







<https://doi.org/10.6063/motricidade.26668>

Artigo de revisão

Título curto: Restrição de Fluxo sanguíneo em populações clínicas

Efeito do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo na força muscular e capacidade funcional de populações clínicas: uma revisão sistemática

Effect of resistance training with blood flow restriction on muscle strength and functional capacity of clinical populations: a systematic review

Joamira Pereira de Araújo ^{1,2*}, Simoni Teixeira Bittar ¹, Edna Ferreira Pinto ¹, Adeilma Lima dos Santos ¹, Emily Karoline Bezerra Ribeiro ¹, Maria do Socorro Cirilo de Sousa ^{1,3}

¹Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa (PB), Brasil.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Juazeiro do Norte (CE), Brasil.

³Universidade Regional do Cariri – Crato (CE), Brasil.

***Autor correspondente:** Rua Pedro Ferreira Nunes, 871, bairro José Geraldo da Cruz – CEP: 63033-430 – Juazeiro do Norte (CE), Brasil.

E-mail: joamira10@hotmail.com

Conflito de interesses: nada a declarar. **Financiamento:** nada a declarar.

Recebido: 05/03/2021. Aceite: 27/09/2021

RESUMO

O objetivo do estudo foi revisar sistematicamente o efeito do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo no ganho de força muscular e capacidade funcional de populações clínicas. Esta pesquisa foi realizada nas bases de dados SCOPUS, WEB OF SCIENCE e MEDLINE/PubMed, desde os primeiros registros até novembro de 2021 e idioma em inglês. Os termos (“Blood flow restriction” OR “vascular occlusion” OR “Kaatsu training” AND “low intensity”) AND (“Strength Training” OR “resistance training” OR “Strength”) AND (“clinical populations” OR “elderly” OR “old” OR “hypertension” OR “diabetes” OR “myositis” OR “obesity” AND “chronic diseases”) AND (“functional capacity” OR “functionality” OR “muscle function”) foram usados. Ensaios clínicos (randomizados e não-randomizados) foram incluídos quando comparados com treinamento de força de alta intensidade, baixa intensidade, baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e grupo controle sem exercício físico. A qualidade das evidências foi avaliada pela escala *Testex*. Durante a pesquisa foram pré-selecionados e analisados 122 artigos e ao final da seleção, nove artigos preencheram todos os critérios de inclusão e especificações estabelecidas. Conclui-se que o treinamento de força associado à restrição de fluxo sanguíneo tem sido uma alternativa eficaz e tolerável na melhora da força muscular e capacidade funcional e, portanto, uma ferramenta potencial para população clínica.

PALAVRAS-CHAVE: isquemia vascular; populações clínicas; força; capacidade funcional.

ABSTRACT

The aim of the study was to systematically review the effect of resistance training with blood flow restriction on muscle strength and functional capacity of clinical populations. This research used SCOPUS, WEB OF SCIENCE and MEDLINE/PubMed databases from the first records until November 2021 and in English. The terms (“blood flow restriction” or “vascular occlusion” or “kaatsu training” and “low intensity”) and (“strength training” or “resistance training” or “strength”) and (“clinical populations” or “elderly” or “old” or “hypertension” or “diabetes” or “myositis” or “obesity” and “chronic diseases”) and (“functional capacity” or “functionality” or “muscle function”) were used. Clinical trials (randomised and non-randomised) were included when compared to high-intensity resistance training, low-intensity resistance training, low-intensity resistance training with blood flow restriction and a control group without physical exercise. The quality of the evidence was assessed using the Testex scale. During the research, 122 articles were pre-selected and analysed, and at the end of the selection, nine articles met all the inclusion criteria and established specifications. We conclude that resistance training associated with blood flow restriction has been an effective and tolerable alternative in improving muscle strength and functional capacity and, therefore, a potential tool for the clinical population.

KEYWORDS: vascular ischemia; clinical populations; strength; functional capacity.

INTRODUÇÃO

Diretrizes de práticas clínicas de reabilitação propõem intervenções no estilo de vida em populações acometidas por diabetes, hipertensão e miosites que, por consequência, sofrem com debilidades nas capacidades funcionais (Cross et al., 2014; Bryk et al., 2016). Com o intuito de restabelecer a qualidade de vida desses indivíduos os exercícios físicos são preconizados como tratamentos não farmacológicos. Os estudos em populações clínicas utilizam de 40-60% da pressão arterial de oclusão (PAO) (Slysz, Stultz, & Burr, 2016; Ladlow et al., 2018). Em contrapartida estudos indicam uma alternativa que demonstra efetividade para essa população, que é o treinamento de força associado ao uso da restrição de fluxo sanguíneo ou Kaatsu Training (Ladlow et al., 2018).

O método está baseado na restrição parcial do fluxo sanguíneo por meio de compressão externa proximal no esqueleto apendicular (superior ou inferior), com utilização de baixas cargas (20-40% da CVM) e muitas repetições (Karabulut, Abe, Sato, & Bembem, 2010), nomeadamente o treino de força de baixa intensidade associado à RFS (TF+ BI+ RFS). A diminuição do aporte sanguíneo produz um ambiente isquêmico dentro dos músculos, e acarreta elevado estresse metabólico (Pearson & Hussain, 2015) resultado do aumento do lactato e dos íons de hidrogênio e assim como, aumenta o fator de crescimento endotelial vascular, aumentando assim a biodisponibilidade de NO₂ intracelular; nesse tipo de treinamento. De forma a ocasionar o aumento da força por maior ativação de contração das fibras de contração rápida (tipo II) (Loenneke, Wilson, Wilson, Pujol, & Bembem, 2011; Woollard et al., 2011), a elevação da secreção de hormônios do crescimento, da síntese proteica e da hipertrofia muscular (Takarada et al., 2000; Loenneke, Wilson, & Wilson, 2010). Tais fatos viabilizam o uso da RFS para populações clínicas (Buford et al., 2015).

Apesar dessas informações iniciais possibilitarem e indicarem o treinamento de força com RFS para os casos clínicos, é pertinente analisar as evidências da literatura a respeito da efetividade ou não desse método nas variáveis dependentes que expressam os níveis da força e capacidade funcional. Desse modo é apresentada aqui a hipótese de que a RFS junto com o treinamento de força de baixa intensidade promovem benefícios na força e capacidade funcional das populações clínicas. Assim, os objetivos deste estudo foram: a) revisar sistematicamente o efeito do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo sobre a força e capacidade funcional de populações clínicas; b) comparar os efeitos do TF+ BI+ RFS,

treinamento de força de alta intensidade (TF+ AI) e de baixa intensidade (TF+ BI) nas capacidades funcionais em populações clínicas.

MÉTODO

Estratégia de pesquisa

A identificação dos artigos foi realizada nas bases de dados SCOPUS, WEB OF SCIENCE e PUBMED desde os primeiros registros até abril de 2019. A estratégia de pesquisa combinou os termos: (“Blood flow restriction” OR “vascular occlusion” OR “Kaatsu training” AND “low intensity”) AND (“Strength Training” OR “resistance training” OR “Strength”) AND (“clinical populations” OR “elderly” OR “old” OR “hypertension” OR “diabetes” OR “myositis” OR “obesity” AND “chronic diseases”) AND (“functional capacity” OR “functionality” OR “muscle function”).

Crítérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade usados foram: (a) se os participantes foram definidos pelo autor do estudo contendo algum desfecho clínico (diabéticos, hipertensos, idosos, miosites); (b) avaliação antes e após do treinamento da força muscular (isto é, dinâmica, isométrica ou isotônica) e da capacidade funcional; (c) comparação entre treinamento de força de alta intensidade (TF+ AI), treinamento de força de baixa intensidade (TF+ BI), treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo (TF+ BI+ RFS) e grupo controle sem exercício físico (GC); (d) $\text{score} \geq 10$ na escala *Testex* (Smart et al., 2015); (e) relato de média e desvio padrão (ou erros padrão) a partir de valores absolutos ou com estimativa de gráficos; (f) artigos publicados em inglês e em periódico científico. Caso não estivesse claro estes valores nos resultados, os dados foram solicitados diretamente aos autores.

Seleção de estudos e extração de dados

Títulos e resumos dos artigos selecionados foram avaliados por dois revisores (JPA e ALS), de forma independente, e decidiram quais artigos completos deveriam ser analisados. Em

caso de divergências, adotou-se um consenso ou, se necessário, um terceiro revisor avaliou o artigo (EPN). Um fluxograma PRISMA foi criado para detalhar o processo de seleção dos estudos (Figura 1).

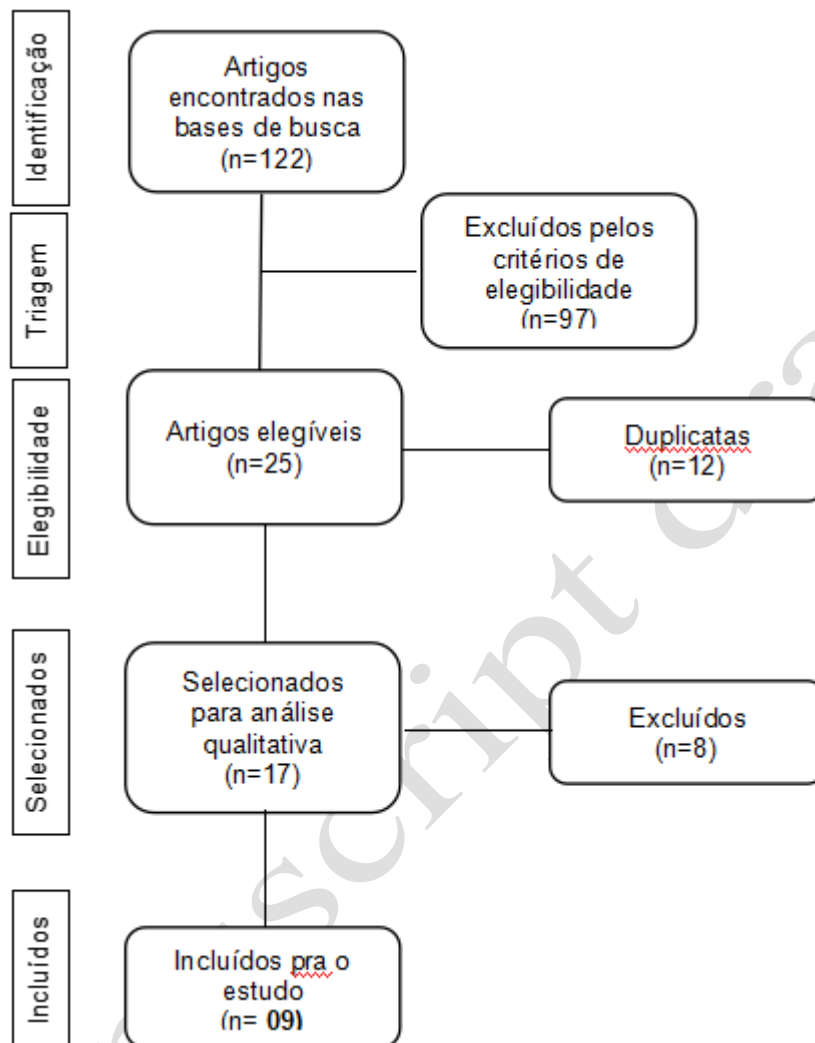


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos artigos incluídos na revisão sistemática.

Qualidade do estudo

A qualidade do estudo foi avaliada de acordo com a escala *Testex*. Trata-se de uma escala de avaliação de 15 pontos, composta por cinco pontos disponíveis para a qualidade do estudo e 10 para relato do estudo. Para a qualidade do presente estudo adotou-se um ponto de corte a partir de 10 pontos para ser inserido no estudo, uma vez que escores mais altos refletem maior qualidade (Tabela 1). A divisão desses pontos de qualidade é dada por meio de: critérios de elegibilidade (1 ponto), especificação da randomização (1 ponto), ocultação de alocação dos grupos (1 ponto), apresentação das características basais dos referidos grupos

sem diferenças (1 ponto) e cegamento de pelo menos um avaliador (1 ponto). Já pra os relatos dos estudos, observa-se: as medidas de desfecho avaliada (pelo menos 85% de adesão do paciente (1 ponto), relato de eventos adversos (1 ponto) e relato de atendimento ao exercício (1 ponto); intenção de tratar (1 ponto); comparações estatísticas entre grupos para desfecho primário (1 ponto) e secundário (1 ponto); medidas de variabilidade para o resultado (1 ponto); monitoramento da atividade do grupo controle (1 ponto); intensidade relatada do exercício (1 ponto) e volume do exercício e o gasto de energia (1 ponto).

Tabela 1. Qualidade metodológica dos estudos selecionados.

FORÇA	REVISOR 1	REVISOR 2
Giles et al. (2017)		
Karabulut et al. (2010)	12.0± 1.7	11.0± 1.0
Segal et al. (2015)		
FORÇA + CAPACIDADE FUNCIONAL		
Ladlow et al. (2018)		
Bryk et al. (2016)		
Cook et al. (2017)	12.0± 1.4	11.5± 1.2
Ferraz et al. (2018)		
Jørgensen et al. (2018)		
Tennent et al. (2017)		

RESULTADOS

Em relação às características dos estudos selecionados e incluídos (9 no total), as datas de publicação variaram entre 2010-2018, e foram todos artigos no idioma inglês. As amostras foram heterógenas, compreendidas em adultos jovens e idosos com alguma patologia e sintomatologia clínica, do sexo feminino e do sexo masculino. Os protocolos de intervenção dos estudos foram treinamento resistido, com ênfase nos membros inferiores que variavam no tempo mínimo de 3 semanas (Ladlow et al., 2018), e máximo de 12 semanas (Cook, LaRoche, Villa, Barile, & Manini, 2017; Ferraz et al., 2018; Jørgensen, Aagaard, Frandsen, Boyle, & Diederichsen, 2018), e com treinos de no mínimo 2 vezes por semana (Cook et al., 2017; Tennent et al., 2017; Ferraz et al., 2018; Jørgensen et al., 2018), e no máximo 3 vezes por semana (Karabulut et al., 2010; Segal, Williams, Davis, Wallace, & Mikesky, 2015; Bryk et al., 2016; Giles, Webster, McClelland, & Cook, 2017; Ladlow et al., 2018). Deve ser levado em consideração que no estudo de Ladlow et al. (2018), o grupo de treinamento com restrição de fluxo sanguíneo realizou a intervenção 2 vezes ao dia de segunda à quinta-feira e uma vez às sextas-feiras, logo realizava o protocolo diariamente, exceto no final de semana.

Quadro 1. Estudos que analisaram o treinamento de força associado à RFS na força muscular e capacidade funcional.

Autor/Ano	Amostra do Estudo	Tipo e Duração da Intervenção	Pressão do Manguito	Eventos Experimentais	Resultados
Karabulut et al. (2010)	<i>n</i> = 37 homens saudáveis (50 a 64 anos).	Treino de força para MMII (leg press e cadeira extensora) e MMSS (flexão posterior, levantamento de ombro e rosca direta), 3X/sem, com 1 min de intervalo entre as séries, por 6 semanas. 3X de 8 rep. p/ TF+ AI (80% 1 RM); 1X de 30 e 2X de 15 rep. p/ TF+ BI+ RFS (20% 1 RM). CON: não realizou exercício.	KAATSU (média de 205.4± 4.3 mmHg).	TF+ BI+ RFS (<i>n</i> = 13), (20% 1RM); TF+ AI (<i>n</i> = 13), (80% 1RM); CON (<i>n</i> = 11). Os manguitos permaneceram inflados durante as séries e desinflados entre os exercícios (5 – 10 min), no período de descanso.	Aumento de força MMSS e MMI no TF+ BI+ RFS e TF+ AI comparado ao CON**; ganhos de força similares entre os grupos de exercício (<i>p</i> > 0.050). Aumento na força de extensores de joelho do TF+ AI (42,6%) em relação ao TF+ BI+ RFS * e CON**.
Segal et al. (2015)	<i>n</i> = 40 mulheres (45 a 65 anos).	Treino de força de MMII (leg press bilateral), 3X/sem, por 4 semanas. 1X de 30 rep. e 3X de 15 rep. com 1 min de intervalo p/ TF+ BI com e sem RFS (30% 1 RM).	KAATSU (160 - 200 mmHg).	TFBI+ RFS (<i>n</i> = 19), (30% 1 RM); TF+ BI (CON, <i>n</i> = 21), (30% 1 RM). Os manguitos permaneceram inflados durante os exercícios e o intervalo.	Aumento na força isotônica e isocinética dos extensores do joelho (<i>p</i> = 0.030; <i>p</i> = 0.040) do TF+ BI+ RFS comparado ao TF+ BI, respectivamente.
Tennent et al. (2017)	<i>n</i> = 17 pacientes após artroscopia do joelho (18a 65 anos).	12 sessões de fisioterapia padrão supervisionada, o grupo com RFS adicionou 3 exercícios de força de MMII, por 6 semanas. 1X de 30rep. e 3X de 15rep. com 30 seg. de intervalo p/ GF+ RFS.	Manguitos personalizados (com a mesma largura e o comprimento variou conforme o comprimento da coxa).	GFP (<i>n</i> = 7); GF+ RFS (<i>n</i> = 10; 30% 1RM). Os manguitos permaneceram inflados durante toda a sessão.	Aumento na força de extensão (74.59%) e flexão (33.55) do GF+ RFS em comparação ao GFP (<i>p</i> = 0.030); Aumento significativo do TSL no GF+ RFS (<i>p</i> = 0.020).
Bryk et al. (2016)	<i>n</i> = 34 mulheres com osteoartrite de joelho (média de 61 anos).	Fortalecimento do quadríceps e alongamento, 3X/sem, por 6 semanas. 3X 10 rep p/ GFP e 3X 30 rep. p/ o GF + RFS.	Manguitos personalizados (200 mmHg).	GFP (<i>n</i> = 17), (70% 1 RM); GF+ RFS (<i>n</i> = 17), (30% 1RM); Os manguitos permanecem inflados durante os exercícios de quadríceps.	Não houve diferença entre GFP e GF+ RFS para força de quadríceps e teste TUGT, porém ambos evoluíram intra grupo com 6 sem de intervenção (<i>p</i> < 0.050).
Giles et al. (2017)	<i>n</i> = 69 participantes (H e M) com dor patelofemoral (20 - 33 anos).	Fortalecimento de leg press e extensão de joelho, 3X/sem, por 8 semanas com follow up de 6 meses. 7-10 rep. (7-10 RM) p/ GP, 1X 30 rep. e 3X 15 rep. com 30 seg de intervalo p/ GRFS.	Manguitos personalizados.	GP (<i>n</i> = 34), (70% 1RM), GRFS (<i>n</i> = 35), (30% 1RM). Os manguitos permaneceram inflados durante os exercícios e os intervalos.	Aumento na força isométrica (<i>p</i> = 0.070) dos extensores do joelho no GRFS comparado ao GP, com 8 sem. Nenhuma diferença entre os protocolos com 6 meses.
Cook et al. (2017)	<i>n</i> = 36 participantes (H e M), (≥ 65 anos).	Treino de força p/ MMII (cadeira extensora, cadeira flexora e leg press horizontal), 2X/sem, 12 semanas, 3X de cada exercício realizado até a fadiga com 60 seg de descanso entre séries e 3	Manguitos Hokanson (6 × 83 cm), (média de 184± 25 mmHg).	TF+ AI (70% 1RM); TF+ BI+ RFS (30% 1RM); CON (alongamento de MMSS e fortalecimento leve);	Aumento na força e na AST do TF+ AI em comparação ao CON*, com 6 sem de intervenção. Aumento na força de extensão do

		min entre exercícios (TF+ AI: 70% 1 RM; TF+ BI+ RFS: 30% 1 RM). CON: treino de resistência leve para MMSS (rosca direta, tríceps e elevação dos ombros).		Os manguitos permaneciam inflados durante as séries e os intervalos de um exercício, e desinflados entre cada exercícios.	joelho e leg press, mas significativamente menor que o TF+ AI**.
Ladlow et al. (2018)	n= 28 homens com lesões musculoesqueléticas dos MMII (19 - 49 anos).	Treino de força com leg press e cadeira extensora, 2X/dia de segunda à quinta-feira e 1X/dia de sexta-feira p/ TF+ BI+ RFS, 3X/sem p/ TF+ AI, durante 3 semanas; 1X 30rep. e 3X 15 rep. p/ TF+ BI+ RFS com 30 seg de intervalo entre as séries, 4X 6-8 rep. p/ TF+ AI.	Manguitos Schuco TourniCuff (10 cm de largura), 60% do PRFS.	TF+ BI+ RFS (30% 1RM), TF+ AI (70% 1RM); Os manguitos permaneciam inflados durante as séries e os intervalos de um exercício, e desinflados entre cada exercícios (3 min).	Aumento na AST, 5-RM leg press e 5-RM extensão do joelho para ambos os grupos**. O TF+ BI+ RFS apresentou uma melhora no escore do Y-balance**.
Ferraz et al. (2018)	n= 48 mulheres com osteoartrite de joelho (50 - 65 anos).	Treino de força p/ MMII (leg press e extensão do joelho), 2X/sem, por 12 semanas. 5X 10rep. p/ TF+ AI; 5X 15 rep. p/ TF+ BI+ RFS e TF+ BI, com 1 min de intervalo.	Manguitos (175 mm de largura × 920 mm de comprimento), (média de 97.4 ± 7.6 mm Hg).	TF+ AI (80% 1RM); TF+ BI+ RFS (30% 1 RM); TF+ BI (30% 1RM); Os manguitos permaneciam inflados durante toda a sessão.	Aumento na força de leg press (26 e 33%)**, extensão do joelho (23 e 22%)**, AST (7 e 8%)** nos grupos TF+ BI+ RFS e TF+ AI, respectivamente. Estes foram maiores que o grupo TF+ BI*. Aumento no TSL p/ TF+ AI (14%) e TF+ BI+ RFS (7%) comparado ao TFBI. Não houve diferença p/ TUGT entre os grupos e momentos ($p > 0.050$).
Jørgensen et al. (2018)	n= 22 pacientes com miosite (60 - 75 anos).	Treino de força p/ MMII (leg press, cadeira extensora, cadeira flexora, panturrilha e flexão de tronco), 2X/sem, 4X 25 rep. (25 Rm) p/ GRFS, 12 semanas. CON: não realizou exercício.	Manguitos Zimmer (100 mm de largura), (110 mmHg).	GRFS (9H e 2M), CON (9H e 2M), não realizavam exercícios. Os manguitos permaneciam inflados durante toda a sessão.	A força diminuiu (- 9.2%, $p = 0.020$) no CON, permaneceu inalterada (+ 0.9%, $p = 0.080$) no GRFS e na análise intergrupo houve diferença de $p = 0.020$. Não houve alteração para a variável capacidade funcional entre os grupos.

TF+ BI+ RFS: grupo treino de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo; TF+ AI: grupo treino de força de alta intensidade; TF+ BI: grupo treino de força de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo; CON: grupo controle; M: mulheres; H: homens; MMII: membros inferiores; MMSS: membros superiores; rep.: repetições; TSL: teste sentar e levantar da cadeira; TUGT: Teste Timed Up and Go; GFP: grupo fisioterapia padrão; GF+ RFS: grupo fisioterapia associada à RFS, GP: grupo padrão; GRFS: grupo restrição de fluxo sanguíneo; 1RM: teste de 1 repetição máxima; Rm: teste de repetições máximas; AST: área de secção transversa; PRFS: pressão de restrição de fluxo sanguíneo; * $p < 0.050$, ** $p < 0.010$.

Todos esses artigos especificaram o tipo de exercícios realizados de forma resistida, o método utilizado para a RFS e o tempo de duração, e todos tiveram em comum a avaliação e análise de resultados em relação às variáveis dependentes (força muscular e/ ou capacidade funcional), conforme descrito no Quadro 1.

A presente revisão sistemática é a primeira a abordar o efeito do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo na capacidade funcional de populações clínicas. De maneira a demonstrar a efetividade do TF+ BI+ RFS nos níveis de força a capacidade funcional destes grupos populacionais, desde que, prescrito com um volume de um a três meses de duração, composto por duas ou três sessões de treino semanais e com exercícios para os membros superiores e inferiores. Outra orientação bem observada é o elevado número de repetições (rep) dos exercícios por série, sendo mais frequente o uso de 1X de 30 rep e 3X de 15 rep. A intensidade deve ser estabelecida em torno de 20% a 30% de 1RM, das quais a carga de 30% de 1RM foi aplicada em sete dos nove estudos. Assim, e seguindo estas orientações, é possível confirmar a hipótese de que o TF+ BI+ RFS promovem benefícios na força e capacidade funcional das populações clínicas.

Sobre os estudos revisados, o de Karabulut et al. (2010) utilizou o equipamento do KAATSU (média de $205,4 \pm 4,3$ mmHg) e analisou a força de MMSS e MMII em 37 homens entre 50 e 64 anos. Houve um aumento da força em resposta ao TF+ BI+ RFS e TF+ AI quando comparado ao controle. Os extensores do joelho também aumentaram a força no TF+ AI comparando ao TF+ BI+ RFS e o controle. Os autores evidenciaram ótimos níveis de força devido ao aumento do tamanho do músculo, resultado do treinamento com RFS nos participantes. Demonstrando a que a RFS, além de ser mecanismo de menor carga que a maioria dos programas tradicionais, também é mais vantajosa para as pessoas os idosos. O mesmo foi observado nos estudos de Segal et al. (2015) e Tennent et al. (2017) na força dos flexores do joelho.

O estudo de Tennent et al. (2017) aponta que essa melhoria na força é devido ao aumento dos hormônios anabólicos em consequência do recrutamento de mais fibras do tipo II e inchaço das células. Estas mudanças acontecem por conta do ambiente anaeróbio criado devido à técnica de RFS utilizar um torniquete no momento de realização dos exercícios. Esse ambiente cria requisitos anaeróbios necessários que possibilitam a hipertrofia das fibras dos músculos e ganhos de força entre 20 e 30% de 1 RM, ao invés de 60 a 70% de 1 RM recomendado pelo ACSM (Tennent et al., 2017).

O estudo de Bryk et al. (2016) apresentou os mesmos resultados em relação aos benefícios com a técnica de RFS e o treinamento tradicional. Os autores evidenciaram que a

técnica estimula melhorias parecidas na função e força do quadríceps utilizando menos carga. Os pacientes sentiram um menor desconforto do joelho ao realizarem o treinamento com RFS durante o exercício. Isso acontece pelo fato de não ser uma carga elevada. Pacientes ao apresentarem dor gradativa, perda da função e de força muscular, consequentemente implicará na qualidade de vida, sendo recomendado fortalecimento, sobretudo, do quadríceps, pois desempenha um papel fundamental no processo de reabilitação.

Esse fortalecimento é realizado a partir de exercícios com altas cargas que progressivamente aumentam a resistência, mas sendo possível apenas nas populações mais jovens e saudáveis. Pessoas idosas frágeis, com alguma doença degenerativa, indivíduos ao passarem por algum procedimento cirúrgico e que necessitem de reabilitação imediata, terão dificuldade ao realizarem exercícios de forma tradicional (Fujita et al., 2007). Devido à dificuldade de aumentar a carga nos exercícios para o fortalecimento muscular sem causar efeitos deletérios ao joelho, a RFS pode ser uma ótima alternativa de reabilitação, principalmente em pessoas com lesões (Bryk et al., 2016).

Os resultados de Ferraz et al. (2018) e Jørgensen et al. (2018) não indicaram mudanças relacionadas à dor, apesar dos participantes terem faixas etárias semelhantes e experimentos parecidos. Porém, os voluntários apresentaram melhorias de dor nas atividades do dia a dia como subir e descer escadas, por exemplo. O que sugere que a RFS tem um fortalecimento semelhante na função e assim ameniza a dor causada pela lesão patelofemoral. Giles et al. (2017) também associaram a percepção na diminuição da dor durante o esforço por conta da carga ser menor para os indivíduos que realizaram os testes com a técnica de RFS.

Em relação à força nos extensores do joelho em exercícios isométricos Giles et al. (2017) evidenciaram aumento da força, mas não ocorreram modificações entre os protocolos de 6 e 8 semanas. Entretanto, os autores observaram mudanças clínicas, embora sem significância estatística, houve modificações causadas pela melhoria muscular e da força, devido às adaptações neurais e do torque causado pelo fortalecimento do quadríceps advindos da técnica de RFS.

No processo de reabilitação o aumento da força é decisivo para recuperação da capacidade funcional, principalmente de pessoas lesionadas. Os resultados de Cook et al. (2017) e Ladlow et al. (2018) mostraram aumento da força e da AST dos extensores dos joelhos. Na comparação do TF+ AI com o TF+ BI+ RFS, o treinamento com RFS foi evidenciado melhoria na reabilitação dos participantes causada pelos ganhos de hipertrofia e aumento na circunferência da coxa, além de respostas das adaptações vasculares, que apesar

de não terem sido testadas Ladlow et al. (2018) sugeriram ter sido possível essa contribuição na melhoria da capacidade funcional.

Portanto, Hughes et al. (2019) ressaltaram que o aumento da massa muscular no treinamento com baixa carga foi identificado devido adaptações neurais provenientes do exercício físico, embora a força muscular tenha aumentado inicialmente nesta população. Este entendimento relaciona-se à espessura muscular devido à mudança no comprimento do fascículo proporcionado devido ao aumento no ângulo articular durante a execução do movimento, isto é, modificações no fascículo estão relacionadas às tensões ocasionadas nestes.

A maior limitação desse estudo foi a não inclusão de alguns estudos elegíveis nessa revisão, tendo em vista que podem ter sido publicados em periódicos de difícil acesso. Além disso, poucos estudos atingiram o ponto de corte dos critérios de qualidade. Diante disso, novos estudos clínicos com melhor qualidade são recomendados para esclarecer e confirmar os riscos e benefícios do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo sobre a força muscular e capacidade funcional em populações clínicas, quando comparado com o treinamento de força tradicional.

CONCLUSÕES

Esta revisão sistemática permitiu concluir que o treinamento de força associado à restrição de fluxo sanguíneo tem sido bastante eficaz, pelo fato de não utilizar altas cargas e ser bastante intenso, pois a técnica de RFS ocorre de forma anaeróbia e um dos aspectos é o maior recrutamento de fibras tipo II, e por consequência aumentando a força muscular, hipertrofia e aumento da circunferência da musculatura. Foram evidenciados diferentes protocolos para o processo de reabilitação e os que utilizaram a técnica tiveram respostas positivas sobre o aumento da força e capacidade funcional. Houve melhoria também da dor e desconforto no joelho, por conta do fortalecimento dos extensores dessa articulação, amenizando as dores dessas populações.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Professor Adenilson pelo apoio na revisão final desse manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Bryk, F. F., Reis, A. C., Fingerhut, D., Araujo, T., Schutzer, M., Cury, R. P. L., Duarte, A., Fukuda, T. Y. (2016). Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomised clinical trial. *European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery, Arthroscopy*, 24(5), 1580-1586. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4064-7>
- Buford, T. W., Fillingim, R. B., Manini, T. M., Sibille, K. T., Vincent, K. R., & Wu, S. S. (2015). Kaatsu training to enhance physical function of older adults with knee osteoarthritis: Design of a randomised controlled trial. *Contemporary Clinical Trials*, 43, 217-222. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2015.06.016>
- Cook, S. B., LaRoche, D. P., Villa, M. R., Barile, H., & Manini, T. M. (2017). Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Experimental Gerontology*, 99, 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.10.004>
- Cross, M., Smith, E., Hoy, D., Nolte, S., Ackerman, I., Fransen, M., Bridgett, L., Williams, S., Guillemin, F., Hill, C. L., Laslett, L. L., Jones, G., Cicuttini, F., Osborne, R., Vos, T., Buchdinder, R., Woolf, A., & March, L. (2014). The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 73(7), 1323-1330. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2013-204763>
- Ferraz, R. B., Gualano, B., Rodrigues, R., Kurimori, C. O., Fuller, R., Lima, F. R., Sá-Pinto, A. L., & Roschel, H. (2018). Benefits of resistance training with blood flow restriction in knee osteoarthritis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(5), 897-905. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001530>
- Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., Volpi, E., & Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 103(3), 903-910. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00195.2007>
- Giles, L., Webster, K. E., McClelland, J., & Cook, J. L. (2017). Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1688-1694. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096329>
- Hughes, L., Rosenblatt, B., Haddad, F., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T, Ferris, G., Dawes, J., Paton, B., & Patterson, S. D. (2019). Comparing the effectiveness of blood flow restriction and traditional heavy load resistance training in the post surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: a UK National Health Service Randomised Controlled Trial. *Sports Medicine*, 49(11), 1787-1805. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01137-2>
- Jørgensen, A. N., Aagaard, P., Frandsen, U., Boyle, E., & Diederichsen, L. P. (2018). Blood-flow restricted resistance training in patients with sporadic inclusion body myositis: a randomised controlled trial. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 47(5), 400-409. <https://doi.org/10.1080/03009742.2017.1423109>
- Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., & Bembem, M. G. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 147-155. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1204-5>

- Ladlow, P., Coppack, R. J., Dharm-Datta, S., Conway, D., Sellon, E., Patterson, S. D., & Bennett, A. N. (2018). Low-load resistance training with blood flow restriction improves clinical outcomes in musculoskeletal rehabilitation: a single-blind randomised controlled trial. *Frontiers in Physiology*, *9*, 1269. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01269>
- Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International Journal of Sports Medicine*, *31*(1), 1-4. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1239499>
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Wilson, G. J., Pujol, T. J., & Bembien, M. G. (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *21*(4), 510-518. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x>
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, *45*(2), 187-200. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Segal, N. A., Williams, G. N., Davis, M. C., Wallace, R. B., & Mikesky, A. E. (2015). Efficacy of blood flow-restricted, low-load resistance training in women with risk factors for symptomatic knee osteoarthritis. *Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, *7*(4), 376-384. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.09.014>
- Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19*(8), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005>
- Smart, N. A., Waldron, M., Ismail, H., Giallauria, F., Vigorito, C., Cornelissen, V., & Dieberg, G. (2015). Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, *13*(1), 9-18. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000020>
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, *88*(6), 2097-2106. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>
- Tennent, D. J., Hylden, C. M., Johnson, A. E., Burns, T. C., Wilken, J. M., & Owens, J. G. (2017). Blood flow restriction training after knee arthroscopy: a randomised controlled pilot study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *27*(3), 245-252. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000377>
- Woollard, J. D., Gil, A. B., Sparto, P., Kwoh, C. K., Piva, S. R., Farrokhi, S., Powers, C. M., & Fitzgerald, G. K. (2011). Change in knee cartilage volume in individuals completing a therapeutic exercise program for knee osteoarthritis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* *41*(10), 708-722. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3633>