

**VARIÁVEIS DO TREINAMENTO DE FORÇA, OCLUSÃO VASCULAR
E HIPERTROFIA MUSCULAR: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA**Larissa Corrêa Barcelos¹
Paulo Ricardo Prado Nunes¹
Fábio Lera Orsatti^{1,2}**RESUMO**

O treinamento de força (TF) de intensidade baixa (15%-50% de 1-RM) associado à oclusão vascular (OC) promove hipertrofia muscular semelhantemente ao TF de intensidade alta (>70% de 1RM). Porém, não é clara a dose de TF necessária, combinado à OC, para promover e otimizar a hipertrofia muscular. O objetivo desta revisão foi investigar o efeito da intensidade e do volume do TF com a OC bem como o papel do nível de condicionamento dos participantes sobre a magnitude de resposta hipertrófica (MRH, % de alteração por sessão) do músculo esquelético, controlando o gênero (masculino), método de avaliação da hipertrofia (imagem de ressonância magnética), exercício (extensão de joelho) e músculo (quadríceps) utilizados. Os estudos que encontraram os critérios de inclusão relataram aumento significante na área de secção transversa do quadríceps. Observou-se associação positiva ($r^2 = 0,71$, $P = 0,034$) entre o nível de condicionamento e a MRH. No grupo sedentário a MRH foi menor, enquanto no grupo atleta foi maior. A associação entre a intensidade do TF e MRH não foi clara ($r^2 = 0,54$, $P = 0,098$) entre os estudos. Não houve associação da MRH com o volume ($r^2 = -0,03$, $P = 0,742$) e com a frequência ($r^2 = -0,13$, $P = 0,488$) do TF. A modesta quantidade de estudos selecionados suporta os efeitos hipertróficos do TF de intensidade baixa com OC. Entretanto, a MRH parece ser dependente do nível de condicionamento, mas não é clara a sua relação com a intensidade, volume e frequência de treinamento.

Palavras-chave: Programa de Exercícios com Peso. Oclusão Terapêutica. Músculo Quadríceps.

1-Membro do Laboratório de Pesquisa em Biologia do Exercício-BioEx, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

ABSTRACT

Strength training variables, vascular occlusion and muscle hypertrophy: a brief review of the literature

Several studies have supported the efficacy of low-intensity resistance training (15-50% of one repetition maximum) with vascular occlusion in promoting increased muscle mass and strength similar to those observed after high-intensity resistance training. However, little is known regarding the dose-response of acute variables of low-intensity resistance training with blood flow restriction on muscle mass and strength. This review investigated the impact of intensities and volumes of low intensity resistance training with blood flow restriction as well as fitness status of subject on the adaptation of muscle strength and size. This revision was controlled for gender, assessment method of hypertrophy (only use MRI-measured muscle size data), exercise (leg extension) and muscle (quadriceps). The few selected studies related increase in cross section area of quadriceps. There was correlations ($r^2 = 0.71$, $P = 0.034$) between fitness status and hypertrophy. There were not correlations between hypertrophy and intensity ($r^2 = 0.54$, $P = 0.098$), volume ($r^2 = -0.03$, $P = 0.742$) or frequency of training ($r^2 = -0.13$, $P = 0.488$). A modest amount of selected studies supports hypertrophic effect of low-intensity resistance training with vascular occlusion. However, hypertrophy seems to be dependent on the fitness level of individuals, but it is not to intensity, volume, and frequency of training.

Key words: Weight-Bearing Exercise Program. Therapeutic Occlusion, Quadriceps Muscle.

2-Professor Doutor do Departamento de Ciências do Esporte, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF), também conhecido como musculação ou treinamento com pesos, proporciona melhoria no desempenho esportivo e na saúde, pelo aumento da força e massa musculares.

A magnitude de respostas do TF é ditada pelas variáveis agudas do treinamento, tais como intensidade, volume, intervalo de descanso, velocidade do movimento, sequência e seleção dos exercícios (ACSM, 2009).

Especificamente, a intensidade do TF é descrita como a quantidade de resistência ou carga utilizada em um determinado movimento ou exercício.

A intensidade é expressa em percentuais (%) da carga máxima alcançada em apenas uma repetição, denominada como uma repetição máxima (1RM).

A utilização de intensidades altas ($\geq 70\%$ de 1RM) é um potente estímulo para recrutar um elevado número de fibras musculares, aumentar a síntese de proteína miofibrilares e ativar células satélites (células precursoras da miogênese) (ACSM, 2009).

Portanto, o conceito de utilizar intensidades elevadas para promover aumento da massa muscular é amplamente aceito e recomendado (ACSM, 2009).

Ao longo dos últimos 15 anos, uma série de evidências vem sugerindo que o TF de intensidade baixa ($\leq 50\%$ de 1-RM), quando realizado sob condição de fluxo sanguíneo reduzido (oclusão vascular), promove hipertrofia muscular semelhantemente ao TF de intensidade alta (Abe, Kearns e Sato, 2006; Fujita e colaboradores, 2008; Kacin e Strazar, 2011; Laurentino e colaboradores, 2012; Madarame e colaboradores, 2008; Ohta e colaboradores, 2003; Shinohara e colaboradores, 1998; Takarada, Sato e Ishii, 2002; Takarada e colaboradores, 2000; Takarada, Tsuruta e Ishii, 2004; Yasuda e colaboradores, 2011).

A oclusão vascular consiste na colocação de um torniquete na parte mais proximal do membro a ser exercitado para que o fluxo sanguíneo seja restringido durante o exercício. Takarada e colaboradores (2000) relataram que o TF de intensidade baixa ($\sim 50\%$ de 1RM) realizado com a oclusão vascular foi capaz de promover hipertrofia

muscular quando comparado ao mesmo TF, mas sem a oclusão vascular.

Além disso, esses autores mostraram que a resposta hipertrófica foi similar à observada no TF tradicional (80% de 1RM e sem a oclusão vascular) (Takarada e colaboradores, 2000).

A partir do estudo de Takarada e colaboradores (2000), outros estudos, utilizando diferentes intensidades do TF (20% até 50% de 1RM) e oclusão vascular, relataram resultados hipertróficos semelhantes (Abe e colaboradores, 2012; Loenneke e colaboradores, 2012a).

Além disso, exercício aeróbio de baixa intensidade (caminhada), que comumente não promove a hipertrofia muscular, quando realizado com a oclusão vascular resultou em aumento de, aproximadamente, 7% na área de secção transversa da coxa (Abe e colaboradores, 2006).

Essas evidências são importantes, pois torna o TF de intensidade baixa, quando associado à oclusão vascular, prático para condições na qual o TF tradicional (com carga elevadas) não pode ser utilizado, tais como integridades músculo-tendíneas e articulares comprometidas, pós-operatório, lesão ou condições neurológicas que resultam na incapacidade de ativar voluntária e completamente um músculo, como a paralisia cerebral (Manini e Clark, 2009).

Compreender a relação entre as variáveis do TF (intensidade e volume) e adaptação do músculo esquelético é importante para a criação de protocolos eficientes (ACSM, 2009).

Porém, os estudos sobre TF e oclusão vascular têm utilizado diferentes variáveis do TF em seus delineamentos, como, por exemplo, diferentes tipos de exercício de força, intensidades, volumes, períodos de treinamento e níveis de condicionamento dos participantes, dificultando a comparação de resultados e a determinação dos protocolos de TF mais eficientes com oclusão vascular.

Portanto, nesta revisão, nós resumizamos os resultados dos estudos sobre TF com oclusão vascular, padronizando o gênero, método de avaliação da hipertrofia, exercício e músculos utilizados.

Assim, baseado nos resultados padronizados dos estudos selecionados, relacionamos o nível de condicionamento físico e da intensidade e volume do TF com

magnitude de reposta hipertrófica (MRH) do músculo esquelético.

MATERIAIS E MÉTODOS

Busca na literatura e seleção dos artigos

Para a busca dos artigos, utilizou-se uma pesquisa em banco de dados PUBMED, SCILEO e LILACS através de palavras-chave utilizadas na língua inglesa como "(vascular occlusion OR ischemia OR ischemic OR flow restricted) and exercise and training" com filtros, quando foi permitido, para trabalhos originais realizados somente com humanos, homens com idade maior que 18 anos, publicados na língua inglesa, que gerou 494 artigos.

Como critério de seleção dos artigos utilizou-se: estudos que apresentaram indivíduos saudáveis do gênero masculino; idades entre 18 e 30 anos; TF realizado com o exercício de extensão de joelhos e oclusão vascular; grupo controle; músculos do quadríceps avaliados por meio de imagens de ressonância magnética (IRM) e informação sobre variáveis do TF (intensidade, volume e frequência de treinamento), condicionamento

físico dos indivíduos e mudança da área de seção transversa (AST) do músculo.

Na primeira seleção realizada nos resumos, 31 estudos se enquadraram nos critérios de inclusão descritos anteriormente.

A partir disso, realizou-se uma nova e última seleção minuciosa nos 31 estudos completos e somente seis se enquadraram nos critérios de seleção (Tabela 1 e 2).

Determinação da magnitude de resposta hipertrófica e associação das variáveis

Para comparar as diferentes variáveis de treinamento com a resposta hipertrófica, sem a interferência do período de treinamento (número de sessões), o percentual de hipertrofia foi corrigido pelo número total de sessões realizadas, o qual foi denominado de MRH como sugerido por Abe e colaboradores (2012).

Para determinar a associação entre as variáveis do treinamento e MRH foi utilizado a correlação linear de Pearson seguido do coeficiente de determinação (r^2). O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Os dados são apresentados gráficos de distribuição de pontos.

Tabela 1 - Características dos estudos selecionados.

N	Citação	Idade (anos)	Gênero	n	Nível de condicionamento	Mensuração	Pressão aplicada (mmHg)
1	Takarada e colaboradores (2004)	21,3 ± 0,6	M	18	Atletas	IRM	218
2	Takarada e colaboradores (2002)	25,9 ± 0,6	M	17	Atletas	IRM	200
3	Laurentino e colaboradores (2012)	20,3 ± 4,2	M	29	Ativos	IRM	94,8
4	Madarama e colaboradores (2008)	21,6 ± 2,4	M	15	Sedentários	IRM	200
5	Kacin e Strazar (2011)	22,5 ± 0,6	M	10	Ativos	IRM	230
6	Fujita e colaboradores (2008)	22,3 ± 2,9	M	16	Ativos	IRM	220

Legenda: M, gênero masculino; IRM, imagem de ressonância magnética.

Tabela 2 - Protocolos de treinamento utilizados nos estudos selecionados e o percentual de mudança da AST por sessão.

N	Citação	Tipo de Exercício	Intensidade (1RM)	Frequência Semanal	Período de intervenção	Protocolo (s)/ Grupos de Treinamento	Intervalo (min)	Mudança (AST)	Mudança /sessão (AST)
1	Takarada e colaboradores (2004)	Extensão de joelhos bilateral	~20%	2x	8 semanas	5 séries de 16 repetições	1	10,3%*	0,644%
2	Takarada e colaboradores (2002)	Extensão de joelhos bilateral	50%	2x	8 semanas	4 séries de 16 repetições	1	15%*	0,938%
3	Laurentino e colaboradores (2012)	Extensão de joelhos bilateral	20%	2x	8 semanas	3-4 séries de 15 repetições	1	6,3%*	0,394%
4	Madarame e colaboradores (2008)	Rosca direta, extensão e flexão de joelhos	30%	2x	10 semanas	1 série de 30 repetições + 3 séries de 15 repetições	0,5	4,35%*	0,218%
5	Kacin e Strazar (2011)	Extensão de joelhos unilateral	15% (CVM)	4x	4 semanas	4 séries até a falha	2	3,4%*	0,213%
6	Fujita e colaboradores (2008)	Extensão de joelhos bilateral	20%	2x/dia	6 dias	1 série de 30 repetições + 3 séries de 15 repetições	0,5	3,5%*	0,292%

Legenda: AST, área de secção transversa; CVM, contração voluntária máxima; OC, oclusão vascular; MMII, membros inferiores; NS, não significante; * diferença significante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nível de treinamento e resposta hipertrófica

Nós encontramos seis estudos que se enquadraram nos critérios estabelecidos. Tais estudos reportaram os seguintes níveis de condicionamento: sedentário (um estudo), ativo (três estudos) e atleta (dois estudos).

Madarame e colaboradores (2008) (estudo número 4) investigou o efeito do TF com oclusão vascular em sedentários e encontraram aumento de 4,3% na AST do quadríceps após 10 semanas de treinamento, resultando em aumento de 0,2% na AST por sessão treinamento.

Laurentino e colaboradores (2012) (estudo número 3), Kacin e Strazar (2011) (estudo número 5) e Fujita e colaboradores (estudo número 6) reportaram aumento médio de 0,3% na AST por sessão em indivíduos ativos.

Já os estudos de Takarada e colaboradores (2004) (estudos números 1 e 2) reportaram aumento médio de 0,8% na AST por sessão em atletas.

Na figura 1 é possível verificar a relação entre o nível de condicionamento físico e a MRH no músculo quadríceps. Houve uma associação positiva e significativa ($r^2 = 0,71$, P

$= 0,034$) entre o nível de condicionamento e a MRH.

Assim, dentre os estudos que encontraram os critérios de inclusão, aqueles que verificaram os efeitos do TF com oclusão vascular em atletas relataram maior MRH comparado aos estudos que utilizaram indivíduos ativos ou sedentários.

Esta adaptação favorável ao atleta pode estar atribuída ao fato que indivíduos mais condicionados apresentam síntese de proteína de repouso elevada e catabolismo muscular atenuado (Kim, Staron e Phillips, 2005; Phillips e colaboradores, 1999), podendo favorecer as suas repostas hipertróficas.

Indivíduos atletas são mais suscetíveis às lesões osteomioarticulares e, conseqüentemente, cirurgias. Tais condições levam à redução do movimento e, conseqüentemente, à redução da massa muscular, prejudicando o desempenho físico do atleta.

O TF tradicional com intensidades elevadas (Cargas >70% de 1RM) tem sido utilizado como uma intervenção eficiente para restabelecer a massa muscular em atletas (ACSM, 2009).

No entanto, nem sempre é possível a aplicação do TF de alta intensidade nas fases

iniciais de recuperação muscular após lesões e cirurgias.

Intervenções com o objetivo de promover o aumento da massa e força musculares nos momentos iniciais da recuperação são importantes para um retorno rápido do atleta as suas funções. Assim, a impossibilidade de intervenções precoce

retarda o retorno do atleta ao seu alto desempenho.

Neste sentido, os resultados dos estudos aqui selecionados sugerem que o TF com baixa intensidade e oclusão vascular pode ser uma alternativa eficaz na recuperação/tratamento precoce de atletas lesionados.

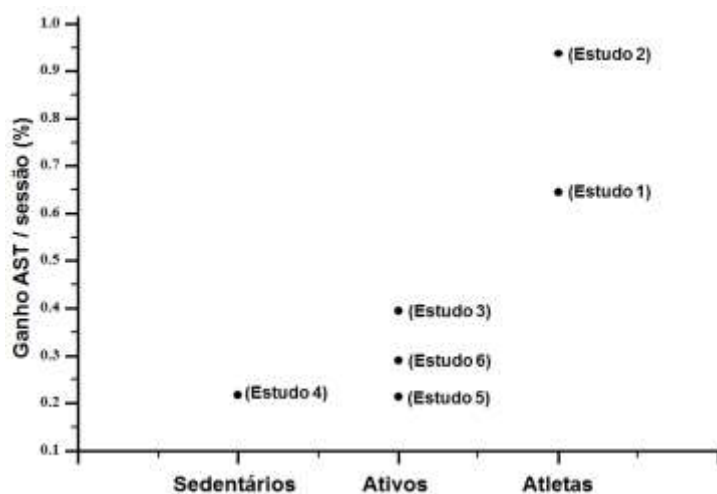


Figura 1 - Relação entre o nível de condicionamento físico dos indivíduos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).

Variáveis do TF e hipertrofia muscular

Intensidade

Visto que altas intensidades no TF são indicadas para promover aumento da massa muscular (ACSM, 2009), o presente estudo investigou a relação entre a MRH e as intensidades usadas nos estudos com oclusão vascular.

Os estudos 1, 3 e 6 utilizaram a intensidade de 20% de 1RM, enquanto os demais estudos utilizaram intensidades de 15%, 30% e 50% de 1RM (tabela 2).

O estudo que utilizou a maior intensidade (estudo 2; 50% de 1RM) apresentou a maior MRH (MRH = 0,9%). Quando comparado os estudos com a menor (15% de 1RM) e a maior (50% de 1RM) intensidades, houve uma diferença de 350% na MRH (0,2% vs. 0,9% por sessão, respectivamente).

Adicionalmente, entre os dois estudos que utilizaram atletas, os quais mostraram as maiores MRH, o estudo que utilizou maior

intensidade (50% de 1 RM) mostrou maior MRH (0,9%).

Abe e colaboradores (2012), em revisão da literatura, observou uma associação entre intensidade do exercício com a oclusão vascular e MRH (Abe e colaboradores, 2012).

Os autores mostraram correlação positiva e significativa entre as intensidades de 10%, 20% e 30% e MRH (0,1% até 0,5% ganho/sessão).

Por outro lado, quando comparado os estudos que utilizaram a mesma intensidade (20% de 1RM) houve uma variação maior que 100% na MRH (estudo 6 v.s. estudo 1).

Adicionalmente, quando avaliada a associação entre a intensidade de treinamento e MRH em todos os estudos juntos, o resultado não apresentou uma resposta clara ($r^2 = 0,54$, $P = 0,098$) (figura 2).

Diferentemente dos resultados mostrados por Abe e colaboradores (2012), cinco dos seis estudos selecionados aqui que utilizaram intensidades entre 15% e 30% de 1RM não mostraram associação entre a

intensidade e a MRH (figura 2). Por exemplo, o estudo 5 encontrou um MRH de 0,2% utilizando uma intensidade de 15% de 1 RM, o estudo 4 uma MRH de 0,2 utilizando 30% de 1 RM e o estudo 6 uma MRH de 0,3 utilizando 20% de 1RM.

Uma possível diferença entre o estudo de Abe e colaboradores (2012) e o nosso é que nós utilizamos critérios padronizados, enquanto Abe e colaboradores (2012) consideraram os exercícios de caminhada com oclusão vascular representando as menores intensidades de treinamento e, também, diferentes grupamentos musculares para as comparações.

Portanto, embora observada aqui um coeficiente de determinação de 54% entre intensidade e MRH, a falta de significância na correlação entre intensidade e MRH ($r^2 = 0,54$, $P = 0,098$) e a elevada variação nas MRH dentro da mesma intensidade (>100%) não nos permitiu determinar uma relação clara entre intensidade do TF com oclusão vascular e MRH (Figura 2).

Portanto, os resultados sugerem que há a necessidade de estudos futuros para determinar se existe intensidade ideal do TF com oclusão vascular para promover hipertrofia.



Figura 2 - Relação entre a intensidade do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).

Volume e frequência de treinamento

As figuras três e quatro mostram a relação da MRH com o volume diário e com a frequência de treinamento utilizados nos estudos, respectivamente. O volume diário foi calculado multiplicando o número total de repetição pela intensidade (% de 1RM).

A frequência foi simplesmente a quantidade de sessões de treinamento por semana. Para o volume, cinco dos seis estudos utilizaram volume diário entre 1000 a 3200 (repetições x intensidade).

Um estudo utilizou um alto volume, 12000. O estudo que apresentou maior MRH utilizou volume de 3200, enquanto o estudo que utilizou volume de 1750 relatou a menor

MRH. Não houve associação da MRH com o volume ($r^2 = -0,03$, $P = 0,742$).

Quatro dos seis estudos utilizaram frequência semanal de duas vezes na semana. Dos dois estudos restantes, um deles utilizou quatro e seis dias de TF na semana.

O estudo que apresentou maior MRH realizou o TF duas vezes na semana (estudo 2), mas o estudo que relatou a menor MRH também utilizou duas vezes na semana (estudo quatro).

Houve uma variação na MRH de aproximadamente 340% entre os estudos que realizaram o TF duas vezes na semana. Não houve associação da MRH com a frequência ($r^2 = -0,13$, $P = 0,488$) do TF.

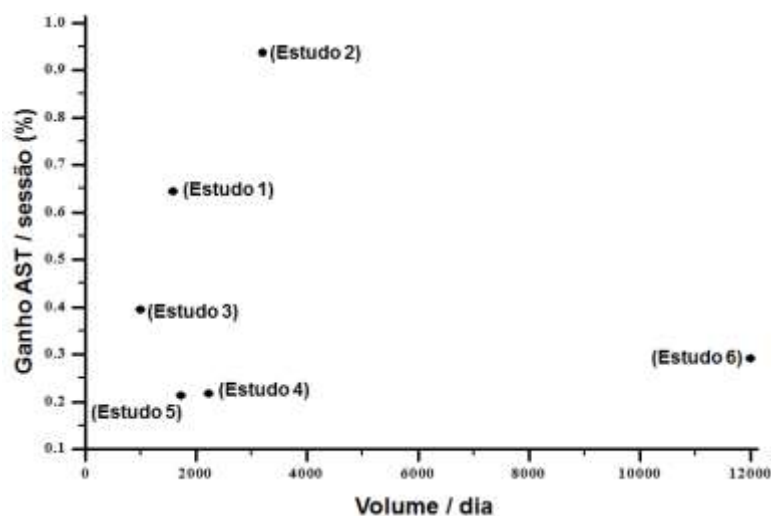


Figura 3 - Relação entre o volume por dia do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).

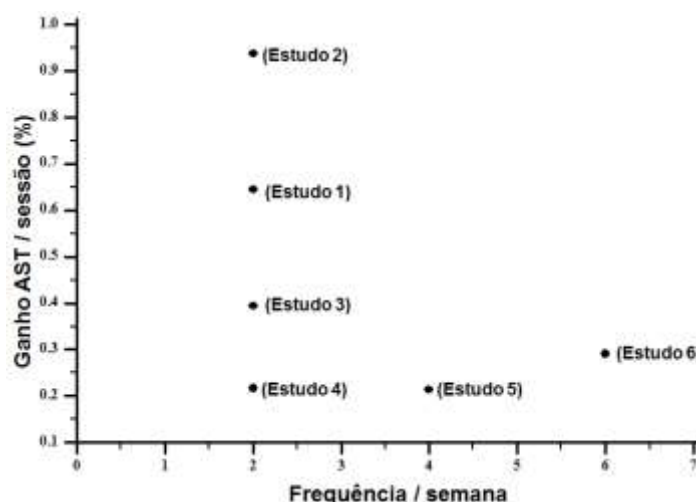


Figura 4 - Relação entre a frequência semanal do exercício de extensão de joelhos e os ganhos percentuais na área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps por sessão de treinamento (Gráfico de distribuição de pontos).

Os estudos selecionados sugerem que a MRH não é afetada pelo volume e frequência de treinamento. Assim, semelhantemente ao TF tradicional (alta intensidade e sem oclusão vascular) parece que a dose-resposta entre o volume do TF de baixa intensidade associado à oclusão vascular e MRH não ocorre de forma linear (Loenneke e colaboradores, 2011; Martin-Hernandez e colaboradores, 2013).

Estes dados são semelhantes aos relatados recentemente por Martín-Hernández

e colaboradores (2013) (Martin-Hernandez e colaboradores, 2013).

Estes autores concluíram que mesmo dobrando o volume do TF com a oclusão vascular, de quatro para oito séries, não houve benefício para o ganho de massa e força musculares.

Estudos prévios realizados com TF tradicional têm sugerido um possível limiar de volume (Burd e colaboradores, 2010; Gonzalez-Badillo e colaboradores, 2006; Wernbom e colaboradores, 2007), o qual aumentos além deste limiar não são

vantajosos para otimizar os ganhos de massa muscular.

Neste contexto, os estudos selecionados relataram volume entre 1000 e 12000 (repetições x intensidade) com três ou mais séries de exercício.

O volume que mostrou maior MRH utilizou volumes de 3200 (estudo 2), mas o estudo que utilizou um volume cinco vezes maior (estudo 6) não apresentou benefícios adicionais.

No entanto, o baixo número de estudos selecionados nesta revisão dificulta a identificação de um limiar.

Além disso, não foi possível identificar um volume mínimo para promover hipertrofia, pois todos os estudos apresentaram aumento de massa muscular após a intervenção.

Assim, há a necessidade de estudos futuros para resolver estas questões.

TF com oclusão vascular e hipertrófia: aspectos fisiológicos

É sugerido que intensidades elevadas (>60% de 1RM) de TF proporcionam uma elevada síntese de proteína e, conseqüentemente, a hipertrofia muscular (ACSM, 2009; Campos e colaboradores, 2002; Kumar e colaboradores, 2009).

Kumar e colaboradores (2009) forneceram evidências de uma relação dose-resposta sigmóides entre intensidades do TF, sem oclusão vascular, e síntese proteica miofibrilar, com platô entre 60% e 90% de uma repetição máxima (1RM) (Kumar e colaboradores, 2009).

Complementarmente, Campos e colaboradores (2002) encontraram hipertrofia muscular no TF de intensidade alta ($\geq 70\%$ de 1RM), mas não com intensidades baixas ($\leq 50\%$ de 1RM) (Campos e colaboradores, 2002). Portanto, para o TF sem a oclusão vascular é possível promover elevada síntese proteica miofibrilar com intensidade a partir de 60% de 1RM e, conseqüentemente, hipertrofia (ACSM, 2009).

No entanto, os estudos selecionados aqui relataram aumentos significantes de massa muscular (Tabela 2), mesmos aqueles que utilizaram intensidade de 15% de 1RM. Isto sugere que TF com baixa intensidade (<50% de 1RM), quando associado à oclusão vascular, promovem hipertrofia musculares.

Obstruir o fluxo sanguíneo resulta em oclusão do retorno venoso e fluxo arterial turbulento (Manini e Clark, 2009).

Dessa forma, há um aumento da ativação muscular em consequência do acúmulo de metabólitos e redução de oxigênio.

Ambas as conseqüências aumentam a atividade neuromuscular de forma compensatória, afetando o padrão de recrutamento muscular e aumentando a participação de unidades motoras (fibras do tipo II) (Shinohara e colaboradores, 1998; Takarada e colaboradores, 2000). Conseqüentemente, o maior recrutamento de fibras pode estimular uma robusta resposta na síntese proteica miofibrilar e hipertrofia (Burd e colaboradores, 2012; Loenneke e colaboradores, 2011).

Outro mecanismo que contribui para a hipertrofia observada com a oclusão vascular é o "inchaço" celular decorrente da acumulo de sangue no local (devido à oclusão) e migração do plasma para o interstício muscular, provocando um gradiente de pressão e um fluxo de plasma para dentro da célula muscular (Loenneke e colaboradores, 2012b; Schoenfeld e Contreras, 2014).

O inchaço celular pode inibir o catabolismo e induzir o anabolismo celular via mTOR (mechanistic target of rapamycin) e MAPK (mitogen-activated protein-kinase) (Loenneke e colaboradores, 2012n).

CONCLUSÃO

Nos limites do nosso conhecimento, esta é a primeira revisão da literatura sobre o TF associado à oclusão vascular que controlou o gênero, método de avaliação da hipertrofia, exercício e músculo utilizados pelos estudos.

Esta revisão identificou uma relação entre a MRH e nível de condicionamento físico, mas não entre MRH e volume ou intensidade do TF associado à oclusão vascular.

Assim, os estudos utilizados nesta revisão suportam que TF com intensidade baixa e combinado com oclusão vascular promove hipertrofia muscular, principalmente em atletas.

No entanto, esta adaptação muscular é independente da intensidade e volume utilizado.

As baixas quantidades de estudos encontrados sugerem que pesquisas futuras são necessárias para analisar especificamente as questões do volume e intensidade do TF com oclusão vascular, tais como limiares de otimização de respostas e quantidades mínimas necessárias para promover hipertrofia muscular.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais-FAPEMIG e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPEES.

Conflito de Interesses

Os autores declaram nenhum conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

1-Abe, T.; Kearns, C. F.; Sato, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol*. Vol. 100. Núm. 5. p.1460-1466. 2006.

2-Abe, T.; e colaboradores. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clin Physiol Funct Imaging*. Vol. 32. Núm. 4. p.247-252. 2012.

3-ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 41. Núm. 3. p.687-708. 2009.

4-Burd, N. A.; e colaboradores. Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. *J Physiol*. Vol. 588. Núm. 16. p.3119-3130. 2010.

5-Burd, N. A.; e colaboradores. Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. Vol. 37. Núm. 3. p.551-554. 2012.

6-Campos, G. E.; e colaboradores. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 88. Núm. 1-2. p.50-60. 2002.

7-Fujita, S.; e colaboradores. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *Int J KAATSU Train Res*. Vol. 4. Núm. 1. p.1-8. 2008.

8-Gonzalez-Badillo, J. J.; Izquierdo, M.; Gorostiaga, E. M. Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. *J Strength Cond Res*. Vol. 20. Núm. 1. p.73-81. 2006.

9-Kacin, A.; Strazar, K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports*. Vol. 21. Núm. 6. p.e231-241. 2011.

10-Kim, P. L.; Staron, R. S.; Phillips, S. M. Fasted-state skeletal muscle protein synthesis after resistance exercise is altered with training. *J Physiol*. Vol. 568. Núm. 1. p.283-290. 2005.

11-Kumar, V.; e colaboradores. Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. *J Physiol*. Vol. 587. Núm. 1. p.211-217. 2009.

12-Laurentino, G. C.; e colaboradores. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 44. Núm. 3. p.406-412. 2012.

13-Loenneke, J. P.; e colaboradores. Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. *Med Hypotheses*. Vol. 77. Núm. 5. p.748-752. 2011.

14-Loenneke, J. P.; e colaboradores. The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. *Med Hypotheses*. Vol. 78. Núm. 1. p.151-154. 2012a.

15-Loenneke, J. P.; e colaboradores. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 112. Núm. 5. p.1849-1859. 2012b.

16-Madarama, H.; e colaboradores. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 40. Núm. 2. p.258-263. 2008.

17-Manini, T. M.; Clark, B. C. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sport Sci Rev*. Vol. 37. Núm. 2. p.78-85. 2009.

18-Martin-Hernandez, J.; e colaboradores. Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scand J Med Sci Sports*. Vol. 23. Núm. 2. p.e114-120. 2013.

19-Ohta, H.; e colaboradores. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand*. Vol. 74. Núm. 1. p.62-68. 2003.

20-Phillips, S. M.; e colaboradores. Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *Am J Physiol*. Vol. 276. Núm. 1. p.e118-124. 1999.

21-Schoenfeld, B. J.; Contreras, B. The Muscle Pump: Potential Mechanisms and Applications for Enhancing Hypertrophic Adaptations. *Strength & Conditioning Journal*. Vol. 36. Núm. 3. p.21-25. 2014.

22-Shinohara, M.; e colaboradores. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. Vol. 77. Núm. 1-2. p.189-191. 1998.

23-Takarada, Y.; Sato, Y.; Ishii, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 86. Núm. 4. p.308-314. 2002.

24-Takarada, Y.; e colaboradores. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*. Vol. 88. Núm. 6. p.2097-2106. 2000.

25-Takarada, Y.; Tsuruta, T.; Ishii, N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *Jpn J Physiol*. Vol. 54. Núm. 6. p.585-592. 2004.

26-Wernbom, M.; Augustsson, J.; Thomee, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med*. Vol. 37. Núm. 3. p.225-264. 2007.

27-Yasuda, T.; e colaboradores. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 111. Núm. 10. p.2525-2533. 2011.

E-mails dos autores:
orsatti@ef.uftm.edu.br
fabiorsatti@gmail.com

Endereço para correspondência:

Fábio Lera Orsatti.

Universidade Federal do Triângulo Mineiro-UFTM, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Laboratório de Pesquisa em Biologia do Exercício Físico-BioEx
Av. Frei Paulino, 30. CEP: 38.025-180.
Phone: +55 (34) 3318-5067.

Recebido para publicação 01/06/2015

Aceito em 12/06/2016