário, aliada a uma adequada distribuição dos macronutrientes, favorece a ativação de vias anabólicas e a deposição de novos tecidos musculares (MORTON *et al*., 2018). Entre os macronutrientes, as proteínas têm papel primordial, uma vez que compõem cerca de 40% da massa muscular e estão diretamente envolvidas nos processos de síntese proteica e reparo tecidual após o treinamento resistido (JÄGER *et al*., 2017).

A distribuição adequada dos macronutrientes contribui diretamente para que a hipertrofia muscular aconteça de maneira eficiente, apoiando variáveis como síntese proteica muscular (SPM), disponibilidade energética e recuperação muscular. A combinação entre treinamento resistido e uma dieta rica em proteínas de alto valor biológico tem se mostrado eficaz no aumento de força, massa muscular e melhora da função física, tanto em jovens adultos quanto em idosos (JÄGER *et al*., 2017; ROGERI *et al*., 2021).

Outro fator determinante no processo de hipertrofia é o balanço nitrogenado positivo, o qual representa a diferença entre a ingestão e a excreção de nitrogênio no organismo. Um balanço positivo indica que o corpo está em estado anabólico, favorecendo a construção muscular, especialmente quando associado a um adequado aporte de aminoácidos essenciais, em especial a leucina, que é chave para a ativação da via mTOR, fundamental para a síntese proteica (MORTON *et al*., 2018).

Dentro desse contexto, os aminoácidos — especialmente os essenciais — desempenham um papel central na promoção da SPM, com destaque para a leucina, reconhecida por seu potencial em ativar diretamente a via mTORC1, principal sinalizadora anabólica no tecido muscular esquelético (LIM *et al*., 2022, FERRANDO *et al*., 2023),

O atual corpo de evidências científicas aponta que a ingestão adequada de proteínas de alta qualidade, ricas em aminoácidos essenciais, é crucial para potencializar os efeitos do treinamento resistido. Estudos como o posicionamento da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva demonstram que a ingestão de aproximadamente 20 a 40 g de proteína, contendo cerca de 2 a 3 g de leucina, é suficiente para maximizar a SPM em adultos jovens após o exercício (JÄGER *et al*., 2017; SCHOENFELD; ARAGON, 2018a). Essa resposta pode ser atenuada em idosos, exigindo doses mais elevadas de proteína e/ou aminoácidos, devido à chamada resistência anabólica, embora as doses exatas ainda não sejam totalmente definidas para a população idosa (GANAPATHY; NIEVES, 2020; FERRANDO *et al*., 2023).

Além disso, revisões sistemáticas e meta-análises corroboram que a suplementação isolada de proteínas, especialmente no período pós-exercício, promove aumentos significativos em massa magra e força muscular em indivíduos submetidos ao treino resistido (MORTON *et al*., 2018). Quanto ao tempo dessa suplementação pós-exercício, embora autores discutam o uso de uma dose de 0,3 g/kg/dia de proteína antes ou até 2 horas após o exercício, o mais importante é adequação diária dessa proteína e a boa distribuição ao longo do dia (VITALE; GETZIN, 2019). Vale destacar que, embora proteínas completas forneçam todos os aminoácidos essenciais, a adição de leucina isolada ou de suplementos de aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA) tem sido explorada como estratégia ergogênica, embora os resultados sejam variados e dependam do contexto dietético e do estado nutricional do indivíduo (JACKMAN *et al*., 2017).

Importante ressaltar que a eficácia dos aminoácidos na promoção da hipertrofia muscular está intrinsecamente ligada ao estímulo mecânico proporcionado pelo treino resistido. Sem esse estímulo, a suplementação isolada de aminoácidos possui efeito limitado na modulação do anabolismo muscular. Assim, a abordagem integrativa entre nutrição e exercício físico é imprescindível para alcançar resultados consistentes (ISPOGLOU *et al*., 2021; FERRANDO *et al*., 2023).

Por fim, protocolos individualizados que considerem a quantidade, qualidade, distribuição e o *timing* da ingestão proteica ao longo do dia, preferencialmente em todas as refeições, são recomendados para maximizar os efeitos dos aminoácidos sobre o crescimento muscular. Embora muitos estudos testem o uso da suplementação de proteína após o exercício físico, ressalta-se que a distribuição ao longo do dia é interessante para manter um pool de aminoácidos ao longo de todo o período. Nesse sentido, as atuais bases de dados científicas fornecem suporte sólido para a inclusão estratégica de aminoácidos e proteínas na rotina de indivíduos engajados em treinamento resistido, visando otimizar os processos de adaptação muscular e desempenho (JÄGER *et al*., 2017; FERRANDO *et al*., 2023).

3.1.2. Proteína animal versus proteína vegetal: diferenças na digestibilidade e biodisponibilidade

A discussão sobre a eficácia das proteínas vegetais em comparação às de origem animal na promoção da hipertrofia muscular tem evoluído significativamente nos últimos anos. Tradicionalmente, as proteínas de origem animal são consideradas superiores devido ao seu perfil completo de aminoácidos essenciais e alta digestibilidade. Entretanto, evidências recentes indicam que, com planejamento adequado, as proteínas vegetais podem ser igualmente eficazes

para o crescimento muscular (NICHELE; PHILLIPS; BOAVENTURA, 2022; MONTEYNE *et al*., 2023).

As proteínas de origem animal, como as encontradas em carnes, ovos e laticínios, contêm todos os aminoácidos essenciais em proporções ideais e apresentam alta digestibilidade, o que favorece a SPM. Por outro lado, muitas proteínas vegetais são deficientes em um ou mais aminoácidos essenciais, como lisina ou metionina, e possuem menor digestibilidade. Por exemplo, cereais como arroz e trigo são pobres em lisina, enquanto leguminosas como feijão e ervilhas têm baixo teor de metionina. No entanto, a combinação de diferentes fontes vegetais pode compensar essas deficiências, resultando em um perfil de aminoácidos completo (DIMINA *et al*., 2022).

Estudos recentes demonstram que a ingestão de combinações específicas de proteínas vegetais pode estimular a SPM de maneira comparável às proteínas animais. Por exemplo, a ingestão de uma mistura de proteínas derivadas de trigo, milho e ervilha aumentou as taxas de SPM em homens jovens saudáveis, sem diferenças significativas em relação à ingestão de proteínas de leite. Além disso, a soja, uma proteína vegetal completa, tem mostrado resultados semelhantes às proteínas animais em termos de ganhos de massa muscular e força, desde que todas as condições necessárias para hipertrofia sejam garantidas, incluindo adequação calórica e treinamento adequado (HECTOR; PHILLIPS, 2018; DIMINA *et al*., 2022).

A eficácia das proteínas vegetais pode depender da quantidade ingerida, da combinação de fontes e do momento da ingestão em relação ao exercício. A ingestão de proteínas vegetais em quantidades adequadas e em momentos estratégicos pode maximizar a SPM e promover a hipertrofia muscular (PINCKAERS *et al*., 2021; NICHELE; PHILLIPS; BOAVENTURA, 2022).

Em conclusão, embora as proteínas animais apresentem vantagens em termos de perfil de aminoácidos e digestibilidade, uma dieta baseada em proteínas vegetais, quando bem planejada e combinada, pode fornecer todos os aminoácidos necessários para a síntese proteica e o crescimento muscular. Portanto, indivíduos que seguem dietas vegetarianas ou veganas podem alcançar resultados semelhantes em termos de hipertrofia muscular, desde que garantam uma ingestão adequada e variada de proteínas vegetais (MONTEYNE *et al*., 2023).

3.1.3. *Timing* proteico

O conceito de "*timing*" dos nutrientes refere-se ao momento estratégico de ingestão dos macronutrientes em relação ao exercício físico, com o objetivo de maximizar a performance, a recuperação e a adaptação. No contexto do treinamento resistido, o momento de ingestão de

proteínas e carboidratos, sobretudo no período pós-exercício, tem sido estudado como potencial modulador da SPM e da recuperação e, consequentemente, da hipertrofia (KERKSICK *et al*., 2017; ARENT *et al*., 2020).

Tradicionalmente, acreditava-se que havia uma "janela anabólica" de aproximadamente 30 a 60 minutos após o exercício, na qual o consumo de proteínas e carboidratos seria essencial para maximizar os ganhos de massa muscular. Contudo, outros estudos mostram que, embora o consumo imediato de proteína após o treino possa ser benéfico, o fator mais determinante continua sendo a ingestão total de proteínas ao longo do dia. Ainda assim, se a ingestão proteica pré-treino for inadequada ou estiver muito distante da sessão, o consumo imediato pós-exercício ganha maior relevância, como por exemplo em treinos com jejum prolongado (JÄGER *et al*., 2017; SCHOENFELD; ARAGON, 2018b; ARENT *et al*., 2020).

Além do pós-treino, há evidências indicando que a distribuição uniforme da ingestão de proteínas ao longo do dia, com refeições contendo 20 a 40 g de proteínas de alta qualidade, é uma das estratégias mais eficazes para estimular repetidamente a SPM em resposta ao treinamento resistido (JÄGER *et al*., 2017; STOKES *et al*., 2018). Tal abordagem favorece uma maior área sob a curva de síntese proteica ao longo das 24 horas, ou seja, a SPM sustentada por um maior período, inclusive em idosos (AGERGAARD *et al*., 2023).

Ainda com relação ao *timing* de ingestão proteica uma estratégia também estudada é a ingestão proteica antes de dormir (do inglês *pre-sleep protein*), que consiste em ingerir uma dose mais alta de proteína (em torno de 40g) antes de dormir com o objetivo de estimular a SPM durante o período de sono (TROMMELEN; VAN LOON, 2016; REIS *et al*., 2021).

Em síntese, embora o *timing* não substitua a ingestão total adequada de macronutrientes, ele pode atuar como uma ferramenta de refinamento nutricional, especialmente útil para indivíduos que buscam maximizar adaptações hipertróficas por meio de estratégias nutricionais alinhadas ao treinamento resistido.

3.1.4. Recomendações de proteína para otimizar o ganho muscular

A ingestão adequada de proteínas é um dos principais determinantes para o aumento da massa muscular em indivíduos submetidos ao treinamento resistido. Diversos estudos demonstram que a recomendação proteica para promover hipertrofia vai além das necessidades de indivíduos sedentários, situando-se entre 1,6 e 2,2 g/kg/dia de proteína para maximizar a SPM em condições de balanço energético positivo. Essa faixa pode variar conforme o nível de treinamento, idade, intensidade dos exercícios e objetivo individual (MORTON *et al*., 2018; MOORE, 2019).

Para indivíduos idosos, embora alguns autores argumentem que a recomendação pode ser um pouco mais elevada por conta da “resistência anabólica”, é interessante ressaltar que a dose ideal de proteínas para idosos ainda não é totalmente conhecida e outros autores também defendem doses como 1,6 a 1,8 g/kg/dia para essa população (GANAPATHY; NIEVES, 2020; ROGERI *et al*., 2021; GRANIC *et al*., 2024; LIAO *et al*., 2024). Dessa forma, atender ao requisito proteico diário com fontes adequadas e bem distribuídas ao longo do dia é uma estratégia nutricional fundamental para potencializar os efeitos do treinamento resistido sobre a hipertrofia.

3.2. Carboidratos

Durante o treinamento resistido voltado à hipertrofia muscular, caracterizado por múltiplas séries, cargas de moderadas a altas e descansos de 2 a 3 minutos, os carboidratos se destacam como a principal fonte de energia. Isso se deve ao predomínio da glicólise anaeróbica como sistema energético dominante, especialmente em séries com duração entre 30 e 90 segundos. Nessa via, o glicogênio muscular é a principal reserva energética utilizada, enquanto a glicose sanguínea também contribui em menor proporção. A depleção desses estoques de glicogênio reduz significativamente a capacidade de realizar repetições subsequentes, comprometendo o volume total de treino, uma variável fortemente correlacionada com os ganhos de massa muscular (HARGREAVES; SPRIET, 2020; AMAWI *et al*., 2024).

Estudos apontam que sessões típicas de musculação, especialmente aquelas com maior volume, podem reduzir os estoques de glicogênio muscular em até 40%, dependendo da duração, intensidade e intervalo entre as séries. Essa depleção compromete diretamente a capacidade de manter o desempenho ao longo da sessão, reduzindo o volume total de trabalho, variável importante para maximizar os processos adaptativos relacionados à hipertrofia (KERKSICK *et al*., 2017). A manutenção de níveis elevados de glicogênio está diretamente relacionada à otimização da resposta hipertrófica. Além disso, indivíduos com maior disponibilidade de carboidrato muscular conseguem sustentar cargas mais elevadas ao longo da sessão, aumentando o estímulo mecânico necessário para induzir a hipertrofia (MONTEYNE *et al*., 2023).

Portanto, a adequada disponibilidade de carboidratos no treino resistido é essencial não apenas para a sustentação da performance, mas também para otimizar as respostas fisiológicas e moleculares que favorecem o crescimento muscular.

3.2.1. Importância dos carboidratos na hipertrofia muscular

Mais do que uma fonte de energia, os carboidratos desempenham papel central na regulação hormonal e molecular associada ao crescimento muscular. A insulina, hormônio anabólico liberado após a ingestão de carboidratos, exerce potente efeito anticatabólico ao inibir vias de degradação proteica, como o sistema ubiquitina-proteassoma, e favorecer a retenção de aminoácidos nos tecidos musculares. E, mais que isso, a disponibilidade energética oferecida pelo glicogênio muscular regula positivamente a via mTORC1, essencial para a síntese de proteínas e para o remodelamento muscular pós-treino (MARGOLIS; PASIAKOS, 2023).

A insuficiência de glicogênio, mesmo diante de estímulo mecânico adequado, reduz a sensibilidade da via mTOR e compromete a ativação de processos anabólicos. Isso reforça que o estado energético do músculo não apenas sustenta a performance, mas também condiciona a resposta adaptativa ao treinamento (IMPEY *et al*., 2018; HARGREAVES; SPRIET, 2020).

3.2.2. Carboidratos e performance no treinamento resistido

A disponibilidade de carboidratos exerce influência na capacidade de gerar força, potência e manter o desempenho ao longo de sessões de treinamento resistido, especialmente em protocolos orientados para hipertrofia, que demandam alto volume e intensidade (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016; HARGREAVES; SPRIET, 2020; KING *et al*., 2022).

A ingestão adequada de carboidratos está fortemente associada a um maior desempenho em sessões de força e resistência muscular (treino hipertrófico). A ingestão entre 4 e 7 g de carboidratos por kg de peso corporal por dia pode ser suficiente para manter os níveis ideais de glicogênio e sustentar o desempenho ao longo de treinos consecutivos, permitindo realizar maior número de repetições e treinar com maior volume, além de relatar menor percepção de fadiga (SLATER *et al*., 2019; MATA *et al*., 2019; AMAWI *et al*., 2024).

Porém a ingestão exata de carboidrato no treino resistido ainda gera discussões quando se analisa as evidências disponíveis. Alguns autores defendem que a performance em treinos resistidos de alta densidade sofre quedas significativas quando a ingestão de carboidratos está abaixo de 3-4 g/kg/dia, com impacto negativo direto na manutenção da carga e na recuperação muscular subsequente. Outros autores avaliam que ingestão menor que essas recomendações não prejudica a performance no treino resistido ou as sinalizações necessárias para a adaptação muscular desejada. Os resultados de diferentes estudos de forma aguda e crônica sugerem que, embora a restrição de carboidratos possa não prejudicar as adaptações de força durante um programa de treinamento de resistência, consumir uma quantidade adequada de carboidratos nos dias que antecedem o teste pode aumentar a força máxima e o desempenho de força-

resistência (ESCOBAR; VANDUSSELDORP; KERKSICK, 2016; CHOLEWA; NEWMIRE; ZANCHI, 2019; HENSELMANS *et al*., 2022; MARGOLIS; PASIAKOS, 2023; VARGAS-MOLINA *et al*., 2024).

3.2.3. Carboidratos de baixo *versus* alto índice glicêmico – impactos no treino resistido

A escolha do tipo de carboidrato consumido também pode impactar a resposta aguda e crônica ao treinamento. Carboidratos de alto índice glicêmico (IG), como glicose, maltodextrina, são absorvidos rapidamente, promovendo picos de insulina que aceleram a reposição do glicogênio muscular no pós-treino. Por outro lado, carboidratos de baixo IG, como palatinose ou na aveia ou batata-doce, oferecem uma liberação sustentada de energia e são mais indicados para refeições pré-treino em sessões mais longas ou com alta densidade, não necessariamente sendo um treino induzido visando hipertrofia (KERKSICK *et al*., 2017; HARGREAVES; SPRIET, 2020).

Alguns autores apontaram que o uso de carboidratos de baixo IG no pré-treino resulta em menor fadiga percebida e melhor estabilidade glicêmica, enquanto os de alto IG são mais eficazes na recuperação e na ativação de vias anabólicas quando combinados com proteínas, tendo em vista que o ambiente hormonal do indivíduo estará muito mais suscetível após o treinamento (KERKSICK *et al*., 2017).

Portanto, carboidratos de alto e baixo IG têm aplicabilidade no treino resistido, desde que sejam corretamente distribuídos no entorno do treino. O mais relevante, no entanto, é quantidade total diária de carboidratos para garantir a performance, recuperação e adaptação muscular.

3.2.4. Carboidratos e o controle da inflamação muscular

Além da performance e da síntese proteica, os carboidratos atuam no controle da inflamação e na recuperação muscular pós-treino. A depleção de glicogênio induz uma resposta inflamatória exacerbada, com aumento de citocinas como IL-6 e TNF-α, que prejudicam o processo regenerativo muscular. Em contrapartida, a presença de glicose e insulina no ambiente pós-exercício atenua essa resposta inflamatória, reduz o estresse oxidativo e favorece a recuperação tecidual (JAGER *et al*., 2017).

Pesquisas demonstram que a ingestão de carboidratos ao longo do dia, mesmo em pequenas porções, está associada à menor concentração de marcadores inflamatórios e maior capacidade de regeneração entre sessões. Isso se traduz em menor dor muscular de início tardio

e maior frequência de treinos com qualidade elevada, fator importante para o estímulo crônico à hipertrofia (HEATON *et al*., 2017; NIEMAN, 2020; MORENO-PEREZ *et al*., 2023).

Portanto, a ingestão adequada de carboidratos não apenas sustenta o desempenho durante o treino, mas também exerce efeito modulador na resposta inflamatória, favorecendo um ambiente fisiológico mais propício à recuperação muscular e à progressão dos treinos.

3.2.5. Recomendação de carboidratos para otimizar o ganho muscular

As recomendações de carboidrato associados ao exercício variam de 5 a 12 g/kg/dia, variando de acordo com a intensidade do treinamento (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016; AMAWI *et al*., 2024). A determinação da ingestão ideal de carboidratos para indivíduos que realizam treinamento resistido com o objetivo de hipertrofia muscular deve considerar variáveis como o volume, a intensidade e a frequência dos treinos. As recomendações tradicionais sugerem o consumo de 4 a 7 g/kg/dia para praticantes regulares de treinamento resistido, podendo variar conforme a fase do treinamento (ESCOBAR; VANDUSSELDORP; KERKSICK, 2016; KERKSICK *et al*., 2017; SLATER *et al*., 2019; AMAWI *et al*., 2024). Pensando na ressíntese de glicogênio, é recomendando ainda que, dentre esse consumo diário de carboidrato, em torno de 1 a 1,2 g/kg/dia seja ofertado na primeira hora pós-treinamento para otimizar a recuperação (HEATON *et al*., 2017; AMAWI *et al*., 2024).

Pesquisas mais recentes indicam que a prescrição diária pode ser ajustada de forma mais individualizada. Por exemplo, alguns autores sugerem que, em períodos de treinamento particularmente intensos, como nos ciclos de *overreaching* planejado (fase temporária de sobrecarga aguda que visa gerar adaptações positivas após a recuperação), a ingestão de carboidratos pode ser elevada para até 10-12 g/kg/dia. Essa estratégia ajuda a garantir a reposição completa dos estoques de glicogênio e a otimização das vias anabólicas, como a ativação da mTOR (KERKSICK *et al*., 2017; HENSELMANS *et al*., 2022; AMAWI *et al*., 2024).

Em contrapartida, durante períodos de menor volume ou em treinos de manutenção, ingestões entre 3 e 5 g/kg/dia podem ser suficientes para preservar o desempenho e a recuperação. Além da quantidade total, o fracionamento dos carboidratos ao longo do dia, com atenção especial para as janelas pré- e pós-treino, é uma abordagem eficaz para melhorar o ambiente hormonal e energético, reduzir a degradação proteica e potencializar os ganhos de massa muscular — mesmo em contextos de ingestão calórica mais controlada (KIM; KIM, 2020; HENSELMANS *et al*., 2022). Um estudo avaliou os efeitos da ingestão de carboidrato na composição corporal e força muscular de homens treinados submetidos a um protocolo de

treino resistido e observou que a ingestão maior ou menor de carboidrato promove efeito similar na massa magra e força muscular, porém uma ingestão melhor de carboidratos pode melhorar ainda mais a resposta de ganhos de massa magra e força em homens pré-condicionados, destacando a importância do carboidrato nas adaptações ao treinamento resistido (RIBEIRO *et al*., 2023).

Dessa maneira, fica evidente que uma atenção especial precisa ser dada ao carboidrato no treinamento resistido, pois atletas e praticantes de exercício físico normalmente ingerem quantidades menores de energia e carboidratos diante das recomendações, o que pode prejudicar a performance e o processo de recuperação (MENDES; MALAQUIAS; SOUZA, 2021; CAPISTRANO JR *et al*., 2022; CASTILLO *et al*., 2022).

3.3. Lipídios

Os lipídeos são substâncias orgânicas que, por hidrólise, fornecem ácidos graxos e outros compostos. Apesar de muitas vezes subestimados em comparação aos outros macronutrientes no exercício, sua importância para a saúde humana e, consequentemente, para o desempenho esportivo é inegável. As funções dos lipídios no organismo incluem: reserva energética e combustível celular, composição de membranas celulares (fosfolipídios e glicolipídios), isolamento e proteção de órgãos, função impermeabilizante (ceras), isolamento térmico, participação na síntese hormonal (como os esteroides), veículo para vitaminas lipossolúveis e atuação na digestão por meio dos sais biliares (NELSON; COX, 2022; FRYDRYCH *et al*., 2025).

As fontes alimentares de gordura podem ser classificadas conforme o grau de saturação dos ácidos graxos presentes. As gorduras saturadas, que não possuem ligações duplas entre os átomos de carbono da cadeia, estão presentes principalmente em alimentos de origem animal, como manteiga, carnes, queijos e creme de leite, além dos óleos de palma e de coco. As gorduras monoinsaturadas, com uma única ligação dupla na cadeia carbônica, está presente em alimentos como azeite de oliva, óleo de canola e oleaginosas (castanhas, nozes, amendoim). Já as gorduras poli-insaturadas, que apresentam duas ou mais ligações duplas, são encontradas principalmente em peixes gordurosos (salmão, sardinha) e sementes como chia e linhaça (NELSON; COX, 2022; FRYDRYCH *et al*., 2025).

3.3.1. Metabolismo de lipídeos durante o exercício

Durante o exercício físico, o organismo mobiliza diferentes substratos energéticos para suprir a demanda aumentada por energia. Os principais são o glicogênio muscular, a glicose

sanguínea e os triglicerídeos. A escolha e a proporção de utilização desses combustíveis variam de acordo com a intensidade e a duração da atividade física. Em exercícios de alta intensidade e curta duração, o glicogênio muscular é a principal fonte de energia devido à sua rápida disponibilidade. Conforme o esforço se prolonga, aumenta a oxidação da glicose plasmática e, gradualmente, dos triglicerídeos, sobretudo aqueles armazenados no tecido adiposo (HARGREAVES; SPRIET, 2020).

Essa alternância entre as fontes energéticas demonstra a capacidade adaptativa do metabolismo humano, garantindo a continuidade do esforço físico por longos períodos. Estudos indicam que, quanto maior a intensidade do exercício, maior é a participação dos carboidratos, especialmente da glicose. Entretanto, em atividades de intensidade moderada e de longa duração, os lipídeos tornam-se fundamentais para a manutenção do suprimento energético, favorecendo a economia de glicogênio e retardando a instalação da fadiga (HARGREAVES; SPRIET, 2020).

Durante uma sessão de treinamento os ácidos graxos utilizados pelo músculo esquelético como fonte de energia provêm principalmente de duas fontes: os triacilgliceróis armazenados no tecido adiposo e os triacilgliceróis intramusculares. No tecido adiposo, ocorre a lipólise, um processo enzimático no qual os triacilgliceróis são quebrados em ácidos graxos e glicerol pela lipase hormônio-sensível. Os ácidos graxos são então liberados na corrente sanguínea e, ligados à albumina plasmática, são transportados até os músculos ativos. O glicerol, por sua vez, é direcionado ao fígado, onde pode ser utilizado como substrato para a neoglicogênese, contribuindo para a manutenção da glicemia (FRITZEN; LUNDSGAARD; KIENS, 2020; LUNDSGAARD; FRITZEN; KIENS, 2020).

Ademais, lipoproteínas circulantes como a VLDL (*very low-density lipoprotein*) também fornecem ácidos graxos ao músculo. Essas lipoproteínas são hidrolisadas pela lipase lipoproteica na superfície capilar do tecido muscular, liberando ácidos graxos que podem ser captados pelas fibras musculares (FRITZEN; LUNDSGAARD; KIENS, 2020; LUNDSGAARD; FRITZEN; KIENS, 2020).

Dentro do músculo, os triglicerídeos intramusculares representam uma fonte energética importante, principalmente em exercícios prolongados. Eles são mobilizados pela ação da lipase hormônio-sensível, que libera ácidos graxos diretamente no interior da fibra muscular. Uma vez livres no citosol, os ácidos graxos livres são transportados para o interior das mitocôndrias por meio do sistema carnitina, onde passam pelo processo de beta oxidação. Nessa via, os ácidos graxos são convertidos em múltiplas moléculas de acetil-CoA, que entram no ciclo de Krebs e na cadeia transportadora de elétrons, resultando na produção de ATP, essencial

para a contração muscular durante o exercício (HARGREAVES; SPRIET, 2020; MUSCELLA *et al*., 2020).

3.3.2. Importância dos lipídios na produção hormonal

Uma das discussões mais importantes quanto à importância dos lipídios no desempenho esportivo baseia-se no papel dessas substâncias na produção hormonal, especialmente na síntese de testosterona. A testosterona é produzida a partir do colesterol por meio de uma série de reações enzimáticas que ocorrem nas células de Leydig, localizadas entre os túbulos seminíferos dos testículos. Essas células podem obter o colesterol necessário de três formas principais: por meio da síntese de novo (ou seja, produzindo colesterol internamente), a partir de ésteres de colesterol armazenados no citoplasma ou pela captação de colesterol circulante proveniente das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (FRYDRYCH *et al*., 2025).

A regulação dessa produção ocorre principalmente sob a influência do hormônio luteinizante, que estimula a primeira etapa da esteroidogênese: a conversão do colesterol em pregnenolona. Essa reação inicial ocorre dentro das mitocôndrias, catalisada pelo complexo enzimático da clivagem da cadeia lateral do colesterol, localizado na membrana mitocondrial interna. A alta concentração de testosterona nos testículos garante uma disponibilidade local elevada do hormônio, o que favorece um rápido turnover intracelular, essencial para a manutenção das funções androgênicas e da espermatogênese (MILLER, 2017; FRYDRYCH *et al*., 2025).

Um estudo buscou avaliar os efeitos de uma dieta com restrição de carboidratos em homens com hipogonadismo e com síndrome metabólica sobre a função erétil e níveis séricos de testosterona. Os autores demonstraram que uma dieta *low carb-high fat* melhorou os níveis séricos de testosterona total, melhorando o hipogonadismo, medidas antropométricas e a função erétil desses homens hipogonádicos com síndrome metabólica (SCHMITT *et al*., 2023). Esse trabalho corrobora com a tese bem aceita na literatura quanto a importância dos lipídios na produção hormonal e, consequentemente, no desempenho esportivo (FINK; SCHOENFELD; NAKAZATO, 2018; FRYDRYCH *et al*., 2025).

Os níveis séricos de testosterona são associados positivamente com a massa muscular, embora seja importante entender que a testosterona apresenta outras funções no corpo humano e que a hipertrofia muscular depende também de outros fatores, como já discutidos anteriormente, como superávit calórico, boa adequação proteica, entre outros (ZHANG *et al*., 2025). O processo de hipertrofia do músculo esquelético pode ser induzido por fatores de crescimento e por hormônios, como a testosterona, e, dessa maneira, a contribuição dos lipídios

para a produção hormonal pode ser interessante pensando na resposta muscular associada ao treinamento resistido (SCHIAFFINO *et al*., 2021).

3.3.3. Ômega 3 e hipertrofia muscular

Dentre as gorduras poli-insaturadas, os ácidos graxos ômega 3 recebem atenção especial devido às suas aplicações em diversas condições clínicas, como obesidade e doenças metabólicas, ou ainda na saúde intestinal, cognitiva, entre outras. E, no exercício físico, essa atenção não é diferente e os estudos buscam avaliar o uso do ômega 3 com diferentes finalidades, como na saúde cognitiva e imunológica, no sono, na recuperação de dano muscular induzido pelo exercício (JAGER *et al*., 2025).

Amplamente conhecido por sua ação anti-inflamatória, alguns autores discutem o quanto o ômega 3, através da alimentação ou suplementação, poderia prejudicar as adaptações ao treinamento resistido, prejudicando as respostas de hipertrofia e força muscular. Por outro lado, é crescente o número de estudos demonstrando aplicações do ômega 3 nas respostas musculares associadas ao treinamento resistido (JAGER *et al*., 2025). No consenso de suplementação no esporte publicado pelo Comitê Olímpico Internacional, os autores destacaram o aumento na SPM como um dos mecanismos de ação no ômega 3 no esporte, além das suas ações na recuperação muscular e melhora cognitiva (MAUGHAN *et al*., 2018). Outros estudos também demonstraram esse papel do ômega 3 na síntese proteica (JEROMSON *et al*., 2015; ALBRACHT-SCHULTE *et al*., 2018; JANNAS-VELA *et al*., 2023). Além da síntese proteica, o ômega 3 parece atuar também na ativação e proliferação das células satélites, o que também é importante no processo de hipertrofia e recuperação muscular (BHULLAR; PUTMAN; MAZURAK, 2016).

Essa ação muscular do ômega 3 na síntese proteica e nas células satélites faz com ele também seja estudado em sarcopenia, caracterizada pela redução de força e massa muscular e que acomete principalmente idosos. Devido a sua ação anti-inflamatória, receia-se que ele prejudique as adaptações ao treinamento resistido, uma vez que o processo inflamatório é necessário. Porém os estudos não demonstram esse prejuízo. Em idosos, a suplementação de ômega 3 contribuiu para aumento de força e performance muscular, principalmente em doses acima de 2g e por períodos mais longos. Quanto à massa magra, existem meta-análises com resultado positivo ou sem efeito, o que requer mais estudos científicos (HUANG *et al*., 2020; TIMRAZ *et al*., 2023; TSENG *et al*., 2023). Em indivíduos jovens, um estudo randomizado e controlado demonstrou que, combinado ao exercício de força, a suplementação de ômega 3 melhorou a força muscular absoluta e relativa em adultos jovens treinados, demonstrando que

essa possível inibição das adaptações não ocorre com o uso do ômega 3 (HEILESON *et al*., 2023). É importante reforçar que o efeito do ômega 3 na força muscular já é mais descrito na literatura e que a resposta hipertrófica, até o momento, está mais presente em indivíduos com mais idade, sendo necessários mais estudos que avaliem esses efeitos na composição corporal de indivíduos jovens (JAGER *et al*., 2025).

3.3.4. Recomendação de lipídios para otimizar o ganho muscular

No exercício, carboidratos e proteínas recebem mais atenção e muitas vezes as recomendações são definidas principalmente para esses dois macronutrientes. Porém é importante entender que lipídios e carboidratos são considerados os principais substratos energéticos durante o exercício em uma pessoa bem alimentada. A gordura é a fonte energética dominante em exercícios de baixa intensidade (menos de 40% do VO_2 máximo) e fornece aproximadamente 50% da energia necessária durante exercícios de intensidade moderada (entre 40 e 65% do VO_2 máximo). Com o aumento da intensidade, o carboidrato se torna o principal substrato (MUSCELLA *et al*., 2020).

De uma maneira geral, discute-se que não se deve restringir a ingestão de gordura a menos de 20% do valor calórico total em função dos benefícios dos lipídios já discutidos anteriormente nesse artigo, com recomendações que ficam entre 20 e 35% do valor calórico total. Alguns autores discutem que essa ingestão fique em torno de 1 g/kg/dia (0,5 a 1,5 g/kg/dia) (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016; IRAKI *et al*., 2019; VITALE; GETZIN, 2019).

Quando se discute a utilização dos suplementos de ômega 3, comumente usados por atletas e praticantes de exercício físico, a dose no exercício costuma ser alta, girando em torno de 2 a 4 gramas por dia, embora também sejam encontrados estudos com doses mais baixas, a partir de 400-500 mg por dia (MAUGHAN *et al*., 2018; AMAWI *et al*., 2024; JAGER *et al*., 2025).

4. **Conclusões**

A presente revisão demonstrou como os macronutrientes – carboidratos, proteínas e lipídios – possuem funções importantes nas respostas musculares e adaptações ao treinamento resistido. A proteína é o macronutriente que recebe mais destaque no processo de hipertrofia muscular, especialmente quando fornecido em quantidades diárias adequadas e com boa distribuição ao longo do dia dentro de um contexto alimentar adequado. Porém carboidratos e lipídios também têm funções consideradas importantes para a hipertrofia muscular associada ao treinamento resistido. A interação entre dieta e treinamento evidencia que uma alimentação

estrategicamente planejada potencializa os efeitos do exercício, tornando o aporte nutricional um elemento central na otimização da hipertrofia. A manipulação consciente e personalizada dos macronutrientes, aliada à prática regular do treinamento resistido, representa uma abordagem eficaz para maximizar os resultados de força, massa muscular e desempenho físico.

5. **Referências**

AGERGAARD, J. *et al*. Even or skewed dietary protein distribution is reflected in the whole-body protein net-balance in healthy older adults: a randomized controlled trial. **Clinical Nutrition**, v.42, n.6, p.899-908, 2023. doi: 10.1016/j.clnu.2023.04.004

ALBRACHT-SCHULTE, K. *et al*. Omega-3 fatty acids in obesity and metabolic syndrome: a mechanistic update. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.58, p.1-16, 2018. doi: 10.1016/j.jnutbio.2018.02.012

AMAWI, A. *et al*. Athlete' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. **Frontiers in Nutrition**, v.10, p.1331854, 2024. doi: 10.3389/fnut.2023.1331854

ARENT, S.M. *et al*. Nutrient timing: a garage door of opportunity? **Nutrients**, v.12, n.7, p.1948, 2020. doi: 10.3390/nu12071948

BHULLAR, A.; PUTMAN, C.T.; MAZURAK, V.C. Potential role of omega-3 fatty acids on the myogenic program of satellite cells. **Nutrition and Metabolic Insights**, v.9, p.1-10, 2016. doi: 10.4137/NMI.S27481

CAPISTRANO Jr, V.L.M. *et al*. Nutrient intake and body composition in CrossFit athletes: a cross-sectional study. **International Journal of Kinesiology & Sports Science**, v.10, n.4, p.55-62, 2022. doi: 10.7575/aiac.ijkss.v.10n.4p.55

CASTILLO, M. *et al*. Energy and macronutrients intake in indoor sport team athletes: systematic review. **Nutrients**, v.14, n.22, p.4755, 2022. doi: 10.3390/nu14224755

CHOLEWA, J.M.; NEWMIRE, D.E.; ZANCHI, N.E. Carbohydrate restriction: friend or foe of resistance-based exercise performance? **Nutrition**, v.60, p.136-146, 2019. doi: 10.1016/j.nut.2018.09.026

DIMINA, L. *et al*. Combining plant proteins to achieve amino acid profiles adapted to various nutritional objectives – an exploratory analysis using linear programming. **Frontiers in Nutrition**, v.8, p.809685, 2022. doi: 10.3389/fnut.2021.809685

ESCOBAR, K.A.; VANDUSSELDORP, T.A.; KERKSICK, C.M. Carbohydrate intake and resistance-based exercise: are current recommendations reflective of actual need? **The British Journal of Nutrition**, v.116, n.12, p.2053-2065, 2016. doi: 10.1017/S0007114516003949

FERRANDO, A.A. *et al*. International Society of Sports Nutrition Position Stand: effects of essential amino acid supplementation on exercise and performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.20, n.1, p.2263409, 2023. doi: 10.1080/15502783.2023.2263409

FINK, J.; SCHOENFELD, B.J.; NAKAZATO, K. The role of hormones in muscle hypertrophy. **The Physician and Sportsmedicine**, v.46, n.1, p.129-134, 2018. doi: 10.1080/00913847.2018.1406778

FRAGALA, M.S. *et al*. Resistance training for older adults: position statement from the National Strength and Conditioning Association. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.33, n.8, p.2019-2052, 2019. doi: 10.1519/JSC.0000000000003230

FRITZEN, A.M.; LUNDSGAARD, A.M.; KIENS, B. Tuning fatty acid oxidation in skeletal muscle with dietary fat and exercise. **Nature Reviews Endocrinology**, v.16, n.12, p.683-696, 2020. doi: 10.1038/s41574-020-0405-1

FRYDRYCH, A. *et al*. Lipids in clinical nutrition and health: narrative review and dietary recommendations. **Foods**, v.14, n.3, p.473, 2025. doi: 10.3390/foods14030473

GANAPATHY, A.; NIEVES, J.W. Nutrition and sarcopenia – what do we know? **Nutrients**, v.12, n.6, p.1755, 2020. doi: 10.3390/nu12061755

GRANIC, A. *et al*. Nutrition in the prevention and treatment of skeletal muscle ageing and sarcopenia: a single nutrient, a whole food and a whole diet approach. **The Proceedings of the Nutrition Society**, (in press), 2024. doi: 10.1017/S0029665124007432

HARGREAVES, M.; SPRIET, L.L. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. **Nature Metabolism**, v.2, n.9, p.817-828, 2020. doi: 10.1038/s42255-020-0251-4

HEATON, L.E. *et al*. Selected in-season nutritional strategies to enhance recovery for team sport athletes: a practical overview. **Sports Medicine**, v.47, n.11, p.2201-2218, 2017. doi: 10.1007/s40279-017-0759-2

HECTOR, A.J.; PHILLIPS, S.M. Protein recommendations for weight loss in elite athletes: a focus on body composition and performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v.28, n.2, p.170-177, 2018. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0273

HEILESON, J.L. *et al*. The effect of fish oil supplementation on resistance training-induced adaptations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.20, n.1, p.2174704, 2023. doi: 10.1080/15502783.2023.2174704

HENSELMANS, M. *et al*. The effect of carbohydrate intake on strength and resistance training performance: a systematic review. **Nutrients**, v.14, n.4, p.856, 2022. doi: 10.3390/nu14040856

HUANG, Y.H. *et al*. Effects of omega-3 fatty acids on muscle mass, muscle strength and muscle performance among the elderly: a meta-analysis. **Nutrients**, v.12, n.12, p.3739, 2020. doi: 10.3390/nu12123739

IMPEY, S.G. *et al*. Fuel for the work required: a theoretical framework for carbohydrate periodization and the glycogen threshold hypothesis. **Sports Medicine**, v.48, n.5, p.1031-1048, 2018. doi: 10.1007/s40279-018-0867-7

IRAKI, J. *et al*. Nutrition recommendations for bodybuilders in the off-season: a narrative review. **Sports (Basel)**, v.7, n.7, p.154, 2019. doi: 10.3390/sports7070154

ISPOGLOU, T. *et al*. The efficacy of essential amino acid supplementation for augmenting dietary protein intake in older adults: implications for skeletal muscle mass, strength and function. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.80, n.2, p.230-242, 2021. doi: 10.1017/S0029665120008010

JACKMAN, S.R. *et al*. Branched-chain amino acid ingestion stimulates muscle myofibrillar protein synthesis following resistance exercise in humans. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p.390, 2017. doi: 10.3389/fphys.2017.00390

JAGER, R. *et al*. International Society of Sports Nutrition position stand: long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.22, n.1, p.2441775, 2025. doi: 10.1080/15502783.2024.2441775

JÄGER, R. *et al*. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.14, p.20, 2017. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8

JANNAS-VELA, S. *et al*. The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids and their lipid mediators on skeletal muscle regeneration: a narrative review. **Nutrients**, v.15, n.4, p.871, 2023. doi: 10.3390/nu15040871

JEROMSON, S. *et al*. Omega-3 fatty acids and skeletal muscle health. **Marine Drugs**, v.13, n.11, p.6977-7004, 2015. doi: 10.3390/md13116977

KERKSICK, C.M. *et al*. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutrient timing. **Journal of The International Society of Sports Nutrition**, v.14, p.33, 2017. doi: 10.1186/s12970-017-0189-4

KIM, J.; KIM, E.K. Nutritional strategies to optimize performance and recovery in rowing athletes. **Nutrients**, v.12, n.6, p.1685, 2020. doi: 10.3390/nu12061685

KING, A. *et al*. The ergogenic effects of acute carbohydrate feeding on resistance exercise performance: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v.52, n.11, p.2691-2712, 2022. doi: 10.1007/s40279-022-01716-w

LIAO, C.D. *et al*. Comparative efficacy of different protein supplements on muscle mass, strength, and physical indices of sarcopenia among community-dwelling, hospitalized or institutionalized older adults undergoing resistance training: a network meta-analysis of randomized controlled trials. **Nutrients**, v.16, n.7, p.941, 2024. doi: 10.3390/nu16070941

LIM, C. *et al*. An evidence-based narrative review of mechanisms of resistance exercise-induced human skeletal muscle hypertrophy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.54, n.9, p.1546-1559, 2022. doi: 10.1249/MSS.0000000000002929

LUNDSGAARD, A.M.; FRITZEN, A.M.; KIENS, B. The importance of fatty acids as nutrients during post-exercise recovery. **Nutrients**, v.12, n.2, p.280, 2020. doi: 10.3390/nu12020280

MARGOLIS, L.M.; PASIAKOS, S.M. Low carbohydrate availability impairs hypertrophy and anaerobic performance. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v.26, n.4, p.347-352, 2023. doi: 10.1097/MCO.0000000000000934

MATA, F. *et al*. Carbohydrate availability and physical performance: physiological overview and practical recommendations. **Nutrients**, v.11, n.5, p.1084, 2019. doi: 10.3390/nu11051084

MAUGHAN, R.J. *et al*. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sports Medicine**, v.52, n.7, p.439-455, 2018. doi: 10.1136/bjsports-2018-099027

MENDES, M.D.; MALAQUIAS, G.B.; SOUZA, M.L.R. Avaliação da composição corporal e perfil alimentar em atletas de boxe. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v.15, n.90, p.36-48, 2021. [sin doi]

MILLER, W.L. Disorders in the initial steps of steroid hormone synthesis. **Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v.165, n.PtA, p.18-37, 2017. doi: 10.1016/j.jsbmb.2016.03.009

MONTEYNE, A.J. *et al*. Vegan and omnivorous high protein diets support comparable daily myofibrillar protein synthesis rates and skeletal muscle hypertrophy in young adults. **The Journal of Nutrition**, v.153, n.6, p.1680-1695, 2023. doi: 10.1016/j.tjnut.2023.02.023

MOORE, D.R. Maximizing post-exercise anabolism: the case for relative protein intakes. **Frontiers in Nutrition**, v.6, p.147, 2019. doi: 10.3389/fnut.2019.00147

MORENO-PEREZ, D. *et al*. Effects of protein-carbohydrate vs. carbohydrate alone supplementation on immune inflammation markers in endurance athletes: a randomized controlled trial. **European Journal of Applied Physiology**, v.123, n.7, p.1495-1505, 2023. doi: 10.1007/s00421-023-05168-6

MORTON, R.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. doi: 10.1136/bjsports-2017-097608

MUSCELLA, A. *et al*. The regulation of fat metabolism during aerobic exercise. **Biomolecules**, v.10, n.12, p.1699, 2020. doi: 10.3390/biom10121699

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 8ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2022. 1248p. [sin doi]

NICHELE, S.; PHILLIPS, S.M.; BOAVENTURA, B.C.B. Plant-based food patterns to stimulate muscle protein synthesis and support muscle mass in humans: a narrative review. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.47, n.7, p.700-710, 2022. doi: 10.1139/apnm-2021-0806

NIEMAN, D.C. Effects of exercise training on immune function and implications for nutrition support. **Alternative Therapies in Health and Medicine**, v.26, n.Supl.3, p.17-19, 2020. [sin doi].

PINCKAERS, P.J.M. *et al*. The anabolic response to plant-based protein ingestion. **Sports Medicine**, v.51, n.Suppl 1, p.59-74, 2021. doi: 10.1007/s40279-021-01540-8

REIS, C.E.G. *et al*. Effects of pre-sleep protein consumption on muscle-related outcomes – a systematic review. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.24, n.2, p.177-182, 2021. doi: 10.1016/j.jsams.2020.07.016

RIBEIRO, A.S. *et al*. The effects of carbohydrate intake on body composition and muscular strength in trained men undergoing a progressive resistance training. **International Journal of Exercise Science**, v.16, n.2, p.267-280, 2023.

ROGERI, P.S. *et al*. Strategies to prevent sarcopenia in the aging process: role of protein intake and exercise. **Nutrients**, v.14, n.1, p.52, 2021. doi: 10.3390/nu14010052

SCHIAFFINO, S. *et al*. Molecular mechanisms of skeletal muscle hypertrophy. **Journal of Neuromuscular Diseases**, v.8, n.2, p.169-183, 2021. doi: 10.3233/JND-200568

SCHMITT, C.S. *et al*. The effects of a low carbohydrate diet on erectile function and sérum testosterone levels in hypogonadal men with metabolic syndrome: a randomized clinical trial. **BMC Endocrine Disorders**, v.23, n.1, p.30, 2023. doi: 10.1186/s12902-023-01278-6

SCHOENFELD, B.J.; ARAGON, A.A. How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.15, p.10, 2018a. doi: 10.1186/s12970-018-0215-1

SCHOENFELD, B.J.; ARAGON, A.A. Is there a postworkout anabolic window of opportunity for nutrient consumption? Clearing up controversies. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.48, n.12, p.911-914, 2018b. doi: 10.2519/jospt.2018.0615

SLATER, G.J. *et al*. Is an energy surplus required to maximize skeletal muscle hypertrophy associated with resistance training? **Frontiers in Nutrition**, v. 6, p.131, 2019. doi: 10.3389/fnut.2019.00131

STOKES, T. *et al*. Recent perspectives regarding the role of dietary protein for the promotion of muscle hypertrophy with resistance exercise training. **Nutrients**, v.10, n.2, p.180, 2018. doi: 10.3390/nu10020180

THOMAS, D.T.; ERDMAN, K.A.; BURKE, L.M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.48, n.3, p.543-568, 2016. doi: 10.1249/MSS.0000000000000852

TIMRAZ, M. *et al*. The effect of long chain n-3 fatty acid supplementation on muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v.15, n.16, p.3579, 2023. doi: 10.3390/nu15163579

TROMMELEN, J.; VAN LOON, L.J.C. Pre-sleep protein ingestion to improve the skeletal muscle adaptive response to exercise training. **Nutrients**, v.8, n.12, p.763, 2016. doi: 10.3390/nu8120763

TSENG, P.T. *et al*. Omega-3 polyunsaturated fatty acids in sarcopenia management: a network meta-analysis of randomized controlled trials. **Ageing Research Reviews**, v.90, p.102014, 2023. doi: 10.1016/j.arr.2023.102014

VARGAS-MOLINA, S. *et al*. Effects of the ketogenic diet on strength performance in trained men and women: a systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v.16, n.14, p.2200, 2024. doi: 10.3390/nu16142200

VITALE, K.; GETZIN, A. Nutrition and supplement update for the endurance athlete: review and recommendations. **Nutrients**, v.11, n.6, p.1289, 2019. doi: 10.3390/nu11061289

WARNEKE, K. *et al*. Physiology of stretch-mediated hypertrophy and strength increases: a narrative review. **Sports Medicine**, v.53, n.11, p.2055-2075, 2023. doi: 10.1007/s40279-023-01898-x

WHITTAKER, J.; WU, K. Low-fat diets and testosterone in men: systematic review and meta-analysis of intervention studies. **The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v.210, p.105888, 2021. doi: 10.1016/j.jsbmb.2021.105878

WITARD, O.C.; BANNOCK, L.; TIPTON, K.D. Making sense of muscle protein synthesis: a focus on muscle growth during resistance training. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v.32, n.1, p.49-61, 2022. doi: 10.1123/ijsnem.2021-0139

ZHANG, W. et al. Testosterone levels positively linked to muscle mass but not strength in adult males aged 20-59 years: a cross-sectional study. **Frontiers in Physiology**, v.16, p.1512268, 2025. doi: 10.3389/fphys.2025.1512268

6. **Agradecimentos:**

Aos membros da Liga Acadêmica de Nutrição e Treinamento Esportivo (LANUTE) da Faminas BH que contribuíram indiretamente para a realização desse estudo.

7. **Autor de correspondência**:

Márcio Leandro Ribeiro de Souza (*PhD*)
Faculdade de Minas Faminas-BH
Avenida Cristiano Machado, 12.001
Belo Horizonte – MG, Brasil. CEP: 31744-007
Tel.: +55 31 3229 9645
E-mail: marcionutricionista@yahoo.com.br

8. Declaração de conflito de interesse:

Os autores deste artigo declaram que não possuem conflito de interesse de ordem financeira, pessoal, política, acadêmica ou comercial.