



**CURSO DE NUTRIÇÃO**

**KAUANY PAULI**

**INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO/SUPLEMENTAÇÃO ALIADA AO  
EXERCÍCIO RESISTIDO NA HIPERTROFIA MUSCULAR**

**Sinop/MT**

**2024**

**CURSO DE NUTRIÇÃO**

**KAUANY PAULI**

**INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO/SUPLEMENTAÇÃO ALIADA AO  
EXERCÍCIO RESISTIDO NA HIPERTROFIA MUSCULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Nutrição, do Centro Universitário Fasipe – UNIFASIPE, como requisito para a obtenção do título bacharel em Nutrição.

**Orientadora:** Prof. Maiara T. Prevedello

**Sinop/MT**

**2024**

**KAUANY PAULI**

**INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO/SUPLEMENTAÇÃO ALIADA AO  
EXERCÍCIO RESISTIDO NA HIPERTROFIA MUSCULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Nutrição – do centro Universitário Fasipe – UNIFASIPE como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Nutrição.

Aprovado em:

---

**Maiara T. Prevedello**

Professora Orientadora:

Departamento de Nutrição – UNIFASIPE

---

Professora Avaliadora:

Departamento de Nutrição – UNIFASIPE

---

Professor (a) Avaliador (a):

Departamento de Nutrição – UNIFASIPE

---

**Larissa Naiana Rauber**

Departamento de Nutrição – UNIFASIPE

Coordenadora do Curso de Nutrição

**Sinop/MT**

**2024**

## **DEDICATÓRIA**

À todas as pessoas que em minha caminhada demonstraram paciência e carinho.  
Em especial à minha família, que me incentivou a seguir sempre em frente.

## **AGRADECIMENTOS**

- Acima de tudo a Deus, que me fortaleceu para chegar até aqui.

- Aos meus pais, Monica e Edivaldo, pela educação e pelos valores que me ensinaram, por acreditarem em mim e me apoiarem em todos os momentos sem medir esforços para me manter nessa jornada.

- À minha irmã, Karoline, por ser minha maior fonte de inspiração, minha companheira e incentivadora.

- Ao meu parceiro de vida, João Gustavo, que me apoiou em todos os momentos.

- À minha professora orientadora, Maiara T. Prevedello, que com sua paciência, sabedoria e apoio me auxiliou no êxito deste trabalho. Sou imensamente grata pelo conhecimento compartilhado e por acreditar em meu potencial.

- Aos demais professores, do curso de graduação, que transmitiram seus conhecimentos contribuindo para a minha formação acadêmica e pessoal. Em especial a Profa. e coordenadora Larissa Rauber, Profa. Josilene Paganotto e Profa. Maiara.

PAULI, Kauany. Influência da alimentação/suplementação aliada ao exercício resistido na hipertrofia muscular. 2024. 50 folhas. Trabalho de conclusão de curso – Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE

## RESUMO

A hipertrofia muscular é influenciada pela alimentação e suplementação, que fornecem energia e nutrientes necessários para manter um balanço energético positivo. A nutrição e a suplementação apropriadas são cruciais para a hipertrofia muscular, que envolve tanto o aumento de proteínas contráteis (hipertrofia miofibrilar) quanto o aumento de conteúdo não contrátil (hipertrofia sarcoplasmática). O exercício resistido é essencial para estimular a musculatura através da contração muscular, otimizando assim o processo de hipertrofia, e requer uma ingestão adequada de macronutrientes e micronutrientes para atender à demanda energética e promover a recuperação muscular pós-treino. A distribuição adequada de proteínas ao longo do dia é fundamental para a síntese proteica e recuperação muscular, com uma ingestão recomendada entre 1,6 e 2,2 gramas por quilo de peso corporal por dia. O superávit calórico é crucial para a hipertrofia muscular, promovendo um ambiente favorável ao crescimento muscular e mantendo hormônios como insulina, testosterona e cortisol dentro dos limites fisiológicos. Recomenda-se um adicional de 300-500 kcal/dia para indivíduos que buscam hipertrofia, enquanto um déficit calórico pode prejudicar a síntese proteica. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a influência da alimentação e suplementação aliada ao exercício resistido na hipertrofia muscular. Trata-se de uma revisão de literatura exploratória e qualitativa, com recorte temporal de 2014 a 2024.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hipertrofia muscular; Nutrição; Suplementação

PAULI, Kauany. Influence of food/supplementation combined with resistance exercise on muscle hypertrophy. 2024. 50 leaves. End of Course Work – Centro Educacional Fasipe – UNIFASIPE

### **ABSTRACT**

Muscle hypertrophy is influenced by nutrition and supplementation, which provide energy and nutrients necessary to maintain a positive energy balance. Appropriate nutrition and supplementation are crucial for muscle hypertrophy, which involves both an increase in contractile proteins (myofibrillar hypertrophy) and an increase in non-contractile content (sarcoplasmic hypertrophy). Resistance exercise is essential for stimulating muscles through muscle contraction, thus optimizing the hypertrophy process, and requires an adequate intake of macronutrients and micronutrients to meet energy demand and promote post-training muscle recovery. Proper distribution of protein throughout the day is essential for protein synthesis and muscle recovery, with a recommended intake of between 1.6 and 2.2 grams per kilogram of body weight per day. Caloric surplus is crucial for muscle hypertrophy, promoting an environment favorable to muscle growth and keeping hormones such as insulin, testosterone and cortisol within physiological limits. An additional 300-500 kcal/day is recommended for individuals seeking hypertrophy, while a calorie deficit can impair protein synthesis. The present work aims to present the influence of nutrition and supplementation combined with resistance exercise on muscle hypertrophy. This is an exploratory and qualitative literature review, with a time frame from 2014 to 2024.

**KEYWORDS:** Muscle hypertrophy; Nutrition; Supplementation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.a - Tecido Muscular Estriado Cardíaco .....	17
Figura 1.b - Tecido Muscular Liso .....	17
Figura 1.c - Tecido Muscular Estriado Esquelético .....	17
Figura 2 - Anatomia do Músculo Esquelético .....	18
Figura 3 - Molécula de Miosina .....	19
Figura 4 - Cadeia de Actina .....	19
Figura 5.a - Estado Relaxado.....	20
Figura 5.b - Início da Contração .....	20
Figura 6 - Ciclo da Contração-relaxamento muscular.....	21
Figura 7 - Liberação do canal de cálcio.....	21
Figura 8 - Teoria do Filamento deslizante .....	22
Figura 9 - Fatores que influenciam processo de hipertrofia muscular .....	25
Figura 10 - Gráfico de regressão linear segmentar entre a ingestão relativa total de proteínas (g/kg de massa corporal/dia) e a variação de massa livre de gordura .....	33
Figura 11 - Visão geral simplificada da utilização de proteína oral .....	34

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Necessidade de macronutrientes, durante ou após o término de uma sessão de treinamento e total no dia .....	28
Quadro 2 - Recomendações gerais de carboidratos.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**Ach:** Acetilcolina

**ADP:** Adenosina Difosfato

**AKT:** Alvo proteína quinase B

**ATP:** Adenosina Trifosfato

**ANVISA:** Agência Nacional de Vigilância Sanitária

**CHO:** Carboidratos

**IG:** Índice glicêmico

**MS:** Ministério da Saúde

**MTOR:** Mamífero da rapamicina

**PTN:** Proteína

**SPM:** Síntese Proteica Miofibrilar

**TR:** Treinamento resistido

**WP:** *Whey Protein*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Justificativa .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Problematização .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>16</b>
1.3.1 Objetivo Geral .....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
<b>1.4 Procedimentos Metodológicos .....</b>	<b>16</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Tecido Muscular .....</b>	<b>17</b>
2.1.1 Contração Muscular .....	19
2.1.2 Fontes de Energia da Contração Muscular.....	22
<b>2.2 Exercício Resistido e Hipertrofia Muscular .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Fundamentos da hipertrofia muscular .....</b>	<b>24</b>
2.3.1 Papel da regulação hormonal na hipertrofia muscular .....	25
2.3.2 Principais vias de Sinalização Anabólica – PI3K/Akt/mTOR .....	26
<b>2.4 Nutrientes e Hipertrofia muscular .....</b>	<b>27</b>
2.4.1 Carboidratos .....	28
2.4.2 Lipídeos.....	31
<b>2.5 Proteínas, síntese proteica e hipertrofia muscular .....</b>	<b>31</b>
2.5.1 Recomendações de ingestão proteica .....	32
<b>2.6 Hidratação e exercício físico .....</b>	<b>34</b>
<b>2.7 Estratégias dietéticas para hipertrofia muscular .....</b>	<b>35</b>
2.7.1 Dieta hiperproteica .....	35
2.7.2 Superávit calórico e hipertrofia muscular .....	36
<b>2.8 Suplementação e Hipertrofia muscular .....</b>	<b>37</b>
2.8.1 Creatina .....	37
2.8.2 Whey protein.....	39
<b>2.9 Timing Nutricional .....</b>	<b>40</b>
2.9.1 Nutrição pré-treino .....	41
2.9.2 Nutrição intra-treino.....	42

2.9.3 Nutrição pós-treino.....	42
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O exercício físico vem sendo mencionado, dentro do contexto contemporâneo, como aliada da nutrição na promoção da saúde e na melhora da qualidade de vida. Com isso é sabido que, aliar alimentação balanceada a atividade física conduz a uma vida saudável (ALMEIDA; BALMANT, 2017).

A implementação de uma dieta adequada é fator essencial no âmbito esportivo, além de manter o indivíduo saudável, é uma das principais ferramentas para melhorar o desempenho atlético. Na musculação não foge à regra, uma abordagem nutricional que respeite a individualidade do atleta ou praticante de atividade esportiva, contribuirá com o alcance dos objetivos, sejam eles de saúde, performance ou estética (PRADO et al., 2018).

Os suplementos estão se tornando cada vez mais comuns nos esportes, pois os atletas e até mesmo as pessoas que praticam atividades físicas muitas vezes buscam obter melhor desempenho e/ou ganhar saúde, ou preparo físico. Suplementos para atletas profissionais ou amadores são alimentos formulados para atender às necessidades nutricionais específicas e ao desempenho atlético (ALMEIDA; DE OLIVA RIBEIRO; FREITAS, 2018).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), suplementos alimentares são destinados a pessoas saudáveis, a fim de fornecer nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos além da alimentação. Podem ser utilizados como complemento da dieta, ou como recurso ergogênico (BRASIL, 2020).

A nutrição e a suplementação têm grande relevância no alcance da hipertrofia muscular através do exercício resistido. Os pontos-chave para a hipertrofia envolvem treino de resistência e o aumento da ingestão proteica e energética total, criando um balanço energético positivo, ou seja, consumir uma quantidade maior de calorias, quando comparado ao gasto calórico necessário. A nutrição é considerada um dos alicerces do desempenho atlético e é fundamental para a eficácia do processo de recuperação, fornecendo nutrientes essenciais para a síntese proteica muscular e recuperação dos tecidos após o treino de força (MALSAGOVA et al., 2021).

A hipertrofia pode ser definida como um aumento de tecido muscular, não somente das células musculares, mas também a matriz extracelular. Definido então de hipertrofia miofibrilar (aumento de proteínas contráteis) e hipertrofia sarcoplasmática (aumento de conteúdo não contrátil), para suprir a demanda da atividade, contribuindo para a hipertrofia (VIVIESCAS, 2022). A hipertrofia miofibrilar, ocorre a nível molecular e é caracterizada pelo aumento da seção transversa do músculo esquelético. Sua regulação está diretamente relacionada aos aspectos nutricionais, entre outros fatores, e, sobretudo, à estimulação da tensão biomecânica produzida pelo exercício, principalmente exercício realizado contra sobrecarga de resistência (SCHIAFFINO et al., 2021).

A combinação da alimentação e treinamento resistido (TR) é considerada o pilar para a modulação da composição corporal, como o aumento da proporção de massa muscular esquelética e a diminuição do percentual de gordura visceral e subcutânea. Dentre diversas possibilidades o treinamento resistido ou contra resistência, comumente conhecido como musculação, é considerado a principal forma de exercício físico para o desenvolvimento da hipertrofia muscular esquelética. Nesse tipo de treinamento, o praticante precisa realizar uma contração tensional do músculo, superando a resistência de uma determinada sobrecarga (PAES, 2016).

Portanto, é essencial que a ingestão diária de macronutrientes - carboidratos, gorduras e proteínas – bem como de micronutrientes, forneça elementos suficientes para suprir a demanda energética e nutricional do treinamento de resistência. Além disso, deve promover adequadamente a recuperação da musculatura esquelética microlesionada pós-treinamento (VITALE; GETZIN, 2019).

## **1.1 Justificativa**

A alimentação saudável adquirida por orientação nutricional adequada é importante para as mudanças positivas na composição corporal, como a hipertrofia muscular, melhora do condicionamento físico, e conseqüentemente qualidade de vida por meio da saúde. Seguir as recomendações nutricionais para indivíduos fisicamente ativos, em quantidade e qualidade de macronutrientes e micronutrientes é fundamental para melhorar o desempenho físico e promover a saúde (GUEDES DA SILVA; JUNIOR, 2020).

O papel do profissional nutricionista quanto ao consumo de suplementos alimentares está associado à educação nutricional e a prescrição correta do consumo desses produtos, uma vez que os suplementos geralmente são proteicos, calóricos, com baixos teores de lipídeos e

que fornecem energia para o treino físico, além de auxiliar na recuperação muscular mais rapidamente (CARVALHO et al., 2018).

O presente projeto se torna relevante para informação e instrução de profissionais da nutrição, estudantes e do público interessado, sobre a importância da nutrição e suplementação no processo de hipertrofia muscular, objetivo almejado por grande parte dos indivíduos que praticam atividade resistida, estando disponível no acervo da instituição.

## **1.2 Problematização**

A prática de musculação tem como principal objetivo fins estéticos, como ganho de massa muscular e o emagrecimento, o que aumenta a procura por estratégias que auxiliam nesse processo, como mudança na alimentação e uso de suplementos alimentares. Segundo Vidaletti, Souza e Bernardi (2019), em uma análise com 410 indivíduos, 21,2% destes relataram consumir suplementos alimentares por iniciativa própria, 14,1% por indicação de instrutor de academia e somente 11% por indicação de nutricionista. Dados que demonstram a pouca busca por orientação de um profissional capacitado, que objetivam alcançar os benefícios dos suplementos (GONÇALVES et al., 2017).

O crescimento das redes sociais vem aumentando o acesso à informação em diversas áreas, como a nutrição e musculação. Muitas vezes de forma benéfica, mas sujeita a interpretação individual, podendo gerar dúvidas, conseqüentemente a disseminação de mitos em relação à alimentação e a imagem corporal. Diante disso, é fundamental destacar a importância da nutrição adequada, assistida de acompanhamento nutricional, para manter a saúde e melhorar o condicionamento físico (ALMEIDA; DE OLIVA RIBEIRO; FREITAS, 2018).

Para atingir os objetivos de hipertrofia muscular, é fundamental que o corpo mantenha um bom estado metabólico, inclusive criando um balanço energético positivo. Pesquisas mostram que a nutrição é o elemento básico para a construção muscular, principalmente a ingestão correta de proteínas. No entanto, a falta de compreensão desta informação é notável, pois a maioria das pessoas geralmente considera que uma dieta equilibrada e de alta qualidade só é adequada para circunstâncias especiais, como atletas de nível competitivo (YASUDA et al., 2019).

França (2021), em um estudo randomizado, evidenciou que o treinamento resistido associado a uma dieta rica e variável de proteínas durante 14 semanas em homens treinados mostrou-se eficaz no desenvolvimento de força muscular em membros superiores e inferiores comparado ao grupo sem orientação nutricional.

Diante do exposto questiona-se: Qual a influência da alimentação e suplementação no processo de hipertrofia muscular?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Apresentar a influência da alimentação e da suplementação no processo de hipertrofia muscular.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Discorrer sobre os mecanismos de contração e hipertrofia muscular;
- Demonstrar a influência da alimentação e suplementação na hipertrofia;
- Apresentar as recomendações nutricionais para hipertrofia muscular;
- Explanar sobre alimentação e suplementação aliada ao exercício resistido.

### **1.4 Procedimentos Metodológicos**

O presente trabalho trata-se de uma revisão de literatura exploratória com abordagem qualitativa, que foi realizada entre agosto de 2023 a junho de 2024, analisando as informações por literaturas, utilizando como base de dados, *Eletronic Library Online (Scielo)*, *National Library of Medicine (PubMed)*, *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, *Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs)* e livros, selecionando as obras em português, inglês e espanhol. Para o desenvolvimento do trabalho os descritores utilizados foram: hipertrofia, contração muscular, nutrição esportiva, recomendação dietética, suplementação. O recorte temporal foi de: 2014 a 2024.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Tecido Muscular

Conforme as características morfológicas e funcionais, o corpo humano é formado por três tipos de tecidos musculares, que possuem funções que os diferenciam: tecido muscular estriado cardíaco (figura 1.a), possui fibras estriadas, ramificadas, mononucleadas e menores, possui contração involuntária e encontra-se no coração; tecido muscular liso (figura 1.b), possuem fibras pequenas e não apresentam estriações é encontrado em órgãos do sistema digestório e está relacionado a movimentos peristálticos. O tecido muscular estriado esquelético (figura 1.c), que se localiza ligado aos ossos, é responsável pela postura e pelo movimento corporal, constituído por cilindros fibrosos longos e multinucleadas, envolvido pelo sarcolema (membrana plasmática), que se afunilam em suas extremidades se unindo aos elementos fibrosos e tendinosos que se ligam aos ossos (GUYTON; HALL, 2011; KAPIT MACEY; MEISAMI, 2015).

Figura 1.a - Tecido Muscular Estriado Cardíaco

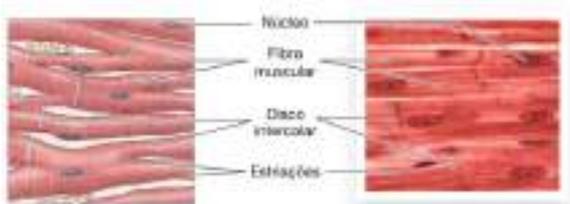


Figura 1.b - Tecido Muscular Liso

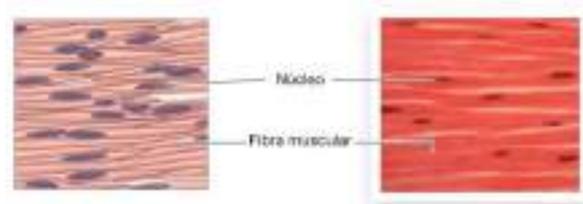
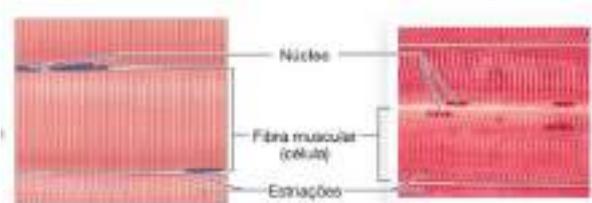


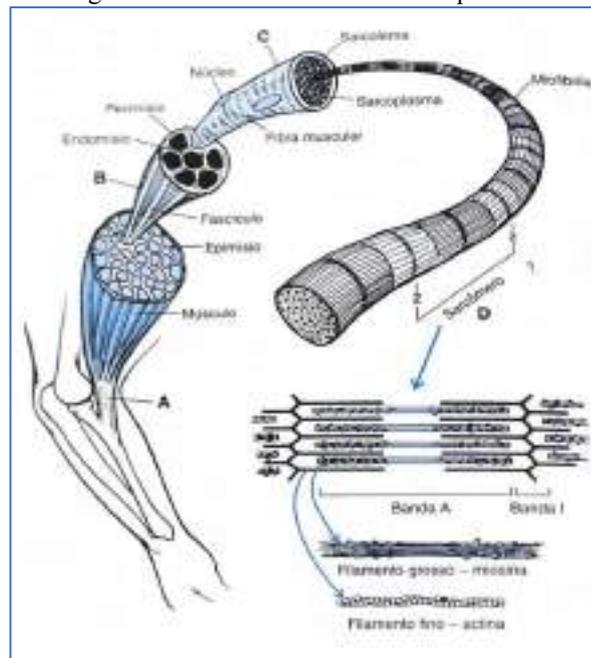
Figura 1.c - Tecido Muscular Estriado Esquelético



Fonte: Silverthorn (2017)

As fibras musculares possuem internamente as miofibrilas, como disposto na figura 2, que são feixes cilíndricos de proteínas (actina, miosina, tropomiosina, e outras proteínas), que em conjunto promovem a contração das células musculares. As miofibrilas estão mergulhadas no sarcoplasma que contém grandes quantidades de potássio, fosfato e magnésio, além de enzimas proteicas. Também está presente grande número de mitocôndrias que fornecem energia na forma de trifosfato de adenosina (ATP) às miofibrilas que se contraem (GUYTON; HALL, 2011).

Figura 2 - Anatomia do Músculo Esquelético



Fonte: Hamill; Knutzen; Derrick (2016)

Em cada miofibrila há cerca de 1.500 filamentos de miosina e 3.000 de actina, que são longas moléculas de proteínas responsáveis pelas contrações musculares. Os filamentos de miosina são caracterizados por serem mais espessos (figura 3), e os filamentos mais finos são actina (figura 4) (GUYTON; HALL, 2011). O músculo possui uma combinação de tipos de fibras, categorizadas como fibras de contração lenta (tipo I) ou fibras de contração rápida (tipo IIa e tipo IIb), essa divisão é importante no metabolismo muscular e no consumo de energia (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016).

Figura 3 - Molécula de Miosina

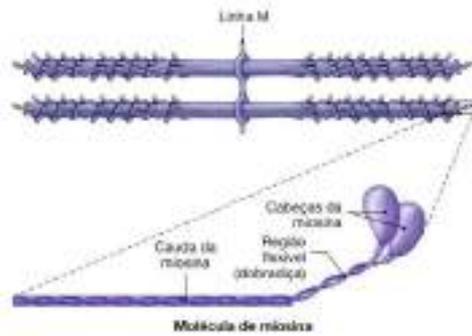
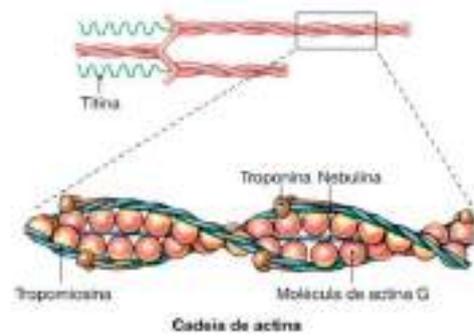


Figura 4 - Cadeia de Actina



Fonte: Silverthorn (2017)

As fibras de contração lenta, são oxidativas e apresentam cor vermelha por conta da elevada quantidade de mioglobina. Por apresentarem contração lenta, são apropriadas para um trabalho prolongado e de baixa intensidade. Geralmente atletas de resistência possuem grande quantidade de fibras de contração lenta (OVALLE; NAHIRNEY, 2014).

As fibras de contração intermediária ou rápida, tipo II, são subdivididas em tipo IIa, oxidativo-glicolíticas, e tipo IIb, glicolíticas. A tipo IIa é uma fibra vermelha caracterizada por uma contração rápida intermediária, por sustentar longos períodos de atividade, ou se contrair com explosão de força. Já a tipo IIb, trata-se de fibra branca que permite rápida geração de força e entra rapidamente em fadiga. Sabe-se que as fibras de contração rápida possuem uma capacidade hipertrófica 50% maior que as de contração lenta, de modo que atletas de fisiculturismo possuem maior quantidade das mesmas (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016).

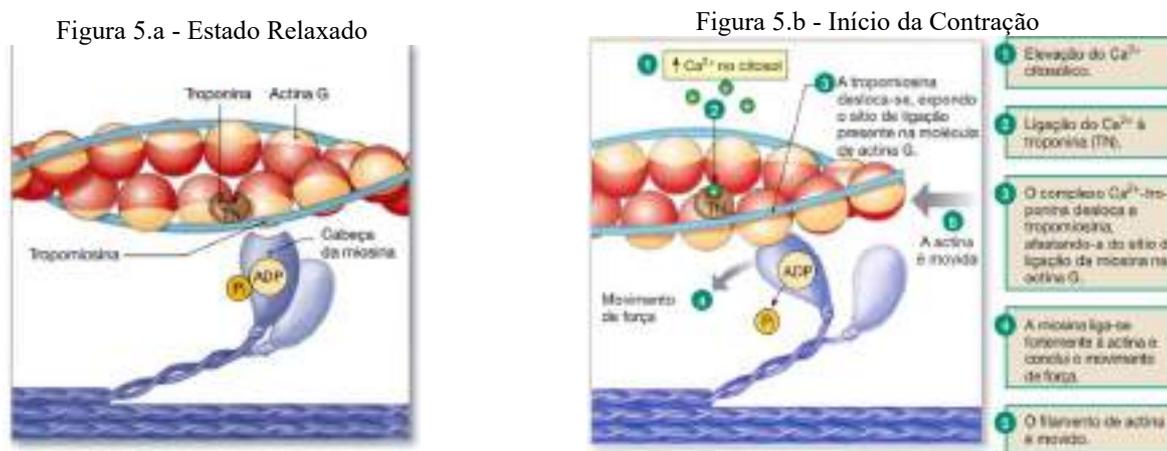
### 2.1.1 Contração Muscular

Existem locais na molécula de actina que interagem com a miosina chamado de sítio de ligação e, na ausência de  $\text{Ca}^{2+}$ , esses locais são cobertos por um complexo proteico, chamado troponina-tropomiosina (figura 5.a). Porém, quando esse íon se liga à troponina, ele muda de conformação, puxando a tropomiosina e descobrindo assim, locais de actina. A actina pode então interagir com a miosina, formando o que é chamado de ponte cruzada, mas isso só acontece quando o trifosfato de adenosina (ATP) na cabeça da miosina é clivado em ADP, como demonstra a figura 5.b (SILVERTHORN, 2017).

Com a liberação do fosfato inorgânico, as cabeças da miosina se movem em direção ao centro do sarcômero, trazendo consigo filamentos. A entrada de novas moléculas de ATP na cabeça da miosina promove a dissolução da ponte cruzada e um novo ciclo pode começar. Assim, no chamado mecanismo de filamento deslizante, os filamentos finos deslizam ao longo

dos filamentos grossos em direção ao centro do sarcômero, causando seu encurtamento. Se os sarcômeros miofibrilares passarem por esse processo, as miofibrilas encurtam e o músculo se contrai (OVALLE; NAHIRNEY, 2014).

O cálcio fica armazenado no retículo sarcoplasmático, onde há proteínas que bloqueiam a saída, para ser liberado no sarcoplasma, essas proteínas precisam receber estímulo elétrico vindo de um neurônio motor. Portanto, para haver contração, o músculo precisa primeiro receber um estímulo chamado de potencial de ação do neurônio motor (OVALLE; NAHIRNEY, 2014).



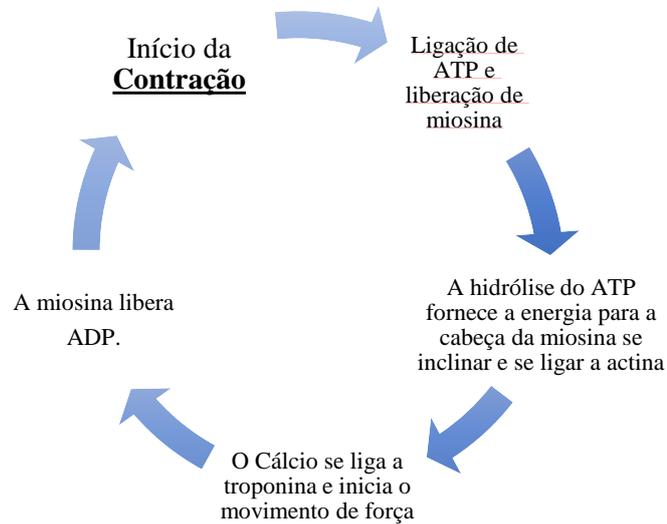
Fonte: Silverthorn (2017)

A contração é definida como a ativação de fibras musculares que têm tendência a encurtar e são controladas pelo sistema nervoso motor somático, portanto, para ocorrer a contração, o músculo precisa receber estimulação dos neurônios motores. O potencial de ação do motoneurônio atinge a fibra muscular na junção neuromuscular ou placa motora. Neste momento, há uma sinapse entre o neurônio motor e o sarcolema. Quando o potencial de ação atinge a fibra muscular, a acetilcolina (ACh) é liberada (SILVERTHORN, 2017).

À medida que a acetilcolina é liberada, o neurotransmissor se liga aos receptores nicotínicos na placa motora, permitindo que os cátions entrem no interior da fibra muscular. Devido à sua excitabilidade, as células musculares respondem à despolarização desencadeando um potencial de ação que se propaga por todo o sarcolema, incluindo os túbulos T, que enviam impulsos para regiões mais profundas da fibra. Os túbulos T e o retículo sarcoplasmático se aproximam de forma crítica neste ponto, pois a despolarização dos túbulos T podem estimular a abertura de canais de  $\text{Ca}^{2+}$  no retículo sarcoplasmático (figura 6). Os íons  $\text{Ca}^{2+}$  então

invadem o sarcoplasma e interagem com as troponinas das miofibrilas, iniciando a contração (GUYTON; HALL, 2011).

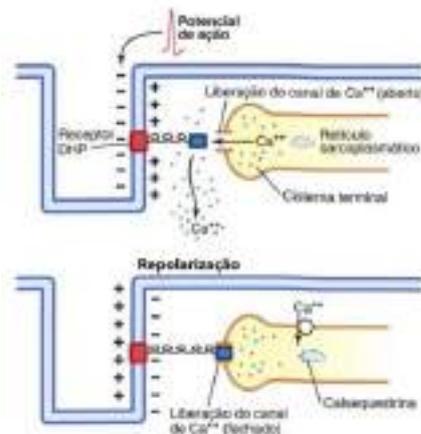
Figura 6 - Ciclo da Contração-relaxamento muscular



Fonte: Própria (2023)

A duração do processo contrátil ocorre enquanto os íons  $\text{Ca}^{2+}$  permanecem no sarcoplasma. Porém, os canais se fecham rapidamente e uma bomba de  $\text{Ca}^{2+}$  devolve esses íons para o retículo sarcoplasmático, encerrando a contração, como demonstra a figura 7 (KAPIT; MACEY; MEISAMI, 2015).

Figura 7 - Liberação do canal de cálcio

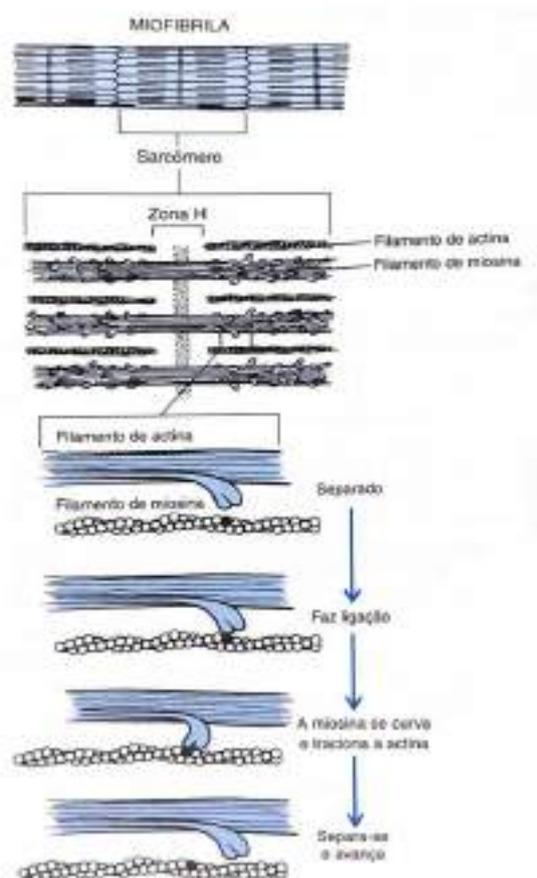


Fonte: Guyton; Hall (2011)

A teoria do filamento deslizante por Huxley é a explicação mais aceita da contração muscular. Segundo a teoria, o processo de contração começa quando o cálcio é liberado no músculo por meio de estimulação neuroquímica. À medida que os filamentos de miosina cruzam os filamentos de actina, o sarcômero se contrai, formando pontes cruzadas, como demonstrado na figura 8 (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016).

O deslizamento simultâneo de milhares de sarcômeros em série altera o comprimento e a força do músculo. A quantidade de força que pode ser desenvolvida num músculo é diretamente proporcional ao número de pontes cruzadas formadas. O encurtamento de muitos sarcômeros, miofibrilas e fibras cria tensão que percorre o músculo e atinge os ossos em cada extremidade para causar movimento (SILVERTHORN, 2017).

Figura 8 - Teoria do Filamento deslizante



**Fonte:** Hamill; Knutzen; Derrick (2016)

### 2.1.2 Fontes de Energia da Contração Muscular

A contração muscular depende não só de  $\text{Ca}^{2+}$ , mas também de energia metabólica para entrar e se manter em atividade, e a fonte imediata desta energia é proveniente da adenosina

trifosfato (ATP). As células musculares fabricam ATP a partir da respiração aeróbica, contudo na falta de oxigênio as fibras musculares também podem obter ATP através da glicólise (na respiração aeróbica há ganho de 36 ATPs, enquanto na glicólise de 2 ATPs), menos eficiente, mas rápido (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016).

Parte do ATP produzido não é utilizado imediatamente, já que o músculo em repouso usa pouca energia. Portanto, a fibra muscular armazena as instáveis moléculas de ATP através da creatina. Conseqüentemente, enquanto o músculo está em repouso, o ATP formado e não utilizado, doa um fosfato inorgânico para a creatina, convertendo-a em fosfocreatina, que por sua vez se transforma em adenosina difosfato (ADP). Quando o músculo começa a contrair, a fosfocreatina devolve o fosfato ao ADP, transformando-o novamente em ATP, que é então utilizado na contração (SILVERTHORN, 2017).

A disponibilidade de ATP nas fibras musculares é pequena, por isso uma fonte adicional de energia é necessária, como o fosfato de creatina, que transfere o grupo fosfato para o difosfato de adenosina e restaura os níveis de ATP. O fosfato de creatina é limitado para um exercício muscular prolongado, desse modo pela oxidação completa de carboidratos e ácidos graxos o ATP é obtido (KAPIT MACEY; MEISAMI, 2015).

## **2.2 Exercício Resistido e Hipertrofia Muscular**

O treinamento resistido, popularmente conhecido como musculação, é o treinamento de contra resistência, geralmente realizado com a utilização de pesos, que apresenta benefícios, como: desenvolvimento de força, potência e resistência muscular, redução de gordura corporal e aumento de massa magra, promovendo assim uma melhor aptidão física e qualidade de vida (CANTIERI; BUENO; ÁVILA, 2018).

O grande atrativo dos exercícios resistidos para a população que buscam como objetivo a estética, seria os efeitos que causam na modelagem do corpo, tanto para homens quanto para mulheres. Várias organizações de saúde e medicina desportiva em todo o mundo recomenda o treino de resistência como parte integrante de qualquer programa de exercício físico para promover a saúde em crianças saudáveis, adultos, idosos e/ou pessoas com certas condições médicas (TEIXEIRA; GOMES, 2016).

O músculo esquelético tem uma capacidade notável de sofrer hipertrofia, ou seja, aumentar de tamanho, em resposta a determinados exercícios físicos, como exercícios resistidos. A hipertrofia pode ser definida como um aumento de tecido muscular, não somente das células musculares, mas também a matriz extracelular. Sendo definido então de hipertrofia

miofibrilar (aumento de proteínas contráteis) e hipertrofia sarcoplasmática (aumento de conteúdo não contrátil) (VIVIESCAS, 2022).

No contexto da atividade física, a hipertrofia muscular é um processo adaptativo do músculo esquelético em resposta ao treinamento de força, que envolve o aumento da síntese de proteínas musculares e, o acúmulo de glicogênio e triglicerídeos nas fibras musculares. A hipertrofia muscular é um dos principais objetivos de muitos atletas e praticantes de atividade física, pois está associada ao aumento da força e da resistência muscular (ZAMBÃO; ROCCO; HEYDE, 2015).

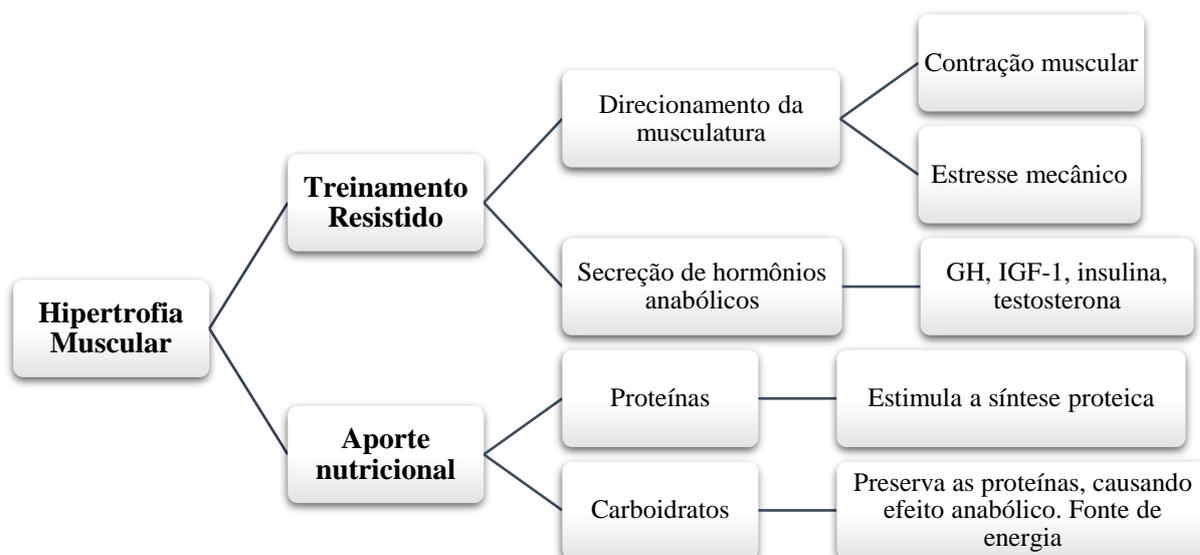
A hipertrofia acontece quando há estímulo no tecido muscular. O exercício resistido faz com que haja um direcionamento da musculatura que irá desenvolver, através da contração muscular que sinaliza o aumento da produção de proteínas, que ocorrerá se houver aporte nutricional suficiente. Após o exercício é necessário haver nutrientes para que o músculo sintetize proteínas e isso se dá por meio da alimentação adequada e se necessária suplementação (LIM; NUNES; CURRIER, 2022). Maior hipertrofia ocorre quando o músculo resiste à carga durante a contração. Durante o treinamento de força, a seção transversal das fibras musculares aumenta à medida que as miofibrilas aumentam e se separam (GUYTON; HALL, 2011).

### **2.3 Fundamentos da hipertrofia muscular**

A hipertrofia é uma adaptação morfofisiológica dependente de balanço proteico influenciado por processos bioquímicos e moleculares complexos. Quando há hipertrofia muscular, a síntese de proteínas contráteis no músculo é muito mais intensa, levando também a um aumento progressivo da frequência dos filamentos de actina e miosina nas miofibrilas em até 50%. Por sua vez, algumas miofibrilas se dividem de forma independente nos músculos hipertrofiados para formar novas miofibrilas. À medida que o tamanho das miofibrilas aumentam, o sistema enzimático que fornece energia também aumenta. Isto é especialmente válido para as enzimas da glicólise, que fornecem energia rapidamente durante contrações musculares curtas e intensas (LIM; NUNES; CURRIER, 2022).

O processo de reconstrução de um músculo degradado envolve uma complexa interação de reações químicas dinâmicas, responsivas a sinais extracelulares induzidos pela atividade física, atividades neurais, hormonais, fatores de crescimento e citocinas. Esses sinais ativam uma cascata de reações intracelulares essenciais para o processo de síntese proteica. A hipertrofia muscular resulta do equilíbrio entre a síntese e a degradação proteica, regulado por vias de sinalização celular, como demonstra a figura 9 (WEST; PHILLIPS, 2012).

Figura 9 - Fatores que influenciam processo de hipertrofia muscular



Fonte: Própria (2024)

A elevação de hormônios endógenos, como fatores de crescimento, GH, testosterona, insulina, IGF-1, é sugerida como contributiva para mudanças no tamanho da secção transversa e na força muscular quando estimulada pelo treinamento de resistência. Essas alterações hormonais têm sido propostas ao longo de décadas, desde que adaptações são observadas. Assim, sob os estímulos do treinamento de força, sugere-se que as respostas hormonais podem ter uma grande influência na manutenção do tecido muscular (WEST; PHILLIPS, 2012).

### 2.3.1 Papel da regulação hormonal na hipertrofia muscular

A regulação hormonal é um componente importante para o desenvolvimento de força e hipertrofia muscular. Alguns sinais fisiológicos precisam ser estimulados para aumentar a síntese proteica e assim gerar o processo de hipertrofia muscular, desse modo, os fatores que influenciam nesse processo são: oferta de nutrientes suficientes, estresse mecânico causado pelo treinamento resistido e os hormônios com características anabólicas (GERLINGER-ROMERO et al., 2013).

Após o treinamento de força ocorre a secreção de alguns hormônios, caracterizados por mediadores do mecanismo de hipertrofia muscular, entre eles o hormônio do crescimento (GH), responsável pelo crescimento de vários tecidos do organismo, e mediado pelo fator de crescimento tipo insulina (IGF-1), localizado no meio extra celular e originado de fontes autócrinas e/ou parácrinas, o IGF-1, quando estimulado, se direciona ao receptor específico de membrana exercendo uma importante função anabólica e anticatabólica no meio intracelular das células musculares (GERLINGER-ROMERO et al., 2013).

O IGF-1 é reconhecido como um hormônio anabólico que apresenta relações significativas com o processo de hipertrofia muscular, manifestando efeitos mitogênicos e anabólicos no tecido muscular. Apesar de seu papel anabólico em condições fisiológicas normais, os efeitos do IGF-1 sobre os músculos estriados esqueléticos são considerados potencializados por estímulos mecânicos. Alguns autores reconhecem o IGF-1 como o principal mediador extracelular da hipertrofia, e evidências sugerem que esse hormônio pode desempenhar um papel importante na hipertrofia compensatória (SCHOENFELD, 2013).

A insulina é um dos hormônios anabólicos mais importantes devido às suas ações potentes e multifuncionais nas vias metabólicas vitais. Sob os efeitos da insulina, as reações anabólicas que envolvem a síntese e o acúmulo de carboidratos, lipídios e proteínas são favorecidas, enquanto as reações catabólicas são inibidas. Esta plasticidade funcional requer que a insulina atue em múltiplos tecidos e atinja um conjunto complexo de vias de sinalização entre e dentro dos tecidos e células. A capacidade da insulina de suportar múltiplos processos de forma integrada é apoiada pelas numerosas vias de sinalização e múltiplas isoformas de proteínas de sinalização com essas vias. Entre os pontos finais da sinalização da insulina estão o tráfego de proteínas e vesículas, a ativação da proteína quinase e da fosfatase, a promoção do crescimento e desenvolvimento celular e a expressão gênica (DILMAR et al., 2018)

A testosterona é um hormônio derivado do colesterol, sintetizado e secretado principalmente pelas células de Leydig dos testículos através do eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, com pequenas quantidades derivadas dos ovários e das suprarrenais. Os efeitos anabólicos da testosterona no tecido muscular são incontestáveis, diminuindo a proteólise e aumentando a síntese de proteínas musculares. Além de seus efeitos diretos na síntese do tecido muscular, a testosterona influencia indiretamente o conteúdo proteico das fibras musculares ao promover a liberação do GH, que induz síntese e a liberação de IGF pelo fígado, bem como mediar a ativação e proliferação de células satélites (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016; SCHOENFELD, 2013).

### 2.3.2 Principais vias de Sinalização Anabólica – PI3K/Akt/mTOR

O aumento da massa muscular induzido pelo exercício de resistência é mediado por uma variedade de vias de sinalização celular, através das quais os estímulos de mecanoestimulação são transduzidos molecularmente para serem deslocados para alvos descendentes, modificando o balanço protéico muscular para promover a síntese proteica sob a degradação. A principal via anabólica é identificada como o alvo proteína quinase B (Akt) / mamífero da rapamicina (mTOR) (PORTA; PAGLINO; MOSCA, 2014).

A via PI3K/Akt/mTOR representa uma importante cascata de sinalização intracelular na regulação do ciclo celular, a qual responde a diversos estímulos ambientais e nutricionais, incluindo fatores de crescimento, níveis de energia, estresse celular e aminoácidos. A dinâmica da via reside na ativação por meio de substratos extra/intracelulares da fosfatidilinositol-3 quinase (PI3K) que fosforila e ativa a proteína quinase B (Akt) localizada na membrana plasmática. A Akt, além de ser capaz de desencadear outros processos fosforilativos celulares, ativa a mTOR, que dentro do sistema biológico é um importante regulador central do crescimento e sobrevivência celular (PORTA; PAGLINO; MOSCA, 2014).

#### **2.4 Nutrientes e Hipertrofia muscular**

Costuma-se associar a hipertrofia muscular ao exercício físico, fator importante, mas que depende de outros fatores, como, por exemplo, aporte nutricional adequado para que esse processo seja eficiente. Os pontos principais para a hipertrofia muscular são o treinamento resistido e o aumento da ingestão proteica e energética total, gerando um balanço energético positivo, ou seja, consumo maior de calorias do que o gasto. A nutrição é considerada um dos alicerces do desempenho atlético, sendo fundamental para a eficácia da recuperação e processos adaptativos, fornece os nutrientes necessários para a recuperação dos tecidos e a síntese de proteínas musculares após o treinamento de força (MALSAGOVA et al., 2021).

Os nutrientes carboidratos (CHO), proteínas (PTN) e lipídeos são fontes de energia essenciais para manter as funções corporais, tanto em períodos de repouso quanto durante atividades físicas. Além de atuarem como combustível biológico, esses macronutrientes, preservam a integridade funcional e estrutural do organismo. A recomendação de cada macronutriente analisando os períodos de treinamento é demonstrada no quadro 1 (QUARESMA, 2022).

A ingestão de carboidratos é essencial, ajustando-se ao volume de treinamento ou competição, sendo relevante antes, durante e após a sessão de treinamento. Em contrapartida, a ingestão de proteínas não é necessária durante o exercício físico, por não ter efeitos diretos sobre o desempenho, porém ela pode influenciar as vias de síntese proteica muscular. Por fim, a ingestão de lipídeos, seja triacilglicerol de cadeia longa ou média, antes, durante ou após o exercício físico, não possui respaldo científico para a melhora do desempenho. Assim como a proteína, pequenas quantidades de lipídeos podem ser consumidas na refeição pré-treino por questões de manejo dietético (QUARESMA, 2022).

Quadro 1 - Necessidade de macronutrientes, durante ou após uma sessão de treinamento e total no dia

Macronutrientes	Antes	Durante	Depois do treino	Total no dia
<b>Carboidratos</b>	1-4 g/kg	30-90 g/h	1-1,2 g/kg/h	3-12 g/kg/dia
<b>Proteínas</b>	↓ quantidades	--	0,25-0,4 g/kg	1,6-2,4 g/kg
<b>Lipídeos</b>	↓ quantidades	--	--	20-35% NET

Fonte: adaptado de Quaresma (2022)

#### 2.4.1 Carboidratos

A medida do desempenho muscular é a resistência, que depende em grande parte do fornecimento de nutrientes aos músculos. Desse modo, os carboidratos (CHO) que são obtidos por fontes alimentares são de grande importância para a hipertrofia muscular, tendo em vista que são armazenados em forma de glicogênio muscular e glicogênio hepático, utilizados como fonte primária e secundária de energia respectivamente, e sua falta leva consequentemente a fadiga (PRADO et al., 2018).

Os principais CHO originam-se de tubérculos, cereais, leguminosas, frutas e açúcares. São classificados como polissacarídeos, oligossacarídeos, dissacarídeos ou monossacarídeo, com base em seu grau de polimerização, número e tipos de ligações glicosídicas que unem as moléculas de monossacarídeos que são as menores unidades das cadeias e não podem ser hidrolisadas, sendo a frutose, a glicose, e a galactose, formando a estrutura química desses carboidratos (ALMEIDA; CAMPBELL; CRUZ, 2023).

A frutose e a galactose sofrem metabolização no fígado, e apenas uma parte da glicose é retida no órgão, enquanto a maior parte é exportada para a circulação sistêmica. A galactose é transformada em glicose e armazenada como glicogênio, enquanto a frutose é catabolizada para suprir as demandas energéticas do fígado. O excesso de frutose é transformado em triacilglicerol e distribuído no tecido adiposo e nos músculos. A glicose retida pode ser usada como fonte de energia, armazenada como glicogênio hepático no fígado, nos músculos, ou liberada na corrente sanguínea, onde pode ser captada pela musculatura esquelética através do transportador GLUT4, que é dependente de insulina (TROMMELEN et al., 2016).

O índice glicêmico (IG) é uma medida que classifica os carboidratos de acordo com a rapidez com que os níveis de açúcar aumentam no sangue após serem consumidos. Alimentos com alto IG, caracterizados como CHO simples são digeridos e absorvidos rapidamente, causando um aumento rápido e significativo da glicemia, enquanto alimentos com baixo IG, caracterizados como CHO complexos, são digeridos e absorvidos de maneira lenta, resultando

em uma elevação gradual e controlada da glicemia. No contexto esportivo, compreender o índice glicêmico dos alimentos é crucial para otimizar a síntese de glicogênio muscular e aprimorar o desempenho físico nos esportes que utilizam o glicogênio como fonte de energia (ALMEIDA; CAMPBELL; CRUZ, 2023).

Na fase da hipertrofia muscular, o balanço energético é essencial, destacando-se a importância de uma dieta equilibrada que forneça energia suficiente para sustentar o esforço muscular, minimizando assim a fadiga central e periférica. Compreender o papel do carboidrato no metabolismo energético é fundamental para aprimorar a interação entre a ingestão e o armazenamento desse nutriente, contribuindo no desempenho da hipertrofia. Uma dieta rica em carboidratos também se torna eficaz para facilitar o aumento da ingestão de calorias (MALSAGOVA et al., 2021).

Acredita-se que a ingestão de CHO antes, durante e após a prática de exercícios físicos possa melhorar o desempenho, aumentar a força e o crescimento muscular. O consumo adequado de carboidrato nesses períodos, em quantidades e horários apropriados, preserva as proteínas musculares e facilita a síntese proteica após o exercício. Portanto, para que o metabolismo proteico seja efetivo durante o exercício, é essencial garantir um fornecimento adequado de CHO para manter os estoques de energia (MALSAGOVA et al., 2021).

Segundo Oliveira (2014) uma dieta rica em CHO é fundamental para potencializar a hipertrofia muscular. Isso porque o consumo de CHO estimula a liberação de insulina, hormônio que desempenha papel fundamental no aumento da captação de glicose pelos músculos. A insulina facilita o transporte de nutrientes, especialmente glicose, e promove a incorporação de proteínas nas células, otimizando a síntese proteica e gerando efeito anabólico que resulta no aumento da massa muscular.

Uma sessão típica de treinamento resistido (TR) pode reduzir o conteúdo de glicogênio muscular em aproximadamente 25–40%, essa redução pode prejudicar o desempenho da sessão de treino, limitando a regeneração de energia, levando à incapacidade de sustentar uma produção elevada de força. Alguns estudos relataram desempenho prejudicado e ganhos reduzidos de massa muscular quando o TR é combinado com dietas com baixo teor de CHO em comparação com dietas com alto teor de CHO (NAMMA-MOTONAGA et al., 2022).

A redução dos estoques de glicogênio está associada à diminuição do desempenho em exercícios resistidos porque a glicólise anaeróbica é o sistema energético dominante. Uma hora de exercício físico intenso reduz o glicogênio hepático em aproximadamente 55%, e um treino intenso de duas horas esgota quase completamente o glicogênio do fígado e dos músculos ativos (NAMMA-MOTONAGA et al., 2022).

Quando as reservas de CHO (glicogênio) se esgotam, o organismo recorre a outras fontes de energia, como as gorduras na forma de ácidos graxos livres, para atender a maior demanda energética. E em menor proporção, as proteínas também são utilizadas, ocasionando a proteólise (catabolismo das proteínas). Logo, uma dieta deficiente em carboidratos esgota rapidamente o glicogênio muscular e hepático, afetando profundamente o desempenho físico em exercícios intensos ou prolongados (OLIVEIRA, 2014).

Diferentes estratégias nutricionais podem ser adotadas, como exemplificado no quadro 2. A distribuição, quantidade e digestibilidade dos carboidratos, ajustadas à rotina dos praticantes, pode influenciar de maneira distinta nos resultados quanto à performance (FUCHS et al., 2022).

Quadro 2 - Recomendações gerais de carboidratos

INTENSIDADE	SITUAÇÃO	QUANTIDADE DE CARBOIDRATOS
Leve	Baixa intensidade ou exercícios de habilidade	3-5g/kg de massa corporal/dia
Moderada	Exercícios de aproximadamente 1h/dia	5-7g/kg de massa corporal/dia
Intensa	Exercício endurance (1 – 3h/dia de moderada/alta intensidade)	6-10g/kg de massa corporal/dia
Muito Intensa	Exercícios em condições extremas (4 – 5h/dia de moderada/alta intensidade)	8-12g/kg de massa corporal/dia
<b>Estratégias agudas – orientações específicas para o carregamento de carboidratos antes de treinos específicos ou competições</b>		
<b>Recomendação geral</b>	Treinos ou competições <90 minutos	7-10g/kg de massa corporal/dia
<b>Carregamento de carboidratos</b>	Treinos ou competições com tempo >90 minutos de exercício intermitente ou contínuo	10-12g/kg de massa corporal/dia em no mínimo dois dias (48h) que antecedem a prova
<b>Recuperação rápida</b>	<8h para se recuperar entre sessões de treino	1-4/kg de massa corporal consumidos 1-4h antes do exercício
<b>Recomendações antes do treino ou prova</b>	Antes do exercício físico >60 minutos	
<b>Recomendações de carboidratos durante e após o exercício físico</b>		
<b>Exercícios curtos</b>	<45 minutos	Não há necessidade ou pequenas quantidades
<b>Exercícios de alta intensidade</b>	45-75 minutos	

<b>Exercícios endurance incluindo esportes intermitentes</b>	1-2h30 minutos	30-60g/h 6-8%
<b>Exercícios ultra-endurance</b>	>2h30 minutos	90g/h 6-8%
<b>Após o treino (agudo)</b>	<8h entre uma sessão de treino e outra	1 – 1,2g/kg/h durante as primeiras 4-6 horas após o término da sessão de treino
<b>Após o treino (crônico)</b>	Se a próxima sessão de treino for apenas 24h após	Consumir adequadamente conforme com a necessidade total, sem imediatismo para síntese de glicogênio

**Fonte:** Adaptado de Burk et al. (2011) e Thomas; Erdman; Burke (2016)

Desse modo, diante do exposto acima, a recomendação de carboidratos vai depender do tempo e intensidade do exercício físico. E pensando em hipertrofia muscular, onde o treinamento resistido será de leve a moderada intensidade, e dificilmente ultrapassa a duração de 60 minutos, as quantidades de carboidratos adequadas ficam entre 5-7g/kg de massa corporal/dia, sem a necessidade de consumo de carboidratos durante o exercício físico (QUARESMA, 2022).

#### 2.4.2 Lipídeos

Embora o desempenho físico máximo seja impossível sem glicogênio muscular, a gordura também provê energia para o exercício. A gordura é a fonte mais concentrada de energia de alimento, fornecendo 9kcal/g, enquanto proteínas e carboidratos fornecem somente 4kcal/g.. Os ácidos graxos essenciais são necessários para as membranas celulares, a pele, os hormônios e o transporte de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2013).

Porém, a ingestão de lipídeos é a que menos causa preocupações no âmbito de prescrição nutricional para atletas. Desse modo, não há recomendação de lipídeos por refeição ou próximo ao treinamento. A sugestão de ingestão de gorduras se dá por meio das recomendações de saúde pública propostas no país. As recomendações, que geralmente variam entre 20-35% das necessidades energéticas totais (NET). Quantidades menores que 20% das NET não devem ser incentivadas, pois, além de não melhorar o desempenho, dificulta o alcance do alvo energético diário (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

### 2.5 Proteínas, síntese proteica e hipertrofia muscular

A manutenção do músculo esquelético é alcançada por um equilíbrio entre síntese e degradação proteica. Portanto, quando o catabolismo proteico tem precedência sobre os

processos de síntese proteica miofibrilar (SPM), a massa muscular diminui. Sabe-se que vários são os fatores que podem impactar negativamente essa rotatividade, como a inatividade (sedentarismo ou imobilidade), o envelhecimento e o consumo insuficiente de proteínas (QUARESMA; OLIVEIRA, 2017).

Por outro lado, o exercício físico e o consumo adequado de proteínas de alto valor biológico, encontradas em fontes de proteína animal, como carne, ovos, leite e derivados, estimulam a via SPM. Neste contexto, dentre as possíveis estimulações anabólicas dietéticas, o consumo adequado de proteínas é a principal intervenção para promover a hipertrofia muscular, porém, alguns fatores parecem ser importantes para a estimulação máxima do SPM, como a quantidade e qualidade proteica, o consumo proteico, os processos de absorção ao longo do dia, a captação de aminoácidos pelo músculo esquelético e a sinalização intramuscular (QUARESMA; OLIVEIRA, 2017).

Diversas variáveis podem causar alterações na taxa de síntese e degradação proteica, como qualidade, dose, e fracionamento proteico, tempo sob tensão, frequência e volume total de treinamento. A capacidade de uma fonte de proteína induzir mais ou menos síntese proteica inclui fatores como fracionamento diário, digestibilidade da proteína, composição de aminoácidos e o conteúdo de leucina. A ingestão de proteínas com alto teor de leucina é mais eficaz na otimização da síntese proteica, principalmente no período pós-treino. A leucina é um aminoácido essencial de cadeia ramificada, que possui relação com a síntese proteica e hipertrofia muscular, uma vez que é o principal sinalizador da mTOR, que afeta o turnover de proteínas e reduz a proteólise, é encontrada principalmente em proteínas de origem animal como carnes, ovos, leite e derivados (GRACIANO et al, 2022; MORTON; MCGLORY; PHILLIPS, 2015).

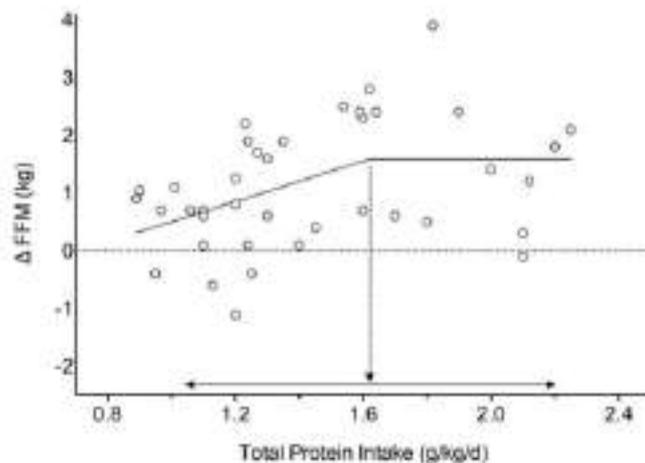
### 2.5.1 Recomendações de ingestão proteica

A ingestão diária de proteínas tem sido relatada como o fator chave para a regulação da massa muscular. A ingestão diária recomendada de proteína para indivíduos adultos, é de 0,8g/kg/dia (RDA). No entanto, vários estudos demonstraram que esse valor não é adequado para um atleta atender às suas necessidades diárias. A necessidade diária e por dosagem para um indivíduo dependem de muitos fatores, como nível de exercício, idade, composição corporal, necessidade energética diária e o status de treinamento. Uma ingestão diária de 1,4 a 2,0g/kg/dia é usada como recomendação para um atleta ou esportista. Essa recomendação está dentro da faixa aceitável de distribuição de macronutrientes (AMDR) de 10-35% de proteína (BRESSANINI; MARFIL; NOGUEIRA, 2023).

A ingestão de proteínas é especialmente importante, pois fornecem os aminoácidos necessários para a síntese de proteínas musculares. Estudos sugerem também, que a ingestão de proteínas entre 1,6 e 2,2 gramas por quilo de peso corporal por dia pode ser benéfica em indivíduos que praticam treinamento de força (PAES, 2016).

Segundo Morton e colaboradores (2018), em um estudo de meta-análise e meta-regressões, demonstraram que a suplementação proteica dietética melhorou significativamente as mudanças na força e no tamanho muscular durante o treinamento de resistência em adultos saudáveis. E também que a suplementação proteica em quantidades superiores a  $\sim 1,6$  g/kg/dia não aumentou os ganhos de massa magra induzidos pelo TR, concluindo que refeições com quantidades excessivas de proteínas não irá garantir mais hipertrofia muscular, como demonstra a figura 10.

Figura 10 - Gráfico de regressão linear segmentar entre a ingestão relativa total de proteínas (g/kg de massa corporal/dia) e a variação de massa livre de gordura



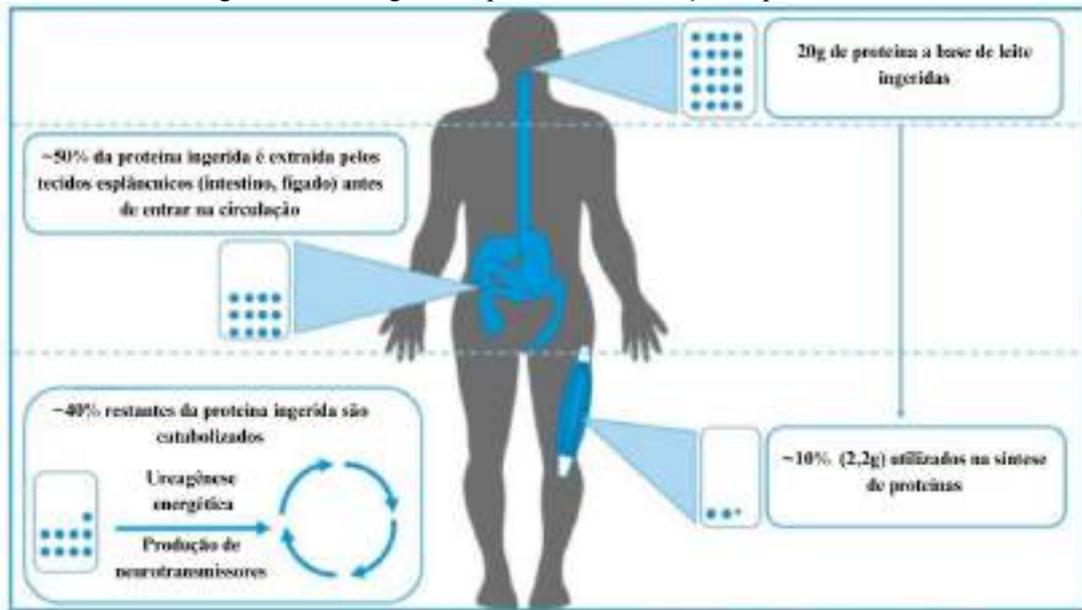
Fonte: Morton et al. (2018)

Stokes e colaboradores (2018), demonstraram que a capacidade de digerir e absorver a proteína da dieta, supera a capacidade do músculo esquelético de utilizar os aminoácidos constituintes para promover o anabolismo muscular. Desse modo, após a ingestão oral e digestão de proteínas,  $\sim 40$ - $50\%$  dos aminoácidos são extraídos pelo intestino para produção de energia e para síntese proteica local. Os outros  $\sim 50\%$  é liberado na circulação periférica após a extração das vísceras. Os aminoácidos restantes são catabolizados e servem como substratos para diversos processos metabólicos, desde a produção de energia e síntese de ureia, até uma menor extensão de produção de neurotransmissores, como demonstra a figura 11.

Em consonância o estudo acima, Groen e colaboradores (2015), demonstraram que apenas aproximadamente  $\sim 2,2$ g ou  $10\%$  dos aminoácidos fornecidos a homens jovens em um

bolus de 20g de proteína de caseína foram usados para síntese proteica, como demonstrado na figura 11. O estudo concluiu que exceder 2,2g/kg/dia de proteínas visando maior SPM é irrelevante, uma vez que, existe um limite para utilização dos aminoácidos na construção muscular.

Figura 11 - Visão geral simplificada da utilização de proteína oral



Fonte: adaptado de Stokes et al. (2018)

## 2.6 Hidratação e exercício físico

A água desempenha um papel crucial como agente reativo e de transporte no organismo, a difusão dos gases ocorre exclusivamente em superfícies umedecidas pela presença de água. Nutrientes e gases são transportados em solução aquosa, e os resíduos são eliminados do corpo por meio da água presente na urina e nas fezes. Além disso, a água, em combinação com as proteínas, proporciona lubrificação às articulações e protege diversos órgãos que estão em constante movimento, tais como o coração, os pulmões, os intestinos e os olhos (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

A capacidade termorreguladora da água é evidente, pois ela absorve uma quantidade considerável de calor com mínimas variações de temperatura. Essa função, aliada ao elevado ponto de evaporação da água, mantém a temperatura corporal em níveis relativamente estáveis durante exposição a estresse térmico ambiental e ao aumento da carga térmica interna resultante da atividade física (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

A água compreende de 40 a 70% da composição corporal, variando conforme a idade, o sexo e a composição corporal do indivíduo. Além disso, constitui aproximadamente 65 a 75%

do peso do músculo estriado esquelético e cerca de 10% do peso da gordura corporal. O corpo humano possui dois compartimentos hídricos distintos: o intracelular, referente ao líquido presente no interior das células, que representa aproximadamente 62% do volume total de líquidos corporais, e o extracelular, que abrange o líquido presente nos espaços intercelulares microscópicos (líquido intersticial), totalizando cerca de 38% do volume total de líquidos corporais (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Apesar de ser um dos aspectos mais básicos da nutrição, a hidratação adequada é frequentemente negligenciada. Durante o exercício físico, o aumento da temperatura corporal pode levar a um quadro de hipovolemia, resultando no aumento do uso de glicogênio e afetando a funcionalidade do sistema nervoso central. Além disso, a perda de água durante o exercício pode ocasionar, especialmente, a perda de eletrólitos e sódio (QUARESMA, 2022).

Portanto, para manter o estado de hidratação, é essencial considerar o adequado consumo hídrico antes, durante e após o término da sessão de treinamento. Estima-se que perdas superiores a 2% da massa corporal podem comprometer a funcionalidade cognitiva e a performance aeróbia. Em diversas modalidades esportivas, observa-se uma redução no desempenho quando há uma diminuição entre 3-5% da massa corporal devido à desidratação (QUARESMA, 2022).

A recomendação de ingestão de água pode variar em cada indivíduo, sendo o peso corporal o parâmetro principal para essa definição, porém pode-se levar em consideração também a intensidade de exercício físico e a temperatura ambiente, em casos de ambiente quente e úmido a necessidade de água pode aumentar devido à perda de água através do suor. Desse modo, a recomendação adequada para adultos de acordo com a DRI (2004) para água e eletrólitos é de 3,7 L/dia para homens e 2,7 L/dia para mulheres, ficando entre 35 a 40ml /kg/dia, e para um atleta chega a 50ml /kg/dia (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

## **2.7 Estratégias dietéticas para hipertrofia muscular**

### **2.7.1 Dieta hiperproteica**

A ingestão de proteínas, quando combinado com treinamento de resistência, resulta em maior massa muscular esquelética por meio de maior estimulação da síntese proteica e balanço proteico positivo. As dietas hiperproteicas tem função essencial no processo de hipertrofia, tendo em vista que, manter o aporte adequado de proteínas estimula a síntese de proteínas musculares induzida por hormônios anabólicos e neutraliza os efeitos deletérios da degradação muscular observados após sessões de exercícios resistidos. Caracterizadas por

possuírem maior consumo de alimentos ricos em proteínas, sendo acima de 1g/kg/dia (KIM et al., 2014).

Estudos que envolveram grupos com ingestão proteica inferior a 1,5g/kg/dia ou < 15% do valor energético total não registraram resultados significativos em relação à hipertrofia muscular. Além disso, observou-se maior perda de massa muscular quando concomitante a situações de restrição calórica (KIM et al, 2014).

Em um estudo de Areta e colaboradores (2014), foi observado que após 5 dias de restrição energética, houve ~30% de redução na síntese proteica miofibrilar entre um grupo de jovens voluntários praticantes de treinamento de resistência, com reduções correspondentes na ativação da mTOR e P70S6K, proteínas quinases que regulam a síntese de proteína. No entanto, uma única sessão de treinamento resistido, reforçado pela ingestão de proteínas (15-30g) pós exercício, resultou em uma elevação da SPM ~30% acima das observadas em balanço energético em repouso. Entretanto, esses estudos confirmam que um déficit de energia pode prejudicar a síntese de proteínas, porém o impacto geral da SPM dependera de outros fatores relevantes, como a ingestão de proteína dietética e o exercício resistido.

### 2.7.2 Superávit calórico e hipertrofia muscular

O superávit calórico desempenha papel fundamental na hipertrofia muscular, criando um ambiente favorável para o crescimento muscular. Quando se trata de hipertrofia muscular, todos os fatores que contribuem para isso devem estar alinhados, desse modo a dieta hipercalórica e hiperproteica juntamente com o treinamento resistido possuem a função de aumentar os fatores que desencadeiam a hipertrofia (SLATER et al., 2019).

Na maior oferta de calorias, hormônios como insulina, testosterona e cortisol são mantidos dentro dos limites fisiológicos favorecendo a síntese de proteínas e diminuindo o catabolismo muscular. A influência da ingestão energética dietética sobre o ambiente hormonal anabólico está se tornando mais bem compreendida. Estando bem estabelecido que a restrição energética pode influenciar significativamente nos hormônios anabólicos em indivíduos, prejudicando potencialmente sua capacidade de ganhar e manter massa muscular (SLATER et al., 2019).

A recomendação de superávit calórico necessário para ganhar um quilograma de massa magra varia de ~1500-2000 kj/dia (equivalente a ~300-500 kcal/dia) em indivíduos com peso estável. Para indivíduos que possuem dificuldade em ganhos de massa magra, bem como para atletas com treinamento pesado a recomendação é em torno de ~4000kj/dia (equivalente a ~1000kcal/dia) (MOORE; PHILP, 2020).

Pasiakos et al. (2010) demonstraram uma diminuição significativa na síntese de proteínas musculares e menor fosforilação de proteínas de sinalização intracelular associadas, durante 10 dias de déficit calórico moderado (80% das necessidades enérgicas estimadas). Portanto, é provável que dietas que buscam otimizar as taxas de ganho de massa muscular sejam comprometidas por déficits calóricos sustentados e otimizado por superávit calórico para facilitar os processos anabólicos e apoios o aumento das demandas de treinamento

## **2.8 Suplementação e Hipertrofia muscular**

Suplementos para atletas são alimentos formulados para atender às necessidades nutricionais específicas ao desempenho esportivo (GUEDES DA SILVA; JUNIOR, 2020). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), suplementos alimentares são elaborados para pessoas saudáveis, a fim de fornecer nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos além da alimentação. São utilizados como complemento da dieta, ou como recurso ergogênico (BRASIL, 2020).

Diante disso, é crucial considerar que os suplementos alimentares têm potencial de aprimorar o desempenho e as mudanças na composição corporal, mas os ajustes dietéticos são fundamentais para que possam contribuir de modo a “complementar”. Por conseguinte, as necessidades individuais de cada pessoa precisam ser avaliadas e consideradas, visando fornecer a quantidade adequada de energia, carboidratos, proteínas, lipídeos e outros nutrientes específicos, conforme as necessidades de cada indivíduo. Dessa forma, os suplementos podem exercer uma influência complementar significativa nos resultados de hipertrofia muscular (SILVA et al., 2021).

### **2.8.1 Creatina**

A creatina é um dos auxiliares ergogênicos nutricionais mais popular entre atletas e praticantes de exercício físico. Estudos demonstram que sua suplementação aumenta as concentrações intramusculares de creatina, melhorando o desempenho no exercício e adaptações ao treinamento. Trata-se de um suplemento que pertence à família das guanidinas fosfagênicos, um grupo de compostos de aminoácidos não proteicos e não essenciais, que desempenham um papel crucial no metabolismo energético celular e podem ser sintetizados endogenamente, além de serem obtidos através da ingestão de carnes vermelhas e frutos do mar, logo a maior parte da creatina é armazenada no músculo esquelético (cerca de ~95%) e, em

menor quantidade no cérebro e nos testículos (5%), encontradas em forma de fosfocreatina e creatina livre (KREIDER et al., 2017).

A creatina possui diversas funções, entre elas o fornecimento de energia temporária, sendo fundamental na formação de adenosina trifosfato (ATP) e no processo de ressíntese da fosfocreatina através da fosforilação da adenosina difosfato (ADP). Também possui propriedade energéticas essenciais para outros tecidos do corpo, como coração e cérebro (CORRÊA et al., 2024).

A creatina monohidratada é o tipo mais comum, mais barata, mais estudada e clinicamente eficaz para uso em suplementos nutricionais, presente em formas farmacêuticas aprovadas conforme estabelecido pela RDC 243, que dispõe dos requisitos sanitários dos suplementos alimentares. Trata-se de um pó branco solúvel em água, composta por 88% de creatina e 12% de água (CORRÊA et al., 2024).

Conforme a Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (ISSN), a ingestão recomendada de creatina para obter aumento rápido dos estoques de creatina muscular é de ~0,3 g/kg/dia durante 5-7 dias, e após isso a ingestão de 3-5g/dia para manter os estoques elevados. Porém, a ingestão de quantidades menores de creatina como 3-5g/dia também leva ao aumento do estoque de creatina muscular durante 3 a 4 semanas (KREIDER et al, 2017).

A relação entre a creatina e os carboidratos tem sido amplamente investigada, com estudos demonstrando melhorias na absorção da Creatina quando associada a uma refeição rica em carboidratos. Um estudo recente conduzido por Theodorou et al. (2017) no Reino Unido, explorou o impacto da ingestão de creatina em conjunto com carboidratos na absorção e a retenção de creatina no organismo. Para isso, 24 voluntários do sexo masculino ativos foram recrutados e divididos em dois grupos. O grupo A recebeu uma solução contendo apenas 5 gramas de creatina, enquanto o grupo B recebeu uma solução com 5 gramas de creatina e 93 gramas de carboidratos simples, administrada 30 minutos após a ingestão da creatina. Os voluntários consumiram as respectivas soluções quatro vezes ao dia, durante cinco dias.

Os resultados de Theodorou et al. (2017), mostraram que a suplementação resultou em aumento nos níveis de fosfocreatina muscular e creatina nos grupos A e B, porém os níveis de creatina aumentaram em 60% a mais no grupo B em comparação com o grupo A. Deve-se ressaltar que a excreção urinária de creatina nos indivíduos participantes do grupo B foi reduzida.

Contudo, o objetivo da suplementação de creatina é aumentar o tecido muscular, promover a produção de energia no músculo, reduzir a fadiga e diminuir o lipídio corporal. Desempenha um papel crucial no fornecimento de energia para as células, sobretudo durante

atividades de alta intensidade e curta duração, como exercícios de força e explosivos. Sua função primordial é pertinente à regeneração do trifosfato de adenosina (ATP), a molécula responsável por armazenar e fornecer energia para as células musculares (BURKE et al., 2023).

Quando os estoques de ATP nos músculos são rapidamente utilizados, a creatina atua como um carregador desses estoques de ATP, permitindo uma ressíntese mais rápida e eficiente de ATP durante o exercício. Isso resulta em uma maior disponibilidade de energia para os músculos, o que pode melhorar o desempenho, a força e a potência muscular. Além disso, a creatina também pode influenciar a hidratação celular, a cinética de cálcio e proteínas, o conteúdo de glicogênio e a resposta inflamatória, contribuindo para diversos processos fisiológicos relacionados ao desempenho físico e à recuperação muscular (BURKE et al., 2023).

### 2.8.2 Whey protein

Whey protein (WP) é um suplemento nutricional amplamente utilizado por atletas e praticantes de exercícios físicos, devido aos benefícios para a recuperação muscular e o aumento da síntese proteica. Gerado a partir das proteínas do soro do leite que são subprodutos do processamento tecnológico do leite, que possui em sua composição duas fontes proteicas: caseína e as proteínas do soro. Durante o processo de fabricação de queijos, ocorre a extração de uma fase aquosa do leite, que contém proteínas de alto valor biológico, adquirindo o WP. O WP é uma fonte de proteína de alta qualidade, rica em aminoácidos essenciais, incluindo os de cadeia ramificada (BCAAs), importantes para o crescimento e reparo muscular (ZAMBÃO; ROCCO; HEYDE, 2015).

Dentre os diferentes tipos de whey protein disponíveis no mercado, destacam-se o concentrado, o isolado e o hidrolisado. O WP concentrado é constituído por 70% - 80% de proteína e contém lactose e gorduras na composição, e ainda oferece uma quantidade significativa de outros nutrientes como cálcio e imunoglobulinas (OLIVEIRA et al., 2015; VASCONCELOS; BACHUR; ARAGÃO, 2018).

O whey protein isolado é submetido a uma filtragem adicional para remover a maior parte das gorduras e carboidratos, resultando em um produto com uma concentração de proteína ainda mais elevada sendo de 80% a 90% e baixo teor de lactose, sendo uma opção adequada para pessoas com intolerância à lactose. Já o whey protein hidrolisado é pré-digerido, formando peptídeos bioativos facilitando ainda mais a absorção pelo organismo, tornando-o uma escolha ideal para aqueles com sensibilidade digestiva (OLIVEIRA et al., 2015; VASCONCELOS; BACHUR; ARAGÃO, 2018).

Nabuco et al. (2018) conduziram um estudo e investigaram os efeitos da suplementação de WP administrada imediatamente antes e após o treino na massa muscular esquelética, na força muscular e na capacidade funcional de mulheres idosas pré-condicionadas. Os resultados indicaram que a suplementação de WP, tanto pré quanto pós-treino, é eficaz para aumentar a massa muscular esquelética, a força muscular dos tecidos moles dos membros inferiores e a capacidade funcional em mulheres idosas pré-condicionadas.

Corroborando com o estudo acima, Sugihara Junior et al. (2017) investigaram os efeitos da suplementação de WP na força muscular, hipertrofia e qualidade muscular em mulheres idosas previamente condicionadas ao treinamento resistido (TR), demonstrando que ambos os grupos apresentaram significância, havendo aumento da massa muscular. Assim, tornou-se evidente que a suplementação da proteína do soro do leite, em conjunto com treinamento de resistência, resultou em aumentos de força e hipertrofia em mulheres idosas treinadas em resistência.

Já no estudo de Li e Liu (2019), no qual aborda sobre a suplementação com WP durante sessões de Treinamento de Resistência e seus efeitos sobre a massa magra, a massa gorda e a força muscular em indivíduos jovens e saudáveis (menos de 40 anos), sugerem que a suplementação com WP pode ter efeitos positivos no aumento da massa magra, melhorias na força muscular e redução da massa gorda, especialmente em indivíduos saudáveis e mais jovens. No entanto, a eficácia da suplementação pode ser influenciada por fatores como a dosagem e o conteúdo de WP utilizado, a dieta geral dos participantes, a idade e a presença de condições patológicas.

Da mesma forma como abordado em ambos os estudos, o whey protein se mostra eficaz no aumento da massa muscular, força muscular e melhoria do desempenho físico da população estudada. Para esses benefícios, requer estratégias específicas, como a ingestão do suplemento antes ou após o treino. Os resultados indicam que o whey protein, quando combinado a uma dieta equilibrada e ao treinamento resistido regular durante determinado período, pode promover melhorias significativas na população estudada, demonstrando ganhos notáveis em força e hipertrofia. Isso destaca a importância do manejo nutricional com whey protein nesta fase (LI; LIU, 2019; SUGIHARA et al., 2017).

## **2.9 Timing Nutricional**

O timing nutricional é uma estratégia dietética, definida pelo consumo de nutrientes durante e/ou próximo a uma sessão de treinamento, que examina a janela de tempo ideal para consumir nutrientes que irão maximizar uma resposta fisiológica ou resultados a longo prazo,

como a hipertrofia muscular. Muitas das primeiras pesquisas sobre este tópico avaliaram o papel da ingestão aguda de carboidratos (CHO) no desempenho do exercício e nas taxas de ressíntese de glicogênio para compensar a utilização e depleção de glicogênio. Bem como o papel da ingestão aguda de proteína no desempenho, recuperação e adaptação após exercícios de resistência (SCHOENFELD et al., 2017).

### 2.9.1 Nutrição pré-treino

A refeição antes do treino possui duas principais finalidades: evitar que o indivíduo tenha fome antes e durante o exercício e maximizar os níveis de glicose no sangue para os músculos em atividade. Além disso, a refeição pré-treino pode aprimorar o desempenho físico em comparação a situação em jejum, pois a ingestão de carboidratos antes do exercício pode aumentar as reservas de glicogênio hepático, prevenindo a fadiga e a hipoglicemia (ALMEIDA; BALMANT, 2017).

A refeição pré-treino é fundamental para os praticantes de musculação, caracterizando-se pelo consumo de nutrientes antes da atividade física, especialmente carboidratos, pois os estoques de glicogênio hepático estariam reduzidos sem essa refeição (LACERDA; MELO, 2019).

Nos períodos pré, durante e pós-treino, o consumo adequado de carboidratos é fundamental para preservar as proteínas musculares e facilitar a síntese proteica muscular após o exercício. Isso ocorre porque um suprimento adequado de carboidratos é essencial para otimizar o metabolismo proteico durante a atividade física, garantindo a disponibilidade de energia necessária para a contração muscular. O glicogênio muscular é a fonte de energia mais predominante durante o treino de força para a formação de ATP, e sustentando a atividade contrátil muscular. Em situações de ganho de massa muscular, os carboidratos desempenham um papel fundamental, preservando a utilização das proteínas musculares para síntese de glicose (gliconeogênese) (LACERDA; MELO, 2019).

Para otimizar o desempenho antes do treino de musculação, a refeição deve ser relativamente baixa em gorduras e fibras, uma vez que estas retardam o tempo de esvaziamento gástrico e a digestão. Deve-se priorizar o consumo elevado de carboidratos para manter a glicose sanguínea e aumentar as reservas de glicogênio muscular. Um fator crucial a ser considerado é o tempo que antecipa o exercício, evitando desconforto abdominal, náuseas e vômitos, sendo recomendado a ingestão entre 1 a 4 horas antes do exercício (MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2013).

### 2.9.2 Nutrição intra-treino

A refeição intra-treino baseia-se na ingestão de CHO durante o exercício, visando compensar a utilização de glicogênio muscular e hepático e manter a glicemia. Isto é especialmente importante quando a intensidade do exercício é alta, a duração excede 60 minutos ou durante esforços máximos mais curtos. Nessas situações, sem a ingestão adequada de carboidratos, a intensidade do exercício pode diminuir devido à falta de combustível eficiente, à redução da liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático e à fadiga. Durante o exercício, o objetivo principal dos nutrientes consumidos é repor os líquidos perdidos e os carboidratos para a manutenção das concentrações de glicose, especialmente em atividades que duram mais de uma hora (CAPARROS et al., 2015).

O estudo de Wilburn et al. (2020), investigou os efeitos da suplementação aguda de maltodextrina durante o TR. Os participantes realizaram quatro séries até a falha em um leg press inclinado, utilizando 70% de sua carga máxima em 1 repetição (1-RM), com 45 segundos de descanso, com ou sem a ingestão de maltodextrina pré-exercício (2g/kg) após um jejum de três horas. Os resultados indicaram que a suplementação com maltodextrina não exerceu impacto significativo no desempenho durante o exercício resistido, nem na concentração de glicogênio muscular. No entanto, foi observado um aumento significativo nos níveis séricos de insulina e glicose com a ingestão de maltodextrina em comparação com o grupo que recebeu o placebo (WILBURN et al., 2020).

Portanto, pensando em hipertrofia muscular, não há estudos que demonstrem benefícios significativos da suplementação intra-treino para pessoas que praticam treinamento resistido. Essa suplementação se mostra eficaz em treinos de longa duração, que geralmente não é o caso da prática de musculação, em especial para indivíduos não atletas. Durante o exercício, o objetivo primordial é repor os líquidos perdidos e os carboidratos para a manutenção das concentrações de glicose, para atividades superiores a uma hora (CAPARROS et al., 2015).

### 2.9.3 Nutrição pós-treino

O período pós-exercício está frequentemente associado a aumentos temporários na fadiga e dores musculares e a diminuições no desempenho. Durante esse período, predominam os processos catabólicos, resultando em níveis elevados de cortisol e catecolaminas, baixa insulina, redução da disponibilidade de glicogênio e aumento das taxas de degradação proteica muscular. Assim, a refeição pós-treino visa restabelecer as reservas de glicose hepáticas e musculares, além de otimizar a recuperação muscular, adquirida por meio do consumo de

proteínas de alto valor biológico e de carboidratos de alto índice glicêmico (ARENT et al., 2020).

A ingestão CHO e PTN após o exercício tem a capacidade de elevar os níveis de glicose no sangue, reduzir o cortisol e aumentar a disponibilidade de substratos, amplificando assim a mudança do corpo de um estado catabólico para um estado mais anabólico. Além disso, a ativação dos transportadores musculares GLUT4, juntamente com o aumento da atividade do glicogênio e da sensibilidade à insulina, elevam a capacidade de resposta do músculo esquelético à captação de CHO. Portanto, o período após o exercício oferece uma oportunidade ideal para a ingestão programada de nutrientes, a fim de promover a restauração do glicogênio muscular e da síntese proteica, ao mesmo tempo que ajuda a reduzir a degradação de proteínas musculares (ARENT et al., 2020).

Após o término da prática do exercício estudos sugerem que uma restauração ideal do glicogênio muscular pode ocorrer através da ingestão de CHO de 1,0-1,5 g/kg/h, iniciada nas primeiras 2 horas após a cessação do exercício, e deve continuar por 4 a 6 horas com alimentação mais frequente (intervalos de 15 a 30 minutos), sendo favorável para a ressíntese máxima de glicogênio. Além disso, o CHO de alto índice glicêmico (IG) pode ser ideal para a rápida ressíntese de glicogênio muscular, pois foi demonstrado que produz uma resposta insulinêmica mais alta do que o CHO de baixo IG (ALGHANNAM; GONZALEZ; BETTS, 2018).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência da alimentação e suplementação no processo de hipertrofia se dá por diversos fatores, tanto no fornecimento adequado de energia e nutrientes para manter um balanço energético positivo e suprir as demandas energéticas do treinamento resistido, quanto em seu papel no ambiente hormonal, tornando o organismo mais anabólico favorecendo a síntese de proteínas. Sem deixar de destacar o papel do exercício resistido, que é capaz de estimular a musculatura que irá desenvolver por meio da contração muscular, contudo, levando a otimização da hipertrofia muscular.

O superávit calórico desempenha papel fundamental na hipertrofia muscular, criando um ambiente favorável para o crescimento muscular. Quando se trata de hipertrofia muscular, todos os fatores que contribuem para isso devem estar alinhados, desse modo a dieta hipercalórica e hiperproteica juntamente com o treinamento resistido possuem a função de aumentar os fatores que desencadeiam a hipertrofia. Na maior oferta de calorias, hormônios como insulina, testosterona e cortisol são mantidos dentro dos limites fisiológicos favorecendo a síntese de proteínas e diminuindo o catabolismo muscular.

Diante disso, a recomendação de superávit calórico para indivíduos que buscam hipertrofia varia de um adicional de 300-500 kcal/dia. Concluindo também que o déficit calórico pode prejudicar a síntese de proteínas.

Os suplementos alimentares podem complementar a dieta e fornecer nutrientes específicos que podem potencializar os resultados do treinamento de resistência, por exemplo, a suplementação de proteínas, como whey protein, pode servir para garantir uma ingestão adequada de proteínas, se mostrando eficaz no auxílio do aumento de massa muscular, da força muscular e na melhora do desempenho físico. A suplementação de creatina, também apresenta benefícios no processo de hipertrofia, sendo crucial no fornecimento de energia principalmente durante atividades de alta intensidade e curta duração.

Portanto, pensando em hipertrofia muscular, não há estudos que demonstrem benefícios significativos da suplementação intra-treino para pessoas que praticam treinamento resistido. Já a ingestão adequada de nutrientes pré e pós-treino tem efeitos benéficos na síntese proteica e rendimento durante a sessão de treinamento.

## REFERÊNCIAS

ALGHANNAM, A. F.; GONZALEZ, J. T.; BETTS, J. A. Restauração do glicogênio muscular e da capacidade funcional: papel da co-ingestão de carboidratos e proteínas pós-exercício. *Nutrients*, 2018.

ALMEIDA, C. M.; BALMANT, B. D. Avaliação do hábito alimentar pré e pós-treino e uso de suplementos em praticantes de musculação de uma academia no interior do estado de São Paulo. *Revista brasileira de nutrição esportiva*, 2017.

ALMEIDA, I. V.; DE OLIVA RIBEIRO, M. C.; FREITAS, R. F. Uso de suplementos alimentares e fatores associados em praticantes de atividade física de alta intensidade. *RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 2019.

ALMEIDA, L. R.; CAMPBELL, G. R.; CRUZ, M. F. A. Estratégias e recomendações nutricionais de carboidratos para performance esportiva. *Research, society and development*, v. 12, 2023.

ANTONIO, J.; *et al.* A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women--a follow-up investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2015.

ARENT, S. M.; *et al.* Momento dos nutrientes: uma porta de garagem de oportunidade? *Nutrientes*, 2020.

ARETA, J. L.; *et al.* A redução da síntese proteica do músculo esquelético em repouso é recuperada por exercícios resistidos e ingestão de proteínas após déficit energético de curto prazo. *Am. J. Physiol Endocrinol Metab.*, 2014.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Painel de constituintes autorizados para uso em suplementos alimentares.** Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/suplementos-alimentares#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20um%20suplemento,probi%C3%B3ticos%20em%20complemento%20%C3%A0%20alimenta%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 23 out. 2023.

BRESSANINI, G. F.; MARFIL, M. B. L.; NOGUEIRA, B. M. A. A relação entre o consumo de proteína de origem animal e a síntese proteica muscular em praticantes de exercício físico. *Revista Multidisciplinar da Saúde*, v. 5, n. 1, 2023.

BURKE, L. M.; *et al.* Carboidratos para treinamento e competição. *Journal of sports sciences*, vol. 29, 2011.

BURKE, R.; *et al.* Os efeitos da suplementação de creatina combinada com treinamento de resistência nas medidas regionais de hipertrofia muscular: uma revisão sistemática com meta-análise. *Nutrients*, 2023.

CANTIERI, G. N.; BUENO, C. A. M., ÁVILA, D. M. Efeitos do treinamento resistido em adultos com síndrome metabólica. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 17 n. 3, 2018.

CAPARROS, D. R.; *et al.* Análise da adequação do consumo de carboidratos antes, durante e após treino e do consumo de proteínas após treino em praticantes de musculação de uma academia de Santo André-SP. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 52, 2015.

CARVALHO, J. de O.; *et al.* Uso de suplementação alimentar na musculação: revisão integrativa da literatura brasileira. **Conexões**. Campinas, SP, 2018.

CORRÊA, G. O.; *et al.* Creatina como suplemento ergogênico para praticantes de exercício físico resistido: uma revisão. *Revista científica da unifenas*, 2024.

DILMAR, P.; *et al.* Hipertrofia muscular: a ciência na prática em academias. São Paulo, 2018. 128 p.

FUCHS, C. J.; *et al.* A ingestão de sacarose após exercício exaustivo acelera a reposição de glicogênio hepático, mas não muscular, em comparação com a ingestão de glicose em atletas treinados. **Journal of applied physiology**. vol. 120, 2016.

GERLINGER-ROMERO, F.; *et al.* Bases moleculares das ações da testosterona, hormônio do crescimento e IGF-1 sobre a hipertrofia muscular esquelética e respostas ao treinamento de força. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 12, n. 2, 2013.

GONÇALVES DAS NEVES, D. C.; *et al.* Consumo de suplementos alimentares: alerta à saúde pública. **Oikos: Família e Sociedade em Debate**, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/oikos/article/view/3724>. Acesso em: 11 out. 2023.

GRACIANO, G. F.; *et al.* Elaboração de uma tabela unificada de L-leucina em alimentos. Braspen, 2022.

GROEN, B. B. L.; *et al.* Manuseio de proteínas pós-prandial: você é o que acabou de comer. **PLoS one** vol. 10, 2015.

GUEDES DA SILVA, A. C.; JUNIOR, O. M. R. Riscos e benefícios no uso de suplementos nutricionais na atividade física (Risks and benefits in the use of nutritional supplements in physical activity). **Brazilian Journal of Development**, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/21370>. Acesso em: 11 out. 2023.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12. ed. Elsevier Editora Ltda, 2011. 1173 p.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M.; DERRICK, T. R. **Biomechanical Basis of human movement**. Editora Manole LTDA, 2016. 469 p.

KAPIT, W.; MACEY, R. I.; MEISAMI E. **Fisiologia - um livro para colorir**. 2º ed. São Paulo: Editora Roca Ltda, 2015. 161 p.

KIM, H.H.; *et al.* Efeitos interativos de uma dieta isocalórica rica em proteínas e exercícios resistidos na composição corporal, grelina e parâmetros metabólicos e hormonais em homens jovens destreinados: um ensaio clínico randomizado. *J Diabetes Investig*, 2014.

KREIDER, R. B.; *et al.* Posição da Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva: segurança e eficácia da suplementação de creatina no exercício, esporte e medicina. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2017.

LACERDA, V. A.; MELO, D. C. A. Consumo alimentar de praticantes de musculação: Uma revisão de literatura. **Centro Universitário de Brasília – UniCEUB**, 2019.

LI, M.; LIU, F. Efeito da suplementação de whey protein durante sessões de treinamento resistido na massa corporal e força muscular: uma meta-análise. *University of shouth Austrália*, 2019.

LIM, C.; NUNES, E. A.; CURRIER, B. S. *An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2022.

MAHAN, K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. Krause alimentos, nutrição e dietoterapia. 13 ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2013.

MALSAGOVA, K. A.; *et al.* Sports Nutrition: Diets, Selection Factors, Recommendations. *Nutrients*, 2021.

MCARDLE, W. D.; KATCH F. I; KATCH V. L. Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano. 8 ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan LTDA, 2016.

Ministério da Saúde (BR), Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 243, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. Diário Oficial Uniao. 27 jul 2018.

MOORE, D. R.; PHILP, A. Estratégias nutricionais para promover massa e função muscular em todo o período de saúde. *Frontiers in nutrition*. 2020.

MORTON, R. W.; MCGLORY, C.; PHILLIPS, S. M. Intervenções nutricionais para aumentar a hipertrofia muscular esquelética induzida pelo treinamento de resistência. *Frontiers in physiology*, v. 6, 2015.

MORTON R. W.; *et al.* Uma revisão sistemática, meta-análise e meta regressão do efeito da suplementação proteica nos ganhos de massa e força muscular induzidos pelo treinamento de resistência em adultos saudáveis. *Br Journal of Sports Medicine*, V. 52, 2018.

NABUCO, H. C. G.; TOMELERI, C. M.; SUGIHARA, J. P. Efeitos da suplementação de proteína do soro de leite pré ou pós-treinamento de resistência na massa muscular, força muscular e capacidade funcional em mulheres idosas pré-condicionadas: um ensaio clínico randomizado. *Nutrients*, 2018.

NAMMA-MOTONAGA, K.; *et al.* Efeito de diferente ingestão de carboidratos dentro de 24 horas após a depleção de glicogênio na recuperação de glicogênio muscular em atletas de endurance japoneses. *Nutrients*, vol. 14, 2022.

OLIVEIRA, L. C. B. P.; *et al.* Análise centesimal e comparativa de suplementos de proteínas do soro do leite bovino: whey protein. *Revista brasileira de nutrição esportiva*, 2015.

OLIVEIRA, R. A. Efeitos de uma dieta rica em carboidratos na hipertrofia muscular em praticantes de treinamento de força. **RBPFX - Revista Brasileira De Prescrição E Fisiologia Do Exercício**, 2014.

OVALLE, W. K; NAHISNEY, P. C. **Netter Bases da Histologia**. 2 ed. Rio de Janeiro. Elsevier Editora Ltda, 2014.

PAES, S. T. Efeitos do consumo proteico sobre a hipertrofia ocasionada pelo treinamento resistido: uma visão atual. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, 2016.

PRADO, L. DE S.; DOS SANTOS, D.; DE SOUZA, D. G.; MANIGLIA, F. P. Avaliação da ingestão proteica em indivíduos frequentadores de academia. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 12, n. 70, 2018.

PORTA, C.; PAGLINO, C.; MOSCA, A. Visando a sinalização PI3K/Akt/Mtor no câncer. *Frontiers in oncology*, 2014.

QUARESMA, M. V. L. S., OLIVEIRA, E. P. Proteína para síntese proteica e hipertrofia muscular de adultos: quanto, quando e como consumir? **Arquivos de Ciências do Esporte**, v. 5, n. 2, 2017.

QUARESMA, M. V. S. **Nutrição aplicada ao exercício físico: do conceito à prática clínica**. São Paulo: Setor de Publicações - Centro Universitário São Camilo, 2022.

SCHIAFFINO, S.; *et al.* Molecular Mechanisms of Skeletal Muscle Hypertrophy. *Journal of neuromuscular diseases*, 2021.

SCHOENFELD, B. J. Mecanismos potenciais para o papel do estresse metabólico nas adaptações hipertróficas ao treinamento de resistência. *Sports Med.*, 2013.

SCHOENFELD, B. J.; *et al.* A ingestão de proteínas antes e depois do exercício tem efeitos semelhantes nas adaptações musculares. *Peer j.*, 2017.

SILVA, G. G. M. *et al.* Suplementos alimentares para desempenho físico e composição corporal: condutas baseadas em evidências. *Brazilian Journal of Health Review*, 2021.

SILVERTHORN, D.U. **Fisiologia Humana - Uma Abordagem Integrada**. 7 ed. São Paulo. Editora Manole, 2017. 963 p.

SLATER, G.J.; *et al.* É necessário um excedente de energia para maximizar a hipertrofia muscular esquelética associada ao treinamento de resistência. *Front Nutr.*, 2019.

STOKES, T.; *et al.* Perspectivas recentes sobre o papel da proteína na dieta na promoção da hipertrofia muscular com treinamento físico resistido. *Nutrients*, 2018.

SUGIHARA, J. P.; RIBEIRO, A. S.; NABUCO, H. C. G. Efeitos da suplementação de whey protein associada ao treinamento de resistência na força muscular, hipertrofia e qualidade muscular em mulheres idosas pré-consicionadas. *International journal sport. Nutr. Exerc. Metab.*, 2017.

TEIXEIRA, C. V. L.S.; GOMES, R. J. Treinamento resistido manual e sua aplicação na educação física. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*, v. 15 n. 1, 2016.

THEODOROU, A. S.; *et al.* O efeito da suplementação combinada de carboidratos e creatina no desempenho anaeróbico. *Biol sport*, 2017.

THOMAS, D. T.; ERDMAN, K. A.; BURKE, L. M. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc*, 2016.

TROMMELEN, J.; *et al.* A coingestão de frutose não acelera a reposição de glicogênio muscular pós-exercício. *Med Sci Sports Exerc*. 2016.

VASCONCELOS Q. D. J. S.; BACHUR, T. P. R.; ARAGÃO, G. F. Whey protein: composição, uso e benefícios – uma revisão narrativa. *European journal of physical education and sport Science*, 2018.

VIDALETTI, C.; DE SOUZA, E.; BERNARDI, D. Consumo de suplementos nutricionais por praticantes de atividade física. *Fag journal of health (fjh)*, 2019. Disponível em: <https://fjh.fag.edu.br/index.php/fjh/article/view/90>. Acesso em 11 out. 2023.

VITALE, K.; GETZIN, A. Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete: Review and Recommendations. *Nutrients*. 2019.

VIVIESCAS, A. M. A. Queda Muscular na hipertrofia com treinamento de contra resistência: uma revisão sistemática. *Revista Ciências da Atividade Física UCM*, 2022.

WEST, D. W.; PHILLIPS, S. M. Associações de perfis hormonais induzidos pelo exercício e ganhos de força e hipertrofia em uma grande coorte após treinamento com pesos. *Eur J Appl Physiol*, 2012.

WILBURN, D. T.; *et al.* Suplementação aguda de maltodextrina durante exercícios de resistência. *Journal of Sports Science and medicine*, 2020.

YASUDA, J.; *et al.* Association of Protein Intake in Three Meals with Muscle Mass in Healthy Young Subjects: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 2019.

ZAMBÃO, J. E.; ROCCO, C. S.; HEYDE, M. E. D. V. D. Relação entre a suplementação de proteína do soro do leite e hipertrofia muscular: uma revisão. *Revista brasileira de nutrição esportiva*, 2015.