

# OS EFEITOS DO TREINAMENTO RESISTIDO COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NA HIPERTROFIA MUSCULAR EM IDOSOS SAUDÁVEIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Rodrigo Cordeiro de Medeiros <sup>1</sup>  
Tiago Almeida de Oliveira <sup>2</sup>

## RESUMO

O processo de envelhecimento é caracterizado por uma série de mudanças estruturais e funcionais no organismo, levando a uma diminuição progressiva da massa e força muscular. Alguns idosos com problemas articulares e/ou aqueles que se recuperam de lesões, podem ser contraindicados para levantar a quantidade necessária de peso para provocar a hipertrofia do musculoesquelético. Estudos revelaram que a hipertrofia muscular pode ser produzida com treinamento de resistência de baixa intensidade, de aproximadamente 20-30% de 1RM com restrição de fluxo sanguíneo. Foi realizada uma revisão sistemática nas bases de dados PubMed, Cochrane Library e Bireme, com artigos publicados em inglês, utilizando as combinações de descritores: kaatsu training, blood flow restriction, vascular occlusion training, com older adults e elderly. A busca na literatura revelou doze estudos que atenderam aos critérios de inclusão. Os estudos analisados demonstraram ganhos significativos de massa muscular em diferentes músculos tanto dos membros superiores como dos membros inferiores quando submetidos ao treinamento com restrição de fluxo sanguíneo. Podemos concluir que o treinamento resistido com restrição de fluxo sanguíneo se mostrou eficaz no aumento da massa muscular a partir de 4 semanas, em idosos, além do mesmo também ter demonstrado ser seguro.

**Palavras-chave:** Restrição de fluxo sanguíneo, Oclusão vascular, Kaatsu training, Hipertrofia muscular, Idosos.

## INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento é caracterizado por uma série de mudanças estruturais e funcionais no organismo, levando a uma diminuição progressiva da massa e força muscular (VECHIN et al., 2015). Esse processo é chamado de sarcopenia, no qual está relacionado à idade e geralmente é considerado como parte do processo de envelhecimento biológico (KIM et al., 2017). Em consequência da sarcopenia, ocorre uma perda associada ao poder contrátil do esqueleto, influenciando assim, a capacidade funcional e aumentando o risco de quedas, lesões e incapacidades. Estudos demonstraram um decréscimo na área de secção transversal muscular de 40% entre os 20 e 60 anos, sugerindo uma perda de aproximadamente 1% por ano (CHEW, 2018). Na maioria dos sistemas e órgãos, há uma margem de perda de 70% antes que apareça evidência de falha, sendo assim, é sugerido que para manter um estilo de vida independente

<sup>1</sup> Mestrando (Aluno Especial) em Educação Física da Universidade Federal - PB, [rodrigocordeirom@hotmail.com](mailto:rodrigocordeirom@hotmail.com);

<sup>2</sup> Graduando em Educação Física da Universidade Estadual - PB, [thiago\\_ed.fisica@hotmail.com](mailto:thiago_ed.fisica@hotmail.com);

dentro de uma margem de segurança funcional, pelo menos 70% da massa muscular deve ser mantida (BORTZ, 2002).

O treinamento de resistência de alta intensidade (acima de 70% de 1RM) é uma medida eficaz para a perda de massa muscular relacionada a sarcopenia (YASUDA et al., 2014). Alguns idosos com problemas articulares e/ou aqueles que se recuperam de lesões, podem ser contraindicados para levantar a quantidade necessária de peso para provocar a hipertrofia do musculoesquelético (THIEBAUD et al., 2013). Diversos estudos revelaram que a hipertrofia muscular pode ser produzida com treinamento de resistência de baixa intensidade, de aproximadamente 20-30% de 1RM com restrição de fluxo sanguíneo (RFS), independente da idade (YASUDA et al., 2014; YASUDA et al., 2016).

O treinamento com RFS tornou-se popular no Japão, conhecido como Kaatsu Training, no qual envolve a realização de exercícios hipóxicos com intensidades relativamente baixas (KIM et al., 2017). Durante o exercício, ocorre o declínio do retorno venoso para o coração a partir do membro que está restrito, resultando na diminuição do volume sistólico e aumento da frequência cardíaca, enquanto mantém o débito cardíaco (OZAKI et al., 2011).

Restringir severamente o fluxo sanguíneo ou completar a oclusão do tecido muscular pode trazer algumas preocupações, tendo em vista que o conhecimento tradicional sugere que pode causar necrose, coagulação sanguínea e redução da função endotelial (ABE et al., 2010). Entretanto, diversos estudos demonstraram que exercícios de baixa intensidade com RFS, não tem impacto na função de coagulação do sangue (CLARK et al., 2011), não induziu a formação de fibrina avaliada pelo o dímero D (NAKAJIMA et al., 2007), além de que, indivíduos idosos com média de 66 anos, não apresentaram respostas cardiovasculares mais exacerbadas em comparação com indivíduos jovens (VIEIRA et al., 2013), além de não terem sido demonstradas diferenças significativas no duplo produto, entre protocolos de treinamento de alta intensidade (80% de 1RM) e baixa intensidade com RFS (NETO et al., 2016).

Foi sugerido que o treinamento com RFS estimula significativamente respostas de marcadores ligado a angiogênese, podendo ser um método único para reabilitação de pacientes com doenças cardiovasculares (TAKANO et al., 2005). Além disso, dados de duas pesquisas com quase 13.000 indivíduos na qual foram submetidos a treinamento com RFS, descobriram que a incidência de trombose venosa profunda era menor que 0,06%, e embolia pulmonar menor que 0,01% (VANWYE; WEATHERHOLT; MIKESKY, 2017).

Sendo assim, o objetivo da presente revisão foi sistematizar as evidências científicas disponíveis sobre as adaptações crônicas do treinamento resistido com restrição de fluxo sanguíneo na hipertrofia muscular em idosos.

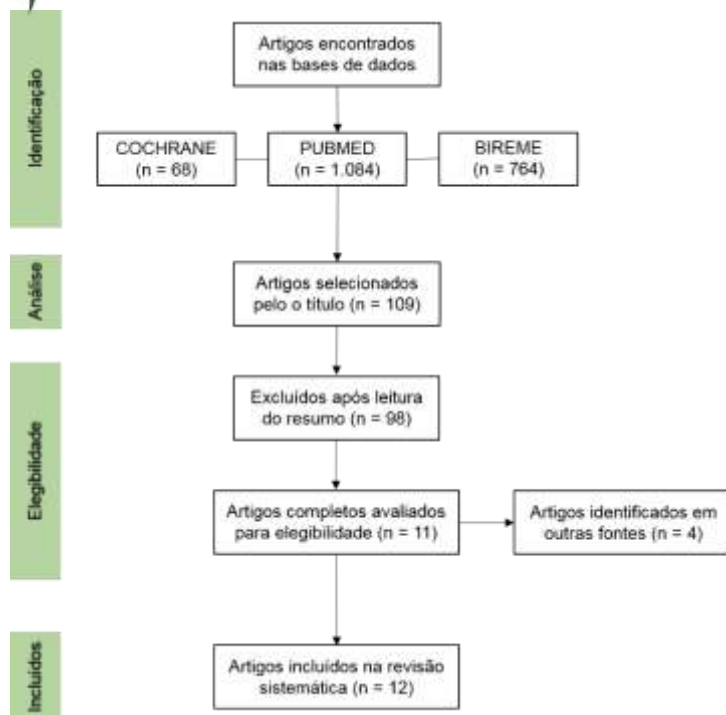
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para identificação dos artigos foram utilizadas as bases eletrônicas *National Library of Medicine* (PubMed), *Cochrane Library* e *Bireme*. O processo de seleção dos estudos está descrito na Figura 1.

Para realização das buscas foram utilizados em inglês, os seguintes descritores/termos/operadores: (*kaatsu training and older adults, kaatsu training and elderly, blood flow restriction and older adults, blood flow restriction and elderly, vascular occlusion training and older adults, vascular occlusion training and elderly*). Adicionalmente, adotou-se como critérios de inclusão, o artigo ser original de pesquisa desenvolvida com seres humanos idosos, publicado em periódico indexado nas bases utilizadas, amostras com faixa etária a partir de 60 anos, que avaliassem as alterações crônicas promovidas pelo treinamento com restrição de fluxo sanguíneo, e apresentassem pelo menos um grupo para comparação. Não foram incluídos artigos de revisão, artigos de ponto de vista/opinião de especialistas, capítulos ou livros, estudos de validação, monografias, dissertações e teses.

Um pesquisador fez à busca de forma independente. Para triagem foi realizada a leitura do título e posteriormente do resumo dos artigos identificados. Assim, os estudos em que o título apresentou as duas palavras de descritores da combinação utilizada, e o resumo apresentou informações suficientes, foram obtidos para leitura na íntegra. Foi realizada uma revisão nas referências desses artigos com intuito de identificar algum estudo potencialmente relevante que não havia sido identificado na busca eletrônica.

Este estudo foi conduzido de acordo com a padronização da escala PRISMA (LIBERATI et al., 2009). A análise dos dados foi realizada com base em uma revisão crítica do conteúdo, utilizando os seguintes critérios: título, resumo, fundamento, objetivos, protocolo, risco de viés entre os estudos, características do estudo, resultados de estudos individuais, limitações e conclusões.



**Figura 1.** Fluxograma do processo de seleção dos estudos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A busca na literatura revelou doze estudos que atenderam aos critérios de inclusão da revisão sistemática, dos quais, oito estudos (67%) foram ensaios clínicos randomizados. Um ponto a se destacar foi que os protocolos utilizados nas intervenções foram bastante similares, sugerindo que existe um protocolo padrão a ser seguido quando se pretende utilizar a restrição de fluxo sanguíneo (RFS). Dos doze estudos incluídos nesta revisão, seis estudos (50%) utilizaram a RFS aplicada ao treinamento resistido com pesos (Tabelas 1 e 2), três estudos (25%) utilizaram a RFS aplicada a bandas elásticas (Tabelas 3 e 4), e três estudos (25%) utilizaram a RFS aplicada a caminhada em esteira (Tabela 5).

Foram avaliados um total de 123 indivíduos, e tendo em vista que o tamanho da amostra e o sexo pode ser um aspecto importante no estudo, verificou-se nessas investigações que o tamanho da amostra era pequeno, variando entre 6 e 18 sujeitos, com uma média de 10 sujeitos, não havendo um certo equilíbrio entre os sexos, com 15% (n = 18) para o sexo masculino, 63% (n = 78) para o sexo feminino, e 22% (n = 27) não foi relatado os gêneros dos indivíduos. Três estudos foram realizados apenas com mulheres, seis estudos com homens e mulheres, e três estudos não foram relatados quais os gêneros dos indivíduos.

Os estudos que verificaram as adaptações crônicas do treinamento com RFS na massa muscular em idosos, foram realizados entre 4 e 16 semanas, onde a maioria (sete estudos)

utilizaram uma frequência semanal de duas vezes por semana, seguido de dois estudos que avaliaram com uma frequência de três e quatro vezes, e apenas um único estudo utilizou um frequência semanal de cinco vezes.

Tabela 1: Estudos que avaliaram a hipertrofia muscular através da restrição de fluxo sanguíneo utilizando o treinamento resistido com pesos, e compararam com um grupo controle sem restrição de fluxo sanguíneo.

Autor (ano)	Sujeitos (idade)	Exercícios	Protocolo					Duração	Resultados
			SÉR	REP	INTER	INTEN	PO		
Yasuda et al. (2014)	5 mulheres 3 homens (70 ± 6 anos)	EJ, LP	-	-	-	20 e 30% 1RM	120 até 270 mmHg	2x semana 12 semanas	QF ↑, GM ↑, AD ↔, IT ↔
Yasuda et al. (2014)	6 mulheres 3 homens (71 ± 7 anos)	EJ, LP	4	30-20- 15-10	30 s 90 s	20 a 30% 1RM	120 até 270 mmHg	2x semana 12 semanas	QF ↑, GM ↑, AD ↑, IT ↔

- = não informado; ↔ = nenhuma diferença significativa = ↑ = aumentou significativamente = 1RM = 1 repetição máxima; min = minutos; s = segundos; AD = adutores; EJ = extensão de joelho; GM = glúteo máximo; INTEN = intensidade; INTER = intervalo; IT = isquiotibiais; LP = leg-press; PO = pressão de oclusão; QF = quadríceps femoral; REP = repetições; SÉR = séries.

Tabela 2: Estudos que avaliaram a hipertrofia muscular através da restrição de fluxo sanguíneo utilizando o treinamento resistido com pesos, e compararam com um grupo de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo.

Autor (ano)	Sujeitos (idade)	Exercícios	Protocolo					Duração	Resultados
			SÉR	REP	INTER	INTEN	PO		
Vechin et al. (2015)	8 indivíduos (65 ± 2 anos)	LP	4	30-15- 15-15	60 s	20 a 30% 1RM	50% PSAT ( <i>m</i> = 71 mmHg)	2x semana 12 semanas	QF ↑
Cook et al. (2017)	7 mulheres 5 homens (76 ± 4 anos)	EJ, FJ LP	3	15	60 s 180 s	30 e 50% 1RM	1,5x PSAB ( <i>m</i> = 184 mmHg)	2x semana 12 semanas	QF ↑
Kim et al. (2017)	13 indivíduos (65 ± 1 anos)	PRM	3	2s - 2s 5 min	60 s	20% CIVM	130% PAS ( <i>m</i> = 160 mmHg)	3x semana 4 semanas	AB ↑
Takarada et al. (2000)	6 mulheres (58 ± 2 anos)	FC45°	3	falha	60 s	50 e 30% 1RM	110 mmHg	2x semana 16 semanas	BA ↑, BB ↑, TB ↑

↑ = aumentou significativamente = 1RM = 1 repetição máxima; min = minutos; s = segundos; AB = antebraço; BA = braquial; BB = bíceps braquial; CIVM = contração isométrica voluntária máxima; EJ = extensão de joelho; FC45° = flexão de cotovelo a 45°; FJ = flexão de joelho; INTEN = intensidade; INTER = intervalo; LP = leg-press; PAS = pressão arterial sistólica; PO = pressão de oclusão; PRM = prensão manual; QF = quadríceps femoral; REP = repetições; SÉR = séries; PSAB = pressão sistólica da artéria braquial; PSAT = pressão sistólica da artéria tibial; TB = tríceps braquial.

Tabela 3: Estudos que avaliaram a hipertrofia muscular através da restrição de fluxo sanguíneo utilizando bandas elásticas, e compararam com um grupo controle sem restrição de fluxo sanguíneo.

Autor (ano)	Sujeitos (idade)	Exercícios	Protocolo					Duração	Resultados
			SÉR	REP	INTER	INTEN	PO		
Yasuda et al. (2014)	7 mulheres 2 homens (72 ± 6 anos)	FC	4	30-15- 15-15	30 s 90 s	-	120 até 270 mmHg	2x semana 12 semanas	BB ↑, TB ↑

- = não informado; ↑ = aumentou significativamente; s = segundos; BB = bíceps braquial; FC = flexão de cotovelo; INTEN = intensidade; INTER = intervalo; PO = pressão de oclusão; REP = repetições; SÉR = séries; TB = tríceps braquial.

Tabela 4: Estudos que avaliaram a hipertrofia muscular através da restrição de fluxo sanguíneo utilizando bandas elásticas, e compararam com um grupo de alta intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo.

Autor (ano)	Sujeitos (idade)	Exercícios	Protocolo					Duração	Resultados
			SÉR	REP	INTER	INTEN	PO		
Thiebaud et al. (2013)	6 indivíduos (59 ± 2 anos)	SV, RS, DF	3	30-15-15	30 s 30-120 s	10 a 30% 1RM	80 até 120 mmHg	3x semana 8 semanas	PM ↑, BB ↔, TB ↔, DE ↔
Yasuda et al. (2016)	10 mulheres (70 ± 6 anos)	EJ, AG	4	30-15- 15-15	30 s 90 s	-	120 até 200 mmHg	2x semana 12 semanas	QF ↑, GM ↔, AD ↔, IT ↔

- = não informado; ↔ = nenhuma diferença significativa = ↑ = aumentou significativamente = 1RM = 1 repetição máxima; s = segundos; AD = adutores; AG = agachamento; BB = bíceps braquial; DE = deltóide; DF = desenvolvimento frontal; EJ = extensão de joelho; GM = glúteo máximo; INTEN = intensidade; INTER = intervalo; IT = isquiotibiais; PM = peitoral maior; PO = pressão de oclusão; QF = quadríceps femoral; REP = repetições; RS = remada sentada; SÉR = séries; SV = supino vertical máquina; TB = tríceps braquial.

Tabela 5: Estudos que avaliaram a hipertrofia muscular através da restrição de fluxo sanguíneo utilizando a caminhada, e compararam com um grupo controle sem restrição de fluxo sanguíneo.

Autor (ano)	Sujeitos (idade)	Exercícios	Protocolo					Duração	Resultados
			SÉR	REP	INTER	INTEN	PO		
Abe et al. (2010)	9 mulheres 2 homens (66 ± 1 anos)	Esteira	1	20 min	-	4 km/h	160 até 200 mmHg	5x semana 6 semanas	PANT ↑ COXA ↑
Ozaki et al. (2011)	10 mulheres 3 homens (66 ± 1 anos)	Esteira	1	20 min	-	4,5 km/h	140 até 200 mmHg	4x semana 10 semanas	QF ↑
Ozaki et al. (2011)	18 mulheres (64 ± 1 anos)	Esteira	1	20 min	-	4,5 km/h	140 até 200 mmHg	4x semana 10 semanas	QF ↑

- = não informado; ↑ = aumentou significativamente; min = minutos; INTEN = intensidade; INTER = intervalo; PO = pressão de oclusão; QF = quadríceps femoral; REP = repetições; SÉR = séries; PANT = panturrilha.

## RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO E CAMINHADA

Entre os estudos que respeitaram os critérios de inclusão, apenas três avaliaram os efeitos da restrição de fluxo sanguíneo durante a caminhada. Abe et al. (2010) avaliou idosos com uma média de 66 anos durante 6 semanas de caminhada com restrição do fluxo sanguíneo

(RFS), sendo realizado 5 vezes por semana, no qual foi aplicado um protocolo de 20 minutos caminhando em uma velocidade de 4 km/h, na qual a oclusão iniciou com 160 mmHg e foi progredindo até 200 mmHg. Os resultados demonstraram um aumento significativo de 5% e 6% na hipertrofia muscular da panturrilha e da coxa, respectivamente, havendo um potencial hipertrófico de 0,19% por sessão, sendo bem similar a indivíduos jovens, que demonstraram um aumento de 0,15% por sessão.

Corroborando com os achados, Ozaki et al. (2011) também aplicou um protocolo bastante semelhante, porém, com uma velocidade de 4,5 km/h, 4 vezes por semana com duração de 10 semanas, e diferente do estudo anterior, a oclusão iniciou com 140 mmHg e foi progredindo até 200 mmHg. Os resultados foram bem similares, havendo um aumento de 3% na hipertrofia do quadríceps. No presente estudo, durante as sessões de treinamento, a intensidade média foi de 62% da frequência cardíaca de reserva (FCR). Todos os estudos demonstraram aumentos significativos da massa muscular nos membros inferiores, com uma diminuição, porém, não significativa nos grupos que realizaram apenas a caminhada sem RFS.

## **RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO E TREINAMENTO COM BANDAS ELÁSTICAS**

Entre os estudos que respeitaram os critérios de inclusão, apenas três avaliaram os efeitos da RFS junto com o treinamento resistido com bandas elásticas, onde desses três, um avaliou e comparou com um grupo controle que não realizou a intervenção, e os outros dois compararam com um grupo que realizou uma intervenção em alta intensidade sem RFS.

Yasuda et al. (2014) avaliou os efeitos do treinamento resistido com bandas elásticas na hipertrofia dos flexores e extensores do cotovelo, utilizando uma pressão de oclusão que iniciou com 120 mmHg e terminou com 270 mmHg, realizada 2 vezes por semana durante 12 semanas. O protocolo consistiu de 4 séries de 30, 15, 15 e 15 repetições com um intervalo de 30 segundos entre as séries, e 90 segundos entre os exercícios, com intensidade de aproximadamente 30% da força isométrica máxima. Os resultados demonstraram aumento da massa muscular em 18% e 17% no bíceps e tríceps braquial, respectivamente, indicando um potencial hipertrófico de 0,73% por sessão. Não foi demonstrado aumento de massa muscular no grupo controle, que realizou os mesmos exercícios com bandas elásticas, mas sem RFS.

Dois anos depois, Yasuda et al. (2016) utilizou o mesmo protocolo de treinamento, porém, avaliou nos membros inferiores, durante a extensão de joelho e o agachamento, onde comparou um grupo que realizava o treinamento com bandas elásticas em alta intensidade sem

RFS com um grupo que realizava o treinamento com badas elásticas em baixa intensidade com RFS. A intensidade utilizada no grupo de alta intensidade, foi o dobro da utilizada no grupo RFS. Os resultados demonstraram um aumento significativo de 7% no quadríceps, apenas no grupo que realizou com RFS, com um potencial hipertrófico de 0,29% por sessão. Os adutores, assim como, o glúteo máximo e os isquiotibiais também foram avaliados, entretanto não foi relatado ganhos hipertróficos, provavelmente pelo o fato dos isquiotibiais demonstrarem uma baixa ativação muscular no agachamento (MCCURDY; WALKER; YUEN, 2018), e em relação ao glúteo máximo, o posicionamento do manguito de oclusão ter sido abaixo da sua inserção muscular.

Corroborando com os achados anteriores, o estudo do Thiebaud et al. (2013), no qual avaliou músculos do membro superior, demonstrou um aumento significativo apenas no peitoral maior. Embora o aumento no grupo com RFS tenha sido maior que no grupo de alta intensidade sem RFS, não foram demonstradas diferenças significativas entre os grupos. Tendo em vista que o recomendado é que a pressão de oclusão seja individualizada, como o grupo de RFS utilizou uma pressão padrão para todos, isso poderia ter influenciado nos resultados.

## **RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO E TREINAMENTO RESISTIDO COM PESOS**

Entre os estudos que respeitaram os critérios de inclusão, seis estudos avaliaram os efeitos da RFS junto com o treinamento resistido com pesos (TRP), onde desses seis, dois avaliaram e comparou com um grupo controle que não realizou a intervenção, e os outros quatro compararam com um grupo que realizou uma intervenção em alta intensidade sem RFS.

Os dois estudos que comparou os efeitos da RFS com um grupo controle que não realizou a intervenção, onde em ambos, Yasuda et al. (2014) aplicou o TRP com RFS em idosos com média de 70 anos, utilizando a extensão de joelho e o leg-press com cargas entre 20 e 30% de 1RM, sendo realizado 2 vezes por semana durante 12 semanas. O protocolo utilizado foi de 4 séries de 30, 20, 15 e 10 repetições, com intervalos de 30 segundos entre as séries e 90 segundos entre os exercícios, iniciando com 120 mmHg de restrição e finalizando a intervenção com 270 mmHg. Em ambos os estudos foram encontrados aumentos significativos de massa muscular de 7% e 8% no quadríceps, porém, apenas um estudo relatou aumentos significativos de 6% no glúteo máximo e 6,5% nos adutores. Um achado bastante interessante em um dos estudos foi que após 24 semanas sem treinamento, os indivíduos retornaram ao níveis de massa muscular antes do início da intervenção.



Dois estudos avaliaram e compararam os efeitos da RFS com um grupo de alta intensidade sem RFS, na qual ambos avaliaram esses efeitos nos membros superiores. Takarada et al. (2000) utilizou durante 16 semanas um protocolo de 3 séries até a falha muscular para os flexores do cotovelo, no qual foi realizado 2 vezes por semana utilizando no grupo de RFS uma pressão de oclusão de 110 mmHg aplicada a uma intensidade inicial de 50% 1RM no início da intervenção, sendo reduzida para 30% 1RM na fase final. O grupo de alta intensidade utilizou uma intensidade de 80% 1RM, sendo reduzida para 50% 1RM. Ambos os grupos demonstraram aumentos significativos, havendo uma maior tendência para o grupo de RFS. Um ponto bastante interessante foi que mesmo o exercício sendo para flexores do cotovelo, o tríceps braquial que é extensor do cotovelo, ou seja, antagonista do movimento, também apresentou hipertrofia muscular de 14% e 7% para os grupos RFS e alta intensidade, respectivamente. Kim et al. (2017) avaliou a espessura dos músculos do antebraço após um protocolo de preensão manual que consistiu de 3 séries de 5 minutos onde os idosos realizavam 2 segundos de preensão por 2 segundos de relaxamento, utilizando uma pressão de oclusão equivalente a 130% da pressão arterial sistólica com intensidade de 20% da contração isométrica voluntária máxima. O grupo de alta intensidade realizou exercícios a 75%. Os resultados demonstraram aumentos significativos na circunferência do antebraço apenas para o grupo que realizou o treinamento com RFS.

Dois estudos avaliaram e compararam os efeitos da RFS com um grupo de alta intensidade sem RFS, na qual ambos avaliaram esses efeitos nos membros inferiores. Vechin et al. (2015) demonstrou que após 12 semanas, 4 séries no leg-press com intensidade entre 20-30% 1RM a uma pressão de oclusão de 50% da pressão sistólica da artéria tibial (média de 71 mmHg) apresentou um aumento significativo de 6% no quadríceps femoral, sem diferenças significativas em relação ao grupo de alta intensidade, que apresentou aumentos de 8%. Cook et al. (2017) avaliou durante 12 semanas indivíduos idosos que apresentavam risco de limitação de mobilidade, sendo demonstrado aumentos significativos de 4% na massa muscular do quadríceps femoral após 6 semanas em ambos os grupos (RFS e alta intensidade), e a partir da 6ª até a 12ª semana não houve aumentos adicionais. Neste estudo foi utilizada uma pressão de oclusão de 1,5x a pressão sistólica da artéria braquial (média de 184 mmHg).

## **MECANISMOS FISIOLÓGICOS CAUSADORES DA HIPERTROFIA MUSCULAR**

Diferentes podem ser os mecanismos subjacentes mediadores da hipertrofia muscular após a RFS. De uma maneira geral, a hipertrofia muscular resulta do aumento da síntese

protéica e do acúmulo de proteína contrátil, que ocorre quando o equilíbrio entre a síntese e a degradação protéica é positivo para a síntese (ABE et al., 2010).

É bem conhecido que duas podem ser as principais vias de sinalização da síntese protéica muscular, a mTOR (alvo mecanicista da rapamicina) e a miostatina, onde a primeira uma potente via que regula de forma positiva o tamanho do músculo, desempenhando um papel significativo na estimulação do início da tradução e da síntese protéica muscular tanto para exercícios de alta intensidade como para exercícios com RFS. Contrariamente a mTOR, a expressão da miostatina atua como um potente regulador negativo do tamanho muscular, porém, no entanto, a sua expressão geralmente é diminuída após o treinamento com RFS (YASUDA et al., 2014).

Foi revelado também que, o estímulo com RFS leva a uma proliferação marcante de células-tronco miogênicas resultando na adição de mionúcleos dentro do músculo esquelético, no qual é acompanhado por uma grande hipertrofia das miofibrilas, indicando que os mionúcleos derivados das células-troncos fornecem uma capacidade melhoradas de transcrição de genes miofibrilares, contribuindo para um aumento da síntese protéica (YASUDA et al., 2014). Para aumentar a massa muscular é necessário aumentar o fluxo sanguíneo (KIM et al., 2017), no qual há relatos de que o inchaço das células musculares induzidos pela a RFS pode contribuir significativamente para os benefícios anabólicos, tendo em vista que o inchaço celular agudo, devido à passagem da água para dentro da célula, simula processos anabólicos, tanto através do aumento da síntese protéica como da diminuição da proteólise (YASUDA et al., 2015). Esse aumento pode ser devido à ativação de um mecanismo de sinalização como o h-sgk, que mostrou ser desencadeado pelo inchaço celular (ABE et al., 2010).

Quando o exercício resistido é realizado com a combinação de RFS, o consumo energético é elevado, e contração musculares repetidas com o aumento da pressão intramuscular causariam efeitos complexos na circulação sanguínea e acúmulo de lactato, ocasionando em uma maior amplitude de hiperemia pós-exercício (TAKARADA et al., 2000). Através disso há hipótese de que o acúmulo de metabólitos provenientes de um fluxo sanguíneo aumentado após a restrição do mesmo, leva a um aumento do recrutamento de fibras musculares (YASUDA et al., 2014).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Podemos concluir que o treinamento resistido com restrição de fluxo sanguíneo se mostrou eficaz no aumento da massa muscular a partir de 4 semanas, em idosos, além do mesmo

também ter demonstrado ser seguro. Aparentemente fica sugerido um protocolo padrão para aplicação do treinamento resistido tanto com pesos como com bandas elásticas, que consiste em 4 séries de 30, 15, 15 e 15 repetições com intervalos de 30 segundos entre as séries, e quando a RFS for aplicada a caminhada, sugere-se um protocolo de 20 minutos em velocidade entre 4 e 5 km/h. Com relação a pressão de oclusão, pode-se obter benefícios e segurança com a restrição em uma margem inicial de 70 a 200 mmHg.

## REFERÊNCIAS

- ABE, T. et al. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. **Journal of Geriatric Physical Therapy**. v.33, n.1, p.34-40, Jan-Mar, 2010.
- BORTZ, W. M. A conceptual framework of frailty: a review. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**. 57, 5, 283-288, May, 2002.
- CHEW, S. T. H. Sarcopenia: Causes, Consequences, Prevention and Treatment. **The Singapore family physician**. 44, 5, 11-17, Oct, 2018.
- CLARK, B. C. et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. 21, 5, 653-662, Oct, 2011.
- COOK, S. B. et al. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. **Experimental Gerontology**. v.1, n.99, p.138-145, Dec, 2017.
- KIM, J. et al. Effects of blood flow restricted exercise training on muscular strength and blood flow in older adults. **Experimental Gerontology**. v.1, n.99, p.127-132, Dec, 2017.
- LIBERATI, A. et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology**. v.62, n.10, p.1-34, Aug, 2009.
- MCCURDY, K.; WALKER, J.; YUEN, D. Gluteus Maximus and Hamstring Activation During Selected Weight-Bearing Resistance Exercises. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. 32, 3, 594-601, Mar, 2018.
- NAKAJIMA, T. H. et al. Effects of KAATSU training on haemostasis in healthy subjects. **International Journal of KAATSU Training Research**. 3, 1, 11-20, 2007.
- NETO, G. R. et al. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. 36, 1, 53-59, Jan, 2016.

OZAKI, H. et al. Effects of 10 weeks walk training with leg blood flow reduction on carotid arterial compliance and muscle size in the elderly adults. **Angiology**. v.62, n.1, p.81-86, Jan, 2011.

OZAKI, H. et al. Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**. v.66, n.3, p.257-263, Mar, 2011.

TAKANO, H. et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. **European Journal of Applied Physiology**. 95, 1, 65-73, Sep, 2005.

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

THIEBAUD, R. S. et al. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. v.33, n.5, p.344-352, Sep, 2013.

VANWYE, W. R.; WEATHERHOLT, A. M.; MIKESKY, A. E. Blood Flow Restriction Training: Implementation into Clinical Practice. **International Journal of Exercise Science**. 10, 5, 649-654, Sep, 2017.

VECHIN, F. C. et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. v.29, n.4, p.1071-1076, Apr, 2015.

VIEIRA, P. J. et al. Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. 27, 8, 2288-2294, Aug, 2013.

YASUDA, T. et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. v.24, n.5, p.799-806, Oct, 2014.

YASUDA, T. et al. Effects of detraining after blood flow-restricted low-intensity training on muscle size and strength in older adults. **Aging Clinical and Experimental Research**. v.26, n.5, p.561-564, Oct, 2014.

YASUDA, T. et al. Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. **Oncotarget**. v.7, n.23, p.33595-33607, Jun, 2016.

YASUDA, T. et al. Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**. v.70, n.8, p. 950-958, Aug, 2015.