

Exercício físico com predominância aeróbia associado a restrição de fluxo sanguíneo em idosos: há evidências suficientes para sua aplicação clínica?

Physical exercise with aerobic predominance associated with blood flow restriction in the elderly: are there enough evidence for it clinical application?

Mariane Botelho Ferrari¹ , Igor Covre Forechi¹ , Valério Garrone Barauna² , Leandro dos Santos³ .

1. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

2. Laboratório de Fisiologia Molecular, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

3. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, PE, Brasil.

RESUMO

Introdução: O exercício físico com predominância aeróbia já é uma estratégia conhecida com benefícios para a população idosa, e o uso da restrição de fluxo sanguíneo (RFS) pode ser uma alternativa promissora e eficaz para trazer benefícios maiores com cargas de treino menores, quando comparado ao exercício físico sem a restrição. **Objetivos:** Revisar a literatura científica a respeito dos efeitos do exercício físico aeróbico com uso da restrição de fluxo sanguíneo em idosos. **Métodos:** Foram realizadas buscas em três bases de dados (PEDro, Pubmed e Scielo). Como descritores, foi utilizada a combinação dos termos *blood flow restriction/KAATSU, endurance/aerobic/walking aged people/elderly*. **Resultados:** Foram incluídos oito artigos na revisão. Três estudos investigaram adaptações musculares, dois estudos investigaram a capacidade aeróbica, três estudos abordaram as respostas cardiovasculares e hemodinâmicas, dois artigos analisaram o estresse oxidativo e respostas hormonais, e um artigo avaliou a função física. **Conclusão:** O exercício físico aeróbico em idosos com a RFS parece ser superior que o mesmo realizado sem RFS nessa população. Entretanto, o baixo número de estudos encontrado não permite uma conclusão definitiva. Deve-se ressaltar que nenhum estudo mostrou efeitos adversos ou contraindicação para a aplicação da RFS.

Palavras-chave: Exercício, Idoso, Revisão.

ABSTRACT

Introduction: Physical exercise with aerobic predominance is already a known strategy with benefits for the elderly population, and the use of blood flow restriction (BFR) can be a promising and effective alternative to bring vaster benefits with lower training loads when compared to physical exercise without restriction. **Objectives:** To review the scientific literature regarding the effects of aerobic physical exercise using blood flow restriction in the elderly. **Methods:** Searches were performed in three databases (PEDro, Pubmed, and Scielo). As descriptors, the combination of the terms *blood flow restriction/KAATSU, endurance/aerobic/walking aged people/elderly* was used. **Results:** Eight articles were included in the review. Three studies investigated muscle adaptations, two studies investigated aerobic capacity, three studies addressed cardiovascular and hemodynamic responses, two articles analyzed oxidative stress and hormonal responses, and one article assessed physical function. **Conclusion:** Aerobic exercise in the elderly with BFR seems to be superior to without BFR in this population. However, the low number of studies does not allow a definitive conclusion. It should be noted that no study has shown adverse effects or contraindications for the application of the BFR.

Key-words: Exercise, Aged, Review.

Recebido em: 7 de abril de 2020; Aceito em: 6 de julho de 2020.

Correspondência: Prof. Leandro dos Santos, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Gregório Ferraz Nogueira, S/N, José Tomé de Souza Ramos, 56909-535 Serra Talhada PE, Brasil. leandro.santos79@gmail.com

Introdução

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define idoso a partir de sua idade cronológica, ou seja, idoso é todo aquele indivíduo com 60 anos ou mais em países subdesenvolvidos, como é o caso do Brasil [1]. De acordo com a OMS, até o ano de 2025, o Brasil será o sexto país no mundo em número de idosos, como consequência do aumento da expectativa de vida média. Assim, a qualidade de vida dos idosos tem sido motivo de discussões pelos aspectos que ela envolve e interfere [2,3].

A prática regular de exercício físico, reduz o risco de desenvolver doenças crônicas, traz benefícios para a saúde mental e integração social. De acordo com o *American College of Sports Medicine*, as respostas adaptativas a longo prazo de idosos não frágeis são qualitativamente semelhantes àquelas observadas em indivíduos jovens. Embora possa haver um tempo maior para adaptação, os idosos também apresentam benefícios como a melhora no $VO_{2máx}$, respostas metabólicas submáximas, tolerância ao exercício, força muscular, resistência e hipertrofia quando submetidos ao treinamento [4].

Recentemente, tem crescido o interesse pela prática da atividade física associada a restrição de fluxo sanguíneo (RFS). RFS consiste em restringir parte do fluxo sanguíneo para um determinado membro pela aplicação de um *cuff* na porção proximal de membros superiores ou inferiores. Essa técnica, também conhecida como KA-ATSU, não gera condição isquêmica na musculatura, mas sim um acúmulo de sangue nos capilares, tornando o fluxo turbulento [5].

A RFS como uma estratégia viável de ser utilizada em diferentes práticas esportivas (caminhada, bicicleta, exercícios resistidos) têm se tornado um importante tópico de estudo. O exercício com RFS tem demonstrado um resultado promissor no aumento de força muscular, hipertrofia, resistência cardiorrespiratória e muscular. Durante o treinamento resistido, são observados resultados de hipertrofia muscular e aumento de força semelhantes aos de um exercício de alta intensidade, porém utilizando-se uma intensidade menor [6,7]. Contudo, existem restrições a RFS não diretamente ligadas ao processo de envelhecimento, mas sim a doenças circulatórias, questões hemodinâmicas ou clínicas específicas.

Os estudos com exercícios com predominância aeróbia associados a RFS trazem diversas adaptações crônicas e agudas na população em geral. As adaptações agudas dessa modalidade de exercício com RFS são principalmente o aumento do gasto energético, do consumo de oxigênio e aumento do consumo de oxigênio excessivo após exercício (EPOC), sinalização intracelular aumentada e aumento do hormônio do crescimento (GH). No entanto, ainda não há um consenso especificando sobre qual o melhor protocolo que deve ser seguido no uso da RFS com o exercício aeróbico para cada tipo determinado de população. Assim, o objetivo deste estudo foi revisar os efeitos do exercício físico aeróbico com uso da restrição de fluxo sanguíneo em idosos [8].

Métodos

Neste estudo, realizou-se uma revisão sistemática narrativa de artigos científicos sobre o tema escolhido. Para realizar o estudo foram selecionados artigos publicados nas bases de dados Pubmed, PEDro e Scielo, durante o período de janeiro de 2000 até maio 2019, utilizando os descritores, na língua inglesa: “*blood flow restriction endurance elderly*”, “*blood flow restriction endurance aged people*”, “*blood flow*

restriction aerobic elderly", "blood flow restriction aerobic aged people", "kaatsu endurance elderly", "kaatsu endurance aged people", "kaatsu aerobic elderly", "kaatsu aerobic aged people", "kaatsu walking aged people", "kaatsu walking elderly".

Dois pesquisadores realizam as buscas de maneira independente e compararam os resultados encontrados. Um terceiro pesquisador supervisionou a seleção e colaborou com a identificação seguindo os critérios de inclusão e seleção. Posteriormente, foi realizada análise das referências dos estudos selecionados para identificar outros estudos não contemplados nas buscas. Os critérios de exclusão deste estudo foram: estudos não realizados em idosos, revisão de literatura, estudos abordando restrição calórica, estudo utilizando modelo animal e estudos que não realizavam exercício aeróbico.

Resultados

Foram encontrados 113 artigos nas três bases de dados selecionadas. Na PubMed foram encontrados 109 artigos, na PEDro 4, e na Scielo não foi encontrado nenhum estudo. Em seguida, foram verificadas as duplicações, sendo excluídos 75 artigos.

Assim, 38 artigos foram analisados com informações obtidas através do título e resumo. Onze estudos foram identificados como aptos para entrarem nesse trabalho, e posteriormente foram lidos na íntegra, sendo apenas 8 selecionados no final. O fluxograma a seguir sintetiza o processo de seleção dos artigos.

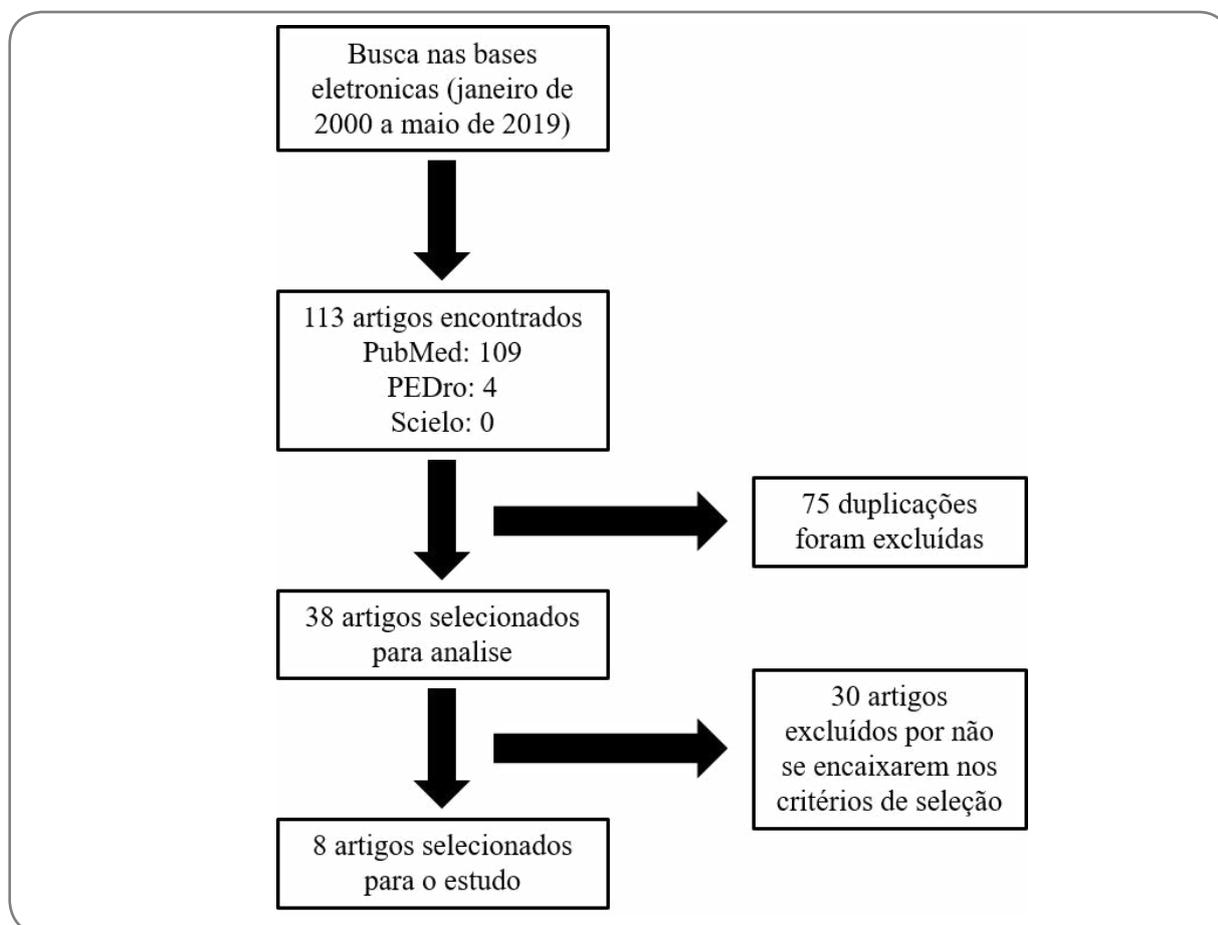


Figura 1 - Fluxograma.

A apresentação dos resultados foi realizada de acordo com o desfecho estudado. A Tabela I, no final dos resultados, apresenta um resumo dos estudos.

Hipertrofia e força muscular

Em relação ao aumento de força e hipertrofia, três estudos investigaram os efeitos do exercício aeróbico com RFS.

Libardi *et al.* [9] concluíram que força e hipertrofia muscular aumentaram de forma semelhante após 12 semanas tanto com o treinamento concorrente tradicional quanto com o associado a RFS. A única vantagem observada no grupos com a RFS foi que o volume total do treino foi menor para obter um resultado semelhante ao grupo sem RFS [9].

Abe *et al.* [10] concluíram que o treinamento de caminhada por 6 semanas associado a RFS melhora a força muscular e a capacidade funcional tanto em homens quanto em mulheres idosas. Os resultados mostraram que não houve mudanças significativas na massa corporal e no índice de massa corporal para nenhum dos grupos, entretanto o grupo com a RFS apresentou aumento no perímetro da coxa (5,8%) e da perna (5,1%). O torque isométrico máximo de extensão de joelho aumentou (11,8%) no grupo com RFS. O mesmo ocorreu com a extensão e flexão de joelho isocinética que aumentou (7,1 a 12,2% e 13,4 a 16,1%, respectivamente) na presença da RFS. A única limitação desse estudo foi que dois participantes não suportaram a pressão de oclusão de 200mmHg devido à percepção de fadiga muscular durante o exercício com RFS [10].

O estudo de Ozaki *et al.* [11] concluiu que a caminhada com RFS realizada 4x por semana durante 10 semanas foi uma estratégia eficaz para promover hipertrofia muscular e para aumentar força de flexores e extensores de joelho na população idosa. Os resultados mostraram uma melhor resposta na hipertrofia muscular (3,2%), melhora da força muscular de extensores (8,7%) e flexores de joelho (15%) no grupo com a RFS quando comparado ao grupo controle [11].

Capacidade aeróbica

Dois estudos investigaram os efeitos do exercício aeróbico com RFS na capacidade aeróbica. O estudo de Libardi *et al.* [9] encontrou melhoras semelhantes na capacidade cardiorrespiratória de ambos os grupos ($VO_{2máx}$ aumentou de 9,5 a 10,3% com ou sem a RFS) [9]. Entretanto, o estudo de Abe *et al.* [10] não encontrou aumento do $\%VO_{2máx}$ em nenhum dos grupos, concluindo que o treinamento de caminhada com RFS durante 6 semanas não melhora a aptidão cardiovascular em idosos [10].

Função física

Clarkson *et al.* [12] concluíram que caminhar 4x por semana durante 6 semanas com velocidade de 4km/h associado a RFS traz resultados benéficos para melhorar aptidão física em indivíduos idosos sedentários. Os resultados mostram que o grupo RFS aumentou o número de repetições realizadas durante o teste de sentar e levantar em 30 segundos em relação ao grupo sem RFS. As demais medidas de função física como distância percorrida no Teste de caminhada de 6 minutos (TC6), o tempo para completar o *Timed Up and Go* (TUG) e as etapas do *Queen's College Step Test* (QCST) apresentaram melhora semelhante em ambos os grupos com e sem RFS [12].

A capacidade funcional também foi investigada pelo estudo de Abe *et al.* [10] já citado anteriormente. Os resultados encontrados demonstram aumento de aproximadamente 13% no teste TUG e de aproximadamente 14% no teste de sentar e levantar no grupo RFS [10].

Respostas cardiovasculares e hemodinâmicas

Quatro dos estudos selecionados tiveram o objetivo de investigar as respostas cardiovasculares e hemodinâmicas do exercício aeróbico com RFS em idosos.

O estudo de Staunton *et al.* [13] demonstrou que o uso da RFS ocasionou aumento do débito cardíaco (L/min: Repouso: $4,2 \pm 0,1$ vs Pós exercício: $8,4 \pm 0,4$) e pressão arterial sistólica (mmHg: Repouso: 123 ± 3 vs Pós exercício: 138 ± 3) de maneira semelhante quando ausente a RFS. Houve um aumento da frequência cardíaca (bpm: RFS: 92 ± 5 vs CON: 86 ± 3), pressão arterial média (mmHg: RFS: 108 ± 3 vs CON: 100 ± 2) e do duplo produto ($\times 103$ bpm x mmHg: RFS: $12,3 \pm 0,7$ vs CON: $11,0 \pm 0,6$) significativamente maiores após exercício no grupo RFS. Os autores concluíram que a caminhada associada ao uso da RFS pode ser uma alternativa viável sem sobrecarregar o sistema cardiovascular de maneira exacerbada [13].

Ferreira *et al.* [14] realizaram um estudo com o objetivo de avaliar os efeitos cardíacos autonômicos e respostas hemodinâmicas até 30 minutos após o exercício aeróbico com o uso da RFS em idosos. O grupo RFS demonstrou tendência a redução da pressão arterial sistólica (mmHg: pré: 130 vs pós: 120) e de pressão arterial diastólica (mmHg: pré: 70 vs pós: 66), pressão arterial média (mmHg: pré: 94 vs pós: 87). Foi encontrada redução do duplo produto (bpm x mmHg: RFS: 8000 vs CON: 10100) quando comparado o grupo com e sem RFS 30 minutos após o exercício. Também foi encontrada redução da FC (bpm: RFS: 66 vs CON: 80) no período pós exercício. Os autores concluíram que o exercício aeróbico de baixa intensidade com RFS é capaz de gerar respostas cardíacas autonômicas e hemodinâmicas que causam menos estresse cardiovascular nessa população. Esse estudo mostra a segurança, do ponto de vista cardiovascular de se realizar o exercício aeróbico com pressão de oclusão de 50% da RFS [14].

Barili *et al.* [15] realizaram um estudo com o intuito de investigar as respostas agudas do sistema cardiorrespiratório no exercício aeróbico de baixa intensidade com RFS em idosas, porém, hipertensas. O estudo demonstrou que há um aumento similar da FC, PAS e PAM no grupo com RFS versus sem a RFS mesmo em idosos hipertensos durante o exercício. Os autores concluíram que o exercício aeróbico de baixa intensidade (30% do $VO_{2máx}$) associado a RFS gera um estresse cardiovascular similar ao aeróbico de alta intensidade (50% do $VO_{2máx}$) [15].

Por fim, o estudo de Ozaki *et al.* [11] observou melhora na complacência arterial em ambos os grupos (com e sem a RFS) sem diferença significativa entre eles. Essa melhora na complacência da artéria carótida foi observada após 10 semanas de caminhada com RFS [11].

Respostas hormonais e estresse oxidativo

Ozaki *et al.* [16] realizaram um estudo com o intuito de investigar os efeitos agudos das respostas hormonais após caminhada com o uso da RFS em idosos. O estudo demonstrou que os níveis de noradrenalina, insulina e hormônio do crescimento (GH) foram maiores no período imediatamente após exercício no grupo RFS [16].

O estudo de Barili *et al.* [15], já citado previamente, também teve o objetivo de analisar o estresse oxidativo no exercício aeróbico de baixa intensidade. O estudo demonstrou que no grupo RFS houve um aumento da atividade de enzimas antioxidantes no período pós intervenção. Já aumento dos marcadores de danos ocasionados pelo estresse oxidativo após o exercício foram encontrados em ambos os grupos com e sem a RFS de forma similar. Os autores concluíram que além das respostas cardiovasculares, o exercício aeróbico de baixa intensidade com RFS em idosas hipertensas é capaz de desencadear um aumento de enzimas antioxidantes [15].

Tabela I - Resumo dos artigos de acordo com a ordem de aparecimento no texto.

Autores	Descrição da amostra	Resultados
Abe et al. (2010) [7]	n=19 (4H e 15M). Intervenção: 6 semanas. K-walk: n=11, caminhada: 20 min., 67m/min, 5x/semana, com RFS. Control: n=8, nenhum exercício.	- Força: K-walk: ↑ isométrica (11%); ↑ isocinética (7% extensão, 16% flexão). - Tamanho muscular: K-walk: área transversal: ↑ 5,8% coxa e 5,1% perna; K-walk: ultrassom: ↑ 6% massa total e 10,7% coxa. - Capacidade Funcional: K-walk: ↑ (timed up and go test).
Libardi et al. (2015) [9]	n=25. Intervenção: 12 semanas. CT: n = 8, aeróbico: 2x/semana, 30-40 min, 50-80% VO _{2pico} e resistência: 2x/semana, 4x10 reps, 70-80% de 1-RM. BFR-CT: n = 10, semelhante a CT, porém, com RFS. CG: n=7, grupo controle, nenhum exercício.	- Área transversal do quadríceps: CT: ↑ 7,3%; BFR-CT: ↑ 7,6%. - 1-RM: CT: ↑ 38,1%; BFR-CT: ↑ 35,4%. - VO _{2pico} : CT: ↑ 9,5%; BFR-CT: ↑ 10,3%.
Ozaki et al. (2011) [11]	n=23. Intervenção: 10 semanas BFR-W: 20 min., 4x/semana, 45% da FCR. CON-W: semelhante a BFR-walk, porém, sem RFS.	- Força máxima (articulação do joelho): BFR-W: ↑ ± 15%. - Área transversal da coxa: BFR-W: ressonância magnética: ↑ 3%. - Complacência da artéria carótida: BFR-W: melhora de 50%. CON-W: melhora de 59%.
Clarkson et al. (2017) [12]	n=19 (11H e 8M). Intervenção: CON: caminhada: 4x/semana, 10 min, 4 km/h, durante 6 semanas. BFRW: semelhante a CON, porém, com RFS.	Teste de sentar e levantar por 30s: BFRW: 3,5x mais. Teste de Banco do Queens College: BFRW: ≅ 4x mais. Teste de caminhada de seis minutos: BFRW: 4,5x mais. Teste de sentar e levantar: BFRW: ≅ 2,5x mais.
Staunton et al. (2015) [13]	n=24H (11 jovens e 13 idosos) Intervenção: 2 sessões. CON: resistência: leg press, 1x30 reps + 3x15 reps, 20% 1RM e aeróbico: esteira, 4Km/h, 4x2 min. BFR: semelhante a CON, porém, com RFS.	Pressões Arteriais (sistólica, diastólica e média): BFRE > CON. Débito Cardíaco: BFR semelhante CON, porém, com ↑ FC e ↓ VS no aeróbico. Obs.: respostas hemodinâmicas semelhantes em jovens e idosos com RFS.
Ferreira et al. (2016) [14]	n=21 (8H e 13M). Intervenção: 3 sessões. LL: esteira a 40% VO _{2máx} . HL: esteira a 70% VO _{2máx} . LL+BRF: semelhante a LL, porém, com RFS.	Intervalo R-R e FC: HL: > redução na recuperação. Pressão Arterial: HL: > durante a recuperação. LL-BFR: ↑ repouso vs recuperação. Duplo Produto: LL-BFR: ↑ repouso vs recuperação. HL: > no repouso.

Tabela 1 - Continuação

Autores	Descrição da amostra	Resultados
Barili <i>et al.</i> (2018) [15]	n=16M Hipertensas. Intervenção: 3 sessões. HIAE: esteira a 50% VO _{2máx} . LIAE: esteira a 30% VO _{2máx} . LIAE+BRF: semelhante a LIAE, porém, com RFS.	Peroxidação lipídica: LIAE+BRF: ↑ recuperação vs repouso. Glutationa-S-Transferase: LIAE+BRF: ↑ recuperação vs repouso. Superóxido Dismutase: LIAE+BRF: ↑ recuperação vs repouso. Tióis Não-Proteicos: LIAE+BRF: ↑ repouso vs recuperação. LIAE: ↑ recuperação vs demais grupos. Respostas Hemodinâmicas (pressão arterial e FC) LIAE+BRF: ≅ HIAE
Ozaki <i>et al.</i> (2017) [16]	n=7M. Intervenção: agudo: 20 min. e crônico: ≅ 6 meses. BFR-walk: 20 min., 45% da FCR, com RFS. COM-walk: semelhante a BFR-walk, porém, sem RFS.	- Insulina: ↑ ao longo do tempo e ↑ BFR-walk. - GH: ↑ ao longo do tempo. - Noradrenalina: ↑ ao longo do tempo e ↑ BFR-walk. - Hipertrofia Muscular: Sem correlação com o ↑ dos hormônios.

H = Homens; M = Mulheres; RFS = Restrição de Fluxo Sanguíneo; RM = Repetição Máxima; FCR = Frequência Cardíaca de Reserva; FC = Frequência Cardíaca; VS = Volume Sistólico; GH = Hormônio do Crescimento.

Discussão

De acordo com a revisão, o exercício aeróbico com RFS parece ter eficácia como alternativa de treinamento para melhora da capacidade cardiorrespiratória, de força muscular, hipertrofia e função física em indivíduos idosos. Entretanto, os efeitos ainda não parecem ser tão superiores ao exercício sem a RFS. Além disso, deve-se observar a grande heterogeneidade entre os protocolos dos estudos. Entre os 8 estudos incluídos, há variações entre agudos e crônicos, na intensidade da pressão de oclusão, no grupo controle e principalmente nos resultados. Entretanto, um ponto muito importante é que nenhum estudo teve resultados que contraindiquem a aplicação da RFS na população de idosos. Embora haja possíveis efeitos colaterais relacionados a inadequação da aplicação da restrição, os usos sob protocolos rígidos solucionam essa questão.

Os mecanismos que permitem essas adaptações incluem a hipóxia local; recrutamento das fibras musculares rápidas; aumento do tempo de acidose metabólica; estímulo dos receptores metabólicos; mudança no mecanismo contrátil muscular e deformação do sarcolema; maior estímulo da via glicolítica rápida, produção de espécies reativas de oxigênio e a hiperemia após a retirada do *cuff*. O estudo de Wenborn *et al.* [17] examinou 3 séries de extensão unilateral do joelho de baixa intensidade (30% de 1RM) com uso da RFS realizadas até a falha. Na 3ª série, a atividade eletromiográfica do grupo com RFS foi significativamente maior na fase excêntrica quando comparado com o grupo que não utilizou a restrição [17].

Já as respostas metabólicas são decorrentes do estresse metabólico que a restrição de fluxo sanguíneo promove. Diversos estudos demonstram que condições isquêmicas e de hipóxia no músculo induzem uma maior demanda de hidrólise de ATP, aumentam a depleção de fosfocreatina e diminuem o pH. O estudo de Suga *et al.* [18] concluiu que durante o exercício de baixa intensidade (20% de 1 RM) associado a RFS

havia também maior estresse metabólico quando comparado ao mesmo exercício sem a restrição.

Em relação ao ganho de força muscular e hipertrofia, três estudos foram encontrados [9-11]. Todos eles encontraram aumento de força ou hipertrofia após o período de realização de exercícios com predominância aeróbia associados ou não a exercícios de resistência. Deve-se ressaltar que no estudo de Libardi *et al.* [9] o volume de treino com exercício de resistência no grupo de RFS foi menor que o grupo sem RFS, sendo essa uma vantagem para o uso de RFS como já descrito por Sakamaki *et al.* [19]. Nesse estudo, Sakamaki *et al.* também encontraram melhora na hipertrofia muscular nos membros inferiores (3,2%) de indivíduos que realizavam caminhada de baixa intensidade em esteira associada a RFS. Já o estudo de Abe *et al.* [10] mostrou que a prática do exercício aeróbico com a RFS melhora parâmetros musculares, como força isométrica e isocinética, em comparação ao grupo controle. Entretanto, pelo fato deles terem comparado apenas com o grupo controle que não realizava exercício físico, dificulta a comparação de resultados referentes a adição da RFS. Contudo, destacamos os resultados favoráveis encontrados nesse estudo em um período curto e com exercício de intensidade baixa, como o aumento de 11,8% de torque isométrico máximo de extensão de joelho e isocinética de extensão e flexão de joelho com aumento de 7,1% e 13,4%, respectivamente.

Em relação a capacidade aeróbica, apenas o estudo de Libardi *et al.* [9] observou melhora significativa no $VO_{2máx}$, mas sem diferença entre os grupos com e sem RFS. Esse resultado pode ter sido positivo devido ao protocolo adotado ser de exercícios aeróbicos + exercícios resistidos (treino concorrente), enquanto o estudo de Abe *et al.* [10] não encontrou diferença em nenhum dos grupos. Em outro estudo de Abe *et al.* [7] foi realizado exercício aeróbico de baixa intensidade (40% $VO_{2máx}$) com RFS em adultos jovens, demonstrou aumento do $VO_{2máx}$ no grupo RFS (6,4%) quando comparado ao grupo que realizava exercício aeróbico sem restrição (0,1%) [7]. Outros estudos também já observaram melhora no $VO_{2máx}$ em adultos jovens que realizavam caminhada com RFS [20].

Segundo a *American College of Sports Medicine*, para que ocorra uma adaptação da capacidade aeróbica de um indivíduo idoso saudável é necessário realizar um programa de exercício utilizando pelo menos 60% do $VO_{2máx}$, ≥ 3 vezes na semana com duração mínima de 16 semanas [4].

Quanto a função física, o estudo de Clarkson *et al.* [12] apresentou melhora significativa em todas as medidas funcionais avaliadas. O ganho foi de aproximadamente 4 repetições no teste de sentar e levantar, que corresponde a 28% do valor basal. As melhoras obtidas nesse estudo são até melhores que as do estudo de Abe *et al.* [10] que encontrou ganhos de 13% e 14% nas medidas funcionais de TUG e no teste de sentar e levantar respectivamente no grupo RFS.

Em relação às respostas cardiovasculares e hemodinâmicas, os quatro estudos [13-16] apresentaram resultados favoráveis em seus achados com relação ao uso da RFS. O estudo de Cirilo-Sousa *et al.* [21] também encontrou redução da PA, FC e DP após o exercício aeróbico associado a RFS, sendo resultados similares ao estudo de Ferreira *et al.* [14]. O estudo de Kumagai *et al.* [22] encontrou um aumento logo após o exercício mais relevante da PAS, PAM, PAD e FC durante o exercício aeróbico associado ao uso de RFS demonstrando um estímulo cardíaco similar ao sem RFS [22]. Esses dados ratificam os achados nos estudos de Staunton *et al.* [13] e Barili *et al.* [15]. Do ponto de vista cardiovascular autonômico, Ferreira *et al.* [14] justificam o menor estresse cardiovascular devido ao aumento da reativação parassimpática que foi encontrada apenas no grupo RFS.

Conclusão

Com esta revisão, podemos concluir que o uso da RFS associada ao exercício aeróbico como alternativa de treinamento para idosos resultou em melhora da força muscular, hipertrofia e função física em indivíduos idosos. Entretanto, as evidências acerca do seu real efeito sobre a capacidade cardiorrespiratória dessa população ainda é pouco clara.

Por fim, nenhum estudo mostrou efeitos adversos ou contraindicação para a aplicação de exercícios físicos associados a RFS nessa população. Porém, torna-se necessária a realização de novos estudos que busquem resultados comparando o treino aeróbico com RFS versus sem RFS em idosos, haja vista a baixa quantidade de estudos e os protocolos heterogêneos. Há também de se ressaltar a importância de estudos para o estabelecimento de protocolos com critérios de segurança para aplicação do método.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Barauna VG é bolsista de produtividade CNPq; Santos L dos é bolsista de Pós-Doutoramento do CNPq.

Contribuição dos autores*

Concepção e desenho da pesquisa: Ferrari MB, Forechi IC, Barauna VG . Obtenção de dados: Ferrari MB, Forechi IC. Análise e interpretação dos dados: Ferrari MB, Forechi IC, Barauna VG, Santos L dos. Obtenção de financiamento: Santos L dos, Barauna VG. Redação do manuscrito: Ferrari MB, Forechi IC, Santos L dos . Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Santos L dos, Barauna VG.

*Ferrari MB e Forechi IC contribuíram igualmente para o estudo.

Referências

1. Organização Mundial da Saúde [homepage na internet]. Relatório Mundial de Envelhecimento e Saúde [citado 2019 Out 9]. Disponível em: <https://www.who.int/eportuguese/countries/bra/pt/>
2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeção da população [citado 2018 Out 9]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>
3. Civinski C, Montibeller A, Oliveira AL. A importância do exercício físico no envelhecimento. Revista da UNIFEBE 2011;1(9):163-75.
4. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Singh MAF, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ *et al.* Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41(7):1510-30. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>
5. Sato Y. The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research* 2005;1(1):1-5. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.1>
6. Abe T, Kearns CF, 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* 2006;100(5):1460-6. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2005>
7. Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R *et al.* Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men. *J Sports Sci Med* 2010;9(3):452.
8. Silva JCG, Neto EAP, Pfeiffer PAS, Neto GR, Rodrigues AS, Bembem MG *et al.* Acute and chronic responses of aerobic exercise with blood flow restriction: a systematic review. *Front Physiol* 2019;10:1239. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01239>
9. Libardi CA, Chacon-Mikahil MP, Cavaglieri CR, Tricoli V, Roschel H, Vechin FC *et al.* Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *Int J Sports Med* 2015;36(5):395-9. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1548888>

doi.org/10.1055/s-0034-1390496.

10. Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, Sato Y *et al*. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *J Geriatr Phys Ther* 2010;33(1):34-40.
11. Ozaki H, Miyachi M, Nakajima T, Abe T. Effects of 10 weeks walk training with leg blood flow reduction on carotid arterial compliance and muscle size in the elderly adults. *Angiology* 2011;62(1):81-6. <https://doi.org/10.1177/0003319710375942>
12. Clarkson MJ, Conway L, Warmington SA. Blood flow restriction walking and physical function in older adults: A randomized control trial. *J Sci Med Sport* 2017;20(12):1041-46. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.06.013>
13. Staunton CA, May AK, Brandner CR, Warmington SA. Hemodynamics of aerobic and resistance blood flow restriction exercise in young and old adults. *Eur J Appl Physiol* 2015;115(11):2293-2302. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3213-x>
14. Ferreira MLV, Sardeli AV, Souza GV, Bonganha V, Santos LDC, Castro A *et al*. Cardiac autonomic and haemodynamic recovery after a single session of aerobic exercise with and without blood flow restriction in older adults. *J Sports Sci* 2017;35(24):2412-20. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1271139>
15. Barili A, Corralo VDS, Cardoso AM, Mânica A, Bonadiman BDSR, Bagatini MD, *et al*. Acute responses of hemodynamic and oxidative stress parameters to aerobic exercise with blood flow restriction in hypertensive elderly women. *Mol Biol Reports* 2018;45(5):1099-1109. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4261-1>
16. Ozaki H, Loenneke JP, Abe T. Blood flow-restricted walking in older women: does the acute hormonal response associate with muscle hypertrophy?. *Clin Physiol Funct Imaging* 2017;37(4):379-83. <https://doi.org/10.1111/cpf.12312>
17. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol* 2000;88(6):2097-2106. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>
18. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M *et al*. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol* 2009;106(4):1119-24. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90368.2008>.
19. Sakamaki MG, Bemben M, Abe T. Legs and trunk muscle hypertrophy following walk training with restricted leg muscle blood flow. *J Sports Sci Med* 2011;10:338-40.
20. Park S, Kim JK, Choi HM, Kim HG, Beekley MD, Nho H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *Eur J Appl Physiol* 2010;109:591-600. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1377-y>
21. Cirilo-Sousa MS, Araújo JP, Freitas ED, Aniceto RR, Araújo VC, Pereira PMG, *et al*. Acute effect of aerobic exercise with blood flow restriction on blood pressure and heart rate in healthy young subjects. *Motricidade* 2017;13:17-24. <https://doi.org/10.6063/motricidade.12874>
22. Kumagai K, Kurobe, K, Zhong, H, Loenneke, JP., Thiebaud RS, Ogita F, *et al*. Cardiovascular drift during low intensity exercise with leg blood flow restriction. *Acta Physiol Hung* 2012;99:392-9. <https://doi.org/10.1556/APhysiol.99.2012.4.3>