

Felipe Guerra Torres

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA EM DIFERENTES
AMPLITUDES DE MOVIMENTO ARTICULAR NA HIPERTROFIA
MUSCULAR – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional - UFMG
2021

Felipe Guerra Torres

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA EM DIFERENTES
AMPLITUDES DE MOVIMENTO ARTICULAR NA HIPERTROFIA
MUSCULAR – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Ferreira Pedrosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, irmão e namorada por estarem sempre ao meu lado e me apoiarem em todos os momentos que mais precisei. Ao Prof. Ms. Edgardo Alvares de Campos Abreu, por colaborar com a organização e escrita deste trabalho. Ao meu Coorientador, Prof. Dr. Gustavo Ferreira Pedrosa, que me auxiliou durante todo o processo de estudo, escrita e correção e tornou-se uma referência não apenas acadêmica, mas também pessoal. Agradeço ao meu Orientador, Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas, exemplo profissional e pessoal, que com toda a sua experiência e conhecimento, aceitou me orientar durante essa trajetória.

RESUMO

O treinamento de força tem sido utilizado como um meio eficiente para a promoção da hipertrofia muscular. Todavia, os estudos que buscaram compreender o efeito da manipulação da amplitude de movimento articular (ADM) na resposta de hipertrofia após um período de treinamento apresentam resultados contraditórios. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática sobre o efeito da manipulação da ADM na resposta de hipertrofia muscular. A presente revisão sistemática foi conduzida conforme as diretrizes sugeridas pelo *Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols* (PRISMA-P). As bases de dados utilizadas para a busca dos artigos foram: Web of Science, PubMed Central, Scopus e Cochrane, utilizando as palavras-chave: (“*muscle hypertrophy*” OR “*muscle volume*” OR “*muscle mass*” OR “*muscle thickness*” OR “*cross-sectional area*”) AND (“*resistance training*” OR “*strength training*” OR “*training program*” OR “*dynamic training*” OR “*weight training*” OR “*maximum voluntary isometric contraction*” OR “*MVIC*”) AND (“*range of motion*” OR “*joint range of motion*” OR “*depth*”). A busca foi realizada entre os dias 28 de janeiro de 2021 e 9 de fevereiro de 2021, e os seguintes critérios de inclusão foram adotados: 1) estudos publicados na língua inglesa; 2) artigos completos e 3) publicações em revistas com revisão por pares (*peer-reviewed*), sendo excluídos aqueles que: 1) não foram realizados em humanos ou 2) não utilizaram dos recursos de ultrassonografia, ressonância magnética ou tomografia com método associado à análise da hipertrofia muscular. Ao final do processo de busca, foram selecionados oito estudos para análise. A qualidade metodológica desses estudos foi avaliada tendo como referência a escala PEDro, em que todos os estudos atingiram ou excederam uma nota mínima igual a sete pontos. Por meio da análise dos artigos selecionados, percebe-se que a ADM em que um exercício é executado influencia na resposta de hipertrofia muscular. Embora existam divergências na literatura, o treinamento realizado em maiores ADM parece resultar em maiores respostas hipertróficas. Entretanto, é preciso aumentar o número de estudos que investiguem o efeito da manipulação da ADM na resposta de hipertrofia muscular para a consolidação da tendência encontrada na presente revisão sistemática.

Palavras-Chave: Hipertrofia muscular. Treinamento de força. Amplitude de movimento. Revisão sistemática

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	MÉTODOS	7
2.1	Seleção dos artigos	7
2.2	CrITÉRIOS de inclusÃO dos estudos	8
2.3	Análise da qualidade dos artigos	8
3	RESULTADOS	9
4	DISCUSSÃO	15
4.1	ExercÍcios para membros superiores	15
4.2	ExercÍcios para membros inferiores	16
4.3	Faixa de ADM	18
4.4	Hipertrofia regionalizada	19
4.5	Tipo de amostra	19
4.6	Mecanismos	20
4.7	Limitações	20
5	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força é frequentemente indicado, entre outros, para a reabilitação física (KRISTENSEN; FRANKLYN-MILLER, 2011), melhora do desempenho físico de atletas (LESINSKI; PRIESKE; GRANACHER, 2016) e atenuação da sarcopenia e obesidade (DIELI-CONWRIGHT *et al.*, 2018). A prescrição do treinamento na musculação ocorre pela configuração das variáveis estruturais (LIMA; CHAGAS, 2015), sendo desejável a compreensão do impacto da manipulação destas variáveis nas respostas adaptativas, como a hipertrofia muscular. Entre estas variáveis, encontra-se a amplitude de movimento articular (ADM), entendida no presente estudo como a distância angular percorrida por uma articulação durante a realização de um exercício (NEWMIRE; WILLOUGHBY, 2018). A ADM pode ser prescrita em sua forma completa (ADM_c), quando a distância angular percorrida durante a realização do exercício compreende a faixa angular disponível na articulação ou próximo dela, ou parcial (ADM_p), quando apenas uma porção da faixa angular disponível é percorrida (NEWMIRE; WILLOUGHBY, 2018). Entretanto, os efeitos da prescrição de exercícios em diferentes ADM na hipertrofia muscular não estão claros, devido à divergência nos resultados dos estudos que investigaram esta associação.

Bloomquist *et al.* (2013) verificaram que após o treinamento com o exercício agachamento livre, o grupo ADM_c (de 0° a 120° de flexão de joelhos - 0° = joelho estendido) apresentou maior resposta de hipertrofia nos músculos anteriores da coxa comparado ao grupo ADM_p (0° a 60° de flexão de joelhos). Entretanto, Kubo, Ikebukuro e Yata (2019), após 10 semanas de treinamento com o exercício agachamento livre, não encontraram diferenças significativas no aumento do volume dos músculos extensores do joelho entre os grupos ADM_c (0° a 140° de flexão de joelhos) e o grupo ADM_p (0° a 90° de flexão de joelhos). Vale ressaltar que o grupo ADM_c apresentou um maior aumento no volume dos músculos glúteo máximo e adutores do que o grupo ADM_p. Por outro lado, Goto *et al.* (2019) verificaram após 8 semanas de treinamento no exercício tríceps testa que a área de secção transversa (AST) do tríceps braquial cabeça longa aumentou mais no grupo ADM_p (45° a 90° de flexão de cotovelo - 0° = cotovelo estendido) do que no grupo ADM_c (45° a 0° de flexão de cotovelo).

Ao comparar os resultados dos estudos acima citados, é possível notar uma discrepância, pois há estudos que demonstram uma superioridade na resposta de hipertrofia após o treinamento com ADMc em comparação ao treinamento com ADMp, bem como estudos que não demonstram este mesmo resultado. Esta inconsistência entre os resultados pode estar relacionada, entre outros fatores, às diferentes faixas de ADM prescritas para os grupos ADMc e ADMp, aos diferentes grupos musculares analisados, a carga de treinamento, a duração do treinamento e a amostra utilizada.

Diante da divergência relatada, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática, buscando ampliar o conhecimento sobre o efeito do treinamento de força em diferentes amplitudes de movimento articular na resposta de hipertrofia muscular.

2 MÉTODOS

2.1 Seleção dos artigos

A presente revisão sistemática foi conduzida conforme as diretrizes sugeridas pelo *Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols* (PRISMA-P) (SHAMSEER *et al.*, 2015; MOHER *et al.*, 2009). A busca foi realizada nas bases de dados eletrônicas Web of Science, PubMed Central, Scopus e Cochrane entre os dias 28 de janeiro de 2021 e 9 de fevereiro de 2021.

Nestas bases de dados foram pesquisadas as seguintes palavras-chave: (“*muscle hypertrophy*” OR “*muscle volume*” OR “*muscle mass*” OR “*muscle thickness*” OR “*cross-sectional area*”) AND (“*resistance training*” OR “*strength training*” OR “*training program*” OR “*dynamic training*” OR “*weight training*” OR “*maximum voluntary isometric contraction*” OR “*MVIC*”) AND (“*range of motion*” OR “*joint range of motion*” OR “*depth*”). As palavras “*maximum voluntary isometric contraction*” e “*MVIC*” foram incluídas na busca para serem utilizadas em outra revisão do grupo, e apenas os estudos que investigaram hipertrofia foram selecionadas para esta investigação. Os operadores booleanos AND e OR podem ser utilizados para criar uma pesquisa bastante limitada ou bem genérica, respectivamente. Em todas as bases de dados

esses termos combinados deveriam ser encontrados no título, resumo, palavras-chave ou no corpo do artigo.

2.2 Critérios de inclusão dos estudos

Foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão dos artigos: 1) estudos publicados na língua inglesa; 2) artigos completos e disponibilizados e 3) publicações em revistas com revisão por pares (*peer-reviewed*). Foram excluídos os estudos que: 1) não foram realizados em humanos ou 2) não utilizaram dos recursos de ultrassonografia, ressonância magnética ou tomografia como método para quantificar a análise da hipertrofia muscular.

A busca inicial nas bases de dados foi conduzida de forma independente por dois pesquisadores, seguida pela remoção dos registros com entrada duplicada (encontrados em mais de uma base de dados). Em seguida, os pesquisadores realizaram, ainda de forma independente, a triagem dos artigos por meio da leitura dos títulos e resumos. Os artigos pré-selecionados foram comparados e as discrepâncias resolvidas por um terceiro pesquisador. Este terceiro pesquisador, familiarizado à temática investigada, fez a leitura dos estudos na íntegra e, de acordo com os critérios de inclusão selecionou os artigos que seriam incluídos na presente revisão sistemática.

2.3 Análise da qualidade dos artigos

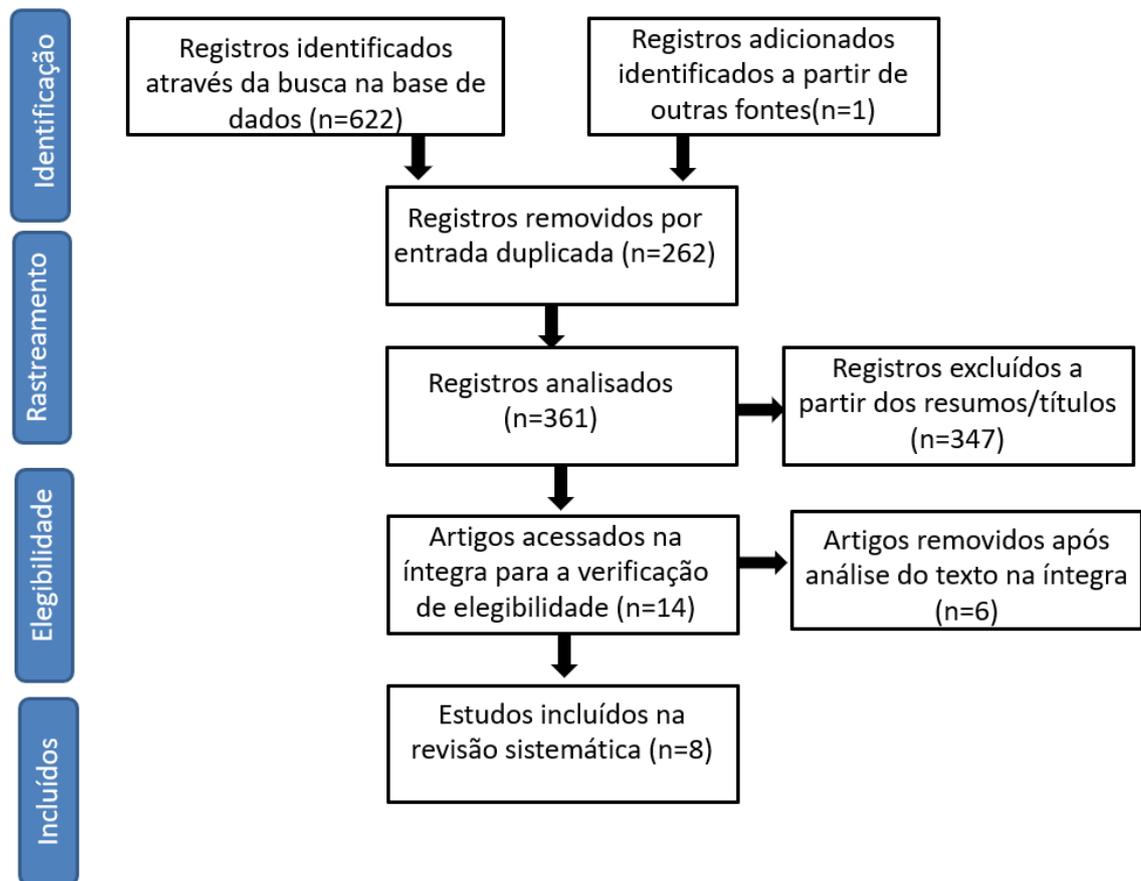
Foi empregada a escala PEDro para determinar a qualidade dos ensaios clínicos (MAHER *et al.*, 2003) com uma pontuação entre 0 e 10 pontos, em 10 critérios (itens). Os critérios avaliados compreendem: 1) aleatoriedade e sigilo da alocação, 2) similaridade nos valores das variáveis dependentes dos grupos na fase inicial (*baseline*), 3) especificação dos critérios de elegibilidade, 4) desconhecimento dos sujeitos sobre qual tratamento por ele seria executado, 5) desconhecimento dos pesquisadores sobre qual grupo de treinamento os sujeitos (amostra) foram alocados, 6) análise dos resultados às cegas, 7) medida da variável dependente de interesse de pelo menos 85% da amostra inicial, 8) análise do treinamento recebido por cada grupo, 9) descrição dos procedimentos estatísticos utilizados para a comparação entre

grupos e 10) apresentação das medidas de precisão e/ou variabilidade dos resultados encontrados (SAMPAIO; MANCINI, 2007). Houve um procedimento prévio entre os pesquisadores para alinhar o entendimento dos critérios da escala PEDro a serem analisados.

3 RESULTADOS

A seleção dos artigos foi realizada em cinco etapas (Figura 1). Na primeira etapa, 622 estudos foram acessados (Scopus: 267; PubMed: 125; Web of Science: 111; Cochrane: 119), sendo que um artigo identificado a partir de outras fontes foi incluído no processo de seleção. Em seguida, na segunda etapa, foram excluídos os artigos duplicados, ou seja, encontrados em mais de uma base de dados por meio do software *Rayyan QCR* de forma manual por ambos os pesquisadores, restando um total de 360 estudos indicados para a próxima etapa. Na etapa três, de acordo com a leitura dos títulos e resumos, os pesquisadores concordaram em 91,6% em suas decisões de incluir ou excluir os estudos, progredindo para a próxima fase apenas os artigos que abordassem o tema proposto nesta revisão. Dessa forma, os 13 potenciais trabalhos selecionados na fase anterior foram analisados por um terceiro pesquisador que, ao realizar a leitura na íntegra, excluiu seis trabalhos que não analisaram o efeito da manipulação da ADM na resposta de hipertrofia. Sendo assim, por decisão consensual entre os pesquisadores, restou na etapa final um total de oito artigos, que foram analisados na presente revisão (Figura 1).

Figura 1: Diagrama esquemática referente ao procedimento PRISMA.



Fonte: Moher *et al.*, 2009, p.267

Em seguida, foi avaliada a qualidade metodológica dos artigos através da escala PEDro. Todos os estudos foram avaliados individualmente por dois pesquisadores, e seus resultados foram combinados para apurar possíveis discrepâncias. Constatadas as divergências, um terceiro avaliador foi convidado a analisar os itens destoantes, sem conhecimento dos resultados anteriores. Sendo assim, a nota final dos itens divergentes foi dada por essa terceira análise, com todos os trabalhos atingindo ou ultrapassando uma nota mínima de sete pontos.

Dos artigos selecionados, sete estudos avaliaram os efeitos do treinamento entre a ADMc e a ADMp na hipertrofia muscular, e um estudo comparou a realização de duas ADMp com distância angular equiparada na resposta de hipertrofia. Estas e outras informações dos estudos, como, a amostra utilizada, a duração do treinamento, os exercícios executados, os grupos a serem comparados e os resultados das comparações entre os grupos na hipertrofia muscular estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Estudos que compararam diferentes ADM na hipertrofia muscular. (parte a)

Estudo	Amostra	Duração	Método de avaliação da hipertrofia	Frequência de treino	Exercícios	Grupos	Efeitos na Hipertrofia
BLOOMQUIST <i>et al.</i> (2013)	17 homens destreinados	12 semanas de treinamento	AST por meio de ressonância magnética	3 sessões semanais de 3-4 séries de 5-10 repetições	Agachamento Livre	ADMc (0°- 120° de flexão de joelhos)	AST aumentou em todas as áreas analisadas no grupo ADMc, enquanto no grupo ADMp foi observado um aumento apenas nas duas áreas mais proximais.
						ADMp (0°- 60° de flexão de joelhos)	Em todas as áreas analisadas houve um aumento maior no grupo ADMc. (Exceto na região muscular mais proximal).
GOTO <i>et al.</i> (2019)	44 homens treinados	8 semanas de treinamento	Espessura muscular por meio de ultrassonografia	3 sessões semanais de 3 séries de 8 repetições com intervalos de 1 minuto entre séries	Tríceps Testa	ADMc (0°- 120° de flexão de cotovelos)	Ambos os grupos aumentaram a AST significativamente. O grupo ADMp teve um aumento significativamente maior do tríceps braquial quando comparado com o grupo ADMc.
						ADMp (45°- 90° de flexão de cotovelos)	

Estudo	Amostra	Duração	Método de avaliação da hipertrofia	Frequência de treino	Exercícios	Grupos	Efeitos na Hipertrofia
KUBO; IKEBUKURO; YATA (2019)	17 homens destreinados	10 semanas de treinamento	Volume muscular por meio de ressonância magnética	2 sessões semanais de 3 séries de 8-10 repetições	Agachamento Livre	ADMc (0°- 140° de flexão de joelhos)	Ganhos similares dos grupos ADMc e ADMp no vasto lateral, medial e intermédio. Ganho significativamente maior no grupo ADMc no glúteo máximo e adutores.
						ADMp (0°- 90° de flexão de joelhos)	
MCMAHON et al. (2014a)	14 homens e 12 mulheres destreinados	8 semanas de treinamento	AST por meio de ultrassonografia	3 sessões semanais de 3 séries de 10-30 repetições (dependendo do exercício), com descanso de 90 segundos entre séries	Agachamento com barra; <i>leg press</i> ; extensão de joelhos; agachamento búlgaro; <i>Sampson chair</i>	ADMp (0°- 50° de flexão de joelhos)	A AST do vasto lateral aumentou significativamente em ambos os grupos de treinamento. Ganho significativamente maior no vasto lateral no grupo ADMc a 75% de comprimento muscular. Ganhos similares entre grupos a 25% e 50% de comprimento muscular.
		4 semanas de destreino				Grupo Controle	

Estudo	Amostra	Duração	Método de avaliação da hipertrofia	Frequência de treino	Exercícios	Grupos	Efeitos na Hipertrofia
MCMAHON <i>et al.</i> (2014b)	17 homens 14 mulheres destreinados	8 semanas de treinamento 4 semanas de destreino	AST por meio de ultrassonografia	3 sessões semanais de 3-4 séries de 8-10 repetições	Agachamento com barra; <i>leg press</i> ; extensão de joelhos; agachamento búlgaro; <i>Sampson chair</i>	ADMp final (40°-90° de flexão de joelhos) ADMp inicial (0°- 50° de flexão de joelhos) Grupo Controle	A AST do vasto lateral aumentou significativamente em ambos os grupos de treinamento. Ganhos significativamente maior apenas na região distal do músculo do grupo ADMp final em comparação ao grupos ADMp inicial.
PINTO <i>et al.</i> (2012)	40 homens destreinados	10 semanas de treinamento	Espessura muscular por meio de ultrassonografia	2 sessões semanais de 2-4 séries de 8-20 repetições com uma periodização manipulada sistematicamente de forma linear	Rosca <i>Scott</i>	ADM _c (0°- 130° de flexão de cotovelos) ADMp (50°- 100° de flexão de cotovelos) Grupo Controle	Ambos os grupos aumentaram a espessura muscular, porém sem diferenças estatísticas entre os grupos.

Estudo	Amostra	Duração	Método de avaliação da hipertrofia	Frequência de treino	Exercícios	Grupos	Efeitos na Hipertrofia
VALAMATOS <i>et al.</i> (2018)	19 homens destreinados	15 semanas de treinamento	Volume muscular por meio de ressonância magnética	3 sessões semanais de 2 séries de 6 (ADMc) ou 10 (ADMp) repetições com descanso de 1 minuto entre séries.	Extensão de Joelhos isocinética	ADMc (0° - 100° de flexão de joelhos)	Aumento significativo da AST em ambos os grupos de treinamento. Não houve diferenças significativas entre grupos.
						ADMp (0° - 60° de flexão de joelhos)	
						Grupo Controle	
WERKHAUSEN <i>et al.</i> (2021)	10 homens e 5 mulheres treinados	10 semanas de treinamento	Espessura muscular por meio de ultrassonografia	3 sessões semanais de 3-6 séries de 8 contrações concêntricas explosivas, com descansos de 3 segundos entre repetições e 2 minutos entre séries.	Leg Press 45°	ADMc (90° - 0° de flexão de joelhos)	Ambos os grupos aumentaram a espessura muscular após o treinamento, porém não foi realizado teste inferencial comparativo entre os grupos.
						ADMp (90° - 81° de flexão de joelhos)	

Fonte: Elaboração própria

4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática a respeito dos efeitos do treinamento em diferentes ADM na resposta de hipertrofia muscular. Dentre os artigos avaliados, dois analisaram a hipertrofia de músculos dos membros superiores e seis de músculos dos membros inferiores. Entre todos estes estudos, houve um que comparou a resposta de hipertrofia após a realização de duas faixas diferentes de ADMp, e os outros trabalhos compararam esta resposta após o treinamento entre ADMc e ADMp. De forma geral, a execução do treinamento de força em ADMc e ADMp promoveram a hipertrofia muscular. Entretanto, na comparação entre as condições de treinamento ADMc e ADMp, percebe-se uma superioridade do treinamento na ADMc em relação ao efeito hipertrófico, porém esta superioridade parece depender da faixa de ângulos que consiste o treinamento na ADMp, em que o treinamento realizado com o músculo envolvido alongado apresentou resultados similares ao grupo ADMc.

4.1 Exercícios para membros superiores

Dois estudos analisaram a resposta de hipertrofia muscular após o treinamento na ADMp e ADMc utilizando exercícios para membros superiores (GOTO *et al.*, 2019; PINTO *et al.*, 2012). Pinto *et al.* (2012) avaliaram o efeito de 10 semanas de treinamento com o exercício rosca *Scott* em ADMc e ADMp na espessura do músculo bíceps braquial em homens destreinados. Foi encontrado que ambos os grupos apresentaram maior aumento na espessura muscular que o grupo controle e não houve diferenças entre ADMc e ADMp.

Já no estudo de Goto *et al.* (2019) foram comparados o aumento da AST do músculo tríceps braquial em indivíduos treinados após oito semanas de treinamento com o exercício tríceps testa realizado em ADMc e ADMp. Após esse período, ambos os grupos apresentaram um aumento significativo na AST muscular quando comparado com os resultados do pré-treinamento. Entretanto, o grupo ADMp apresentou maiores aumentos de AST que o grupo ADMc.

A diferença de resultados encontrados entre ambos os estudos pode estar relacionada à frequência semanal de treino das amostras. Goto *et al.* (2019)

apresentaram uma sessão a mais por semana e o volume de séries e repetições durante o período de intervenção, com os sujeitos do estudo de Pinto *et al.* (2012) realizando 2-4 séries de 8-20 repetições, comparado a 3 séries de 8 repetições. Além disso, a carga de treinamento e os músculos investigados foram diferentes. Os grupos de treinamento de Goto *et al.* (2019) realizaram o exercício com 8RM (repetições máximas) para o músculo tríceps braquial cabeça longa. Os grupos de treinamento de Pinto *et al.* (2012) progrediram de 8RM para 20RM com o decorrer das semanas para o músculo bíceps braquial. Por fim, houve diferença na região muscular analisada entre ambos os estudos, de 50% (PINTO *et al.*, 2012) e 60% (GOTO *et al.*, 2019) do comprimento muscular. Considerando o pequeno número de estudos e as diferenças metodológicas entre os mesmos, ainda permanece em aberto a questão sobre a efetividade dos protocolos prescritos com diferentes ADM sobre a hipertrofia muscular envolvendo os membros superiores.

4.2 Exercícios para membros inferiores

Com relação aos músculos dos membros inferiores foram encontrados seis estudos, sendo que cinco compararam a resposta de hipertrofia após o treinamento na ADMp e ADMc, e o outro estudo analisou esta resposta após o treinamento em duas ADMp diferentes. Bloomquist *et al.* (2013) avaliaram a hipertrofia muscular dos músculos anteriores da coxa após 12 semanas de treinamento no exercício agachamento livre com barra na ADMc e ADMp. Analisando os resultados obtidos, o treinamento em ADMc hipertrofiou todas as regiões musculares analisadas (seis regiões – proximal, média e distal). Já na ADMp, houve hipertrofia apenas nas duas porções mais proximais analisadas, sendo que apenas o aumento na região mais proximal foi similar ao grupo ADMc. Vale ressaltar que as outras cinco regiões apresentaram maior hipertrofia após o treinamento na ADMc do que na ADMp. Kubo, Ikebukuro e Yata (2019) estimaram a hipertrofia muscular dos músculos anteriores (reto femoral, vasto lateral, vasto intermédio e vasto medial), posteriores (bíceps femoral cabeça longa e curta, semitendíneo e semimembranoso) e adutores (adutor magno, adutor longo e adutor curto) da coxa após o treinamento na ADMc e ADMp com o exercício agachamento. O treinamento de ambos os grupos resultou em aumento significativo do volume dos músculos extensores do joelho, com exceção do

reto femoral, sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Além disso, os músculos adutores da coxa e glúteo máximo hipertrofiaram em ambos os grupos, sendo que esses resultados foram significativamente maiores no ADMc. No estudo de McMahon *et al.* (2014a), o treinamento foi realizado com o exercício agachamento com barra livre, juntamente com outros exercícios de membros inferiores e, após a intervenção, foi medida a mudança de AST regional do músculo vasto lateral. Ambos os grupos hipertrofiaram todas as regiões analisadas (proximal, medial e distal). Entretanto, o grupo ADMc apresentou ganho significativamente maior que ADMp na porção mais distal do músculo.

Valamatos *et al.* (2018) compararam o volume do músculo vasto lateral pré e pós 15 semanas de treinamento isocinético com ADMc e ADMp utilizando o exercício extensão de joelhos. Após o período de treinamento, foi encontrado aumento significativo da AST em ambos os grupos, sem mudanças estatisticamente significativas entre grupos.

Já no estudo de Werkhausen *et al.* (2021), ao analisar o impacto de 10 semanas de treinamento concêntrico em diferentes ADM no aparelho *leg press* 45° na espessura muscular do vasto lateral, encontraram aumento na hipertrofia muscular em ambos os grupos, sem diferenças entre grupos relevantes.

Por fim, parece existir uma relação positiva entre o treinamento ADMc e ADMp com a hipertrofia muscular para os membros inferiores, com todos os estudos relatando hipertrofia significativa de ambos os grupos no pós-teste. Além disso, apesar das divergências encontradas quanto a comparação entre resultados da ADMp e ADMc, o treinamento em ADMc parece ser mais vantajoso para a hipertrofia dessa musculatura (BLOOMQUIST *et al.*, 2013; MCMAHON *et al.*, 2014) por percorrer ADM em que o músculo se encontra alongado.

As divergências dos estudos acima citados podem ter sido causadas pela escolha dos exercícios que compuseram as sessões de treinamento da amostra. Enquanto McMachon *et al.* (2014) utilizaram exercícios agachamento com barra livre, *leg press*, cadeira extensora, agachamento Búlgaro e *Sampson chair*, outros estudos (BLOOMQUIST *et al.*, 2013; KUBO; IKEBUKURO; YATA, 2019) submeteram os voluntários ao treinamento com agachamento livre. Além disso, houve diferença nas faixas articulares correspondes às ADM treinadas. No estudo de McMachon *et al.*

(2014), o grupo ADMc treinou de 0° a 90° de flexão de joelhos, faixa correspondente à ADMp da amostra de Kubo, Ikebukuro e Yata (2019).

4.3 Faixa de ADM

Foram encontrados estudos que compararam o treinamento em ADMc com diferentes faixas de ADMp. Em dois artigos, a ADMp foi realizada com o músculo sendo contraído em condição encurtada (BLOOMQUIST *et al.*, 2013; KUBO; IKEBUKURO; YATA, 2019), sendo que os resultados apresentados nesses estudos favoreceram a hipertrofia muscular do grupo ADMc em pelo menos uma região analisada. Valamatos *et al.* (2018), ao comparar o treinamento em ADMc com ADMp em condição de músculo alongado, encontraram semelhanças de resultados na hipertrofia muscular em ambos os grupos. Dessa forma, Goto *et al.* (2019) e Pinto *et al.* (2012) avaliaram a resposta hipertrófica em ADMp intermediária, com resultados divergentes entre os estudos. Goto *et al.* (2019) encontraram resultados semelhantes entre os grupos na hipertrofia muscular do bíceps braquial, enquanto Pinto *et al.* (2012) verificaram superioridade da hipertrofia muscular do músculo tríceps braquial cabeça longa no grupo ADMp.

Um estudo até o presente momento avaliou a resposta na hipertrofia da execução de exercícios em diferentes ADMp. McMahon *et al.* (2014b) utilizaram as ADM correspondentes a 0°-50° de flexão de joelhos (ADMp inicial) e 40°-90° de flexão de joelhos (ADMp final). Ao analisar a AST do músculo vasto lateral após o período de intervenção, ambos os grupos obtiveram aumento significativo da AST regional, com o grupo ADMp final apresentando resultados relativamente maiores em todas as regiões do músculo que foram analisadas, entretanto esse resultado foi significativo apenas na porção mais distal.

Sendo assim, os resultados sugerem que o treinamento ADMc parece ser superior apenas quando comparado com o treinamento ADMp em condição de músculo encurtado. Dessa forma, seria interessante mais estudos que avaliem o treinamento em diferentes ADMp (inicial e final) e suas respostas na hipertrofia muscular, uma vez que os resultados desse estudo sugerem uma maior hipertrofia

regionalizada da porção distal do músculo quando a contração da musculatura ocorre com maior comprimento muscular.

4.4 Hipertrofia regionalizada

Dos artigos avaliados na presente revisão, três apresentaram informações sobre a hipertrofia muscular em diferentes comprimentos musculares. Bloomquist *et al.* (2013) analisaram a hipertrofia dos músculos anteriores da coxa em seis regiões ao longo do músculo e verificaram que o treinamento na ADMc proporcionou maior hipertrofia distal do que o treinamento na ADMp. Corroborando com estes resultados, McMahon *et al.* (2014a) analisaram três regiões do músculo vasto lateral (próximo - distal) e perceberam que houve uma diferença significativa após o treinamento na ADMc e ADMp na hipertrofia muscular apenas na região distal do músculo, sendo maior no grupo ADMc. Nesse sentido, McMahon *et al.* (2014b) analisaram três regiões do vasto lateral e relataram que, quando comparado os grupos ADMp inicial e ADMp final, o grupo que executou o exercício com a musculatura alongada (ADMp final) apresentou ganhos significativamente maiores na porção distal do músculo.

Uma das características do treinamento ADMp é a restrição do percurso angular dos músculos envolvidos. Sendo assim, quando essa faixa parcial de ADM limita a contração muscular a ocorrer apenas em comprimentos encurtados, o exercício parece ser menos efetivo para a hipertrofia muscular quando comparado com o grupo ADMc.

4.5 Tipo de amostra

De forma geral, nos oito estudos presentes nesta revisão sistemática, seis trabalhos apresentaram em sua amostra indivíduos destreinados em treinamento de força dos membros inferiores. Além disso, três estudos possuíram amostra mista em relação ao sexo e cinco apresentaram apenas homens como amostra, sendo que nenhum destes oito estudos avaliou o resultado em mulheres de forma individualizada. Dentre os estudos com amostra mista, nenhum deles diferenciou os resultados obtidos entre homens e mulheres, necessitando mais estudos com o público feminino.

4.6 Mecanismos

O treinamento em ADMc parece ser mais benéfico para a promoção da hipertrofia muscular quando comparado com ADMp. Alguns mecanismos podem estar relacionados aos resultados dos estudos analisados. Assim como descrito por Gordon, Huxley e Julian (1966), quando o músculo se encontra em posição encurtada, há um aumento na sobreposição de filamentos de actina e miosina, que impede algumas pontes cruzadas das cabeças de miosina de se ligarem aos filamentos de actina e reduz a capacidade do músculo de produzir força. Entretanto, em posição alongada, essa sobreposição de filamentos de actina e miosina é reduzida, porém o distanciamento entre esses filamentos impede a conexão entre a cabeça da miosina e a actina, resultando em menor capacidade de produção de força.

Russ (2008) reportou que, em ratos, houve maior fosforilação de proteína quinase B (Akt) nos músculos estimulados eletricamente em posição alongada quando comparado com a posição encurtada. Sabendo que a Akt está relacionada à resposta hipertrófica do músculo esquelético, esses resultados sugerem possíveis sínteses proteicas aumentadas quando o músculo é treinado em ADM alongadas. Além disso, foi encontrado por McMahon *et al.* (2014b) um aumento significativo nos níveis de IGF-1 no grupo ADMp final comparado com ADMp inicial, devido a um possível maior estresse metabólico interno no exercício realizado com a musculatura alongada. De acordo com os resultados encontrados por Russ *et al.* (2014) e McMahon *et al.* (2014b), parece existir uma relação de maior ativação de vias associadas à síntese proteica muscular com a contração em maior comprimento muscular, se comparado com menor comprimento.

4.7 Limitações

A presente revisão se limitou aos poucos estudos envolvendo o efeito do treinamento em diferentes ADM na hipertrofia muscular que, em sua totalidade, foi realizado em amostra jovem e saudável, em que nenhum avaliou particularmente mulheres. Além disso, poucos foram os trabalhos que avaliaram esse efeito nos músculos do membro superior, sendo os que fizeram, possuíram diferentes exercícios para diferentes grupos musculares. Por fim, os protocolos prescritos para os grupos

ADM_c e ADM_p foram diferentes entre a maioria dos artigos e apenas um comparou duas diferentes ADM_p. Sendo assim, futuras investigações devem levar em consideração estes fatores e comparar o treinamento em ADM_p inicial, ADM_p final e ADM_c.

5 CONCLUSÃO

É possível notar na literatura disponível que a manipulação da variável ADM em protocolos de treinamento de força resultou em aumento significativo da AST, volume e espessura dos músculos testados, tanto para o bíceps e tríceps braquial, nos membros superiores, quanto para os extensores do joelho nos membros inferiores. Ao comparar os grupos, ADM_c, ADM_p inicial e ADM_p final, parece ser mais benéfico para a hipertrofia muscular realizar o treinamento em ADM que permitam a contração em um maior alongamento da musculatura alvo.

REFERÊNCIAS

- BLOOMQUIST, K. *et al.* Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. ***European Journal of Applied Physiology***, v. 113, n. 8, p. 2133–2142, 2013.
- DIELI-CONWRIGHT, C. M. *et al.* Aerobic and resistance exercise improves physical fitness, bone health, and quality of life in overweight and obese breast cancer survivors: A randomized controlled trial. ***Breast Cancer Research***, v. 20, n. 1, p. 1–10, 2018.
- 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.
- GORDON, A.; HUXLEY, A.; JULIAN, F. The variation in isometric tension with sarcomere. ***The Journal of Physiology***, v. 184, n. 1, p. 170–192, 1966.
- GOTO, M. *et al.* Partial range of motion exercise is effective for facilitating muscle hypertrophy and function through sustained intramuscular hypoxia in young trained men. ***Journal of Strength Conditioning Research***, v. 33, n. 5, 2019.
- KRISTENSEN, J.; FRANKLYN-MILLER, A. Resistance training in musculoskeletal rehabilitation: a systematic review. ***British Journal of Sports Medicine***, v. 46, n. 10, p. 719–26, 2012.
- KUBO, K.; IKEBUKURO, T.; YATA, H. Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. ***European Journal of Applied Physiology***, v. 119, n. 9, p. 1933–1942, 2019.
- LESINSKI, M.; PRIESKE, O.; GRANACHER, U. Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. ***British Journal of Sports Medicine***, v. 50, n. 13, p. 781–95, 2016.
- MAHER, C. G. *et al.* Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. ***Physical Therapy***, v. 83, n. 8, p. 713–21, 2003.
- MARIÁN, V. *et al.* Improved maximum strength, vertical jump and sprint performance after 8 weeks of jump squat training with individualized loads. ***Journal of Sports Science & Medicine***, v. 15, n. 3, p. 492–500, 2016.
- MCCMAHON, G. E. *et al.* Impact of range of motion during ecologically valid resistance training protocols on muscle size, subcutaneous fat, and strength. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, v. 28, n. 1, p. 245–55, 2014.

- MCMAHON, G. E. *et al.* Muscular adaptations and insulin-like growth factor-I (IGF-I) responses to resistance training are stretch-mediated. ***Muscle and Nerve***, v.49, n.1, p. 108-119, 2014.
- MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. ***PLoS Medicine***, v. 6, n. 7, p. e1000097, 21, 2009.
- NEWMIRE, D. E.; WILLOUGHBY, D. S. Partial compared with full range of motion resistance training for muscle hypertrophy. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, v. 32, n. 9, p. 2652–2664, 2018.
- PINTO, R. *et al.* Effect of range of motion on muscle strength and thickness. ***Journal of Strength & Conditioning Research***, v.26, n. 8, p. 2140-2145, 2012.
- RUSS, D. W. Active and passive tension Interact to promote akt signaling with muscle contraction. ***Medicine and Science in Sports and Exercise***, v. 40, n. 1, p. 88-95, 2008.
- SAMPAIO, R.F; MANCINI, M.C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese. ***Revista Brasileira de Fisioterapia***, v. 11, p. 83–89, 2007.
- SCHOENFELD, B. J; GRGIC, J. Effects of range of motion on muscle development during resistance training interventions: A systematic review. ***SAGE Open Medicine***, v. 8, p. 205031212090155, 2020.
- SEARLE, A. *et al.* Exercise interventions for the treatment of chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. ***Clinical Rehabilitation***, v. 29, n. 12, p. 1155–67, 2015.
- SHAMSEER, L. *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. ***BMJ***, v. 349, n. jan02 1, p. g7647–g7647, 2015.
- VALAMATOS, M. J. *et al.* Influence of full range of motion vs. equalized partial range of motion training on muscle architecture and mechanical properties. ***European Journal of Applied Physiology***, v. 118, n. 9, p. 1969-1983, 2018.
- VIGOTSKY, A. D.; CONTRERAS, B.; BEARDSLEY, C. Biomechanical implications of skeletal muscle hypertrophy and atrophy: a musculoskeletal model. ***PeerJ***, v. 3, p. e1462, 2015.
- VIGOTSKY, A. D. *et al.* Methods matter: the relationship between strength and hypertrophy depends on methods of measurement and analysis. ***PeerJ***, v. 6, p. e5071, 2018.
- YUAN, C. *et al.* Efficacy of ultrasound-, computed tomography-, and magnetic resonance imaging-guided radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma. ***Journal of Cancer Research and Therapeutics***, v. 15, n. 4, p. 784–792, 2019.

WERKHAUSEN, A. *et al.* Adaptations to explosive resistance training with partial range of motion are not inferior to full range of motion. ***Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport***, 2021.