


EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM OCLUSÃO VASCULAR PARCIAL DO FLUXO SANGUÍNEO SOBRE O GANHO DE FORÇA E O DIÂMETRO DO BRAÇO

EFFECTS OF BLOOD FLOW RESTRICTION RESISTANCE TRAINING ON STRENGTH GAINS AND ARM DIAMETER

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA CON RESTRICCIÓN PARCIAL DEL FLUJO SANGUÍNEO SOBRE LA GANANCIA DE FUERZA Y EL DIÁMETRO DEL BRAZO

 <https://doi.org/10.56238/arev7n7-171>

Data de submissão: 11/06/2025

Data de publicação: 11/07/2025

Luanícolas Mendonça Silva

Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG

E-mail: luannicolas1@hotmail.com

Luciane Alves Gianasi

Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG

E-mail: luciane.gianasi@unifor-mg.edu.br

José Carlos Leal

Universidade Federal de Roraima – UFRR

E-mail: leal.educacaoofisica@gmail.com

RESUMO

O treinamento de força (TF) é amplamente utilizado por seus benefícios, como aumento de força muscular e hipertrofia, mas a prática com cargas elevadas (60-80% de 1RM) impõe estresse articular, limitando seu uso em populações vulneráveis. Como alternativa, o treinamento com oclusão vascular parcial (Kaatsu Training), realizado com cargas menores (20-50% de 1RM), promove adaptações metabólicas e ganhos de força com menor sobrecarga. Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos do treinamento de força com oclusão vascular parcial sobre a força muscular e o diâmetro do braço em homens jovens treinados. Foi conduzido um estudo experimental, longitudinal e quantitativo, com 11 homens (20-34 anos), praticantes regulares de TF. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: Controle (treinamento tradicional) e Intervenção (treinamento com oclusão). O protocolo durou oito semanas (três sessões semanais), com avaliações de força (1RM) e circunferência do braço realizadas antes e após o período de intervenção. Os resultados mostraram aumentos significativos de força em ambos os grupos: Controle (+10,20%) e Intervenção (+8,68%), sem diferença estatística entre eles. Não foram observadas alterações significativas na circunferência muscular; ambos os grupos apresentaram leve redução média no diâmetro do braço. A análise de covariância revelou que o tipo de treinamento não influenciou significativamente os ganhos de força nem as alterações morfológicas, sendo o desempenho inicial o principal preditor dos resultados. Conclui-se que o treinamento com oclusão vascular parcial é eficaz para promover ganhos de força com cargas reduzidas e menor estresse articular, sendo uma alternativa viável para indivíduos com restrições ao treinamento convencional. No entanto, a ausência de hipertrofia sugere a necessidade de estudos com maior duração e controle de variáveis externas para melhor elucidar seus efeitos morfológicos.

Palavras-chave: Treinamento de Resistência. Restrição do Fluxo Sanguíneo. Força Muscular. Hipertrofia Muscular.

ABSTRACT

Resistance training (RT) is widely used for its benefits, such as increased muscle strength and hypertrophy. However, performing RT with high loads (60–80% of 1RM) imposes joint stress, limiting its application in vulnerable populations. As an alternative, blood flow restriction training (Kaatsu Training), performed with lower loads (20–50% of 1RM), promotes metabolic adaptations and strength gains with reduced joint stress. This study aimed to analyze the effects of blood flow restriction strength training on muscle strength and arm diameter in trained young men. An experimental, longitudinal, and quantitative study was conducted with 11 men (aged 20–34) who regularly practiced RT. Participants were randomly assigned to two groups: Control (traditional training) and Intervention (training with blood flow restriction). The intervention lasted eight weeks (three weekly sessions), with strength (1RM) and arm circumference assessed before and after the intervention. Results showed significant strength gains in both groups: Control (+10.20%) and Intervention (+8.68%), with no statistical difference between them. No significant changes in muscle circumference were observed; both groups showed a slight average reduction in arm diameter. Analysis of covariance indicated that the type of training did not significantly influence strength gains or morphological changes, with initial performance being the main predictor of post-intervention outcomes. It is concluded that blood flow restriction strength training is effective in promoting strength gains with reduced loads and lower joint stress, representing a viable alternative for individuals with limitations to conventional training. However, the absence of hypertrophy suggests the need for longer studies with greater control of external variables to better clarify its morphological effects.

Keywords: Resistance Training. Blood Flow Restriction. Muscle Strength. Muscle Hypertrophy.

RESUMEN

El entrenamiento de fuerza (EF) es ampliamente utilizado por sus beneficios, como el aumento de la fuerza muscular y la hipertrofia. Sin embargo, el uso de cargas elevadas (60–80% de 1RM) genera estrés articular, lo que limita su aplicación en poblaciones vulnerables. Como alternativa, el entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo (Kaatsu Training), realizado con cargas menores (20–50% de 1RM), promueve adaptaciones metabólicas y ganancias de fuerza con menor estrés articular. Este estudio tuvo como objetivo analizar los efectos del entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza muscular y el diámetro del brazo en hombres jóvenes entrenados. Se realizó un estudio experimental, longitudinal y cuantitativo, con 11 hombres (20–34 años), practicantes regulares de EF. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: Control (entrenamiento tradicional) e Intervención (entrenamiento con restricción). La intervención duró ocho semanas (tres sesiones semanales), evaluándose la fuerza (1RM) y la circunferencia del brazo antes y después. Los resultados mostraron aumentos significativos de fuerza en ambos grupos: Control (+10,20%) e Intervención (+8,68%), sin diferencias estadísticas entre ellos. No se observaron cambios significativos en la circunferencia muscular; ambos grupos presentaron una leve reducción promedio en el diámetro del brazo. El análisis de covarianza indicó que el tipo de entrenamiento no influyó significativamente en las ganancias de fuerza ni en los cambios morfológicos, siendo el rendimiento inicial el principal predictor de los resultados posteriores. Se concluye que el entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo es eficaz para promover ganancias de fuerza con cargas reducidas y menor estrés articular, representando una alternativa viable para individuos con limitaciones para el entrenamiento convencional. Sin embargo, la ausencia de

hipertrofia sugiere la necesidad de estudios más prolongados y con mayor control de variables externas.

Palabras clave: Entrenamiento de resistência. Restricción del flujo sanguíneo. Fuerza muscular. Hipertrofia muscular.

1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é uma prática cada vez mais difundida entre indivíduos de diferentes idades, níveis de aptidão física e ambos os sexos, devido aos seus inúmeros benefícios, como o aumento da força muscular, adaptações neuronais, endócrinas, cardiovasculares, metabólicas e musculares (Grutter et al., 2013; Kraemer et al., 2025; Ornelas et al., 2020). Por meio da aplicação de sobrecargas progressivas, o TF promove adaptações fisiológicas que resultam em hipertrofia muscular, melhorando o desempenho físico e a qualidade de vida (Corrêa et al., 2016; Westcott, 2012).

Tradicionalmente, o TF é prescrito com cargas de alta intensidade (60–80% de 1RM), consideradas ideais para ganhos de força e hipertrofia. Contudo, o uso de cargas elevadas gera estresse mecânico significativo sobre as articulações, o que pode limitar sua aplicação em determinados grupos, como idosos, indivíduos em reabilitação ou pessoas com limitações osteoarticulares (Boeno et al., 2018; Ramis et al., 2014; Silva-Grigoletto et al., 2013).

Nesse contexto, o treinamento de força com oclusão vascular parcial do fluxo sanguíneo (também conhecido como *Kaatsu Training*) surge como uma estratégia alternativa promissora. A técnica consiste na aplicação de um manguito de pressão na região proximal dos membros, reduzindo o fluxo sanguíneo durante o exercício. Essa abordagem permite alcançar ganhos de força e hipertrofia com cargas reduzidas (20–50% de 1RM), diminuindo o estresse articular (Boeno et al., 2018; Patterson et al., 2019; Santana et al., 2024).

Além de reduzir a sobrecarga mecânica, o treinamento com oclusão vascular parcial estimula uma maior ativação das fibras musculares do tipo II, aumenta a secreção de hormônios anabólicos, como o hormônio do crescimento, e gera adaptações metabólicas que potencializam os ganhos musculares (Patterson et al., 2019; Silva et al., 2023). Esses efeitos tornam o método uma alternativa interessante não apenas para indivíduos saudáveis, mas também para populações com restrições ao treinamento tradicional de alta intensidade (Girardi et al., 2022; Meister et al., 2016; Silva et al., 2023).

Diante disso, o objetivo do estudo foi analisar os efeitos do treinamento de força com oclusão vascular parcial do fluxo sanguíneo em indivíduos treinados do sexo masculino.

2 METODOLOGIA

2.1 DESENHO DO ESTUDO

Este estudo experimental, longitudinal e quantitativo teve como objetivo analisar os efeitos do treinamento de força com oclusão vascular parcial do fluxo sanguíneo sobre a força muscular e o diâmetro do braço em homens jovens treinados.

A intervenção teve duração de oito semanas, durante as quais os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: Grupo Controle (treinamento tradicional de força) e Grupo Intervenção (treinamento de força com oclusão vascular parcial). A variável independente foi o tipo de treinamento realizado (com ou sem oclusão vascular), e as variáveis dependentes foram a força muscular (estimada por 1RM) e o diâmetro dos braços (circunferência média dos braços direito e esquerdo).

As avaliações foram realizadas em dois momentos: antes do início da intervenção e ao término das oito semanas.

O estudo foi conduzido em conformidade com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, sob CAAE 52987215.3.0000.5111 e Parecer nº 1.560.539. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2.2 AMOSTRA

A amostra foi composta por 11 indivíduos do sexo masculino, com idades entre 20 e 34 anos (média $25,73 \pm 1,38$ anos), praticantes regulares de treinamento de força há, no mínimo, seis meses. Os participantes foram recrutados de uma academia de musculação em uma cidade do Centro-Oeste de Minas Gerais.

Os critérios de inclusão foram: idade entre 18 e 40 anos; prática regular de treinamento resistido por, pelo menos, seis meses; atestado médico comprovando aptidão para a prática de exercícios físicos; pressão arterial de repouso inferior a 140/90 mmHg no momento das sessões; e resposta negativa ao Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) (Luz et al., 2009; Takarada et al., 2000, 2002).

Os critérios de exclusão incluíram: ausência em mais de duas sessões de treinamento durante o período de intervenção; desistência voluntária; ou não assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Após triagem inicial, os participantes elegíveis foram alocados aleatoriamente em dois grupos: Grupo Controle (n=6), submetido ao treinamento de força tradicional, e Grupo Intervenção (n=5), submetido ao treinamento de força com oclusão vascular parcial do fluxo sanguíneo.

2.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

A força muscular dos participantes foi avaliada por meio do teste de predição de uma repetição máxima (1RM) no exercício de flexão de cotovelo com barra (rosca direta), um dos exercícios mais tradicionais para o treinamento do bíceps braquial. A predição de 1RM foi obtida a partir da realização

de repetições submáximas com cargas submáximas, aplicando-se a equação de Lombardi (Julio et al., 2011), que permite estimar o valor correspondente a 1RM de forma indireta e segura, evitando o risco de lesão.

A circunferência dos braços (direito e esquerdo) foi mensurada com o uso de uma fita antropométrica inelástica da marca Sanny (modelo SN-4010), com precisão de 1 mm e comprimento de 2 metros. As medidas foram realizadas com os participantes em posição anatômica (em pé, com os braços relaxados ao lado do corpo), na maior porção do bíceps braquial. Para maior precisão, foram feitas duas medições em cada braço, e a média dos dois valores foi utilizada na análise. O diâmetro final foi expresso como a média das circunferências dos dois braços.

Para a aplicação da oclusão vascular parcial, foi utilizado um esfigmomanômetro convencional, posicionado na região proximal dos braços, e insuflado até uma pressão de 100 mmHg (Takarada et al., 2000, 2002). A pressão foi monitorada e mantida durante a execução de cada série de exercícios.

Antes do início da intervenção, todos os participantes foram submetidos a uma avaliação inicial composta por: (i) teste de predição de 1RM no exercício de rosca direta; e (ii) mensuração da circunferência dos braços.

Após a avaliação inicial, os participantes foram alocados aleatoriamente em dois grupos: Grupo Controle (GC): treinamento de força tradicional; Grupo Intervenção (GI): treinamento de força com oclusão vascular parcial.

O protocolo experimental teve duração de oito semanas, com três sessões semanais, totalizando 24 sessões por participante. As sessões foram realizadas em dias alternados, respeitando um intervalo de pelo menos 48 horas entre cada sessão, para garantir adequada recuperação muscular.

Cada sessão foi composta por: (i) Aquecimento geral (5 minutos de caminhada leve em esteira ergométrica), seguido por (ii) aquecimento específico: uma série com 50% de 1RM no exercício de rosca direta, realizada até a falha concêntrica voluntária, (iii) após o aquecimento, os participantes realizavam o protocolo de treinamento específico para seu grupo: Grupo Controle: três séries de repetições até a falha concêntrica com carga correspondente a 80% de 1RM, com dois minutos de intervalo entre séries; Grupo Intervenção: três séries de 15 repetições com carga de 20% de 1RM, sob oclusão vascular parcial com pressão de 100 mmHg. O intervalo entre as séries era de dois minutos, sendo que o manguito permanecia insuflado durante toda a execução da série e era desinflado nos intervalos.

O exercício foi realizado em posição ortostática, com os pés afastados à largura dos ombros, joelhos ligeiramente flexionados e tronco ereto. A pegada na barra era supinada, com afastamento

correspondente à largura dos ombros. O ritmo de execução das repetições foi controlado: aproximadamente três segundos para a fase concêntrica (elevação) e quatro segundos para a fase excêntrica (descida). As séries foram realizadas até a falha concêntrica voluntária (no GC) ou com número pré-determinado de 15 repetições (no GI).

Durante o período da intervenção, os participantes foram orientados a não realizar qualquer outro tipo de treinamento para o bíceps braquial, para seu antagonista (tríceps), ou exercícios que envolvessem pegada supinada, a fim de isolar o efeito do protocolo experimental sobre a musculatura-alvo.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e analisados com o software IBM SPSS® versão 21.0. Foi realizada análise descritiva, com cálculo de médias e desvios padrão para todas as variáveis contínuas.

A normalidade da distribuição dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para as comparações intra-grupo (pré-intervenção vs. pós-intervenção), foi aplicado o teste t de Student para amostras pareadas. Para as comparações inter-grupo (Grupo Controle vs. Grupo Intervenção), foi utilizado o teste t de Student para amostras independentes (Miot, 2017).

Além disso, foi conduzida uma análise de covariância (ANCOVA), com as variáveis de resultado pós-intervenção (força muscular e circunferência média dos braços) como variáveis dependentes, o grupo de intervenção como fator fixo, e os respectivos valores pré-intervenção como covariáveis. Esta abordagem permite controlar as diferenças iniciais e avaliar o efeito independente do tipo de intervenção (Khammar et al., 2020; Oliveira et al., 2011).

O tamanho de efeito foi estimado pelo cálculo do partial eta squared (η^2 parcial) para a ANCOVA, e pelo tamanho de efeito de Cohen's d para as comparações inter-grupo dos ganhos percentuais, interpretados conforme recomendações da literatura (Flório et al., 2023; Sousa, 2018). O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$ para todas as análises.

3 RESULTADOS

No período de oito semanas pelo qual seguiu o treinamento, tanto os participantes do Grupo Controle (sem Oclusão) (6) quanto os participantes do Grupo Intervenção, apresentou IMC com Peso Ideal para peso e altura, com idade média de 25,73 anos ($\pm 1,376$) (Tabela 1).

Tabela 1- Valores descritivos para altura, peso corporal e IMC dos Grupos Controle e Intervenção.

	Controle			Intervenção		
	Peso (kg)	Altura (m)	IMC (kg/m ²)	Peso (kg)	Altura (m)	IMC (kg/m ²)
Mediana	80,75	1,75	25,9	70,7	1,85	24,02
Média (dp)	79,92 (±2,524)	1,75 (±0,031)	26,18 (±1,323)	78,56 (±3,864)	1,79 (±0,046)	24,56 (±1,424)
IC95%	73,43-86,41	1,67-1,83	22,78-29,58	67,83-89,29	1,66-1,92	20,61-28,51

Kg - Quilogramas; m - Metros; kg/m² - Quilogramas por Metro Cúbico; IMC - Índice de Massa Corporal; IC – Intervalo de Confiança; dp – Desvio Padrão.

Fonte: os autores

Durante o mesmo período de oito semanas, tanto o Grupo Controle quanto o Grupo Intervenção, aumentaram significativamente a força máxima, através do teste de predição de 1RM. O Grupo Controle alcançou um aumento significativo de 10,20% e o Grupo Intervenção obteve um aumento significativo de 8,68% em relação à força máxima feita pelo exercício rosca direta com barra livre (Tabela 2). As comparações em relação ao diâmetro do braço antes e após oito semanas de treinamento foram feitas através da média dos dois braços (direito e esquerdo), sendo avaliada a circunferência total do mesmo. Após análise, foi verificada uma redução média de 1,08% no diâmetro dos braços do Grupo Controle, o mesmo foi verificado no Grupo Intervenção, que obteve uma redução média de 0,88% no diâmetro dos dois braços (Tabela 2).

Tabela 2- Valores descritivos para Testes de Força (1RM) e Circunferência dos Braços direito e esquerdo dos Grupos Controle e Intervenção.

	Controle			Intervenção		
	Início	Final	p (≤0,05)	Início	Final	P (≤0,05)
Teste 1 RM (kg)	37,15 (±2,272)	41,37 (±1,811)	0,003	37,62 (±2,763)	41,20 (±2,728)	0,006
Circ. braço direito (cm)	34,75 (±1,493)	34,67 (±1,038)		33,50 (±0,707)	33,3 (0,538)	
Circ. Braço esquerdo (cm)	35,17 (±1,621)	34,50 (±1,125)	0,531	34,1 (±0,886)	33,7 (±0,644)	0,467
Média circ. braços (cm)	34,96 (±1,555)	34,58 (1,078)		33,80 (±0,780)	33,5 (±0,586)	

RM – Repetição Máxima; cm – Centímetros; Circ – Circunferência; Teste Mann-Whitney.

Fonte: os autores

A análise de covariância (ANCOVA) revelou que o fator Grupo (controle vs. intervenção com oclusão vascular parcial) não apresentou efeito significativo sobre a força muscular estimada por 1RM ao final do período experimental ($F(1,8) = 0,30$; $p = 0,598$; η^2 parcial = 0,036), quando controlados os valores iniciais de força. Por outro lado, o valor inicial de 1RM foi um preditor altamente significativo do valor final ($F(1,8) = 77,13$; $p < 0,001$; η^2 parcial = 0,906).

Da mesma forma, o fator Grupo não exerceu efeito significativo sobre a circunferência média do braço ao final do treinamento ($F(1,8) = 0,60$; $p = 0,460$; η^2 parcial = 0,070), enquanto a

circunferência inicial foi um preditor significativo da circunferência final ($F(1,8) = 97,42$; $p < 0,001$; η^2 parcial = 0,924).

Esses resultados indicam que o tipo de treinamento (com ou sem oclusão vascular parcial) não influenciou significativamente os ganhos de força muscular nem as alterações na circunferência do braço, sendo o desempenho inicial o principal determinante dos resultados pós-intervenção.

Além da análise de covariância, foi calculado o tamanho de efeito (Cohen's d) para as variações percentuais de força muscular e circunferência do braço entre os grupos. Para o ganho percentual de força muscular (Δ 1RM %), o tamanho de efeito foi $d = -0.36$, indicando um efeito pequeno e levemente favorável ao grupo controle.

Para a variação percentual da circunferência do braço, o tamanho de efeito foi $d = -0.008$, caracterizando um efeito nulo entre os grupos. Esses resultados reforçam a ausência de diferença significativa e de relevância prática entre os protocolos de treinamento testados (Tabela 3).

Tabela 3- Resultados da análise de covariância (ANCOVA) e tamanho de efeito (Cohen's d) para força muscular (1RM) e circunferência do braço após 8 semanas de treinamento.

Variável	Cohen's d	Fator	F	p	η^2 parcial
Força muscular (1RM pós)	-0.361	Grupo	0.30	0.598	0.036
		1RM inicial	77.13	<0.001	0.906
Circunferência do braço (pós)	-0.008	Grupo	0.60	0.460	0.070
		Circunferência inicial	97.42	<0.001	0.924

F: valor do teste F; p: nível de significância; η^2 parcial: tamanho de efeito (partial eta squared).

Fonte: os autores

4 DISCUSSÃO

O treinamento de força com altas intensidades (60–80% de 1RM) é amplamente reconhecido por promover adaptações musculares significativas, tanto em termos de aumento da força quanto de hipertrofia, por meio de elevação da síntese proteica, ativação das vias anabólicas (mTOR-S6K1) e maior recrutamento das fibras musculares tipo IIb (Damas et al., 2018; Hughes et al., 2018; SCHOENFELD et al., 2019). Contudo, o elevado estresse mecânico imposto às articulações durante esse tipo de treinamento pode limitar sua aplicação, especialmente em populações vulneráveis, como idosos, indivíduos em reabilitação ou com lesões articulares (Boeno et al., 2018; Ramis et al., 2014).

Nesse cenário, o treinamento com oclusão vascular parcial do fluxo sanguíneo (Kaatsu Training), realizado com cargas baixas (20–50% de 1RM), tem sido proposto como alternativa promissora. Tal método promove um ambiente metabólico distinto, caracterizado por hipóxia local, aumento de metabólitos (lactato, íons hidrogênio), ativação do sistema nervoso simpático e consequente maior recrutamento das fibras rápidas (tipo IIb), além de elevar acentuadamente a secreção de hormônio do crescimento (GH) e potencializar a sinalização anabólica (mTOR), como

demonstrado em diversos estudos (Boeno et al., 2018; Girardi et al., 2022; Ramis et al., 2014; Takarada et al., 2000, 2002).

No presente estudo, ambos os métodos — tradicional e com oclusão — resultaram em aumentos significativos da força muscular em indivíduos previamente treinados. O ganho de força no grupo de oclusão (8,68%) foi ligeiramente inferior ao do grupo tradicional (10,20%), embora sem diferença estatística entre os métodos. Esses achados corroboram com estudos prévios que demonstraram que o treinamento com oclusão é eficaz em promover ganhos de força, inclusive em idosos (Silva et al., 2023; Teixeira et al., 2012), em jovens sem experiência prévia (LAURENTINO et al., 2012) e em mulheres idosas (Girardi et al., 2022).

A ausência de aumento significativo na circunferência muscular em ambos os grupos merece análise mais aprofundada. Em primeiro lugar, o tempo de intervenção (oito semanas), embora suficiente para gerar ganhos de força, pode ter sido curto para induzir alterações morfológicas detectáveis, particularmente em indivíduos já treinados, nos quais a plasticidade muscular é menor em resposta a estímulos semelhantes. Além disso, o protocolo utilizado envolveu um único exercício monoarticular (rosca direta), com foco exclusivo no bíceps braquial, sem estímulo concomitante ao antagonista (tríceps) e sem utilização de exercícios multiarticulares, o que pode ter limitado o volume e a variedade do estímulo hipertrófico. A literatura sugere que protocolos com múltiplos exercícios, incluindo movimentos compostos e estímulo bilateral, tendem a gerar maior resposta hipertrófica (Boeno et al., 2018; Girardi et al., 2022; Wilk et al., 2021).

Outro ponto relevante refere-se à possível influência da miostatina, uma proteína reguladora negativa da hipertrofia muscular, cuja expressão elevada inibe a proliferação de células satélites e a síntese proteica (Bonnieu et al., 2007; Cho et al., 2022; Wiedmer et al., 2021). Embora estudos como o de Lautentino (2012) tenham demonstrado redução na expressão da miostatina com o treinamento de oclusão (45%) e de alta intensidade (41%), tal modulação tende a ocorrer de maneira mais consistente em protocolos prolongados (>12 semanas) e com volumes de treino mais elevados, o que pode explicar, em parte, a ausência de aumento de circunferência observada neste estudo.

Foi observada uma leve redução no diâmetro do braço em ambos os grupos, embora sem significância estatística. Esse achado pode ser multifatorial: além da limitação do protocolo de treinamento, é possível que tenha havido variação no equilíbrio hídrico e no estado nutricional dos participantes entre as avaliações, assim como possível catabolismo decorrente de variáveis externas não controladas (alimentação, sono, estresse), que podem impactar o balanço proteico muscular. Ademais, o fato de o músculo antagonista não ter sido treinado poderia ter contribuído para um

desequilíbrio muscular local e impacto indireto na composição tecidual do segmento avaliado (Supriya et al., 2021).

Outro fator metodológico importante foi o uso de manguitos não específicos, com pressão fixa de 100 mmHg, sem ajuste individualizado com base na oclusão arterial total. Estudos mais recentes recomendam a personalização da pressão de oclusão, uma vez que a resposta hemodinâmica e o grau de oclusão variam conforme as características anatômicas e fisiológicas de cada indivíduo (Citherlet et al., 2022; Freitas et al., 2021; Girardi et al., 2022; Loenneke et al., 2012; Silva et al., 2023). A ausência de individualização pode ter reduzido o estímulo metabólico e, portanto, a eficácia do protocolo.

Além disso, cabe ressaltar que o presente estudo foi conduzido com amostra pequena ($n=11$), composta exclusivamente por homens jovens e treinados, o que limita a generalização dos resultados. Também não houve controle rigoroso da dieta ou da suplementação dos participantes, variáveis que podem influenciar significativamente o processo de hipertrofia muscular.

Apesar dessas limitações, os achados reforçam a aplicabilidade do treinamento com oclusão como ferramenta segura e eficaz para promover ganhos de força em populações que não tolerariam o treinamento com altas cargas. Sua aplicação prática pode se estender a pacientes pós-operatórios, idosos, indivíduos com lesões articulares ou doenças crônicas e mesmo a atletas em fases de recuperação ativa, visando reduzir o estresse mecânico articular sem comprometer o estímulo neuromuscular.

Além disso, o presente estudo oferece algumas implicações relevantes para a pesquisa científica. Primeiramente, evidencia a necessidade de padronização dos protocolos de oclusão (pressão, duração, volume), uma vez que a heterogeneidade metodológica dificulta a comparação entre estudos. Em segundo lugar, sugere que intervenções mais longas, com maior volume de treino e controle rigoroso de variáveis externas, são necessárias para elucidar plenamente os efeitos do método sobre a hipertrofia muscular. Além disso, torna-se pertinente investigar, por meio de métodos bioquímicos e moleculares, a dinâmica da expressão de miostatina, IGF-1, GH e outros fatores anabólicos e catabólicos envolvidos na adaptação muscular ao treinamento com oclusão. Por fim, estudos futuros devem explorar não apenas os ganhos morfológicos e de força, mas também os impactos do método sobre a função muscular, mobilidade, equilíbrio e qualidade de vida, especialmente em populações clínicas e envelhecidas, onde esses aspectos têm maior relevância funcional.

Em síntese, o presente estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre o treinamento com oclusão vascular parcial em indivíduos previamente treinados, mas também destaca importantes

desafios metodológicos e direções para futuras investigações, visando otimizar a aplicação clínica e esportiva dessa abordagem.

5 CONCLUSÃO

O treinamento de força com oclusão vascular parcial demonstrou ser uma estratégia eficaz para promover ganhos de força em indivíduos treinados, mesmo utilizando cargas reduzidas, e com menor estresse articular. No entanto, não foram observadas alterações significativas na circunferência muscular, possivelmente em função do curto período de intervenção e das características do protocolo adotado. Esses resultados reforçam o potencial do método para aplicação em populações com restrições ao treinamento tradicional e indicam a necessidade de estudos futuros com maior volume, duração prolongada e controle de variáveis externas, a fim de elucidar seus efeitos sobre a hipertrofia e a função muscular.

REFERÊNCIAS

- Boeno, F. P., Ramis, T. R., Farinha, J. B., Lemos, L. S. de, Medeiros, N. da S., & Ribeiro, J. L. (2018). Efeito agudo do exercício de força com restrição do fluxo sanguíneo sobre parâmetros antioxidantes em indivíduos jovens saudáveis. *Jornal Vascular Brasileiro*, 17(2), 122–127. doi: 10.1590/1677-5449.011017
- Bonnieu, A., Carnac, G., & Vernus, B. (2007). Myostatin in the Pathophysiology of Skeletal Muscle. *Current Genomics*, 8(7), 415–422. doi: 10.2174/138920207783591672
- Cho, M.-R., Lee, S., & Song, S.-K. (2022). A Review of Sarcopenia Pathophysiology, Diagnosis, Treatment and Future Direction. *Journal of Korean Medical Science*, 37(18), e146. doi: 10.3346/jkms.2022.37.e146
- Citherlet, T., Willis, S. J., Chaperon, A., & Millet, G. P. (2022). Differences in the limb blood flow between two types of blood flow restriction cuffs: A pilot study. *Frontiers in Physiology*, 13. doi: 10.3389/fphys.2022.931270
- Corrêa, D. A., Rizatto, G. F., Marchetti, P. H., & Lopes, C. R. (2016). Breve revisão dos efeitos do treinamento de força com restrição vascular nas adaptações musculares de força e hipertrofia. *Revista Do Centro de Pesquisa Avançadas Em Qualidade de Vida*, 8(2). doi: <https://doi.org/10.36692/111>
- Damas, F., Libardi, C. A., & Ugrinowitsch, C. (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European Journal of Applied Physiology*, 118(3), 485–500. doi: 10.1007/s00421-017-3792-9
- Flório, F. M., Zanin, L., Santos Júnior, L. M. dos, Meneghim, M. de C., & Ambrosano, G. M. B. (2023). Tamanho do efeito em estudos observacionais na área de Saúde Bucal Coletiva: importância, cálculo e interpretação. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(2), 599–608. doi: 10.1590/1413-81232023282.09822022
- Freitas, E. D. S., Karabulut, M., & Bembem, M. G. (2021). The Evolution of Blood Flow Restricted Exercise. *Frontiers in Physiology*, 12. doi: 10.3389/fphys.2021.747759
- Girardi, F. M., & Guenka, L. C. (2022). Fortalecimento do quadríceps através do método Kaatsu Training em mulheres com dor femoropatelar. *Fisioterapia e Pesquisa*, 29(2), 210–215. doi: 10.1590/1809-2950/22001529022022pt
- Grutter, K., Bottino, D. A., Farinatti, P. T. V., & Oliveira, R. B. (2013). Aspectos metodológicos e aplicações clínicas dos exercícios com restrição do fluxo sanguíneo. *Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto*, 12(4). doi: 10.12957/rhupe.2013.8719
- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6). doi: 10.1101/cshperspect.a029769
- Julio, U. F., Panissa, V. L. G., & Franchini, E. (2011). Predição da carga máxima a partir do número máximo de repetições com cargas submáximas para mulheres. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 13(5). doi: 10.5007/1980-0037.2011v13n5p361

Khammar, A., Yarahmadi, M., & Madadzadeh, F. (2020). What Is Analysis of Covariance (ANCOVA) and How to Correctly Report Its Results in Medical Research? *Iranian Journal of Public Health*, 49(5), 1016–1017. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32953697>

Kraemer, W. J., Fragala, M. S., & Ratamess, N. A. (2025). Evolution of resistance training in women: History and mechanisms for health and performance. *Sports Medicine and Health Science*. doi: 10.1016/j.smhs.2025.01.005

LAURENTINO, G. C., UGRINOWITSCH, C., ROSCHEL, H., AOKI, M. S., SOARES, A. G., NEVES, M., AIHARA, A. Y., DA ROCHA CORREA FERNANDES, A., & TRICOLI, V. (2012). Strength Training with Blood Flow Restriction Diminishes Myostatin Gene Expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(3), 406–412. doi: 10.1249/MSS.0b013e318233b4bc

Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Sherk, V. D., Thiebaud, R. S., Abe, T., Bembien, D. A., & Bembien, M. G. (2012). Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 2903–2912. doi: 10.1007/s00421-011-2266-8

Luz, L. G. de O., & Farinatti, P. de T. V. (2009). Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q). *Revista Brasileira de Fisiologia Do Exercício*, 4(1), 43–48. doi: 10.33233/rbfe.v4i1.3585

Meister, C. B., Kutianski, F. A. T., Carstens, L. C., Andrade, S. L. F., Rodacki, A. L. F., & Souza, R. M. de. (2016). Effects of two programs of metabolic resistance training on strength and hypertrophy. *Fisioterapia Em Movimento*, 29(1), 147–158. doi: 10.1590/0103-5150.029.001.A016

Miot, H. A. (2017). Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. *Jornal Vascular Brasileiro*, 16(2), 88–91. doi: 10.1590/1677-5449.041117

Oliveira, T. A. de, Moraes, A. R. de, & Cirillo, M. A. (2011). Métodos de estimação de parâmetros em modelo de covariância com erro na covariável. *Ciência Rural*, 41(10), 1851–1857. doi: 10.1590/S0103-84782011001000029

Ornelas, F. de, Pereira, R. A., Germano, M. D., Braz, T. V., Moreno, M. A., Teixeira, C. V. L. S., & Lopes, C. R. (2020). Manipulação das variáveis do treinamento de força nas academias da região metropolitana de Campinas-SP. *Rev. Bras. Ciênc. Mov*, 28(4), 120–128. Retrieved from <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/view/10787/pdf%0Ahttps://fi-admin.bvsalud.org/document/view/cc894>

Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J., & Loenneke, J. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in Physiology*, 10. doi: 10.3389/fphys.2019.00533

Ramis, T. R., Silveira, D. F., Muller, C. H. L., Oliveira, Á. R., & Ribeiro, J. L. (2014). Efeito Agudo do Exercício de Força com Oclusão Vascular nos Marcadores de Estresse Oxidativo e Lesão Muscular. *Ciência Em Movimento*, 16(32), 59–69. doi: 10.15602/1983-9480/cmrs.v16n32p59-69

Santana, W. de J., Bocalini, D. S., João, G. A., Caperuto, E. C., Araujo, I. P. de, & Figueira Junior, A. (2024). RECUPERAÇÃO ENTRE SÉRIES NO TREINO DE FORÇA: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 30. doi: 10.1590/1517-8692202430012021_0037p

SCHOENFELD, B. J., CONTRERAS, B., KRIEGER, J., GRGIC, J., DELCASTILLO, K., BELLIARD, R., & ALTO, A. (2019). Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(1), 94–103. doi: 10.1249/MSS.0000000000001764

Silva-Grigoletto, M. E. da, Valverde-Esteve, T., Brito, C. J., & García-Manso, J. M. (2013). Capacidade de repetição da força: efeito das recuperações interséries. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 27(4), 689–705. doi: 10.1590/S1807-55092013005000016

Silva, A. A. da, Eracto, G. B. de S., Araujo, W. N. de, Moraes, T. F. das N., Almeida, T. B. de, Santos, R. A. dos, Amaral, Z. A., Takada, J. A. P., Souza, A. C. A. de, Pereira, A. M., Lira, V. F. de, & Silva, G. W. C. da. (2023). Kaatsu Training and Its Correlation with Reduced Risk of Falling in the Elderly Population: Based on Evidence. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 35(18), 89–96. doi: 10.9734/jammr/2023/v35i185131

Sousa, M. D. R. de. (2018). Principais medidas de magnitude do efeito utilizadas na comparação de dois grupos. Universidade de Brasília.

Supriya, R., Singh, K. P., Gao, Y., Li, F., Dutheil, F., & Baker, J. S. (2021). A Multifactorial Approach for Sarcopenia Assessment: A Literature Review. *Biology*, 10(12), 1354. doi: 10.3390/biology10121354

Takarada, Y., Sato, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 86(4), 308–314. doi: 10.1007/s00421-001-0561-5

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. doi: 10.1152/jappl.2000.88.6.2097

Teixeira, E., Hespanhol, K., Marquez, T., & Navarro, F. (2012). Efeito do treinamento resistido com oclusão vascular em idosas. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia Do Exercício (RBPFE)*, 6(36), 6.

Westcott, W. L. (2012). Resistance Training is Medicine. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 209–216. doi: 10.1249/JSR.0b013e31825dabb8

Wiedmer, P., Jung, T., Castro, J. P., Pomatto, L. C. D., Sun, P. Y., Davies, K. J. A., & Grune, T. (2021). Sarcopenia – Molecular mechanisms and open questions. *Ageing Research Reviews*, 65, 101200. doi: 10.1016/j.arr.2020.101200

Wilk, M., Zajac, A., & Tufano, J. J. (2021). The Influence of Movement Tempo During Resistance Training on Muscular Strength and Hypertrophy Responses: A Review. *Sports Medicine*, 51(8), 1629–1650. doi: 10.1007/s40279-021-01465-2