



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



LUCAS STEFANI FUZETTI

A INFLUÊNCIA DA FALHA MUSCULAR NO PROCESSO DE HIPERTROFIA

Limeira, SP
2021



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**



LUCAS STEFANI FUZETTI

A INFLUÊNCIA DA FALHA MUSCULAR NO PROCESSO DE HIPERTROFIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências do Esporte pela Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador(a): Prof. Dr. EDUARDO ROCHETE ROPELLE Coorientador:
Prof. LUCAS WESLEY TORRES BARBOSA

Limeira, SP
2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

F989i Fuzetti, Lucas Stefani, 1995-
A influência da falha muscular no processo de hipertrofia / Lucas Stefani Fuzetti. – Limeira, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Eduardo Rochete Ropelle.

Coorientador: Lucas Wesley Torres Barbosa.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Músculos - Hipertrofia. 2. Treinamento de força. I. Ropelle, Eduardo Rochete, 1976-. II. Barbosa, Lucas Wesley Torres. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: The influence of muscle failure on the hypertrophy process

Titulação: Bacharel em Ciências do Esporte

Banca examinadora:

Carlos Kiyoshi Katashima

Data de entrega do trabalho definitivo: 12-07-2021

Autor: Lucas Stefani Fuzetti

Título: A Influência da Falha Muscular no Processo de Hipertrofia

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências do Esporte

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas

Aprovado em: 12/07/2021.

BANCA EXAMINADORA



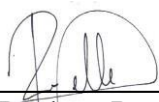
Prof. Dr. Eduardo Rochete Ropelle
(Orientador) – Presidente
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Lucas Wesley Torres Barbosa
Coorientador
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)



Prof. Dr. Carlos Kiyoshi Katashima
Avaliador
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Este exemplar corresponde à versão final da monografia aprovada.



Prof. Dr. Eduardo Rochete Ropelle (Orientador(a)) Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Dedico este trabalho aos meus pais que mesmo em decisões difíceis que tive que tomar, eles estiveram ao meu lado, sempre me apoiando e incentivando a continuar

AGRADECIMENTOS

Sou grato a todos que contribuíram para a minha formação e entrega deste trabalho final.

Em especial gostaria de agradecer meus pais que por longos anos me sustentaram para que eu pudesse me graduar e ao mesmo tempo formar o meu caráter. Sempre apoiando e criticando quando foi preciso, mas sem eles, nada disso seria possível, por isso os agradecimentos são especialmente para eles.

Gostaria de agradecer também aos amigos que fiz durante os anos de faculdade, ao Alexandre Gallo que morou durante anos comigo, pude aprender e compartilhar muitas coisas com este amigo.

Gostaria de agradecer ao meu coorientador Lucas Wesley, que também tive o prazer de morar junto e foi o responsável pelo início do meu projeto, e quando precisei estive presente pra me auxiliar.

E por último, mas não menos importante, aos professores que fizeram parte dessa jornada, mas em particular o meu orientador Eduardo Ropelle, que foi o professor que me fez despertar um alto interesse pela parte do treinamento resistido e tentar entender mais a fundo sobre o exercício resistido e seus processos.

FUZETTI, Lucas. A Influência da Falha Muscular no Processo de Hipertrofia. 2021. 34^of. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2021.

RESUMO

O músculo é um órgão multinuclear, o que permite a produção de proteínas responsáveis pelos processos de regeneração e hipertrofia que quando necessárias fazem com que o músculo cresça em espessura, causando o processo de hipertrofia. O aumento da secção transversal do músculo é uma adaptação característica do treinamento resistido, resultado de um acúmulo de aumentos intermitentes na síntese de proteína miofibrilares. Depois do dano inicial são desencadeados mecanismos de crescimento, produzindo um aumento de síntese proteica para suportar em partes o reparo tecidual. Portanto, existem muitas correlações entre o aumento da síntese proteica após o início do treinamento resistido e a hipertrofia muscular crônica. De forma interessante, que leva as crenças de que esse alto nível de resposta sintética da proteína seja concomitante ao dano muscular gerado pelo exercício resistido. Por outro lado, os danos musculares são rapidamente reparados, deixando incertezas sobre seus reais benefícios frente a hipertrofia muscular. Portanto, a justificativa de tal projeto se dá em busca da estratégia mais eficiente para a hipertrofia, e a princípio foi investigado os efeitos dos exercícios realizados até a falha muscular sobre o trofismo muscular. O presente estudo desenvolveu-se a partir da coleta de dados, a fim de promover levantamento bibliográfico por ocasião da realização de uma revisão integrativa, acerca do tema hipertrofia oriunda de falha muscular. Nesse sentido, concluímos que os diferentes métodos de treinamento analisados são eficazes para gerar hipertrofia muscular esquelética, já que fornecem estímulo suficientes às vias hipertróficas, neuromusculares e fisiológicas, para os diferentes grupamentos musculares, independentes do método alcançar até a falha muscular, ou não.

Palavras-chave: Hipertrofia 1. Músculo 2. Falha Muscular 3. Treinamento 4. Força 5.

FUZETTI, Lucas. The Influence of Muscle Failure on the Hypertrophy Process. 2021. 34^of. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte.) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2021.

ABSTRACT

Muscle is a multinuclear organ, which allows the production of proteins responsible for the processes of regeneration and hypertrophy which, when necessary, cause the muscle to grow in thickness, causing the hypertrophy process. Increased muscle cross-section is a characteristic adaptation of resistance training, resulting from an accumulation of intermittent increases in myofibrillar protein synthesis. After the initial damage, growth mechanisms are triggered, producing an increase in protein synthesis to support tissue repair in part. Therefore, there are many correlations between the increase in protein synthesis after the start of resistance training and chronic muscle hypertrophy. Interestingly, which leads to the beliefs that this high level of protein synthetic response is concomitant with the muscle damage generated by resistance exercise. On the other hand, the damage are quickly repaired leaving uncertainties about their real benefits against muscle hypertrophy. Therefore, the justification for such a project is based on the search for the most efficient strategy for hypertrophy, and at first, the effects of exercises performed until muscle failure on muscle trophism were investigated. The present study was developed from data collection, in order to promote a bibliographic survey during an integrative review, on the topic of hypertrophy arising from muscle failure. In that regard, is concluded that the different training methods analyzed are effective to generate skeletal muscle hypertrophy, as they provide sufficient stimulus to the hypertrophic, neuromuscular and physiological pathways, for the different muscle groups, regardless of the method reaching until muscle failure or not.

Keywords: Hypertrophy 1. Muscle 2. Muscle Failure 3. Training 4. Strength 5.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Via de sinalização da síntese proteica | 18 |
| Figura 2 | Ilustração do ciclo de regeneração da fibra muscular (adaptada Hawke and Garry, 2001) | 18 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Relação entre a hipertrofia e seus benefícios. | 12 |
|----------|---|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Tecnicas |
| AP | Ângulo de Penação |
| AST | Área da Secção Transversa do Músculo |
| ATP | Adenosina Trifosfato |
| CR | Certificado de Registro |
| EMG | Eletromiografia de superfície |
| ERK | Quina Regulada Por Sinal Extracelular - Proteína |
| FCA | Faculdade de Ciências Aplicadas |
| IGF-1 | Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 |
| IMC | Índice de Massa Corporal |
| LILACS | Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde |
| MAPK | Proteína Quinase Ativada por Mitógenos |
| MIO | Miofibrilar |
| MIX | Síntese Proteica Mista |
| MMC | Massa Muscular da Coxa |
| mTOR | O Alvo Mecanístico Da Rapamicina - Proteína |
| RM | Resistência Muscular |
| SARC | Sarcoplasmático |
| SBU | Sistema de Bibliotecas da Unicamp |
| TF-F | Treinamento de Força realizado até a falha muscular |
| TF-NF | Treinamento de Força não realizado até a falha muscular |
| TR | Taxa Referencial |

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.2 Justificativa..... | 15 |
| 2 MÉTODOS | 16 |
| 3 DESENVOLVIMENTO | 17 |
| 4 DISCUSSÃO | 27 |
| 5 CONCLUSÃO | 29 |
| 6 REFERÊNCIAS..... | 30 |

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros relatos de hipertrofia ocorreram na Grécia antiga, através de Milon de Crotona, atleta seis vezes campeão dos Jogos Olímpicos da Grécia Antiga, deu base às primeiras práticas da musculação. À medida com que o bezerro crescia, o atleta era favorecido com relação à força dos membros inferiores, e como ele se preocupava com a alimentação, o conjunto de ações fez com que a hipertrofia muscular gerada fosse notável, tornando-o o melhor lutador daquela época (Prazeres, M. V. 2007).

O músculo é formado por fibras, compostas por milhares de miofibrilas, as quais possuem milhões de miofilamentos ou proteínas contráteis (actina e miosina). A hipertrofia é decorrente do aumento dessas proteínas contráteis gerando o aumento das miofibrilas e, consequentemente, das fibras musculares (Fleck & Kraemer, 1994).

O músculo esquelético tem papel fundamental em reduzir as probabilidades de desenvolver diabetes tipo II. Por ser um órgão, em geral, muito grande, se torna o principal local de consumo de glicose no sangue.

O aumento da secção transversal do músculo é uma adaptação característica do treinamento resistido, resultado de um acúmulo de aumentos intermitentes na síntese de proteínas musculares miofibrilares. Depois do dano inicial são desencadeados mecanismos de crescimento, produzindo um aumento de síntese proteica para suportar em partes o reparo tecidual. Portanto, existem muitas correlações entre o aumento da síntese proteica após o início do treinamento resistido e a hipertrofia muscular crônica, o que leva as evidências de que esse alto nível de resposta sintética da proteína seja concomitante ao dano muscular gerado pelo exercício resistido, porém os danos musculares são rapidamente reparados, deixando incertezas sobre seus reais benefícios frente a hipertrofia muscular (Gentil, P, 2005).

Define-se como o principal fator de hipertrofia os estímulos hipertróficos, que são os fatores iniciais de magnitude e duração suficientes para desencadear uma resposta do músculo esquelético perante o exercício resistido. Reguladores da hipertrofia como IGF-1 ou fatores de crescimento mecânicos são estímulos de hipertrofia por mudarem de expressão após a realização de exercícios resistido. Por

isso é importante como o treino é variado com relação a carga, repetições ou séries. (Guedes Jr., 2018).

Dentre esses sinais a carga mecânica é o mais intuitivo sinal hipertrófico, baseado em 3 linhas de pensamentos intuitivos. O primeiro pelo fato de que quando imobilizamos alguma parte do corpo, a musculatura daquela região atrofia por falta de movimentos mecânicos. Segundo estudos realizados em camundongos por diversos pesquisadores, a sobrecarga mecânica utilizada foi suficiente para hipertrofia muscular esquelética. Terceiro porque a carga mecânica é candidata chave para os estímulos hipertróficos, isso porque há diferenças significativas para hipertrofia se comparado treinos resistidos e treinos de “endurance”, onde não há muita sobrecargamecânica (Wackerhage *et al.*, 2019).

O exercício resistido induz a hipertrofia muscular através de processos mecânicos, metabólicos e hormonais, como tipo de fibra, ações musculares, formação de metabólitos, ingestão de proteínas e respostas hormonais (American College Of Sports Medicine, 2021).

Tabela 1 – Relação entre a hipertrofia gerada através do treinamento resistido e seus benefícios.

| Benefícios da hipertrofia | Intensidade, frequência, volume | Referência |
|---|--|--------------------------|
| Redução da gordura corporal | 8 semanas (4x semana) 3 séries de 6 à 8 (24 séries no total) repetições com alta intensidade (falha) | (Vargas et al., 2008) |
| Diminuição das dores lombares | 10 semanas (1x semana) 1 série de 6-15 repetições (falha) | (Carpenter et al., 1999) |
| Minimização da ansiedade e da depressão | 10 semanas (2x semana) Sem mais informações sobre o treinamento adotado | (Mather et al., 2002) |
| Prevenção de doenças cardíacas | Estimulo elétrico neuromuscular com baixa carga 12 semanas (2x semana) 4 séries de 10 repetições | (Gorgey et al., 2019) |
| Controle de diabetes | Intensidade moderada 12 semanas (3x semana) 2 séries de 10 repetições para cada um dos seis grupos musculares | (Misra et al., 2008) |
| Diminuição de riscos de quedas e fraturas | 12 semanas (3x semana) Alta intensidade (progressiva) Inicialmente 1-2 séries de 6-8 repetições, progredindo para 3 séries de 8-12 repetições | (Binder et al., 2002) |

Um grande número de estudos demonstrou que o número de fibras musculares esqueléticas pode ser moldado de acordo com os nutrientes a serem ingeridos durante a gravidez, modificando a composição das fibras, entre tipo 1 e tipo

2 (Seaborne *et al.*, 2018). Essas fibras apresentam características contráteis e metabólicas, as fibras do tipo 1 são consideradas oxidativas e tem a contração muscular lenta, enquanto as fibras do tipo 2 são consideradas glicolíticas e de contração muscular rápida. Sendo estas utilizadas, principalmente, em exercícios anaeróbios, devido a rápida fadiga que essas fibras têm.

A fadiga muscular é a incapacidade de se realizar mais uma repetição do exercício que estiver sendo realizado, podendo ser ela concêntrica ou excêntrica. A falha concêntrica foi proposta como uma interessante ferramenta para o ganho de força muscular, resistência e hipertrofia, tendo como ponto negativo a necessidade de um maior esforço. Ela é definida como a incapacidade do músculo completar uma repetição na amplitude correta do movimento, devido a redução dos estoques de ATP e do acúmulo de metabólitos gerados pelo grande estresse; mesmo com esses problemas gerados pode ser uma excelente estratégia de treino devido à quebra do platô de treino e utilização em maiores volumes das fibras do tipo 2, o que poderia estimular positivamente o processo hipertrófico (Orssato *et al.*, 2018).

Enquanto que a falha excêntrica se encaixaria no mesmo perfil, porém, sendo posterior à concêntrica. Para o alcance dessa falha, é necessária a ajuda de terceiros para realizar o movimento prévio, deixando o praticante somente com a fase excêntrica do movimento, sendo ainda mais exaustiva e gerando o acúmulo de mais metabólitos. A hipertrofia muscular pode ser aguda ou crônica, é multifatorial e tem forte dependência da genética, podendo ser definida como aumento da seção do músculo estriados, inseridos diretamente no esqueleto, estimulada pelo treinamento resistido com cargas aproximadas entre 40 a 80% de 1 RM (Repetição Máxima), com descanso de pelo menos 2 minutos entre as séries (Farinatti, P. T., & Assis, B. F., 2000).

Em conjunto com o envelhecimento há o processo de sedentarismo e hipotrofia (degradação de massa muscular e força), agravando ainda mais a perda de funcionalidade, o que ao longo do tempo levaria a uma incapacidade cardíaca, muscular e de equilíbrio. O exercício físico é capaz de melhorar as capacidades físicas, controle de movimento, velocidade de caminhar, habilidades cognitivas, auto

estima, prevenção de diabetes tipo 2, funções cardíacas, desenvolvimento de densidade mineral óssea, além de reverter fatores relacionados à idade em relação ao músculo esquelético (Westcott e Baechle, 2001).

Metade dos casos de câncer diagnosticados são de pessoas idosas e, em uma meta-análise feita, mostrou-se a importância do treinamento resistido que tem papel fundamental no ganho de força muscular (23,61%) e amenização da perda de massa muscular, sendo fundamental para diminuir a atividade das citocinas pro-inflamatórias, atrasando o desenvolvimento do câncer. Com dados, foi demonstrada a importância do treino resistido, pois um aumento de 10,7 kg na carga do Leg. Press foi associado com um declínio de 35% no risco de morte por câncer e, além disso, perder 5% ou mais de massa magra dobraram as chances de mortalidade. Outro fator interessante foi que as variáveis do treinamento não tiveram diferenças significativas sobre os ganhos de força e os benefícios com relação à manutenção de massa muscular, o que facilita e flexibiliza o tipo de estratégia adotada para trabalhar com os idosos que possuem câncer (Lee, 2021).

No entanto, as variáveis do treinamento resistido que poderiam potencializar a hipertrofia muscular continuam sendo assunto de intensa discussão no cenário científico e, mesmo assim, existindo poucos estudos que analisaram os efeitos do treinamento até a falha, provavelmente devido à generalização que se tem sobre o assunto de que para ser efetivo e ter bons resultados deve-se treinar até a falha em todo exercício. E nos estudos recentes foi notado que quanto mais próximo da falha cada série é feita no treinamento resistido o direcionamento para otimizar adaptações neuromusculares e melhorar performance de atletas se torna algo valioso. (Morán-Navarro *et al.*, 2017).

Sendo assim, é possível concluir que o processo de hipertrofia é fundamental para a qualidade de vida e o exercício resistido é o principal meio para atingi-la. E por meio dessa metanálise, será analisada a influência da falha muscular neste processo.

1.2 Justificativa

Pode-se dizer que o projeto teve início nas primeiras aulas sobre o exercício resistido, as quais me chamaram a atenção sobre o tema. Após isso, comecei a prática de musculação em conjunto com os estudos, notando a importância da ciência no ambiente prático. Durante esse período surgiu a oportunidade de estagiar em uma academia, a qual me instigou ainda mais a estudar sobre temas relacionados a exercício resistido e seus benefícios.

Por ser um tema muito abrangente havia muitas opções sobre a área a ser pesquisada. A escolha se elucidou após conversa com o coordenador do projeto, que sugeriu alguns temas que não havia um grande número de pesquisas e que seria interessante buscar na fonte de dados, assuntos sobre o devido tema. Além de que durante a minha vivência na sala de musculação, escutava muitas conversas e alunos, que era necessário atingir a falha muscular para ter os melhores resultados em hipertrofia.

Portanto, a justificativa de tal projeto se dá em busca da estratégia mais eficiente para a hipertrofia, e a princípio será investigado a falha muscular.

2 MÉTODOS

O presente estudo desenvolveu-se a partir da coleta de dados, a fim de promover levantamento bibliográfico por ocasião da realização de uma revisão integrativa, acerca do tema hipertrofia oriunda de falha muscular. Para o levantamento dos artigos na literatura, realizou-se uma busca nas seguintes bases de dados: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS); *Medical Literature Analysis and Retrieval System online (Medline)*; “*Scielo*”; “Google Acadêmico”.

Foram utilizados, para busca dos artigos, os seguintes descritores e suas combinações nas línguas portuguesa e inglesa: “Hipertrofia”; “Músculo”; “Falha Muscular”; “Treinamento”; e “Força”. Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados em português, inglês e espanhol; artigos na íntegra que retratam a temática referente à influência da falha muscular no processo de hipertrofia em artigos publicados e indexados nos referidos bancos de dados nos últimos anos.

Segundo Mendes (2008) a revisão integrativa “proporciona aos profissionais de saúde e cientistas dados relevantes de um determinado assunto, em diferentes lugares e momentos, mantendo-os atualizados e facilitando as mudanças na prática clínica como consequência da pesquisa”.

A pesquisa bibliográfica é uma das maneiras mais eficientes do estudo acadêmico, buscando semelhanças e diferenças entre os artigos levantados em documentos de referência. Sendo assim, a compilação de informações em meios eletrônicos consiste num avanço significativo para os pesquisadores, democratizando o acesso e proporcionando atualização frequente. O propósito geral de uma revisão de literatura de pesquisa é reunir conhecimentos sobre um tema, ajudando nas fundamentações de um estudo significativo para a sociedade.

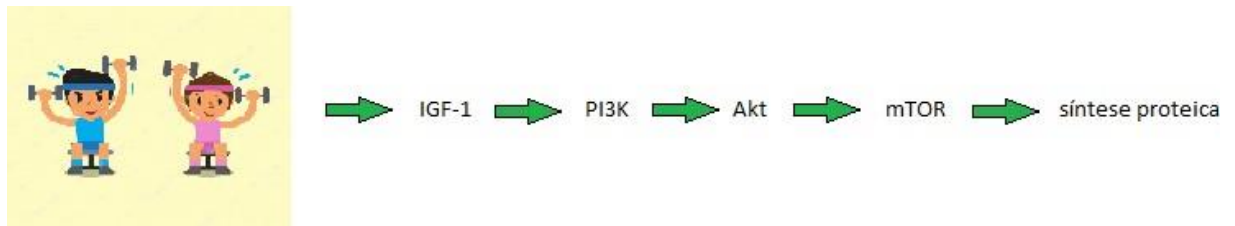
3 DESENVOLVIMENTO

O treinamento até a falha muscular inicialmente foi proposto a fim de acelerar os processos de recuperação dos soldados feridos na Segunda Guerra Mundial, atualmente é um dos pilares do treinamento moderno e foi notado que tem relação com o aumento da síntese proteica, independente do volume e intensidade do treino, no entanto as respostas fisiológicas associadas ao exercício resistido e a falha muscular não são essências para mudanças na estrutura e função muscular (Sampson, *et al.*, 2016).

Segundo Goldberg (1975), a hipertrofia refere-se ao aumento do tamanho do músculo (AST) que conseqüentemente sofre uma alteração no peso muscular, induzindo maior sinalização para produção de proteína, em especial a sarcoplasmática, que por sua vez gera maior síntese proteica e reduz a degradação da mesma. Esse aumento do tamanho do músculo em iniciantes, a princípio ocorre devido a um inchaço induzido pelo dano causado pelo exercício, e após umas 10 sessões de treinamento é possível notar uma singela hipertrofia muscular, se tornando uma verdadeira hipertrofia após umas 18 sessões. Além de que a proteína sintetizada devido ao treinamento é destinada primeiramente para reparar o dano tecidual, não sendo destinada para que ocorra a hipertrofia muscular, pois para o mesmo ocorrer é necessário que a síntese proteica seja maior do que sua quebra (Damas et al., 2018).

A principal via que regula o crescimento muscular consiste no seguinte processo: IGF-1 (fator de crescimento semelhante a insulina tipo 1) fosfatidilinositol 3-quinase (PI3K), proteína quinase B (Akt/PKB) e mTOR que regulam positivamente o crescimento. O IGF-1 é conhecido por ativar as proteínas quinases (MAPK-ERK) e a PI3K-Akt, e a Akt estimula síntese proteica ativando toda a via da mTOR (Schiaffino et al., 2013).

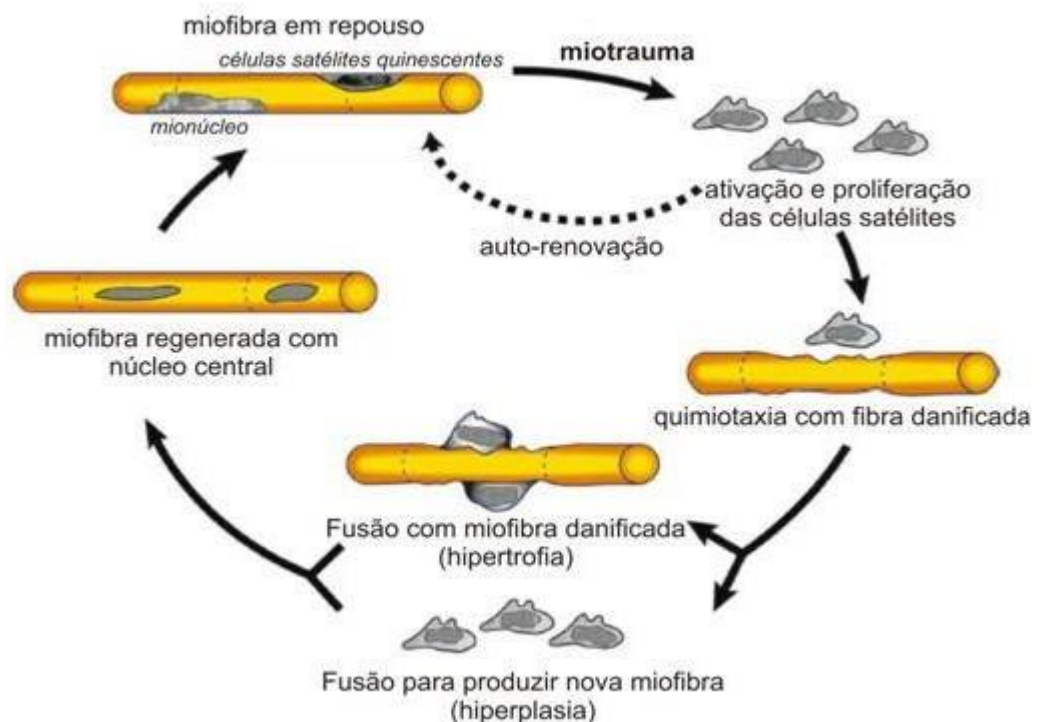
Figura 1 - Via de sinalização da síntese proteica.



A síntese de outras proteínas também ocorre na proporção das alterações dos miofilamentos. Os novos miofilamentos são adicionados à periferia da miofibrila, resultando em aumento do seu diâmetro. Tais adaptações geram um efeito acumulativo de aumento da fibra, e conseqüentemente, do tecido muscular. A sobrecarga mecânica leva a uma série de processos intracelulares que, por fim, regulam a expressão gênica e a subsequente síntese proteica (Sadusky et al., 2001).

Por definição, o treinamento até a falha concêntrica é um treino de alto esforço e que geram desconforto, porém, pode ser considerado uma estratégia eficiente de ganho de força muscular, resistência localizada e hipertrofia. A estratégia é de causar um estresse local no músculo, quebrando situações de platô, podendo gerar resultados positivos. A falha concêntrica é a incapacidade do músculo de fazer mais uma repetição, devido à falta de força pelo esgotamento de ATP ou por um acúmulo excessivo de metabólitos (Silva, N. S, 2019).

Figura 2 - Ilustração do ciclo de regeneração da fibra muscular (adaptada de Hawke and Garry, 2001).



Fonte: <https://www.efdeportes.com/efd160/variaveis-que-influenciam-o-dano-muscular.htm>

Acredita-se que treinar até a falha seja interessante por um suposto recrutamento maior de unidades motoras; as quais as unidades motoras menores são recrutadas primeiro, seguidas de unidades motoras maiores, sendo assim as fibras musculares lentas seriam previamente recrutadas com relação as fibras musculares mais rápidas que possuem maior capacidade de hipertrofia. Portanto, seguindo a lógica de tal princípio, o treinamento até a falha estimularia um recrutamento maior de unidades motoras o que poderia gerar maior alcance da hipertrofia muscular (Hennemen, 1957).

Em conjunto com tal princípio, esse tema tem sido examinado, pois unidades motoras de limiar de excitabilidade mais altas, compostas prevalentes de fibras musculares rápidas, são estimuladas quando as repetições são realizadas até a falha, hipoteticamente devido à fadiga nas unidades motoras. Sendo assim, treinar até falha aumentaria a atividade eletromiográfica, o que sugere que predominantemente as unidades motoras com maior limiar de excitabilidade sejam recrutadas (Sci Training, 2021).

A eletroneuromiografia é composta por exames neurofisiológicos que analisam a saída do nervo desde o sistema nervoso central ou medula até a chegada no músculo. A avaliação é feita geralmente em duas etapas: a neurocondução e a eletromiografia (Fleury, 2021). Porém, a compreensão dos sinais de eletromiografia pode apresentar equívocos, devido ao elevado número de inervações entre as unidades motoras compondo apenas um músculo, não sendo apropriado classificar as unidades motoras como sendo responsáveis por fibras musculares mais lentas ou mais rápidas. Apesar de ser um raciocínio lógico, não está claro ainda na literatura, se treinar até falha, é algo realmente primordial para conseguir maior ativação muscular.

Quando se trata de indivíduos com treinamento de força, os resultados são mais consistentes. Para estudar a influência da intensidade do treinamento na ativação muscular, Schoenfeld et al. (2014) publicou um estudo, no qual homens jovens treinados em resistência realizaram dois protocolos: alta carga (75% 1RM para falha); e carga baixa (30% 1-RM para falha). Os participantes realizaram os protocolos de forma contrabalançada. Os resultados mostraram maior pico e média de atividade EMG durante alta carga, indicando que o treinamento até a falha em baixas

intensidades não resulta em ativação máxima muscular para indivíduos treinados. Por outro lado, outro estudo do mesmo grupo de pesquisa avaliou força e massa muscular em 24 homens, todos com experiência em levantamento de peso, após 8 semanas (24 sessões de treinamento) de treinamento resistido. Os indivíduos foram designados aleatoriamente para uma das duas condições de treinamento possíveis realizadas até a falha: carga baixa (25-35 repetições ~ 30-50% 1RM) e carga alta (8-12 repetições em ~ 70-80% 1RM). Os resultados demonstram aumentos semelhantes na massa muscular entre os dois regimes de treinamento. No entanto, os resultados evidenciaram maiores melhorias na força para o grupo de alta carga, demonstrando que o treino com uma porcentagem maior do RM seria necessário para maximizar as adaptações de força (Schoenfeld *et al.*, 2015).

Em programa de atividade física, desenvolvido por Orssatto et al., 2020, no primeiro dia tiraram medidas e fizeram a avaliação de 12 repetições máximas. Depois de 7 dias fizeram a primeira sessão, repetida depois de 7 dias no mesmo horário. Os participantes tinham que ter entre 18 e 35 anos e nos últimos 2 anos não podiam ter ficado mais de 1 mês sem praticar exercício resistido, não podiam ter lesão crônica ou doenças que afetassem a parte muscular e neural dos membros inferiores, não podiam fazer uso de hormônios, nem de antidepressivos. O objetivo esperado desse método era conseguir atingir as fibras do tipo 2x, através do cansaço das fibras do tipo 1, no entanto por ser um treino que causa muito desconforto, tornando-se um treino com baixa aderência dos praticantes. Realizar 10 repetições baseadas em 70% da carga máxima para 10 repetições, foi mais positivo na questão de aceitação e adesão para ambos os sexos, se comparado com realizar 10 repetições com 100% da carga máxima. Foram divididos em 2 grupos, masculino e feminino, os quais tinham que evitar qualquer exercício, não podiam tomar anti-inflamatórios ou suplementos dietéticos, além de não mudarem o estilo de vida que levavam. No dia da sessão de treino, como o teste foi realizado na máquina de panturrilhas em pé, foi feito um aquecimento com 50% da carga para 12 RMs, realizando 12 repetições, com um intervalo de 2 minutos, o teste foi iniciado com 100% da carga máxima para 12 repetições, e o participante deveria fazer o máximo de repetições que conseguisse, próximo da falha concêntrica foram feitos estímulos verbais pelos supervisores, o teste finalizou com 6 séries nesse padrão, com 2 minutos de intervalo entre as séries. Nenhum participante declarou no questionário feito que esse exercício era o favorito

ou o exercício que eles menos gostavam na prática de musculação, o que foi utilizado para evitar a relação entre preferência e a resposta ao exercício. Após cada série da sessão de treinamento, os participantes responderam duas avaliações com escalas diferentes de percepção de esforço. Após cada sessão eles responderam a escala visual analógica e uma versão modificada da escala de prazer com o exercício físico (Orssatto et al., 2020).

Os estudos realizados por Folland et al. (2002) e por Izquierdo et al. (2006) que utilizaram grupos experimentais com volumes finais equalizados os ganhos de força em isometria, em repetição máxima, em resistência muscular localizada e na potência foram independentes do nível de fadiga gerada pelo exercício, o que levava a crer que treinar até a falha concêntrica não seria o diferencial para os ganhos na secção transversal do músculo esquelético. No entanto, até o presente estudo não havia nenhuma investigação que mostrasse os efeitos do treinamento até a falha sobre a secção transversal do músculo.

Em estudo realizado por Sampson, *et al.* (2016), a investigação buscou determinar o efeito do treinamento resistido até a falha na adaptação funcional, estrutural e neural dos músculos flexores do cotovelo. Os autores analisaram 28 homens que não participaram de atividades físicas nos últimos 6 meses, e realizaram 4 semanas de familiarização com o exercício flexor de cotovelo unilateral até a falha. Os trabalhos começaram com 50% do RM e aumentaram 10% a cada semana. Ao final do treinamento os grupos dos 3 experimentos foram contrabalanceados, assim, os que tiveram altas e baixas respostas ao treinamento foram distribuídos uniformemente aos 3 tipos de treinamento de 12 semanas. Os sujeitos foram avaliados na performance de 1RM dinâmico, na contração máxima isométrica, área de secção transversal do músculo agonista, e ativação do músculo agonista e antagonista em 4 pontos, isso tudo, antes das 12 semanas, na 4^o, 8^o e ao final da 12^o semana. Os praticantes, e tiveram que realizar 4 séries de flexão de cotovelo com o braço dominante, descansando 3 minutos entre as séries que foram feitas com 85% da carga máxima, 3x por semana em dias alternados. O grupo A realizou o movimento de flexão de cotovelo com rápida velocidade concêntrica, o B realizou o movimento completo com velocidade aumentada, e o C foi o grupo controle, que realizou as repetições em 2 segundos na fase excêntrica e 2 segundos na concêntrica, realizando o movimento até a falha, neste caso efetuando 6 repetições. Após as 12 semanas de

treinamento, não houve diferença significativa no peso levantado pelos grupos, em contrapartida o grupo C realizou mais repetições, totalizando um volume maior de treino, além de passar mais tempo sobre tensão nos flexores de cotovelo. Apesar da diferença no volume, os grupos não tiveram diferenças com relação a RM, máxima contração voluntária e ativação do músculo agonista. Ao final do período de 12 semanas os grupos tiveram ganhos significativos no aumento de força de 1 RM. A máxima contração voluntária era igual entre os grupos na primeira semana, mas ao longo das semanas foi aumentando, mas sem nenhuma relação entre os grupos, o mesmo aconteceu para a área de secção transversal do músculo. A eletromiografia durante a máxima contração voluntária entre os músculos agonista dos grupos, tiveram uma interação significativa, a qual aumentou no grupo B e C, enquanto diminuiu ao longo das semanas para o grupo A. Enquanto que a ativação em 1RM para os músculos agonistas não tiveram interação. Os resultados apresentam ocorrência de adaptações semelhantes entre os três métodos de treinamento sugerindo que treinar até falhar não é crítico para promover alterações neurais e estruturais relevantes no músculo. Ainda assim, o grupo que treinou até falhar apresentou, o tempo sobre tensão, o volume de treino e o nível de percepção de esforço maiores, ou seja, foi realizado mais esforço, para quase o mesmo resultado.

Em um outro estudo utilizou-se de um meio para comparar o volume de treino, repetições, com a percepção de esforço antes e depois de cada série, 14 participantes fizeram o teste, 7 homens e 7 mulheres. Os achados na sessão 1 e 2 foram muito próximos, configurando uma boa confiabilidade nos achados, e provou-se que mulheres têm maior dificuldade de adesão em treinos até a falha concêntrica, piorando o humor, a afeição, cansaço e aumentando a agitação, o que foi diferente dos achados com os homens, mesmo com volumes de treinos similares. O estudo tem pontos fortes como a realização de 2 sessões de treino para reforçar o que foi encontrado na primeira sessão, mas também possui pontos fracos, pois foram poucos participantes e apenas pessoas treinadas há um bom tempo. Mas sobre os achados pode-se dizer que não é uma estratégia interessante treinar até a falha com mulheres pela baixa adesão, o que prejudicaria nos ganhos com relação a hipertrofia (Sampson, *et al.*, 2016).

Em estudo que comparou o treinamento de força realizado até a falha muscular com o treinamento até não falha, Silva (2019), evidenciou os efeitos dos protocolos de treinamento nas adaptações neuromusculares de indivíduos treinados em força. No presente estudo foi evidenciado que o treinamento de força sem que ocorra a falha muscular pode ser considerado uma estratégia eficaz para maximizar a hipertrofia, o aumento de força muscular, ativação muscular e arquitetura do músculo em indivíduos treinados. Sendo assim, os achados levam a crer que não são de suma relevância realizar repetições adicionais quando o treinamento se encontra próximo da fadiga muscular, pois, não acarretarão em ativação muscular adicional, nem em aumentos significativos de hipertrofia.

Sendo assim, Silva (2019) conclui que[...]

“O treinamento de força realizado até a falha muscular promove hipertrofia, ganhos de força muscular, ativação muscular, aumento no ângulo de penetração e comprimento do fascículo similar ao treinamento de força realizado até a interrupção voluntária em indivíduos treinados em força” (Silva, 2019).

Participaram do estudo 14 homens jovens treinados os quais realizaram em média três testes de 1RM antes de iniciar os estudos, e após 5 semanas de treinamento o teste de 1RM foi repetido para realizar reajustes. No final das 10 semanas de treinamento com intensidade de 75% do RM em ambos os protocolos, houve um espaçamento de 72 horas para que os testes de MMC e AST, a arquitetura muscular para a realização novamente do teste de 1RM. O que evidenciou que os dois protocolos tiveram resultados similares no aumento do pré para o pós-treinamento na análise de massa magra da coxa (MMC) e área de secção transversa do vasto lateral (AST). Ambos os protocolos mostraram aumentos similares nos valores do teste de 1RM antes para o pós-treinamento nos exercícios Leg. Press 45°, cadeira extensora e mesa flexora (Silva, 2019). Não foi encontrada diferença significativa na amplitude da EMG entre os protocolos. Em relação à arquitetura muscular, tanto o ângulo de penetração quanto o comprimento do fascículo apresentaram aumentos significativos do antes e depois do treinamento. Sendo assim, treinar força até a falha (TF-F) ou treinar até a não falha (TF-NF) possuem a mesma eficácia na promoção de hipertrofia muscular, arquitetura, força muscular e amplitude de EMG (Silva, 2019).

Seguindo o mesmo princípio Nóbrega, *et al.* (2018) comparou grupos que treinaram com alta (80% 1RM*) ou baixa (30% 1RM) intensidade e atingindo ou não a falha. Vinte e sete homens destreinados participaram do estudo. O protocolo utilizado foi alocar cada perna em uma das quatro variações do treinamento utilizado, que consistiam em: Treinar até a falha utilizando alta intensidade (HIRT-F), treinar até a falha com baixa intensidade (LIRT-F), treinar até a interrupção voluntária em alta intensidade (HIRT-V) e treinar até a interrupção voluntária com baixa intensidade (LIRT-V). Força muscular (1 repetição máxima-1RM), AST, ângulo de penetração e ativação muscular pela amplitude do sinal de eletromiografia (EMG) foram avaliados antes, após 6 semanas e 12 semanas do protocolo estabelecido. Observou-se aumento no RM de forma semelhante após 6 semanas e 12 semanas para todos os protocolos. Também foi observado que não houve diferença significativa para o aumento da secção transversa do músculo e do ângulo de penetração (PA) independente do protocolo utilizado. Houve apenas diferença na análise de EMG, que foi superior durante todo o tempo no treinamento de alta intensidade, além de um maior volume de treino. Portanto, para o assunto investigado tanto o treinamento até a falha, quanto o treinamento com a interrupção voluntária foram igualmente eficazes no aumento da massa muscular, força e PA. Assim, o estudo demonstrou que foram apresentadas taxas parecidas de hipertrofia muscular em todos os grupos, indicando não ser necessário treinar com altas cargas, nem até a falha para se obter hipertrofia em indivíduos destreinados (Nóbrega, *et al.* 2018).

Em artigo de Burd, *et al.* (2012), autores discutem a ideia de que as contrações de alta intensidade não são o motor exclusivo das mudanças induzidas por exercícios resistidos nas taxas de síntese de proteína muscular. Desta forma, frequentemente é recomendado que as intensidades de treinamento mais pesadas, sejam aumentadas a fim de maximizar o crescimento muscular. No entanto, relata-se que intensidades tão baixas quanto 30% da força máxima, quando elevadas à fadiga voluntária, são igualmente eficazes na estimulação das taxas de síntese de proteína muscular durante a recuperação de exercícios de resistência. O objetivo foi determinar o efeito da intensidade do exercício resistido (% 1 repetição máxima-1RM) e volume na síntese de proteína muscular, sinalização anabólica e expressão gênica mio gênica. Quinze homens (21 +/- 1 ano; IMC = 24,1 +/- 0,8 kg / m²) realizaram 4 séries de exercícios de extensão unilateral de perna em diferentes cargas de exercício e / ou

volumes, comparando 30% (1RM) da intensidade até a falha com 90% (1RM). No exercício extensão de perna com 30% da intensidade realizando próximo de 24 repetições foi similar na estimulação de síntese proteica miofibrilar no período de 0 a

4 horas após o exercício resistido em comparação com 90% da RM, realizando aproximadamente 5 repetições. Já em períodos mais longos de 21 a 24h o treinamento de baixa intensidade demonstrou ter superioridade no quesito síntese proteica, além de que o treinamento em menores intensidades e maiores volumes promovem um recrutamento maior de unidades motoras (Burd, et al. 2012).

Klemp, *et al.* (2016), notaram que não havia pesquisa que equalizava o volume total de treino e comparava as diferenças obtidas com relação a hipertrofia e força muscular utilizando modelos de periodização. Por isso realizaram a pesquisa onde compararam periodizações ondulatórias com número maior de repetições na semana, mas com um volume equivalente (DUPHR) com um programa de periodização ondulante diária de baixa repetição (DUPLR) para observar as diferentes respostas musculares que obteriam. Dezesesseis homens treinas a pelo menos 2 anos foram contrabalançados em 2 grupos: DUPHR (n = 8), com uma ordem de treinamento semanal de 12 repetições no primeiro dia, 10 repetições no segundo, e 8 repetições no terceiro dia; e o outro protocolo DUPLR (n = 8), com uma ordem de treino semanal de 6 repetições para o primeiro dia, 4 repetições no segundo dia e 2 repetições no terceiro dia da semana. Ambos os grupos treinaram 3 vezes/semana durante 8 semanas, em dias alternados. Os participantes realizaram apenas exercícios de agachamento e supino em cada sessão. Alterações na força de uma repetição máxima (1RM), espessura muscular (EM) e resistência muscular foram avaliadas. Ambos os grupos aumentaram significativamente a força de 1RM para agachamento e supino, e não houve diferença entre os grupos. Da mesma forma, ambos os grupos experimentaram aumentos significativos no tórax, quadríceps lateral distal e quadríceps anterior MT, mas nenhuma mudança estava presente em ambos os grupos para quadríceps lateral médio MT. Nenhuma diferença de grupo foi descoberta para mudanças na TM. EM não mudou significativamente no agachamento e supino em nenhum dos grupos; entretanto, para o agachamento ME, um tamanho de efeito moderado foi observado para DUPHR (0,57) contra um tamanho de efeito trivial para DUPLAR (0,17). Desta forma, tais resultados sugerem

que em homens previamente treinados, o volume de treinamento é um contribuinte significativo para as adaptações de força e hipertrofia, que ocorrem independentemente de faixas de repetição específicas (Klemp, *et al.* 2016).

4 DISCUSSÃO

De acordo com o posicionamento do *American College of Sports Medicine* o treinamento de força para atletas, devem ser utilizados nos intervalos entre 2 a 3 min para exercícios em diversas articulações e que envolvam massas musculares maiores. Já para exercícios numa única articulação, com menores massas musculares, recomenda-se um intervalo com um período mais curto, variando entre 1 e 2 min. Destaca-se assim que tais faixas de intervalos parecem ser suficientes para provocar adequada recuperação entre as séries. Contudo, essa ainda é uma questão pouco explorada na literatura e as evidências sobre o assunto baseiam-se em alguns estudos relacionados aos intensos efeitos do treinamento.

Sessões de exercício resistido cansativas são associadas com um aumento no acúmulo de metabólitos, recrutamento de unidades motoras e secreção de hormônios endógenos, fatores relacionados à hipertrofia, podendo aumentar os ganhos com um aumento no volume de treino. Apesar da ausência de treinos fatigantes até a falha e uma redução significativa no volume de treino, no final das 12 semanas tais grupos não tiveram diferenças entre si da área de secção transversal do músculo agonista, tendo um aumento de 11%, o que foi consistente com outra investigação, usando cargas e duração similares (Holm et al., 2008; Mitchell et al., 2012). Dado o único modelo utilizado pelos autores, sugere-se que o aumento de repetições para chegar até a falha quando se treina com altas cargas, possa ser algo supérfluo.

De acordo com o estudo de Cadore, E. L., Pinto, R. S., & Krueger, L. F. M, (2012) Para o ganho de força e máxima contração voluntária não teve diferença uma diminuição de 30% no volume e 90% de redução no número de séries feitas até a falha em 12 semanas, treinando com 85% da carga máxima. Contudo o treinamento realizado em geral foi efetivo para o ganho de força. Já para questões hipertróficas é sabido que a ativação excêntrica do músculo é essencial, e que esses movimentos rápidos ou explosivos estão associados com a facilitação do trabalho do músculo esquelético, diminuindo os limiares de recrutamento motor e aumentando a ativação muscular.

Esse foi o primeiro estudo que além de investigar o aumento na capacidade de produzir força dinâmica e estática, também buscou desvendar os efeitos do

treinamento até a falha na área de secção transversa do músculo. Além de que os estudos anteriores equalizaram o volume de treino entre os grupos experimentais, contrastando com o presente estudo, que não foi até a falha nos grupos A e B, enquanto o grupo controle, utilizou a falha muscular, tendo um maior volume, mas que não foi suficiente para gerar mudanças estruturais ou funcionais nos músculos flexores de cotovelo.

Esse estudo mostrou que é possível ter ganhos similares de força, ativação muscular e área de secção transversa do músculo, não treinando até a falha e com volume reduzido se comparado com treinos volumosos até a falha. A hipótese é de que a rápida ativação muscular esteja distinguindo, levando a resultados similares, mas não é possível afirmar, deixando um incentivo do autor para outros pesquisadores que tenham interesse em realizar essa investigação.

Gentil (2005) aborda o conceito de intensidade não apenas sobre a perspectiva de carga utilizada nos exercícios, mas direciona essa variável mais ao nível da qualidade, em uma alteração aguda que o treino promove dentro do equilíbrio do sistema. Nesta visão, ele destaca que a velocidade, a amplitude, o tempo de descanso e os métodos de treinamento, entre outros fatores, são de grande importância na composição da intensidade, juntamente com a carga utilizada nos exercícios, buscando hipertrofia muscular. O objetivo da intensidade na hipertrofia muscular é conhecido pelos profissionais que trabalham este método de treinamento, porém sua magnitude deve ser ressaltada, levando-se em conta o nível de treinamento do praticante, o descanso entre os treinamentos e o volume de treino utilizado na sessão.

A motivação do treino até falhar está ligada com a mudanças do recrutamento das unidades motoras e pode ser compreendido quando comparado intensidades de treino divergentes, onde as necessidades de força, alta ou baixa, solicita outros números de unidades motoras para um único músculo e quando treina até falhar com uma intensidade menor, a totalidade de volume de treino aumenta, sendo assim aumentando a quantidade de trabalho exercida, desta forma o volume de treinamento fornece uma contribuição significativa para as adaptações de força e hipertrofia, independente da particularidade da faixa de repetições (Burd, *et al.* 2012).

5 CONCLUSÃO

A análise realizada acerca dos métodos de hipertrofia estudados nos últimos anos, demonstra-se eficaz de acordo com a metodologia aplicada tendo como perspectiva o exercício resistido até a falha e a relação de tal com a hipertrofia. Porém, não se pode afirmar se tal estratégia apresenta-se de maneira vantajosa em relação às demais, tendo a necessidade de avaliação do objetivo de cada atleta. Quanto à área de secção transversa, mostra-se evidente que os ganhos de alta intensidade têm efeito similar aos de baixa intensidade. Porém são necessárias melhores avaliações sobre as variáveis de treinamento aplicadas já que alguns estudos encontraram respostas diferentes quanto à AST. O que se percebe é que exercícios quando executados até a falha, tem efeito positivo para ganhos de força e aumento da massa muscular, entretanto ainda inconclusivos diante da fisiologia do organismo.

Desta forma, os inúmeros estudos analisados propõem, em sua ampla maioria, que o treinamento até a falha ou não mostra-se igualmente eficazes no aumento da massa muscular e força, sendo assim, tal técnica demonstra-se viável, todavia sendo de escolha individual, e efetivamente direciona ao processo de hipertrofia muscular. E conclui-se que os diferentes métodos de treinamento analisados são eficazes para gerar hipertrofia muscular esquelética, já que fornecem estímulo suficientes às vias hipertróficas, neuromusculares e fisiológicas, para os diferentes grupamentos musculares, independentes do método alcançar a falha muscular, ou não.

6 REFERÊNCIAS

ACSM. **American College of Sports Medicine.** <https://www.acsm.org/gclid=Cj0KCQjwh_eFBhDZARIsALHjIKewVkbbB57qbr9E2r37XQjip-gpV_H-9ex8zXnvQlz_OxqOfLQFsvkaAmkVEALw_wcB>. Acesso em 20 de abr. 2021.

BURD, N. A. **Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise.** Appl Physiol Nutr Metab. doi: 10.1139/h2012-022. Jun;37(3):551-4. 2012.

CADORE, Eduardo Lusa; PINTO, Ronei Silveira; KRUEL, Luiz Fernando Martins. Adaptações neuromusculares ao treinamento de força e concorrente em homens idosos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 14, n. 4, p. 483-495, 2012.

DAMAS, F. et al. **Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage.** <<https://doi.org/10.1113/JP272472>>. Acesso em 07 mai. 2021. The Journal of Physiology. 24 May 2016.

FARINATTI, Paulo TV; ASSIS, Bruno FCB. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra-resistência e aeróbio contínuo. **Revista brasileira de atividade física & saúde**, v. 5, n. 2, p. 5-16, 2000.

Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (1994). **Hipertrofia Muscular** (Issue 1993).

FLEURY. **Medicina e Saúde. Eletroneuromiografia** <<https://www.fleury.com.br/medico/manuais-diagnosticos/manual-de-neurodiagnosticos/eletroneuromiografia-neuro>>. Acesso em 11 de junho de 2021.

FOLLAND, J. P. *et al.* **Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training.** <<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.36.5.370>> . Acesso em 18 de mai. 2021. British Journal of Sports Medicine. Copyright 2002.

GENTIL, P. **Bases científicas do treinamento de hipertrofia.** Rio de Janeiro: Sprint; 2005.

GOLDBERG, A. L. *et al.* Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports, Madison*, v. 7, n. 3, p. 185-198, 1975.

GUEDES JR., D. P. *et al.* **Hipertrofia muscular: a ciência na prática em academias.** Selo Literário 20 anos da Regulamentação da Profissão de Educação Física, 12. São Paulo: CREF4/SP, 2018.

HENNEMAN, Elwood. Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. **Science**, v. 126, n. 3287, p. 1345-1347, 1957.

HOLM, L. *et al.* **Changes in muscle size and MHC composition in Revista Iberoamericana de Psicología del ejercicio y el deporte.** Vol. 14, nº 2 (2019)

IZQUIERDO, M. *et al.* **Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions.** *Int J Sports Med* 27:718–724. doi:10.1055/s-2005- 872825. Acesso em 15 de mar. 2021. 2006.

Junghoon Lee, **The effects of resistance training on muscular strength and hypertrophy in elderly cancer patients: A systematic review and meta-analysis,**

Journal of Sport and Health Science (2021),
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.02.002>

KLEMP, A. *et al.* **Volume-equated high- and low-repetition daily undulating programming strategies produce similar hypertrophy and strength**

adaptations. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0707>. 16 February 2016.

MACDOUGALL, J. et al. Ultrastructural properties of human skeletal muscle following heavy resistance training and immobilization. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v. 8, n. 1, p. 72, 1976.

Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v. 11, n. 2, p. 164- 166, 1979.

MENDES, J. M. R. **Saúde e interdisciplinaridade: mundo vasto mundo.** <<https://doi.org/10.15448/1983-652X.2008.1.3864>>. 2008.

Misra, A., Alappan, N. K., Vikram, N. K., Goel, K., Gupta, N., Mittal, K., Bhatt, S., & Luthra, K. (2008). **Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and Body composition in asian indians with type 2 diabetes.** *Diabetes Care*, 31(7), 1282–1287. <https://doi.org/10.2337/dc07-2316>

MITCHELL, C. J. et al. **Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men.** *Journal of applied physiology*, 113(1), 71-77. 2012.

MORÁN-NAVARRO, R. et al. **Time course of recovery following resistance training leading or not to failure.** *European Journal of Applied Physiology*, 117, pages 2387–2399 (2017) 30 September 2017. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-017-3725-7>>. Acesso em 20 de mai.2021.

NÓBREGA, S. R. et al. **Effect of Resistance Training to Muscle Failure vs. Volitional Interruption at High- and Low-Intensities on Muscle Mass and**

Strength. <DOI:10.1519/JSC.0000000000001787>. Acesso em 10 de Jan. 2021. J Strength Cond Res. Jan;32(1):162-169. 2018.

ORSSATO L. B. *et al.* **Influence of strength training intensity on subsequent recovery in elderly.** *Exp Gerontol.* 106:232–239. <<https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.011>>. Google Scholar, 2018.

SADUSKY, T. *et al.* **Identification of Serhl, a new member of the serine hydrolase family induced by passive stretching of skeletal muscle in vivo.** *Genomics*, San Diego, v. 73, n. 1, p. 38-49, 2001.

SAMPSON, J. A. *et al.* **Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength?** *Scand J Med Sci Sports.* 2016 Apr;26(4):375-83. doi: 10.1111/sms.12445. Epub 2015 Mar 24.

Schiaffino, S., Dyar, K. A., Ciciliot, S., Blaauw, B., & Sandri, M. (2013).

Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *FEBS Journal*, 280(17), 4294–4314. <https://doi.org/10.1111/febs.12253>

SCHOENFELD B. J., *et al.* Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *J. Strength Cond. Res.* 29, 2954–2963. 10.1519/JSC.0000000000000958. 2015.

SCI TRAINING. **Hipertrofia: Ir até a falha ou não?** 17 de janeiro de 2019.

<<https://scitraining.com.br/2019/01/17/hipertrofia-ir-ate-a-falha-ou-nao/>>. Acesso em 08 de maio de 2021.

SEABORNE, R. A. *et al.* **Human Skeletal Muscle Possesses an Epigenetic Memory of Hypertrophy.** *Nature.com.* Published 30 January 2018. <<https://www.nature.com/articles/s41598-018-20287-3>>. Acesso em 05 fev. 2021.

SILVA, N. S. **Treinamento de Força Realizado até a Falha Muscular Versus Não Falha: Efeitos na Massa, Força, Ativação e Arquitetura Muscular de**

Homens Jovens Treinados. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP. 2019.

SIMÃO, R.; POLITO, M.; MONTEIRO, W. Effects of Different Rest Intervals in a Resistance Training Program for Trained Individuals. **Rev Bras Med Esporte** – Vol. 14, No 4 – Jul/Ago, 2008.

WACKERHAGE, H. *et al.* **Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise.** <<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00685.2018>>. Acesso em 22 de abr. 2021. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 126, No. 1. 09 Jan 2019.

WESTCOTT, W.; BAECHLE, T. **Treinamento de Força para a Terceira Idade: Para condicionamento físico e performance ao longo dos tempos.** 1ª ed brasileira, Barueri-SP, Manole, 2001.

ZAMAI, C. A.; BANKOFF, A. D. P. **Programa de Convivência, Atividade Física e Saúde: exercício físico, atividade física, inclusão** - PM Editora, Campinas, 2019.

CARPENTER, DAVID M.; NELSON, BRIAN W. **Low back strengthening for the prevention and treatment of low back pain, *Medicine & Science in Sports & Exercise***: January 1999 - Volume 31 - Issue 1 - p 18-24

Binder, E. F., Schechtman, K. B., Ehsani, A. A., Steger-May, K., Brown, M., Sinacore, D. R., Yarasheski, K. E., & Holloszy, J. O. (2002). **Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: Results of a randomized, controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(12), 1921–1928.** <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50601.x>

Gorgey, A. S., Khalil, R. E., Davis, J. C., Carter, W., Gill, R., Rivers, J., Khan, R., Goetz, L. L., Castillo, T., Lavis, T., Sima, A. P., Lesnfsky, E. J., Cardozo, C. C., & Adler, R. A. (2019). **Skeletal muscle hypertrophy and attenuation of cardio-**

metabolic risk factors (SHARC) using functional electrical stimulation-lower extremity cycling in persons with spinal cord injury: Study protocol for a randomized clinical trial. *Trials*, 20(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3560-8>

Mather, A. S., Rodriguez, C., Guthrie, M. F., McHarg, A. M., Reid, I. C., & McMurdo, M. E. T. (2002). **Effects of exercise on depressive symptoms in older adults with poorly responsive depressive disorder.** *British Journal of Psychiatry*, 180(MAY), 411–415. <https://doi.org/10.1192/bjp.180.5.411>

Vargas, S., Romance, R., Petro, J. L., Bonilla, D. A., Galancho, I., Espinar, S., Kreider, R. B., & Benítez-porres, J. (2008). Keto. **The IUPAC Compendium of Chemical Terminology**, 1–9. <https://doi.org/10.1351/goldbook.k03382>