

Variáveis de Treinamento e Hipertrofia Muscular: Evidências e Aplicações Práticas

DOI: 10.5281/zenodo.13131314

Pedro Paulo Marques ^{a*}

This article examines the physiological and scientific processes of muscle hypertrophy, highlighting the importance of strength training and proper nutrition. In addition to improving overall health, weight training is effective in injury rehabilitation and enhancing athletic and aesthetic performance. The necessity of basing practices on scientific evidence is emphasized, considering variables such as intervals between sets and execution speed. The role of lactate and growth hormone (GH) is crucial, as is the technique of vascular occlusion. Personalizing training programs and adequate protein intake are fundamental to optimizing results, promoting health and well-being.

Este artigo examina os processos fisiológicos e científicos da hipertrofia muscular, ressaltando a importância do treinamento de força e da nutrição adequada. A musculação, além de melhorar a saúde geral, é eficaz na reabilitação de lesões e na melhoria do desempenho atlético e estético. Destaca-se a necessidade de basear práticas em evidências científicas, considerando variáveis como intervalos entre séries e velocidade de execução. O papel do lactato e do hormônio do crescimento (GH) é crucial, assim como a técnica de oclusão vascular. A personalização dos treinos e a ingestão adequada de proteínas são fundamentais para otimizar os resultados, promovendo saúde e bem-estar.

^aUniversidade de Brasília - UnB. Campus Darcy Ribeiro - Instituto de Química

*E-mail: pppmarques01@gmail.com

Palavras-chave: Hipertrofia muscular; lactato; hormônio do crescimento; carga de treinamento.

Aceito em 25 de maio de 2024,
Aprovado em 31 de julho de 2024,
Publicado em 31 de julho de 2024

Introdução

A hipertrofia muscular, ou aumento da massa muscular, é um fenômeno amplamente estudado e discutido por especialistas em todo o mundo. Nos últimos anos, a musculação, ou treinamento de força, ganhou destaque não apenas como uma forma de melhorar a saúde geral, mas também como um meio eficaz de aprimorar o desempenho atlético e a estética corporal.¹ Este crescente interesse deve-se ao impacto significativo que a musculação pode ter na construção muscular e na reabilitação de lesões, especialmente quando realizada de maneira correta e baseada em princípios científicos.

Apesar do conhecimento popular sobre musculação, muitos profissionais e praticantes ainda se baseiam em mitos e práticas sem fundamento científico. Variáveis importantes, como o intervalo entre séries e a velocidade de execução dos exercícios, muitas vezes são negligenciadas, apesar de sua importância comprovada para o sucesso do treinamento.² A clareza e a disseminação dessas informações são cruciais para melhorar a qualidade do ensino e a prática da musculação, tanto para os instrutores quanto para os praticantes.¹

A hipertrofia muscular envolve processos complexos que ocorrem no corpo humano em resposta ao treinamento de

força. Quando se exercita com pesos, o corpo sofre microlesões nas fibras musculares. Durante o período de recuperação, o corpo repara essas fibras, tornando-as maiores e mais fortes do que eram antes.² Este processo de reparação e crescimento é facilitado pela síntese de novas proteínas miofibrilares, como a actina e a miosina. Para que ocorra hipertrofia, a síntese de proteínas deve ser maior que a degradação, um equilíbrio delicado que pode ser influenciado por fatores como a nutrição e o tipo de treinamento realizado.³

Além dos estímulos mecânicos gerados pelo levantamento de pesos, os estímulos hormonais e metabólicos também desempenham papéis cruciais na hipertrofia muscular. Hormônios anabólicos, como o hormônio do crescimento (GH) e os fatores de crescimento semelhantes à insulina (IGFs), promovem a síntese proteica, enquanto hormônios catabólicos, como o cortisol, promovem a degradação proteica.² A combinação destes estímulos resulta no remodelamento das fibras musculares, contribuindo para o aumento da massa muscular.³

Outro aspecto fundamental para a hipertrofia é a alimentação adequada. A ingestão de proteínas é particularmente importante, pois fornece os blocos de construção necessários para a síntese de novas fibras musculares. Dietas ricas em proteínas, ajustadas para as

necessidades individuais de cada praticante, podem acelerar os ganhos de massa muscular e melhorar o desempenho nos treinos.⁴

Diante deste cenário, é essencial que tanto profissionais quanto praticantes de musculação compreendam os processos científicos e fisiológicos por trás da hipertrofia muscular. Somente assim será possível otimizar os treinos e alcançar os melhores resultados possíveis, promovendo não apenas a estética corporal, mas também a saúde e o bem-estar geral.

Esta introdução visa oferecer uma visão geral acessível sobre os complexos processos envolvidos na hipertrofia muscular, destacando a importância do treinamento de força, da nutrição adequada e da compreensão científica para maximizar os resultados na musculação.

Metodologia

A análise metodológica do artigo de referência foi direcionada para estudos que exploraram diferentes aspectos que influenciam na hipertrofia muscular, como a carga de treinamento. Foram considerados os trabalhos de M. H. Chagas, de F. V. Lima e alguns outros estudos, de acordo com sua relevância para as observações mencionadas no artigo.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos nos estudos corroboram a importância da configuração adequada da carga de treinamento na musculação para alcançar a hipertrofia muscular desejada. A literatura demonstrou que a manipulação de variáveis como a intensidade, volume, pausas e duração dos exercícios pode influenciar significativamente a resposta metabólica e, conseqüentemente, a hipertrofia muscular.

Papel do Lactato (LA) na Hipertrofia Muscular

A relação entre o acúmulo de lactato sanguíneo e/ou prótons e a hipertrofia muscular tem sido um tema de interesse para muitos pesquisadores. A hipótese é que o aumento na concentração de lactato (LA) e a redução do pH durante o exercício pode estimular a liberação do hormônio de crescimento (GH), que possui uma ação anabólica e pode, portanto, influenciar o processo de hipertrofia muscular.¹¹

Foi analisado diferentes protocolos de treinamento voltados para ganho de hipertrofia e força. Os resultados

mostraram que o protocolo de treinamento para hipertrofia, que incluía 10 repetições máximas (RM) com um minuto de pausa entre as séries, resultou em uma concentração plasmática de GH 100 vezes maior do que em estado de repouso. Além disso, houve um aumento significativo na concentração de lactato, sugerindo que o acúmulo de subprodutos metabólicos durante o exercício pode estimular a secreção de GH.⁵

A concentração plasmática de GH durante um exercício com oclusão vascular foi maior do que sem oclusão. O pico de concentração de lactato foi duas vezes maior após o exercício com oclusão e a concentração de GH atingiu o pico 15 minutos após o exercício. Esses achados sugerem que o ambiente ácido intramuscular pode estimular a atividade nervosa simpática por meio dos quimiorreceptores, que são importantes para a secreção pituitária de GH.⁶

Entretanto, é importante considerar que o GH é uma família heterogênea composta por mais de 100 hormônios diferentes, cada um com funções e tamanhos variados. A variante mais comumente medida por imunoensaio é a de 22-kDa, que é regulada pela liberação de hormônios hipofisários. Porém, a resposta a estímulos sensoriais aferentes pode liberar uma variante distinta, o bGH, que não afeta significativamente a liberação de GH (22-kDa).⁷

Estudos têm mostrado que o bGH é liberado em resposta a estímulos sensoriais aferentes e pode ter uma relação com exercícios predominantemente anaeróbicos, como a musculação. A ativação de vias aferentes, especialmente em músculos rápidos, pode aumentar a liberação de bGH, enquanto que em músculos lentos pode reduzir essa liberação.⁸ Isso sugere uma relação complexa entre diferentes tipos de exercício e a resposta hormonal subsequente.

Adicionalmente, o efeito fisiológico tradicionalmente atribuído ao bGH está relacionado à hipertrofia e hiperplasia nos condrócitos de ossos longos em ratos hipofisectomizados. No entanto, novos estudos indicam que o bGH também pode desempenhar funções importantes na manutenção e crescimento do sistema músculo-esquelético.⁸

Foi demonstrado que a atrofia muscular pode ser reduzida por vibração aplicada no tendão, ativando vias aferentes e aumentando o recrutamento de unidades motoras. Esse tipo de estímulo pode aumentar a força gerada e reduzir

a perda de massa muscular, especialmente em fibras tipo IIA e IIC.⁹

Além disso, a síntese e liberação de bGH da glândula pituitária são sensíveis tanto à redução crônica da carga neuromuscular quanto a alterações agudas na ativação neuromuscular. Isso confirma que essas mudanças ocorrem por meio de vias aferentes estimuladas durante altos níveis de atividade.¹²

Apesar dessas descobertas, ainda há muito a ser elucidado sobre como o estímulo metabólico aumenta a liberação de GH via aferentes musculares. Alguns estudos sugerem que a liberação de bGH pode ser facilitada durante períodos de estresse metabólico agudo, como jejum ou exposição ao frio. No entanto, a relação entre o estímulo metabólico e a liberação de GH precisa de mais investigação para ser completamente compreendida.¹²

Configuração da Carga de Treinamento

A configuração da carga de treinamento, que inclui componentes como frequência, intensidade, volume, densidade e duração, é crucial para a adaptação muscular. A densidade do treinamento, por exemplo, é influenciada pela relação entre a duração do estímulo e das pausas. Chagas e Lima mostraram que aumentar a pausa entre as séries reduz a densidade do treino, enquanto diminuir a pausa torna o treino mais denso e, potencialmente, mais difícil devido ao aumento do acúmulo de LA.¹

Importância do Tempo Sob Tensão

O tempo sob tensão, que se refere ao tempo total em que o músculo está contraído durante o exercício, também desempenha um papel significativo na resposta metabólica e na hipertrofia. Foram encontradas correlações entre o tempo sob tensão e a concentração de LA sanguíneo, sugerindo que prolongar a duração das repetições pode aumentar a produção de LA, promovendo um ambiente mais favorável para a hipertrofia.¹⁰

Oclusão Vascular

A técnica de oclusão vascular, que consiste em restringir parcialmente o fluxo sanguíneo durante o exercício, tem se mostrado eficaz em aumentar a resposta metabólica e a atividade eletromiográfica, mesmo com intensidades de treinamento mais baixas. Essa técnica pode induzir um ambiente intramuscular ácido, similar ao criado por treinos de alta intensidade, promovendo o recrutamento adicional de unidades motoras e, conseqüentemente, a hipertrofia muscular.¹¹

Comparação entre Protocolos de Alta e Baixa Intensidade

Estudos comparativos mostraram que treinos com baixa intensidade combinados com oclusão vascular podem gerar respostas metabólicas e eletromiográficas semelhantes a treinos de alta intensidade sem oclusão. Isso sugere que o treinamento com oclusão vascular pode ser uma alternativa eficaz para indivíduos que não podem realizar treinos de alta intensidade devido a limitações físicas.¹¹

A literatura revisada destaca a complexidade do processo de hipertrofia muscular e a importância de uma abordagem multifacetada na prescrição de treinamentos. A manipulação adequada das variáveis estruturais e dos componentes da carga de treinamento, como intensidade, volume, pausas e tempo sob tensão, é essencial para otimizar a resposta metabólica e, assim, promover a hipertrofia muscular. A técnica de oclusão vascular emerge como uma ferramenta promissora, especialmente para aqueles que buscam alternativas a treinos de alta intensidade.

A compreensão desses conceitos permite aos profissionais de educação física elaborar programas de treinamento mais eficazes, garantindo que os objetivos dos praticantes de musculação sejam alcançados de maneira segura e eficiente.

Conclusões

A hipertrofia muscular é um processo complexo que envolve uma interação intrincada entre estímulos mecânicos, hormonais e metabólicos. Este estudo destacou a importância de entender essas interações para a prescrição eficaz de programas de treinamento de força. A literatura revisada e os resultados discutidos reforçam que a manipulação adequada das variáveis de treinamento, como intensidade, volume, pausas e tempo sob tensão, é essencial para otimizar os resultados.

Um ponto central é o papel do lactato sanguíneo e dos prótons no estímulo da liberação do hormônio do crescimento (GH), um importante mediador anabólico. A pesquisa mostrou que protocolos de treinamento específicos, que aumentam a concentração de lactato, podem promover uma resposta hormonal significativa, favorecendo a hipertrofia. No entanto, a complexidade do GH, com suas várias isoformas, exige mais estudos para entender completamente suas diferentes funções e como cada variante responde a diferentes estímulos de treinamento.

Além disso, a técnica de oclusão vascular surge como uma abordagem promissora para maximizar a resposta hipertrófica, especialmente para indivíduos com restrições à realização de treinos de alta intensidade. Esta técnica pode simular os efeitos de treinos intensos, aumentando a concentração de lactato e a atividade eletromiográfica, mesmo com cargas mais leves.

Outro aspecto crucial é a nutrição, particularmente a ingestão adequada de proteínas, que fornece os blocos de construção necessários para a síntese de novas fibras musculares. Ajustar a dieta às necessidades individuais é fundamental para maximizar os ganhos musculares e o desempenho nos treinos.

Os estudos também indicam que a resposta hormonal ao treinamento pode variar de acordo com o tipo de fibra muscular predominante e o tipo de exercício realizado. Por exemplo, a ativação de vias aferentes em músculos predominantemente rápidos pode aumentar a liberação de bGH, enquanto em músculos lentos pode ocorrer uma redução. Esses achados sugerem que personalizar os programas de treinamento de acordo com as características individuais dos praticantes pode otimizar os resultados.

Para profissionais de educação física e praticantes de musculação, a aplicação desses conhecimentos científicos é vital. Um entendimento profundo dos processos fisiológicos e metabólicos subjacentes à hipertrofia muscular permite a elaboração de programas de treinamento mais eficazes, seguros e adaptados às necessidades específicas de cada indivíduo. Isso não apenas melhora a estética corporal e o desempenho atlético, mas também promove a saúde e o bem-estar geral.

Em conclusão, a chave para o sucesso na hipertrofia muscular reside na integração de uma abordagem baseada em evidências, que considera todas as variáveis do treinamento, a resposta hormonal, a nutrição adequada e as características individuais dos praticantes. Continuar a pesquisa e a disseminação dessas informações é essencial para avançar na prática da musculação e garantir que os profissionais estejam bem equipados para orientar seus alunos de maneira eficaz e segura.

Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de algumas observações são de Pedro P. Marques.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradeço ao PET-Química/IQ/UnB, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) por todo o apoio concedido através do Programa de Educação Tutorial. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

Notas e referências

- 1 M. H. Chagas, F. V. Lima, Musculação: variáveis estruturais, *Belo Horizonte: Casa da Educação Física*, 2008.
- 2 B. T. Crewther, J. Cronin, J. W. L. Keogh, Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses, *Sports Medicine*, v. **36**, n. 1, p. 65-78, 2006.
- 3 P. V. Komi, Força e Potência no esporte, *Artmed 2ª edição*, 2006.
- 4 Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte (SMBE), Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos à saúde. Diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2009. Disponível em <https://scielo.br/j/rbme/a/4Y4gRJxwpZjVT4PsXRxtH9k/?format=pdf&lang=pt>
- 5 W. J. Kraemer, L. J. Marchitelli, S. E. Gordon, E. Harman, Hormonal and growth factors responses to heavy resistance protocols, *Journal of Applied Physiology*, v. **69**, n. 4, p. 1442- 1450, 1990.
- 6 Y. Takarada, H. Takazawa, Y. Sato, S. Takebayashi, Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans, *Journal of Applied Physiology*, v. **88**, p. 2097-2106, 2000.
- 7 K. L. Gosselink, R. E. Grindeland, R. R. Roy, H. Zhong, A. J. Bigbee, E. J. Grossman, V. R. Edgerton, Skeletal muscle afferent regulation of bioassayable

- growth hormone in the rat pituitary, *Journal of Applied Physiology*, v. **84**, p. 1425-1430, 1998.
- 8 K. L. Gosselink, R. R. Roy, H. Zhong, R. E. Grindelwald, Vibration-induced activation of muscle afferents modulates bioassayable growth hormone release, *Journal of Applied Physiology*, v. **96**, p. 2097-2102, 2004.
 - 9 F. Falempin, S. IN-ALBON, Influence of brief daily tendon vibration on rat soleus muscle in non-weight-bearing situation, *Journal of Applied Physiology*, v. **87**, 1999.
 - 10 H. C. Martins-Costa, Respostas fisiológicas e mecânicas provocadas por protocolos de treinamento com diferentes durações da repetição no exercício supino, *Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte*, 2009.
 - 11 Y. Takarada, Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans, *Journal of Applied Physiology*, 88, p. 2097-2106, 2000.
 - 12 M. M. Barbosa, ASPECTOS METABÓLICOS DESENCADEADORES DA HIPERTROFIA MUSCULAR: REVISÃO DE LITERATURA, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, 2011