
EDUCAÇÃO FÍSICA

VITOR AUGUSTO OLIVEIRA

**Hipertrofia muscular induzida pelo
treinamento de força: uma revisão narrativa
abordando os mecanismos metabólico e
tensional de adaptação**

Vitor Augusto Oliveira

Hipertrofia muscular induzida pelo treinamento de força: uma
revisão narrativa abordando os mecanismos metabólico e
tensional de adaptação

Orientador: LEONARDO COELHO RABELLO DE LIMA

Supervisor: CAMILA COELHO GRECO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharel em Educação Física.

Rio Claro
2019

O48h

Oliveira, Vitor Augusto

Hipertrofia muscular induzida pelo treinamento de força: uma revisão narrativa abordando os mecanismos metabólico e tensional de adaptação / Vitor Augusto Oliveira. -- Rio Claro, 2019

23 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Leonardo Coelho Rabello de Lima

1. Hipertrofia Muscular. 2. Treinamento Tensional. 3. Treinamento Metabólico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, principalmente a minha mãe, pois sem ela não teria conseguido cursar uma faculdade de tamanha relevância. A minha namorada que sempre me apoiou e ajudou durante o curso e a meus amigos da República SPK por fazerem desse período ainda mais especial.

RESUMO

O presente estudo vem buscar na literatura as principais diferenças e similaridades entre o treinamento tensional e metabólico na hipertrofia muscular, evidenciando quais as vantagens e desvantagens de cada tipo de treinamento e qual é mais efetivo para os ganhos de massa muscular. Ao final deste trabalho, pode-se notar que ambos os métodos são similarmente eficazes para o ganho de massa muscular magra e que ambos podem ser incrementados em uma rotina de treinamento.

Keywords: Hypertrophy, Muscle hypertrophy, Mechanical Stress, Metabolic Stress, Tensional Stress.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
MATERIAIS E MÉTODOS	6
REVISÃO DE LITERATURA	7
Hipertrofia.....	9
Treinamento Tensional	11
Treinamento Metabólico.....	13
Treinamento Tensional vs. Treinamento Metabólico.....	16
CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

INTRODUÇÃO

O treinamento resistido é frequentemente indicado para a prevenção de diversas doenças, pois promove múltiplos benefícios à saúde e também para a melhora de diversas capacidades físicas e fisiológicas, sendo que uma das mais buscadas é a hipertrofia muscular (FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018). Essa hipertrofia pode ser alcançada por meio de diferentes tipos de treinamento, como o treinamento tensional, que consiste da aplicação de cargas elevadas para causar maior estresse mecânico no músculo, ou o treinamento metabólico, que consiste nas metodologias de treino que não visam a utilização de grandes cargas, mas sim o maior acúmulo possível de metabólitos no músculo. (FINK; KIKUCHI; NAKAZATO, 2018).

Fisiculturistas costumam empregar o treinamento metabólico em determinadas fases de suas preparações, utilizando cargas moderadas ou baixas, enquanto levantadores de peso aplicam basicamente o treinamento tensional, sendo que ambos apresentam grande hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2010). Há algum tempo ocorrem debates tanto no ambiente acadêmico quanto em ambientes de treinamento de força a respeito da efetividade dos métodos acima citados na resposta hipertrofica ao treinamento. Os adeptos do treinamento tensional (i.e., com maiores cargas) acreditam que o método metabólico não apresenta efeitos significativos sobre a hipertrofia, por este geralmente ser feito com menores cargas. Já os adeptos do treinamento metabólico criticam o tensional por este usualmente apresentar maior risco de lesões articulares e musculares pelo uso excessivo de carga absoluta (kg).

Estudos já demonstraram que ambos os tipos de treinamento são benéficos para hipertrofia (SCHOENFELD, 2010), e, também, que tanto o treinamento tensional quanto o metabólico utilizam mecanismos similares para promover hipertrofia, variando o apenas a intensidade de ativação de alguns mecanismos conforme o tipo do estresse causado (PEARSON; HUSSAIN, 2015). Este estudo tem como objetivo levantar quais são as vantagens e desvantagens de ambas metodologias de treinamento e verificar, por meio de uma revisão bibliográfica, se realmente existe uma maneira mais ou menos eficiente de se desenvolver a hipertrofia muscular.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram feitas buscas na plataforma PubMed utilizando como palavras-chave: Hypertrophy, Muscle hypertrophy, Mechanical Stress, Metabolic Stress, Tensional Stress. Foram considerados relevantes artigos a partir dos anos 2000 e escolhidos os relevantes através da seleção dos títulos e, posteriormente, da leitura dos resumos.

REVISÃO DE LITERATURA

O treinamento resistido é comumente prescrito para a hipertrofia muscular. Entretanto, essa modalidade de exercício também promove múltiplos benefícios à saúde para vários tipos de populações; entre eles, melhora da funcionalidade, perda de gordura, melhora da sensibilidade à insulina e qualidade muscular, e também prevenção de diversas doenças como diabetes, osteopatias, sarcopenia, doenças cardiovasculares, dislipidemia, hipertensão, dislipidemias, inflamação, câncer e outras condições (FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018). Além da melhora da saúde do praticante, o treinamento resistido também induz diversas adaptações morfológicas como a hipertrofia, que está fortemente associada às variáveis de treinamento aplicadas. As variáveis manipuláveis incluem intensidade de exercício, descanso entre séries, velocidade de execução, ordem dos exercícios, tipos de exercícios, frequência semanal e volume, entre outros. Logo, um bom programa de treinamento deve manipular essas variáveis (FLECK; KRAEMER, 2017). No entanto, o volume de treinamento é negligenciado com grande frequência pelos treinadores, isto se dá parcialmente porque a menor quantidade de tempo parece ser mais atraente para a população em geral, já que o tempo é citado como um impedimento para a adesão ao exercício físico (FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018) .

Durante sessões de treinamento resistido, pode-se manipular, além das variáveis anteriores, algumas técnicas avançadas (como drop-sets, super-sets, bi-sets, repetições forçadas, pirâmides, pré-exaustão, etc.) criadas para maximizar a hipertrofia durante o treinamento (FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018). Embora essas técnicas existam, elas geralmente são descritas como estratégias para aumentar a intensidade do exercício e o volume do treinamento, pois não promovem maior hipertrofia em relação ao treinamento tradicional por si só se o mesmo volume total é mantido (referência). Em conclusão, o volume de treinamento resistido parece ser um forte contribuinte para as adaptações musculares, se mostrando um fator muito importante para a hipertrofia muscular, visto que uma das principais críticas ao treinamento resistido com altos volumes é que eles são propensos a causar o overtraining, o que é prejudicial aos praticantes (FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018).

Uma importante variável de treino para determinar a hipertrofia é o intervalo de descanso entre séries. Aumentar os intervalos de descanso permite que o praticante

mantenha a alta intensidade para um alto número de repetições, o que leva a um maior volume total de treinamento. Um estudo de longo prazo demonstrou que a utilização de intervalos entre as séries promove maior hipertrofia e força muscular, que é parcialmente explicado pelo aumento do volume que os intervalos de descanso permitem. Curiosamente, estudos que não encontraram uma adaptação muscular melhorada com intervalos mais longos igualaram o volume de treinamento. (FIGUEIREDO; DE SALLES; TRAJANO, 2018)

Fisiculturistas são conhecidos por realizar um grande volume de treinamento, geralmente com cargas moderadas e descansos relativamente curtos que induzem grandes quantidades de estresse metabólico (SCHOENFELD, 2010), enquanto levantadores de peso (i.e., *power lifters*), treinam rotineiramente com altas cargas e longos períodos de descanso entre as séries. Embora ambos os grupos sejam conhecidos por possuir notáveis níveis de massa muscular, não está claro qual método é o melhor para maximizar ganhos hipertróficos. (SCHOENFELD, 2010).

HIPERTROFIA

A hipertrofia ocorre quando o músculo é forçado a se adaptar a um novo perfil funcional, e pode ocorrer pela adição de sarcômeros em série ou em paralelo, sendo este último o responsável pela maioria da hipertrofia induzida pelo exercício resistido. Quando o músculo esquelético é submetido a uma sobrecarga, perturbações ocorrem nas miofibrilas e na matriz extracelular, assim desencadeando uma cadeia de eventos miogênicos que levam a um aumento no tamanho e na quantidade das proteínas contráteis (actina e miosina), e conseqüentemente, no número total de sarcômeros em paralelo. Isto por sua vez, aumenta o diâmetro das fibras e, portanto, resulta em um aumento na área da secção transversal do músculo. (SCHOENFELD, 2010)

Um corpo emergente de evidências está começando a sugerir que a hipertrofia das fibras musculares esqueléticas pode ser alcançada de maneiras específicas. Em outras palavras, pode ser que o treinamento resistido com altas cargas, ou seja, >60% de 1 repetição máxima (1RM), enfatiza um maior crescimento de fibras musculares do tipo II, enquanto o treinamento resistido com cargas baixas (<60% de 1RM) pode aumentar principalmente a hipertrofia das fibras musculares do tipo I (PEARSON; HUSSAIN, 2015). As fibras musculares do tipo I e do tipo II possuem certas características distintas, sendo que as fibras musculares do tipo II possuem cinética de cálcio mais rápida, e capacidade de gerar mais energia do que as fibras musculares do tipo I. Também é frequente se supor que as fibras musculares do tipo II possuem uma maior hipertrofia (PEARSON; HUSSAIN, 2015). Já as fibras musculares do tipo I possuem maior capacidade oxidativa e maior limiar de fadiga e devido à sua menor fadigabilidade. Supõe-se que um tempo maior sob tensão é necessário para estimular crescimento acentuado dessas fibras, resultado que pode ser alcançado com o treinamento com cargas menores (30% de 1RM, por exemplo) e através da falha muscular momentânea (GRGIC et al., 2018).

O treinamento resistido é uma forma popular de exercício físico em pessoas em todas as faixas etárias e é comumente realizado com um objetivo de alcançar hipertrofia do músculo esquelético. Estudos firmam que, dentro de uma sessão de treinamento, cargas que correspondem de 70 a 85% de 1 repetição máxima são necessárias para alcançar hipertrofia desse tipo de músculo. No entanto, evidências recentes sugerem que, desde que uma série seja realizada até a falha muscular

momentânea, a hipertrofia muscular pode ser alcançada em diferentes zonas de carga (GRGIC et al., 2018).

O crescimento muscular é provocado de maneira autócrina, isto é, através da estimulação da síntese de proteínas estimulada por um aumento das vias de sinalização anabólica e/ou diminuição nas vias de sinalização catabólica e/ou parácrina (ou seja, aumento da ativação, proliferação e fusão de células satélites) (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Pesquisas anteriores fornecem evidências emergentes de que, além de estresse mecânico, o estresse metabólico é um importante fator para a hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2013). Além desses dois fatores, o dano muscular também foi hipotetizado como um fator responsável pela resposta hipertrófica ao exercício resistido (SCHOENFELD, 2010). Entretanto, evidências recentes sugerem que a hipertrofia muscular é comprometida pelo dano muscular, sendo que o aumento na área de secção transversa muscular ocorre quando os níveis de micro lesões musculares são insignificantes (DAMAS et al., 2017),

TREINAMENTO TENSIONAL

Um grande corpo de pesquisas indica que a tensão mecânica age como um mecanismo primário no crescimento muscular, alguns mecanismos pelos quais esta induz hipertrofia muscular incluem a mecanotransdução, aumento de produção do hormônio localizado, produção de espécies reativas de oxigênio e maior recrutamento de fibras de contração rápida (i.e., do tipo IIx) quando comparado com treinamentos utilizando maior ênfase no estresse metabólico do músculo. Todos os itens acima foram relatados para aumentar a síntese de proteína através da ativação de vias de sinalização e/ou ativação e proliferação de células satélite para a indução do crescimento muscular. Embora possa ser argumentado que o baixo nível de tensão mecânica associado com o exercício resistido utilizando oclusão vascular não induziria estes mecanismos em grande medida, o estresse metabólico também demonstrou mediar mecanismos semelhantes e, assim, também induz efeitos hipertróficos (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

A maior tensão imposta sobre o tecido muscular é observada durante o exercício excêntrico, como mostram alguns estudos que relataram a hipertrofia atenuada quando a fase excêntrica é omitida do treinamento. Além disso, uma metanálise de Roig também sugere que o treinamento excêntrico é superior ao treinamento concêntrico na mediação da hipertrofia muscular (ROIG et al., 2009). Em conjunto, esses estudos apoiam a noção de que o exercício excêntrico é de grande importância para o crescimento muscular (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Outros importantes fatores associados a hipertrofia muscular são a produção de espécies reativas de oxigênio e de óxido nítrico (NOS), uma importante molécula sinalizadora produzida em altos níveis no músculo por síntese neuronal. Pesquisas indicam que o NOS pode estimular a ativação e proliferação de células satélites e sua produção parece ser aumentada principalmente em resposta à alta tensão mecânica, e, assim, parece improvável que o mesmo desempenhe um papel no treinamento resistido com oclusão vascular dada a sua natureza de baixa intensidade. No entanto, há evidências sugerindo um potencial aumento na produção de NOS com o treinamento resistido utilizando oclusão vascular, pois a contribuição do mesmo para o conduto arterial durante a vasodilatação é aumentada sob condições isquêmicas/hipóxicas em comparação com condições normais (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

A tensão mecânica pode ser considerada como um dos fatores mais importantes para a hipertrofia muscular, pois foi demonstrado que apenas a tensão mecânica pode iniciar quimicamente as respostas celulares em miofibrilas e em células satélites necessárias para a hipertrofia (TOIGO, BOUTELLIER, 2006). No entanto, é possível que, além dela, o estresse metabólico também precise ser enfatizados para otimizar a resposta hipertrófica ao treinamento resistido (GRGIC et al., 2017).

TREINAMENTO METABÓLICO

O estresse metabólico, causado pelo acúmulo de metabólitos no tecido muscular durante exercício físico, foi relatado como tão importante quanto a tensão mecânica, se não mais, para a indução de crescimento muscular (PEARSON; HUSSAIN, 2015). Para ilustrar, Goto et al. (2005) compararam os efeitos agudos e crônicos de dois protocolos de exercícios resistidos de igual intensidade, compostos de 3 a 5 séries de 10 repetições a 75% de 1RM, com um minuto de intervalo entre cada série, sendo a única diferença entre os protocolos que, em um deles, foi incluído um período de descanso de 30 segundos no meio da série, isto é, entre a quinta e sexta repetição, para tentar reduzir o grau de metabólitos acumulados, enquanto no outro, não. Os resultados mostraram concentrações de GH, Epinefrina e Norapinefrina significativamente maiores após a utilização do protocolo sem o descanso entre a série em relação ao protocolo com descanso, além de maior aumento na área de secção transversa dos músculos trabalhados, indicando uma ligação direta entre o estresse metabólico e muscular hipertrofia (GOTO et al., 2005).

De fato, o nível de estresse metabólico é ampliado após exercício resistido de baixa intensidade sob condições isquêmicas e seu potencial efeito hipertrófico também foi expresso em numerosos estudos (TAKARADA; TAKAZAWA, 2000; KUBOTA, 2008; SCHOENFELD, 2010; PEARSON; HUSSAIN, 2015). Foi demonstrado que o exercício de baixa intensidade, entre 30–50% de 1RM, com oclusão vascular resulta em um maior aumento de área de secção transversa muscular quando comparado aos mesmos programas de treinamento realizados sem oclusão vascular. Além disso, relações diretas entre hipertrofia muscular e outros índices metabólicos de estresse, como Pi e pH intramuscular, após um exercício de baixa intensidade (20% 1RM) com oclusão vascular, também foram relatadas em outros estudos (FINK; KIKUCHI; NAKAZATO, 2018; PEARSON; HUSSAIN, 2015). Isso evidencia o papel proeminente de estresse metabólico na mediação de adaptações hipertróficas após o treinamento resistido com oclusão vascular. Foi teorizado que o estresse metabólico induzido pelo exercício medeia a hipertrofia através de vários mecanismos, incluindo produção elevada de hormônios sistêmicos, aumento do recrutamento de fibras musculares, edema celular e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio, todos os quais são considerados como

importantes mediadores da síntese de proteína muscular e/ou proliferação de células satélite para a indução de crescimento muscular (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Outra teoria, proposta para explicar os efeitos hipertróficos do treinamento resistido com oclusão vascular, é que um grande estresse metabólico desencadeia uma forte resposta hormonal pós-exercício. Estudos já relataram que exercícios resistidos de baixa intensidade com oclusão vascular aumentam a produção de muitos hormônios, incluindo o hormônio do crescimento (GH) e fator de crescimento similar à insulina 1 (IGF-1), embora este último não apresente grande consistência. No entanto, segundo Pearson (2015) tais aumentos hormonais não parecem estar associados ao aumento da síntese proteica muscular ou adaptações musculares a longo prazo (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Diversas reações podem ser usadas como indicadores para o estresse mecânico e metabólico. O nível de fadiga neuromuscular e as respostas fisiológicas podem ser medidas por meio de alterações na contração muscular voluntária máxima (MVC), lactato sanguíneo (LS), classificação do esforço percebido, o edema muscular e a frequência cardíaca (FC). Demonstrou-se que o aumento da hidratação intracelular (edema muscular) ocorre principalmente com exercícios cujo predomina a glicólise anaeróbia, por meio do acúmulo de metabólitos, podendo ser considerado também um potencial indicador de estresse metabólico, além do acúmulo de metabólitos. Já a frequência cardíaca é frequentemente usada para avaliar a carga interna em atletas e a intensidade de treinamento podendo ser utilizada para indicar o nível de estresse induzido pelo treinamento (FINK et al., 2018).

Takada (2000) também demonstrou que a hipóxia contribui para o aumento da hipertrofia, mesmo na ausência de exercícios. O autor constatou que duas sessões diárias de treinamento utilizando a oclusão vascular diminuíram significativamente a atrofia muscular em um grupo de pacientes em estado de cama (TAKARADA; TAKAZAWA, 2000). Dados semelhantes foram observados por Kubota et al (2008), onde o treinamento com oclusão vascular demonstrou um efeito protetor sobre a força e na área de secção transversa muscular em pacientes com a perna imobilizada durante um período de 2 semanas (KUBOTA, 2008). Takarada et al. (2000) também demonstrou que quando combinada com exercícios, a oclusão vascular demonstrou maior efeito sobre a hipertrofia muscular, ele dividiu 24 mulheres em 3 grupos, o grupo A utilizou de exercícios em baixa intensidade (50% 1RM) com oclusão vascular, o

grupo B utilizou os mesmos exercícios em baixa intensidade (50% 1RM) sem oclusão vascular, e o terceiro grupo, grupo C, utilizou os mesmos exercícios em alta intensidade sem oclusão vascular (80% 1RM). Após 16 semanas, o grupo que realizou treinamento de baixa intensidade com oclusão vascular apresentou um aumento significativamente maior na área de secção transversa muscular quando comparados ao grupo B e quando comparado ao grupo C, apresentou ganhos semelhantes na hipertrofia muscular (TAKARADA, 2000). O treinamento com hipóxia muscular causa um aumento do acúmulo de lactato, maior inchaço muscular e também leva a elevações hormonais e de citocinas (SCHOENFELD, 2010; TAKARADA; NAKAMURA, 2000). Outro potencial fator importante para a hipertrofia através do exercício com hipóxia é a maior produção de espécies reativas de oxigênio que junto com o óxido nítrico, demonstraram aumentar a proliferação de células satélites, o que consequentemente levaria a maior crescimento do músculo esquelético (TANIMOTO, 2008; KAWADA, 2005; SCHOENFELD, 2010) o aumento do fluxo sanguíneo pós-exercício isquêmico também é um fator importante para a hipertrofia, pois este permite a entrega de maiores quantidades de agentes anabolizantes e também ajudam na proliferação de células satélites (VIERCK, 2000; TAKARADA; TAKAZAWA, 2000; SCHOENFELD, 2010).

Aumentos na proliferação de células satélites, demonstraram andar de maneira simultânea com o aumento na síntese de proteína muscular, demonstrando que mecanismos autócrinos e parácrinos agem de forma sinérgica para maiores adaptações hipertróficas durante o treinamento resistido utilizando oclusão vascular (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Outros artigos também demonstraram a importância do estresse metabólico para a hipertrofia, pois este aumenta a síntese proteica (BURD, 2012), o recrutamento de fibras musculares (CARPINELLI, 2008; SCHOENFELD, 2011), as respostas hormonais e inchaço das células musculares (SCHOENFELD, 2013) entre outros fatores já expressos no capítulo. Alguns outros potenciais indicadores que podem ser utilizados para verificar o nível são o nível de GH (GOTO, 2005; GENTIL, 2006) e o inchaço muscular agudo (FINK; KIKUCHI; NAKAZATO, 2018).

TREINAMENTO METABÓLICO VS. TREINAMENTO TENSIONAL

Durante o exercício resistido, as fibras musculares do tipo I são recrutadas inicialmente e quando maiores intensidades são empregadas mais unidades motoras são ativadas assim recrutando as fibras musculares do tipo II, estas devem ser trabalhadas para otimizar a hipertrofia já são mais responsivas à hipertrofia e são geralmente maiores (PEARSON; HUSSAIN, 2015;). Antigamente acreditava-se que o treinamento resistido só poderia induzir o crescimento muscular quando a intensidade do exercício utilizada era maior que 65% de 1RM, porém, mais recentemente, já se demonstrou que o uso de baixas cargas com restrição do fluxo sanguíneo também apresentam grandes efeitos hipertróficos (KUBOTA, 2008; SCHOENFELD, 2010). Isso porque a redução no fluxo sanguíneo induz um ambiente isquêmico/hipóxico que aumenta o efeito do exercício muscular, levando ao aumento da massa muscular e força (PEARSON; HUSSAIN, 2015; SCHOENFELD, 2010). O ambiente hipóxico, como dito anteriormente, induz o crescimento muscular através do aumento no recrutamento de fibras musculares, aumento da produção hormonal localizada, mecanotransdução, inchaço das células musculares e aumento produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e suas variantes, incluindo o óxido nítrico (PEARSON; HUSSAIN, 2015; SCHOENFELD, 2010; VIERCK, 2000). Porém, segundo Pearson (2015) alguns desses mecanismos, como o aumento do recrutamento de fibras musculares do tipo II e produção de espécies reativas de oxigênio, não são ativados em sua maior parte com o estresse metabólico e sim com maiores níveis de tensão mecânica, ou seja, com maiores intensidades de treinamento (PEARSON; HUSSAIN, 2015). Apesar do baixo nível de tensão mecânica durante o treinamento com oclusão vascular, é possível que os efeitos induzidos pela tensão mecânica em conjunto com o estresse metabólico contribuam sinergicamente propiciando as adaptações positivas do treinamento (PEARSON; HUSSAIN, 2015). Ambos tipos de estresse ativam mecanismos semelhantes para promover hipertrofia, contudo alguns desses mecanismos são mais ativados pela tensão mecânica (isto é, recrutamento de fibras de contração rápida) através de exercícios resistidos de alta intensidade, e outros pelo estresse metabólico através de exercícios de menores intensidades. Dessa forma, talvez o exercício resistido de intensidade moderada apresente uma combinação ideal de tensão mecânica e estresse metabólico, oferecendo assim maior potencial hipertrófico (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Foram investigados os efeitos do treinamento resistido utilizando diferentes cargas e intervalos e suas respostas na hipertrofia muscular e no ganho de força. Dez sujeitos treinados realizaram um treino com um curto período de descanso (30 segundos) combinado com cargas leves (20 RM), e dez sujeitos realizaram o mesmo protocolo com maior descanso (3 minutos) e cargas mais elevadas (8 RM). Após uma única sessão de treinamento, demonstrou-se que apenas o grupo com menores intervalos apresentou aumento significativo nos níveis de GH e, após o período de 8 semanas, a área de secção transversa de ambos os grupos apresentaram aumentos significativos. Assim, Fink et al. (2018) concluíram que um menor descanso combinado com cargas baixas pode induzir uma grande quantidade de estresse metabólico, levando a uma hipertrofia muscular semelhante ou até maior em comparação ao treinamento resistido com maiores intervalos, enquanto longos períodos de descanso combinados com altas cargas podem levar a maiores aumentos na força (FINK; KIKUCHI; NAKAZATO, 2018; SCHOENFELD, 2015). Fink et al. (2018) também relatou que o aumento nos níveis de GH pós-exercício parece não estar diretamente relacionado com a hipertrofia muscular (FINK; KIKUCHI; NAKAZATO, 2018). Ganhos musculares semelhantes também foram observados com diferentes cargas (30–80% 1 RM) utilizando um intervalo de descanso constante de 90 segundos (SCHOENFELD, 2015; FINK, 2018) e de 180 segundos (OGASAWARA, 2013), enquanto a força apresentou melhores resultados com o treinamento utilizando cargas mais elevadas (SCHOENFELD, 2015; FINK, 2018; OGASAWARA, 2013).

De encontro com as pesquisas anteriores, uma metanálise feita por Schoenfeld (2017) mostrou que o treino com cargas elevadas demonstrou maior melhora na força máxima, o que pode ser explicado pelo princípio da especificidade. Em relação à hipertrofia muscular, o treinamento com cargas mais elevadas também apresentou um resultado ligeiramente maior, porém, não significativo. Assim, indicando que tanto cargas pesadas quanto leves podem ser igualmente eficazes na promoção do crescimento muscular desde que o treinamento seja realizado com um alto nível de esforço (SCHOENFELD et al., 2017). Damas também demonstrou que ambos os treinamentos são igualmente eficazes em estimular a síntese de proteína muscular quando realizados até a fadiga (DAMAS et al., 2015).

Fink (2018) demonstrou que um treino utilizando drop-sets apresentou melhora mais de duas vezes maior na área de secção transversa muscular em comparação a

um protocolo de treinamento resistido comum (10% vs. 4%), ambos utilizando cargas semelhantes e, assim, concluiu que o aumento do tempo sob tensão aumentou a síntese protéica muscular e que o maior estresse metabólico pode aumentar o recrutamento de fibras musculares, respostas hormonais e inchaço celular, além de outras respostas anabólicas. Entretanto, quando o resultado se refere à força máxima, foi observado um aumento maior para os grupos que não utilizaram drop-sets, indo de acordo com pesquisas anteriores, mostrando que os aumentos de força dependem da carga (FINK et al., 2018; SCHOENFELD et al., 2017).

Dependendo da zona de carga utilizada, diferentes tipos de fibras musculares podem ser mais ou menos recrutadas. As cargas mais elevadas demonstraram influências maiores na área de secção transversa de fibras musculares do tipo II e cargas mais leves mostrando maiores resultados nas fibras musculares do tipo I, porém, nem todos os estudos tem comprovado esses resultados, necessitando assim de mais pesquisas nessa área para adquirir resultados relevantes (SCHOENFELD et al., 2017). Um estudo de Grgic (2018) demonstrou evidências que o exercício aeróbico, especificamente o ciclismo, leva à hipertrofia das fibras musculares tipo I, mas não a hipertrofia de fibras musculares do tipo II, sugerindo assim que atividades com um tempo de carga prolongado, com maior tempo sob tensão, podem predominantemente resultar em hipertrofia das fibras musculares do tipo I (GRGIC et al., 2018).

Na pesquisa de Lamas et al (2010), foram separados dois grupos, dos quais um realizou treinamento com alta carga (4-10 RM), enquanto o outro grupo realizou uma rotina de treinamento utilizando cargas na faixa de 30 a 60% de 1RM, realizando de 6 a 8 repetições na velocidade máxima que conseguissem tanto na fase concêntrica como excêntrica do movimento. Após 8 semanas, o grupo que utilizou cargas mais elevadas apresentou um aumento na área das fibras musculares tipo I, tipo IIa e IIx de 15%, 18%, e 41% respectivamente enquanto o grupo que realizou o treinamento com menores cargas apresentou um aumento de 15% nas fibras do tipo IIa e 19% nas fibras do tipo IIx, porém uma atrofia de 5% nas fibras de tipo I, sugerindo, assim, que o tempo sob tensão no grupo que utilizou cargas mais leves pode ser insuficiente para induzir suficiente fadiga muscular e, portanto, hipertrofia das fibras musculares do tipo I (LAMAS, 2010).

Vinogradova et al. (2013) também compararam os efeitos do treinamento utilizando tipos de carga, no entanto, em contraste com o estudo de Lamas, eles usaram um protocolo no qual o grupo de baixa carga utilizava cargas correspondentes a 50% de 1RM sem relaxamento, assim buscando a uma tensão muscular contínua enquanto o outro grupo utilizou uma carga correspondente 80 a 85% de 1RM. Os autores relataram um maior crescimento das fibras musculares do tipo I no grupo de menor carga, enquanto um maior crescimento de fibras musculares do tipo II ocorreram no grupo de cargas maiores (VINOGRADOVA, 2013). Usando um protocolo similar, Nettekoven et al. (2013) observaram os mesmos resultados em 14 homens destreinados, o que apoia ainda mais a noção de que o tempo sob tensão pode ser uma importante variável para induzir um maior crescimento de determinados tipos de fibra (NETTEKOVEN, 2013). De acordo com princípio de tamanho, o exercício resistido utilizando menores cargas até a falha muscular momentânea recrutam primeiramente as unidades motoras de menor limiar, para em seguida as unidades motoras de maior limiar serem recrutadas, portanto, no final do treinamento, o estresse metabólico entre os tipos de fibras musculares pode ser comparável, sendo este também o princípio com exercícios com cargas leves utilizando a restrição parcial do fluxo sanguíneo, que exerce um estresse maior nas fibras do tipo I e conseqüentemente maior hipertrofia dessas fibras (GRGIC et al., 2018).

Trabalhos anteriores também discutem a influência das espécies reativas de oxigênio na hipertrofia com os diferentes tipos de treinamento, segundo Pearson (2015) tanto a hipóxia quanto a reperfusão sanguínea podem aumentar ainda mais a produção de espécies reativas de oxigênio (PEARSON; HUSSAIN, 2015). No entanto, evidências apoiando a potencial contribuição do treinamento resistido com oclusão vascular para hipertrofia estão em conflito. Embora a hipóxia e a subsequente reperfusão associada à oclusão vascular tenham mostrado aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio, estudos de Takarada (2000) e Goldfarb (2008) não relataram aumentos nos marcadores de espécies reativas de oxigênio após um exercício resistido de baixa intensidade com oclusão vascular (TAKARADA, 2000; GOLDFARB; GARTEN; CHEE, 2008). Estes resultados discrepantes talvez possam ser explicados pelas diferenças dos estímulos entre os estudos. Goldfarb (2008) também comparou as respostas na produção de espécies reativas de oxigênio entre um protocolo de intensidade moderada e um protocolo de baixa intensidade com

oclusão vascular e encontrou níveis plasmáticos de proteína carbonila e proporção de glutathiona no sangue (indicadores de espécies reativas de oxigênio) significativamente maiores após o protocolo de exercícios de intensidade moderada sugerindo que a tensão mecânica exerce um papel fundamental na produção de espécies reativas de oxigênio (GOLDFARB; GARTEN; CHEE, 2008) .

Tanto a tensão mecânica quanto estresse metabólico são fatores primários na hipertrofia muscular, por isso parece razoável discutir que, no treinamento utilizando oclusão vascular, ambos contribuem sinergicamente para as adaptações hipertróficas através da estimulação da síntese de proteína muscular e da ativação e maior proliferação de células satélites, apesar do estresse metabólico apresentar um papel dominante. Entretanto, uma complicação que dificulta determinar o envolvimento de cada um deles em diferentes tipos de treinos é que a tensão mecânica e o estresse metabólico ocorrem em conjunto, podendo resultar em uma interpretação errônea dos mecanismos associados ao estresse metabólico quando, na verdade, eles são mais mediados por tensão mecânica ou vice-versa (PEARSON; HUSSAIN, 2015).

Além de todos os pontos já abordados, outro fator que deve ser observado é o índice de lesões em diferentes tipos de treinamento, segundo Schoenfeld (2018) tanto o treinamento com cargas mais elevadas como o treinamento com cargas mais leves podem ser igualmente seguros, pois apenas 2 dos 21 estudos analisados em pesquisa de Schoenfeld relataram efeitos adversos aos treinamentos, sendo uma lesão em cada tipo de treinamento (SCHOENFELD et al., 2017).

Segundo Willardson, limitar os intervalos de descanso a 60 segundos é comumente recomendado para maximizar a hipertrofia muscular (Willardson, 2008). No entanto, é importante notar que intervalos de descanso mais curtos demonstraram aumentar os níveis dos hormônios corticotropina e cortisol, ambos hormônios catabólicos (De Salles et al., 2009). Durante o descanso entre séries ocorrem os seguintes eventos: (a) reabastecimento do Sistema ATP-CP, (b) tamponamento de H^+ a partir de metabolismo energético, e (c) a remoção do lactato acumulado nos músculos (Ratamess et al., 2007) e restringir os intervalos de descanso pode dificultar o desempenho e o volume do treinamento (De Salles et al., 2009). Enquanto, intervalos de descanso mais longos permitem alcançar um maior volume de treinamento, maior regeneração de ligações de fosfato de alta energia, e também são menos exigentes metabolicamente (GRGIC et al., 2017).

CONCLUSÃO

Pode-se concluir, então, que tanto o estresse metabólico, através do maior acúmulo de lactato, maior produção de hormônios anabólicos, maior inchaço muscular, entre outros fatores, quanto o estresse tensional, através da maior produção de células satélites e mecanotransdução, atuam muitas vezes de forma sinérgica e sejam similarmente eficientes para a hipertrofia muscular. Ambos os tipos de treinamento também se mostraram igualmente seguros se feitos de maneira correta acompanhados por um profissional, entretanto quando o objetivo se encontra no aumento da força máxima, o treinamento com maiores cargas e maiores intervalos, ou seja, com maior estresse mecânico, se mostrou mais efetivo.

REFERÊNCIAS

- BURD N.A.; ANDREWS R.J.; WEST D.W et al. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **The Journal of Physiology** (2012); 590: 351–362.
- CARPINELLI, R. N. The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 6, n. 2, p. 67-86, 2008
- DAMAS, F. et al. A Review of Resistance Training-Induced Changes in Skeletal Muscle Protein Synthesis and Their Contribution to Hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 6, p. 801–807, 2015.
- DAMAS, F. et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. **The Journal of physiology**, 2017.
- FIGUEIREDO, V. C.; DE SALLES, B. F.; TRAJANO, G. S. Volume for Muscle Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 499–505, 2018.
- FINK, J. et al. Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 58, n. 5, p. 597–605, 2018.
- FINK, J.; KIKUCHI, N.; NAKAZATO, K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 38, n. 2, p. 261–268, 2018.
- FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 4 ed ed. [s.l: s.n.]
- GOLDFARB, A. H.; GARTEN, R. S.; CHEE, P. D. Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls : influence of partial vascular occlusion. p. 813–819, 2008.
- GOTO, K. et al. The Impact of Metabolic Stress on Hormonal Responses and Muscular Adaptations. p. 955–963, 2005.
- GRGIC, J. et al. The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 8, p. 983–993, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1340524>>.
- GRGIC, J. et al. Inducing hypertrophic effects of type I skeletal muscle fibers: A hypothetical role of time under load in resistance training aimed at muscular hypertrophy. **Medical Hypotheses**, v. 112, n. October 2017, p. 40–42, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mehy.2018.01.012>>.
- PEARSON, S. J.; HUSSAIN, S. R. A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. **Sports Medicine**, 2015.
- ROIG, M. et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults : a systematic review with meta-analysis. p. 556–568, 2009.
- SCHOENFELD, B. J. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistense Training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.

SCHOENFELD, B. J. The use of specialized training techniques to maximize muscle hypertrophy. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, 2011.

SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, 2013.

SCHOENFELD, B. J.; PETERSON M.D; OGBORN D. et al. Effects of low versus high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, 2015.

SCHOENFELD, B. J. et al. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3508–3523, 2017.

TAKARADA, Y.; NAKAMURA, Y. et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of Applied Physiology**, 2000.

TAKARADA, Y.; TAKAZAWA, H.; ISHII, N. Applications of vascular occlusions diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2035-2039, 2000.

TAKARADA, Y. et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 2097-2106, 2000.

TANIMOTO, M. et al. Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1926-1938, 2008.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European journal of applied physiology**, v. 97, n. 6, p. 643-663, 2006.

VINOGRADOVA, O. L. et al. Optimization of training: development of a new partial load mode of strength training. **Fiziologija cheloveka**, v. 39, n. 5, p. 71-85, 2013.

VIERCK, J. et al. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. **Cell biology international**, v. 24, n. 5, p. 263-272, 2000.