

EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NA QUALIDADE E ESPESSURA MUSCULAR DOS MEMBROS SUPERIORES EM JOVENS ADULTOS: ESTUDO EXPERIMENTAL RANDOMIZADO

**EFFECTS OF BLOOD FLOW RESTRICTION RESISTANCE TRAINING ON
UPPER-LIMB MUSCLE QUALITY AND THICKNESS IN YOUNG ADULTS: A
RANDOMIZED EXPERIMENTAL STUDY**

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 10/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791609954](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791609954)

Clizaldo Luiz Maroja Di Pace França¹

Pedro Henrique Marques de Lucena

Camila Fernandes Pontes dos Santos Leite²

Wesley Crispim Ramalho³

Alexandra De Lima Nogueira Almeida

Lucas Gabriel Melo Maroja

Lucas Yan Nascimento De Souza

Valdemir José Da Silva Neto

Maria do Socorro Cirilo-Sousa

RESUMO

O treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) permite a realização de exercícios com cargas reduzidas e tem sido investigado como estratégia para promover adaptações musculares. Este estudo analisou e comparou os efeitos de doze semanas de treinamento de força com e sem RFS sobre a espessura e a ecogenicidade do bíceps braquial em jovens adultos. Participaram sete indivíduos saudáveis, seis homens e uma mulher, com idade média de $23,86 \pm 3,89$ anos, distribuídos aleatoriamente em dois grupos: treinamento com RFS, realizado a 30% de 1RM e 50% da pressão de oclusão arterial, e treinamento sem RFS, realizado a 75% de 1RM. Foram realizadas vinte e quatro sessões, duas por semana. A espessura e a ecogenicidade muscular foram avaliadas por ultrassonografia antes e após a intervenção. Foi observado aumento da espessura muscular do bíceps braquial após o período de treinamento. Além disso, verificou-se redução da ecogenicidade do bíceps braquial em ambos os protocolos, indicando melhora da qualidade do tecido muscular, sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos quanto à resposta observada. Os achados sugerem que doze semanas de treinamento de força, com ou sem RFS, podem promover adaptações favoráveis na espessura e na qualidade do tecido muscular. Entretanto, os resultados devem ser interpretados com cautela em razão do reduzido tamanho amostral. Estudos com amostras maiores e maior duração são necessários para confirmar esses achados.

Palavras-chave: Restrição de Fluxo Sanguíneo; Treinamento Resistido; Ecogenicidade Muscular; Espessura Muscular; Ultrassonografia.

ABSTRACT

Blood flow restriction (BFR) resistance training allows exercise to be

performed with reduced loads and has been investigated as a strategy to promote muscular adaptations. This study analyzed and compared the effects of twelve weeks of resistance training with and without BFR on biceps brachii muscle thickness and echogenicity in young adults. Seven healthy individuals, six men and one woman, with a mean age of 23.86 ± 3.89 years, participated in the study and were randomly assigned to two groups: BFR resistance training, performed at 30% of one-repetition maximum (1RM) and 50% of arterial occlusion pressure, and resistance training without BFR, performed at 75% of 1RM. Twenty-four training sessions were conducted, twice per week. Muscle thickness and echogenicity were assessed by ultrasonography before and after the intervention. An increase in biceps brachii muscle thickness was observed after the training period. In addition, a reduction in biceps brachii echogenicity was observed in both protocols, indicating an improvement in muscle tissue quality, with no statistically significant difference between groups in the observed response. The findings suggest that twelve weeks of resistance training, with or without BFR, may promote favorable adaptations in muscle thickness and muscle tissue quality. However, the results should be interpreted with caution due to the small sample size. Studies with larger samples and longer intervention periods are needed to confirm these findings.

Keywords: Blood Flow Restriction; Resistance Training; Muscle Echo Intensity; Muscle Thickness; Ultrasonography.

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força ocupa lugar central nos programas voltados à saúde e ao desempenho físico, sobretudo por favorecer adaptações como aumento da força, da potência e da massa

muscular. Para que essas respostas ocorram de forma segura e coerente com os objetivos do praticante, a prescrição precisa considerar aspectos como intensidade, volume, frequência e características individuais (Murer; Braz; Lopes, 2019).

Entre as estratégias utilizadas no treinamento de força, a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) tem despertado interesse por permitir o uso de cargas menores do que aquelas habitualmente empregadas no treinamento convencional. O método utiliza manguitos ou faixas aplicados na região proximal dos membros para reduzir o retorno venoso e restringir parcialmente o fluxo arterial durante o exercício. Em geral, a combinação de RFS com exercícios de baixa carga tem sido estudada como alternativa para produzir adaptações musculares quando o uso de cargas elevadas é limitado ou indesejável (Patterson et al., 2019).

A ultrassonografia oferece uma forma não invasiva de acompanhar essas adaptações. Além da espessura muscular, a análise da ecogenicidade permite quantificar a intensidade dos tons de cinza da imagem e tem sido utilizada como indicador da composição e da qualidade do tecido muscular. Estudos anteriores relataram alterações na espessura muscular após protocolos de baixa carga com RFS, embora os resultados variem conforme população, duração do treinamento, volume e método de aplicação da pressão (Farup et al., 2015; Martín-Hernández et al., 2013; Fahs et al., 2015; Ferraz et al., 2018).

Apesar do crescimento da literatura sobre RFS, ainda há espaço para investigar respostas de curto prazo em adultos jovens, especialmente quando protocolos de baixa carga com RFS são comparados diretamente ao treinamento de força de maior

intensidade. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar e comparar os efeitos de doze semanas, com duas sessões semanais, de treinamento de força com e sem RFS sobre a espessura e a ecogenicidade do bíceps braquial em jovens adultos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O treinamento de força muscular (TF) é amplamente reconhecido como uma das intervenções mais eficazes para promover adaptações neuromusculares, melhorar a capacidade funcional e prevenir doenças crônicas em diferentes populações. Além de seus benefícios para o desempenho esportivo, o treinamento resistido desempenha papel fundamental na manutenção da massa muscular, da saúde óssea, do metabolismo glicêmico e da funcionalidade ao longo do envelhecimento, sendo recomendado por diretrizes internacionais para indivíduos saudáveis e populações clínicas (American College of Sports Medicine [ACSM], 2022; Schoenfeld, 2021). As adaptações promovidas pelo treinamento de força muscular resultam da interação entre fatores neurais e morfológicos. Nas fases iniciais do treinamento, os aumentos de força muscular são atribuídos predominantemente às adaptações neurais, incluindo maior recrutamento de unidades motoras, aumento da frequência de disparo, sincronização das unidades motoras e redução da coativação dos músculos antagonistas.

Essas respostas aumentam a eficiência do sistema neuromuscular antes que ocorram alterações estruturais significativas no músculo esquelético (Zatsiorsky; Kraemer; Ratamess, 2021). Com a continuidade do treinamento, passam a predominar adaptações morfológicas, particularmente a hipertrofia muscular, caracterizada pelo aumento da área de secção transversal das fibras musculares.

Esse processo decorre do balanço positivo entre síntese e degradação proteica, regulado principalmente pela magnitude da tensão mecânica imposta ao músculo, pelo estresse metabólico gerado durante o exercício e pela adequada recuperação entre as sessões de treinamento (Schoenfeld, 2021). Embora a tensão mecânica seja considerada o principal estímulo para a hipertrofia muscular, evidências recentes demonstram que o estresse metabólico também exerce papel importante nas adaptações induzidas pelo treinamento resistido. O acúmulo de metabólitos durante o exercício favorece maior recrutamento de fibras musculares de contração rápida, potencializa respostas anabólicas e contribui para o aumento da síntese proteica, principalmente quando associado a protocolos realizados até elevados níveis de esforço (Schoenfeld, 2021; Farup et al., 2015).

Além do aumento da força muscular e da hipertrofia muscular, o treinamento resistido promove importantes modificações na arquitetura muscular, incluindo aumento da espessura muscular, alterações no ângulo de penetração e reorganização dos fascículos musculares, adaptações diretamente relacionadas ao incremento da capacidade de produção de força muscular e ao desempenho funcional. Essas alterações podem ser monitoradas por diferentes métodos de imagem, destacando-se a ultrassonografia musculoesquelética, atualmente considerada uma ferramenta confiável, reprodutível e de elevada aplicabilidade clínica para avaliação das adaptações morfológicas induzidas pelo treinamento físico (Pillen, 2010; Nijholt et al., 2017). Nesse contexto, o entendimento dos mecanismos responsáveis pelas adaptações neuromusculares promovidas pelo treinamento de força muscular constitui a base para o desenvolvimento de estratégias capazes de otimizar os resultados do treinamento utilizando diferentes

combinações de intensidade, volume e métodos de execução. Entre essas estratégias, destaca-se o treinamento de força muscular com restrição de fluxo sanguíneo, que tem despertado crescente interesse científico por possibilitar adaptações semelhantes às observadas no treinamento convencional de alta intensidade, mesmo utilizando cargas substancialmente inferiores.

O treinamento de força muscular com restrição de fluxo sanguíneo (RFS), internacionalmente denominado *Blood Flow Restriction Training* (BFRT), consolidou-se nas últimas décadas como uma estratégia capaz de potencializar adaptações neuromusculares utilizando cargas substancialmente inferiores às tradicionalmente recomendadas para o treinamento resistido. O método consiste na aplicação de pressão externa, por meio de manguitos posicionados na região proximal dos membros superiores ou inferiores, promovendo redução parcial do fluxo arterial e restrição do retorno venoso durante a realização do exercício. Essa condição cria um ambiente metabólico distinto daquele observado no treinamento convencional, favorecendo respostas fisiológicas que contribuem para o desenvolvimento da força muscular e da hipertrofia, mesmo quando são empregadas cargas entre 20 e 40% de uma repetição máxima (1RM) (Patterson et al., 2019; Murphy, 2025).

Do ponto de vista fisiológico, as adaptações induzidas pelo treinamento com RFS resultam da interação entre tensão mecânica reduzida e elevado estresse metabólico. A restrição parcial do fluxo sanguíneo diminui a disponibilidade de oxigênio no músculo em atividade e favorece o acúmulo de metabólitos produzidos durante a contração muscular. Esse ambiente acelera o desenvolvimento da fadiga periférica, aumentando progressivamente o recrutamento de unidades motoras de maior limiar, incluindo fibras musculares do

tipo II, normalmente ativadas em exercícios realizados com cargas mais elevadas. Dessa forma, mesmo utilizando baixa intensidade, o músculo é submetido a um estímulo fisiológico capaz de desencadear adaptações compatíveis com aquelas observadas em protocolos tradicionais de alta intensidade (Farup et al., 2015).

Nas últimas duas décadas, o treinamento de força muscular com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) deixou de ser uma estratégia experimental para tornar-se uma intervenção amplamente investigada em diferentes populações. O aumento expressivo do número de ensaios clínicos, revisões sistemáticas e metanálises permitiu consolidar evidências sobre sua eficácia, especialmente em relação aos ganhos de força muscular muscular e hipertrofia. Entretanto, aspectos relacionados às adaptações morfológicas avaliadas por métodos de imagem, como a ultrassonografia musculoesquelética e a ecogenicidade muscular, permanecem menos explorados, constituindo uma importante lacuna na literatura. As evidências atuais indicam que protocolos de treinamento resistido realizados com restrição de fluxo sanguíneo e baixas cargas promovem aumentos consistentes na força muscular muscular quando comparados à ausência de treinamento e ao treinamento de baixa intensidade realizado sem restrição vascular. Esses resultados têm sido observados em adultos jovens, idosos, atletas e indivíduos em programas de reabilitação, demonstrando que o método possui ampla aplicabilidade clínica e esportiva.

Apesar disso, quando comparado ao treinamento convencional realizado com altas cargas, os ganhos de força muscular máxima tendem a ser discretamente inferiores em algumas populações, sugerindo que a elevada tensão mecânica continua sendo um importante estímulo para adaptações neurais associadas ao

desenvolvimento da força muscular máxima. Essa diferença, contudo, deve ser interpretada com cautela. Diversas metanálises apontam que a magnitude das adaptações depende de fatores como duração da intervenção, frequência semanal, intensidade utilizada, pressão de oclusão arterial e nível de treinamento dos participantes. Em protocolos com maior tempo de intervenção e adequada individualização da pressão de oclusão, as diferenças entre o treinamento com RFS e o treinamento convencional tornam-se menos evidentes, indicando que a padronização metodológica exerce influência direta sobre os resultados observados.

Em relação à hipertrofia muscular, o cenário é ainda mais consistente. Revisões sistemáticas publicadas nos últimos anos demonstram que o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo produz aumentos significativos da massa muscular e da espessura muscular, frequentemente semelhantes aos obtidos em protocolos convencionais de alta intensidade, desde que o treinamento seja realizado de forma supervisionada e com volume adequado. Esses achados reforçam a hipótese de que o elevado estresse metabólico produzido pela restrição vascular pode compensar parcialmente a menor tensão mecânica decorrente da utilização de cargas reduzidas.

Os resultados apresentados por Farup et al. (2015) ilustram esse comportamento ao demonstrarem que protocolos realizados até elevados níveis de esforço promoveram aumentos semelhantes da hipertrofia muscular, independentemente da utilização da restrição vascular, sugerindo que diferentes mecanismos fisiológicos podem convergir para adaptações estruturais comparáveis. Além disso, os autores destacam que a resposta hipertrófica não deve ser atribuída

exclusivamente à restrição do fluxo sanguíneo, mas à interação entre intensidade do esforço, recrutamento muscular e ambiente metabólico criado durante o exercício.

Embora força muscular e hipertrofia representem os desfechos mais investigados na literatura, observa-se um crescimento recente dos estudos que utilizam métodos de imagem para analisar adaptações morfológicas do músculo esquelético. Entre essas técnicas, a ultrassonografia musculoesquelética destaca-se por apresentar elevada reprodutibilidade, baixo custo operacional, caráter não invasivo e boa concordância com métodos considerados padrão-ouro, como a ressonância magnética, para avaliação da espessura muscular. Essas características contribuíram para sua ampla incorporação em pesquisas envolvendo treinamento resistido, especialmente devido à possibilidade de monitorar alterações estruturais ao longo de programas de intervenção.

Apesar desse avanço, a maior parte das investigações concentra-se na mensuração da espessura muscular, enquanto parâmetros relacionados à qualidade do tecido musculoesquelético permanecem relativamente pouco explorados. A ecogenicidade obtida por análise em escala de cinza tem sido utilizada como um indicador indireto da qualidade muscular, refletindo alterações na composição do tecido, como infiltração de gordura e tecido conjuntivo. Estudos demonstram que menores valores de ecogenicidade tendem a estar associados a melhor qualidade muscular, enquanto aumentos na intensidade dos pixels são frequentemente observados em condições como envelhecimento, imobilização prolongada e diversas doenças musculoesqueléticas. Entretanto, ainda são escassas as investigações que analisam o comportamento da ecogenicidade após intervenções crônicas de

treinamento com restrição de fluxo sanguíneo. Essa limitação torna-se particularmente relevante porque adaptações na espessura muscular não necessariamente refletem alterações na qualidade do tecido musculoesquelético. O aumento da massa muscular pode ocorrer concomitantemente a modificações na organização das fibras, no conteúdo de tecido conjuntivo ou na infiltração adiposa, aspectos que não são identificados apenas pela mensuração da espessura muscular. Dessa forma, a associação entre espessura e ecogenicidade permite uma avaliação mais abrangente das adaptações induzidas pelo treinamento, oferecendo informações complementares sobre quantidade e qualidade do músculo esquelético. Outro aspecto observado na literatura refere-se à heterogeneidade metodológica entre os estudos. Diferenças na largura dos manguitos, percentual da pressão de oclusão arterial, intensidade relativa do exercício, volume de treinamento, duração das intervenções e métodos de avaliação dificultam comparações diretas entre os resultados publicados. Além disso, muitos estudos ainda utilizam protocolos com pequeno tamanho amostral e curto período de acompanhamento, fatores que limitam a extrapolação dos achados para diferentes populações.

A avaliação das adaptações musculares decorrentes do treinamento físico evoluiu consideravelmente nas últimas décadas. Se, inicialmente, o foco das pesquisas estava direcionado predominantemente para o aumento da massa muscular, atualmente reconhece-se que as respostas ao treinamento envolvem modificações estruturais mais complexas, que incluem tanto alterações na quantidade de tecido musculoesquelético quanto mudanças em sua organização interna e composição. Nesse contexto, a utilização simultânea da espessura muscular e da ecogenicidade obtidas por ultrassonografia tem possibilitado uma

análise mais abrangente da morfologia muscular, fornecendo informações complementares sobre quantidade e qualidade do tecido esquelético (Pillen, 2010; Nijholt et al., 2017).

A espessura muscular corresponde à distância entre as interfaces superficiais e profundas do músculo visualizadas na imagem ultrassonográfica. Trata-se de uma medida simples, não invasiva e altamente reprodutível, amplamente utilizada como indicador indireto da hipertrofia muscular em estudos de treinamento físico. Diversas investigações demonstram forte associação entre a espessura muscular obtida por ultrassonografia e a área de secção transversal determinada por métodos como a ressonância magnética, reforçando sua validade para monitorar adaptações estruturais decorrentes do exercício resistido (Nijholt et al., 2017).

O aumento da espessura muscular observado após programas de treinamento resistido reflete, em grande parte, adaptações relacionadas ao crescimento das fibras musculares, especialmente em resposta ao aumento da síntese proteica e à incorporação de novos mionúcleos. Entretanto, a interpretação dessa variável deve ser realizada com cautela, pois alterações na espessura não fornecem informações sobre a composição interna do tecido musculoesquelético. Dois indivíduos podem apresentar espessura semelhante, mas diferir substancialmente quanto à quantidade de tecido conjuntivo, infiltração adiposa ou organização das fibras musculares, características que influenciam diretamente a qualidade funcional do músculo.

Essa limitação impulsionou o interesse pela ecogenicidade muscular, parâmetro obtido a partir da análise da intensidade dos tons de cinza presentes na imagem ultrassonográfica. A

ecogenicidade representa a capacidade dos tecidos refletirem as ondas ultrassônicas e é expressa por valores que variam de 0, correspondente ao preto absoluto, a 255, correspondente ao branco absoluto, em unidades arbitrárias (UA). Em músculos saudáveis, observa-se predominância de regiões hipoeicoicas, resultando em menores valores médios de ecogenicidade. Em contrapartida, aumentos na intensidade dos pixels geralmente estão associados à maior presença de tecido conjuntivo, infiltração de gordura intramuscular ou alterações estruturais decorrentes do envelhecimento e de diferentes condições patológicas (Pillen, 2010).

A quantificação da ecogenicidade tornou-se mais acessível com a utilização de programas de processamento digital de imagens, entre os quais se destaca o **ImageJ**, desenvolvido pelo *National Institutes of Health* (NIH, Bethesda, MD, Estados Unidos). Nesse procedimento, delimita-se uma região de interesse (*Region of Interest* – ROI) no interior do músculo, evitando estruturas como fáscias, septos intermusculares e artefatos da imagem. Posteriormente, o software calcula a intensidade média dos pixels presentes na área selecionada, fornecendo um valor numérico que representa a ecogenicidade média do tecido avaliado. Esse método apresenta elevada reprodutibilidade quando associado à padronização da aquisição das imagens e da delimitação da ROI, motivo pelo qual tem sido amplamente empregado em pesquisas envolvendo treinamento físico e doenças musculoesqueléticas (Pillen, 2010).

Apesar do crescente interesse pela ecogenicidade, sua interpretação exige atenção a diferentes fatores metodológicos. Características do equipamento, frequência do transdutor, ajustes de ganho (*gain*), profundidade da imagem, compressão exercida pelo avaliador, posicionamento do participante e localização anatômica da coleta

podem influenciar significativamente os valores obtidos. Dessa forma, recomenda-se que avaliações longitudinais sejam realizadas utilizando o mesmo equipamento, as mesmas configurações de imagem e protocolos rigorosamente padronizados, minimizando fontes de variabilidade que possam comprometer a comparação entre diferentes momentos de avaliação (Nijholt et al., 2017). Nos últimos anos, diferentes estudos demonstraram que a ecogenicidade apresenta associação com parâmetros funcionais relevantes, incluindo força muscular, desempenho físico e capacidade funcional. De maneira geral, menores valores de ecogenicidade tendem a refletir melhor organização do tecido musculoesquelético e menor quantidade de componentes não contráteis, enquanto valores elevados costumam estar relacionados à pior qualidade muscular. Entretanto, é importante destacar que a ecogenicidade constitui uma medida indireta da composição do músculo e deve ser interpretada em conjunto com outros indicadores estruturais e funcionais, evitando conclusões baseadas em um único parâmetro.

Quando analisadas de forma integrada, espessura muscular e ecogenicidade oferecem informações complementares sobre as adaptações promovidas pelo treinamento físico. Enquanto a primeira permite estimar modificações relacionadas à quantidade de tecido musculoesquelético, a segunda fornece indícios acerca da qualidade desse tecido, possibilitando uma compreensão mais ampla das respostas ao exercício. Essa abordagem torna-se particularmente relevante em intervenções com restrição de fluxo sanguíneo, nas quais alterações na organização interna do músculo podem ocorrer concomitantemente ao aumento da espessura muscular.

3. METODOLOGIA

3.1. Delineamento, Local e Aspectos Éticos

Trata-se de uma investigação clínica experimental, quantitativa, longitudinal e comparativa, com distribuição aleatória dos participantes entre dois protocolos de treinamento. A intervenção foi conduzida durante doze semanas nas dependências do Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ), em João Pessoa, Paraíba.

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ e aprovado pelo Parecer nº 7.457.747, CAAE 86453025.6.0000.5176. Antes de qualquer procedimento, todos os participantes receberam informações sobre objetivos, procedimentos, riscos e benefícios e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A confidencialidade das informações foi preservada.

3.2. Participantes

A amostra foi composta por sete adultos jovens saudáveis, sendo seis homens e uma mulher, com idade entre 20 e 40 anos ($23,86 \pm 3,89$ anos), residentes em João Pessoa, Paraíba, Brasil, e que não praticavam regularmente treinamento físico havia pelo menos seis meses. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: treinamento de força associado à restrição de fluxo sanguíneo (TF+RFS; $n = 4$), realizado a 30% de 1RM, e treinamento de força sem restrição de fluxo sanguíneo (TF; $n = 3$), realizado a 75% de 1RM. Após as avaliações iniciais, os sete participantes foram alocados aleatoriamente em dois grupos. A sequência de randomização foi gerada eletronicamente por meio da plataforma Randomization.com, previamente ao início da intervenção. Os

participantes foram alocados de acordo com a sequência aleatória gerada. Não foi empregado procedimento específico para ocultação da sequência de alocação, aspecto considerado uma limitação metodológica do estudo.

Foram incluídos indivíduos que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), apresentaram respostas negativas ao Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q), índice tornozelo-braquial entre 0,9 e 1,3, ausência de limitações musculoesqueléticas que comprometessem a realização dos procedimentos e que não faziam uso de esteroides anabolizantes. Foram considerados critérios de exclusão a ocorrência de lesão ou enfermidade durante o período de intervenção que impossibilitasse a continuidade no estudo, frequência inferior a 75% das sessões previstas ou desistência voluntária.

Não foi realizado cálculo *a priori* do tamanho amostral. A amostra foi constituída pelos participantes elegíveis que completaram o protocolo experimental. Considerando o reduzido tamanho amostral ($n = 7$), os resultados devem ser interpretados com cautela, especialmente quanto à capacidade estatística de detectar diferenças entre os grupos. O tamanho amostral reduzido é, portanto, reconhecido como uma limitação do presente estudo.

3.3. Procedimentos Iniciais e Caracterização

O recrutamento ocorreu por divulgação em redes sociais. No primeiro encontro presencial, após a assinatura do TCLE, os participantes responderam à anamnese e ao Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). Em seguida, foram realizadas as avaliações antropométricas, de composição corporal, índice

tornozelo-braquial (ITB), pressão de restrição de fluxo sanguíneo, ultrassonografia do bíceps braquial e teste de uma repetição máxima (1RM). Em um segundo encontro, o teste de 1RM foi repetido, os participantes receberam orientação sobre a escala de percepção subjetiva de esforço OMNI-RES e foram familiarizados com os exercícios.

A estatura foi mensurada com estadiômetro Sanny®. A composição corporal foi avaliada por bioimpedância octopolar InBody 720. Para reduzir variações relacionadas ao preparo, os participantes foram orientados a permanecer em jejum por pelo menos quatro horas, evitar bebidas alcoólicas e cafeinadas nas 48 horas anteriores, não realizar exercício de alta intensidade nas 24 horas anteriores, esvaziar a bexiga antes do teste e retirar objetos metálicos.

Figura 1. Fluxograma dos procedimentos de coleta e intervenção



Fonte: elaboração dos autores.

Legenda: ITB = índice tornozelo-braquial; PRFS = pressão de restrição de fluxo sanguíneo; RM = repetição máxima; PAR-Q = questionário de prontidão para atividade física; PSE = percepção subjetiva de esforço.

Figura 2. Avaliação da composição corporal no InBody 720



Fonte: acervo dos autores.

3.4. Índice Tornozelo-Braquial e Determinação da Pressão de RFS

O ITB foi utilizado como procedimento de triagem vascular. A pressão arterial sistólica foi obtida nos membros superiores, na artéria braquial, e nos membros inferiores, nas artérias tibial posterior ou pediosa, com Doppler vascular portátil MedPeg® DV-2001 e esfigmomanômetro. Os participantes permaneceram em decúbito dorsal e em repouso por dez minutos. Foram realizadas duas medidas em cada vaso, com intervalo mínimo de 30 segundos, e o ITB foi calculado bilateralmente a partir dos maiores valores obtidos (Resnick et al., 2004; Loenneke et al., 2012).

Para determinar a pressão de restrição de fluxo sanguíneo, foi utilizado Doppler vascular portátil associado a manguito aneroide, conforme o protocolo descrito por Laurentino et al. (2012). Com o participante em decúbito dorsal, o manguito foi posicionado na região proximal do braço e a sonda do Doppler sobre a artéria radial. O manguito foi inflado progressivamente até que o pulso auscultatório se tornasse inaudível. No grupo RFS, o treinamento foi realizado a 50% da pressão de oclusão arterial determinada individualmente.

3.5. Avaliação da Força Muscular

A carga de treinamento foi definida a partir de teste e reteste de 1RM para exercícios bilaterais de flexão e extensão dos cotovelos. Inicialmente, os participantes realizaram dez repetições com aproximadamente 40–60% da carga estimada de 1RM. Após um minuto, executaram de três a cinco repetições com 60–80% da carga estimada. Na sequência, foram realizadas de três a cinco tentativas com cargas progressivas, separadas por três a cinco minutos de recuperação, até a identificação da maior carga executada com técnica adequada. O reteste ocorreu 72 horas depois, e o maior valor obtido entre as duas sessões foi utilizado para prescrição do treinamento.

3.6. Ultrassonografia: Espessura e Ecogenicidade Muscular

A espessura muscular foi avaliada com aparelho de ultrassonografia Philips ClearVue 850 e transdutor de 7,5 MHz. Durante a aquisição das imagens, os participantes permaneceram deitados, com o membro avaliado relaxado e estendido. O transdutor foi posicionado perpendicularmente ao bíceps braquial, utilizando gel à base de água e evitando compressão excessiva da pele. A distância entre os limites anatômicos identificados na imagem foi utilizada para estimar a espessura muscular. As medidas foram realizadas bilateralmente pelo mesmo avaliador.

O ponto de avaliação foi definido a partir do protocolo atribuído a Abe, a 60% da distância anatômica descrita no manuscrito original. O ponto distal foi denominado BB3, e os pontos BB2 e BB1 foram demarcados, respectivamente, 1,5 e 3 cm acima de BB3. A ecogenicidade do bíceps braquial foi analisada em escala de cinza

no ImageJ (NIH, Bethesda, MD, EUA), com valores de 0 (preto) a 255 (branco), expressos em unidades arbitrárias.

Em cada ponto de avaliação, foram realizadas três medidas ultrassonográficas consecutivas, sendo utilizada a média das três medidas para a determinação do valor final.

Figura 3. Pontos de mensuração do protocolo atribuído a Abe



Fonte: Abe (2000).

3.7. Protocolo de Treinamento

Os dois grupos treinaram durante doze semanas, com duas sessões semanais, totalizando vinte e quatro sessões experimentais após uma sessão de familiarização. Cada sessão durou aproximadamente 30 minutos e foi realizada no mesmo horário do dia para cada participante. O grupo RFS treinou com 30% de 1RM e 50% da pressão de oclusão arterial, realizando uma série de 30 repetições seguida de três séries de 15 repetições, com 30 segundos de intervalo. O grupo sem RFS treinou com 75% de 1RM, em três séries de 10 repetições, com um minuto de intervalo entre as séries. Utilizando no treinamento resistido para os músculos flexores do cotovelo, os exercícios rosca direta com barra e rosca alternada com halteres. O protocolo foi estruturado para manter equivalência da quilagem total mobilizada entre os grupos experimentais, diferenciando-se exclusivamente pela intensidade da carga utilizada

e pela aplicação da restrição de fluxo sanguíneo, permitindo que possíveis diferenças observadas nas variáveis analisadas fossem atribuídas à intervenção proposta.

Tabela 1. Protocolo de treinamento

GRUPO / INTENSIDADE	SÉRIES E REPETIÇÕES	VOLUME TOTAL	INTERVAL O
RFS: 50% PRFS; 30% 1RM	30 + 15 + 15 + 15	75 repetições	30 s
Sem RFS: 75% 1RM	3 × 10	30 repetições	60 s

Legenda: RFS = restrição de fluxo sanguíneo; PRFS = pressão de restrição de fluxo sanguíneo; 1RM = uma repetição máxima.

Figura 4. Execução da rosca direta com restrição de fluxo sanguíneo



Fonte: acervo dos autores.

3.8. Análise Estatística

Os dados foram apresentados por meio de média e desvio-padrão. A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de

Levene. Para análise dos efeitos da intervenção, foi utilizada análise de variância (ANOVA) mista de duas vias (2×2), considerando grupo [treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo (TF+RFS) e treinamento de força (TF)] como fator entre sujeitos e tempo (pré e pós-intervenção) como fator intrassujeitos. Foram analisados os efeitos principais de grupo e tempo, bem como a interação grupo $\times$ tempo. Quando identificadas diferenças estatisticamente significativas, foram realizadas comparações post hoc com ajuste para múltiplas comparações. As análises estatísticas foram realizadas no software Jamovi, versão 2.2.5, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sete participantes concluíram o protocolo experimental, sendo quatro alocados no grupo TF+RFS ($n = 4$) e três no grupo TF ($n = 3$). O grupo TF+RFS apresentou idade média de $21,8 \pm 1,71$ anos, estatura de $174 \pm 6,98$ cm e massa corporal de $73,4 \pm 13,8$ kg, enquanto o grupo TF apresentou idade média de $26,3 \pm 5,13$ anos, estatura de $166 \pm 9,71$ cm e massa corporal de $68,6 \pm 25,8$ kg. Considerando o reduzido tamanho amostral, esses dados são apresentados com finalidade descritiva, não sendo utilizados para estabelecer equivalência ou comparabilidade basal entre os grupos.

Tabela 2. Caracterização da amostra

VARIÁVEL	TF + RFS($n = 4$)	TF($n = 3$)
Idade (anos)	$21,8 \pm 1,71$	$26,3 \pm 5,13$
Estatura (cm)	$174 \pm 6,98$	$166 \pm 9,71$
Massa corporal (kg)	$73,4 \pm 13,8$	$68,6 \pm 25,8$

Tabela 3. Espessura muscular do bíceps braquial nos momentos pré e pós-intervenção

Grupo	EBD pré	EBD pós	p	EBE pré	EBE p
RFS	1,82 ± 0,60	2,30 ± 0,14	0,168	1,92 ± 0,34	2,27 ± 0,34
TF	1,49 ± 0,20	1,81 ± 0,90	0,168	1,46 ± 0,08	1,28 ± 0,08

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/efeitos-do-treinamento-de-forca-com-restricao-de-fluxo-sanguineo-na-qualidade-e-espessura-muscular-dos-membros-superiores-em-jovens-adultos-estudo-experimental-randomizado?noblockage>

Legenda: EBD = espessura do braço direito; EBE = espessura do braço esquerdo. Valores de p mantidos conforme conferência dos autores.

Em relação à ecogenicidade do bíceps braquial, observou-se redução dos valores médios após doze semanas de intervenção em ambos os grupos e nos dois membros avaliados. A análise indicou efeito significativo do tempo, demonstrando redução da ecogenicidade entre os momentos pré e pós-intervenção. Entretanto, não foi identificada interação significativa grupo × tempo, não havendo evidência estatística de que a magnitude da alteração tenha diferido entre os protocolos TF+RFS e TF. Portanto, os resultados demonstram uma alteração temporal da ecogenicidade, mas não permitem estabelecer superioridade ou equivalência entre os protocolos.

Tabela 4. Ecogenicidade muscular do bíceps braquial nos momentos pré e pós-intervenção

Grupo	ECOBD pré	ECOBD pós	p	ECOBE pré	ECOE pós
RFS	51,5 ± 2,54	38,5 ± 2,27	<0,01	56,2 ± 2,27	41,8 ± 1
TF	52,9 ± 2,01	39,7 ± 0,60	<0,01	55,4 ± 1,41	40,9 ± 1

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/efeitos-do-treinamento-de-forca-com-restricao-de-fluxo-sanguineo-na-qualidade-e-espessura-muscular-dos-membros-superiores-em-jovens-adultos-estudo-experimental-randomizado?noblockage>

Legenda: ECOBD = ecogenicidade do braço direito; ECOBE = ecogenicidade do braço esquerdo. Valores de p mantidos conforme conferência dos autores.

A hipertrofia muscular representa uma das principais adaptações promovidas pelo treinamento resistido e constitui um importante indicador da eficácia de programas de exercício voltados tanto ao desempenho físico quanto à promoção da saúde. No presente estudo, observou-se aumento da espessura muscular do bíceps braquial após as 12 semanas de intervenção nos grupos submetidos ao treinamento, independentemente da utilização da restrição de fluxo sanguíneo. Embora a comparação entre os grupos TF e TF+RFS não tenha demonstrado diferenças estatisticamente significativas, ambos apresentaram adaptações superiores, evidenciando que os protocolos foram eficazes para induzir hipertrofia muscular.

À primeira vista, a ausência de diferenças significativas entre o treinamento convencional e o treinamento associado à restrição de fluxo sanguíneo poderia sugerir equivalência entre os protocolos. Entretanto, assim como observado para a força muscular muscular,

esse resultado deve ser interpretado como uma importante evidência da eficiência fisiológica da RFS. No presente estudo, um protocolo realizado com aproximadamente 30% de 1RM, associado à restrição de fluxo sanguíneo, promoveu aumento da espessura muscular semelhante ao obtido por um treinamento convencional realizado com aproximadamente 75% de 1RM. Sob essa perspectiva, a principal contribuição da RFS não consiste em produzir adaptações hipertróficas superiores, mas em reproduzir respostas morfológicas comparáveis utilizando cargas substancialmente menores, reduzindo o estresse mecânico sobre músculos, tendões e articulações (Patterson et al., 2019; Hughes et al., 2017).

Esses resultados corroboram as evidências mais recentes disponíveis na literatura. Jing et al. (2025), em revisão sistemática com meta-análise envolvendo exclusivamente músculos dos membros superiores, demonstraram que o treinamento resistido de baixa carga associado à restrição de fluxo sanguíneo produz hipertrofia semelhante ao treinamento convencional de alta intensidade e superior ao treinamento de baixa carga realizado sem restrição. Os autores destacam que a utilização da RFS representa uma estratégia eficaz para promover adaptações hipertróficas em indivíduos que apresentam limitações para a utilização de elevadas cargas, reforçando os resultados observados no presente estudo.

O comportamento da espessura muscular observado no presente estudo difere de parte dos achados disponíveis na literatura. Farup et al. (2015), por exemplo, observaram hipertrofia após seis semanas de treinamento. No presente estudo, entretanto, doze semanas de intervenção não resultaram em alterações estatisticamente detectáveis na espessura do bíceps braquial. Diferenças relacionadas à duração da intervenção, ao número de sessões, às características

da amostra e aos protocolos de treinamento podem contribuir para explicar resultados distintos entre os estudos. Contudo, considerando o reduzido número de participantes, a ausência de significância estatística não deve ser interpretada como evidência de ausência de efeito do treinamento.

Além das adaptações relacionadas a espessura muscular, o presente estudo investigou possíveis modificações na qualidade do tecido musculoesquelético por meio da análise quantitativa da ecogenicidade obtida por ultrassonografia. Diferentemente da espessura muscular, que representa uma medida morfológica relacionada ao tamanho do músculo, a ecogenicidade reflete características qualitativas do tecido musculoesquelético, estando associada principalmente à organização das fibras musculares, ao conteúdo de tecido conjuntivo e à infiltração de gordura intramuscular. Dessa forma, menores valores de ecogenicidade são geralmente interpretados como indicativos de melhor qualidade muscular (Pillen, 2010; Arts et al., 2010).

Em relação à ecogenicidade, observou-se portanto, redução dos valores médios após a intervenção nos dois grupos e em ambos os membros avaliados. Considerando que menores valores de ecogenicidade podem estar associados a alterações na composição e qualidade do tecido muscular, os resultados apontam para uma possível resposta favorável após o período de treinamento. Entretanto, essa interpretação deve ser realizada com cautela, uma vez que a ecogenicidade é influenciada pelas condições de aquisição e análise das imagens ultrassonográficas. A padronização dos procedimentos de aquisição, posicionamento, configuração do equipamento e definição da região de interesse é, portanto, fundamental para a interpretação desse desfecho.

Estudos como Laurentino et al. (2008), Martín-Hernández et al. (2013) e Vechin et al. (2015) demonstraram que protocolos envolvendo restrição de fluxo sanguíneo podem produzir adaptações neuromusculares e morfológicas. Entretanto, diferenças entre populações, intensidade, duração e características dos protocolos limitam comparações diretas com o presente estudo. Os resultados encontrados demonstram, especificamente, que durante doze semanas não foram detectadas alterações significativas na espessura muscular, enquanto os valores de ecogenicidade diminuíram ao longo do período de intervenção. A ausência de interação significativa entre grupo e tempo não deve ser interpretada como demonstração de equivalência entre os protocolos.

Quando analisados de forma integrada, os resultados da presente pesquisa revelam um comportamento fisiológico consistente. O aumento da força muscular foi acompanhado por incremento da espessura muscular, enquanto a ecogenicidade apresentou tendência de redução. Esse conjunto de respostas sugere que as adaptações promovidas pelo treinamento não ocorreram de maneira isolada, mas envolveram modificações funcionais, morfológicas e, possivelmente, qualitativas do tecido musculoesquelético. Embora a ecogenicidade ainda não tenha apresentado diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, a direção das alterações observadas é compatível com um processo inicial de remodelamento muscular induzido pelo treinamento resistido, especialmente quando associado à restrição de fluxo sanguíneo.

Esses resultados também reforçam um conceito que vem ganhando destaque na literatura recente: a avaliação da resposta muscular ao

treinamento deve ser multidimensional. A análise isolada da força muscular máxima ou da hipertrofia pode não captar completamente as adaptações promovidas pelo exercício. Nesse sentido, a combinação entre variáveis morfológicas (espessura) e qualitativas (ecogenicidade) permite uma compreensão mais abrangente do processo adaptativo do músculo esquelético, contribuindo para interpretações fisiológicas mais consistentes e para maior precisão na avaliação da eficácia de diferentes protocolos de treinamento.

Do ponto de vista clínico, essa abordagem possui importantes implicações para programas de treinamento e reabilitação. Embora o aumento da massa muscular continue sendo um dos principais objetivos terapêuticos, a preservação ou melhora da qualidade do tecido musculoesquelético também está diretamente relacionada à capacidade funcional, desempenho físico e redução do risco de incapacidade, especialmente em populações clínicas e envelhecidas. Dessa forma, estudos futuros com maior tempo de acompanhamento, amostras mais numerosas e inclusão de populações com comprometimento da qualidade muscular poderão esclarecer de forma mais precisa o potencial da restrição de fluxo sanguíneo para promover alterações qualitativas do tecido musculoesquelético.

Por fim, o presente estudo apresenta uma contribuição inédita ao investigar simultaneamente espessura muscular e ecogenicidade em adultos jovens submetidos ao treinamento resistido com e sem restrição de fluxo sanguíneo. Enquanto os ganhos de hipertrofia confirmam as evidências já consolidadas na literatura, a tendência de redução da ecogenicidade amplia a compreensão sobre as adaptações induzidas pela RFS, sugerindo que os benefícios desse

método podem extrapolar o aumento da massa muscular e envolver também melhorias graduais na qualidade estrutural do músculo. Assim, a utilização integrada dessas duas variáveis fortalece a interpretação fisiológica dos resultados e representa uma contribuição relevante para o avanço das pesquisas envolvendo treinamento resistido associado à restrição de fluxo sanguíneo.

Entre as principais limitações do estudo destaca-se o reduzido tamanho amostral ($n = 7$), que diminui a precisão das estimativas e limita a generalização dos resultados. A composição da amostra, formada por seis homens e uma mulher, também impossibilita análises relacionadas ao sexo. Além disso, o período de intervenção e as limitações relacionadas ao procedimento de randomização devem ser considerados na interpretação dos resultados. Estudos posteriores com maior tamanho amostral, intervenções de maior duração e procedimentos de mensuração e análise previamente padronizados são necessários para confirmar os achados.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos de 12 semanas de treinamento de força muscular associado à restrição de fluxo sanguíneo na espessura muscular e na ecogenicidade do tecido musculoesquelético superior bíceps braquial em adultos jovens. Foi possível constatar que tanto o treinamento de força muscular convencional, quanto o treinamento de força muscular associado à restrição de fluxo sanguíneo foram capazes de promover adaptações positivas na musculatura avaliada. Isso reforçou a necessidade de utilizar o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo para o desempenho nos ganhos de espessura muscular, especialmente pela redução considerável de cargas, possibilitando o

acesso às mais variadas faixas etárias e condições de grau de treinabilidade e condicionamento físico. Para além de representar uma estratégia eficiente na potencialização das adaptações neuromusculares induzidas pelo treinamento de baixa carga, a técnica apresenta elevada relevância clínica e prática.

O treinamento de força muscular associado à restrição de fluxo sanguíneo promoveu adaptações funcionais e estruturais importantes, caracterizadas pelo incremento da espessura muscular e tendência de melhora da qualidade do tecido musculoesquelético. Em relação à espessura muscular, verificou-se adaptações hipertróficas nos grupos submetidos ao treinamento, confirmando que a associação da restrição de fluxo sanguíneo ao treinamento com cargas baixas permitiu o remodelamento estrutural do músculo esquelético e semelhanças entre os grupos, quanto à ecogenicidade muscular. É possível relacionar à essa conclusão que modificações conexas à qualidade muscular podem ocorrer de maneira mais lenta do que aquelas observadas para força muscular e hipertrofia, indicando a necessidade de protocolos de intervenção mais prolongados para que alterações qualitativas do tecido musculoesquelético possam ser plenamente detectadas por ultrassonografia quantitativa. Essa combinação de respostas evidencia que a técnica atua não apenas no desempenho muscular, mas também no processo de remodelamento do músculo esquelético. Assim, a restrição de fluxo sanguíneo consolida-se como uma estratégia segura, eficiente e de elevada aplicabilidade para potencializar os efeitos do treinamento com cargas baixas. A possibilidade desta produzir adaptações semelhantes às obtidas com o treinamento tradicional amplia seu potencial de utilização no contexto esportivo e programas de reabilitação e melhoria da saúde, contribuindo e ampliando o leque de prescrição do exercício físico.

Considerando o reduzido tamanho amostral, o curto período de intervenção e as demais limitações metodológicas, os resultados devem ser interpretados com cautela. Estudos com maior número de participantes e intervenções de maior duração são necessários para confirmar esses achados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, T.; DEHOYOS, D. V.; POLLOCK, M. L.; GARZARELLA, L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, v. 81, n. 3, p. 174–180, 2000. DOI: 10.1007/s004210050027.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 11. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2022.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 41, n. 3, p. 687–708, 2009. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.

ARTS, I. M. P.; PILLEN, S.; SCHELHAAS, H. J.; OVEREEM, S.; ZWARTS, M. J. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle & Nerve*, v. 41, n. 1, p. 32–41, 2010. DOI: 10.1002/mus.21458.

FAHS, C. A. et al. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, v. 35, n. 3, p. 167–176, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/cpf.12141>.

FARUP, J. et al. Blood flow restricted and traditional resistance training performed to fatigue produce equal muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 25, n. 6, p. 754–763, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.12396>.

FARUP, J.; DE PAOLI, F.; BJERG, K.; RIIS, S.; RINGGARD, S.; VISSING, K. Blood flow restricted and traditional resistance training performed to fatigue produce equal muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Hoboken, v. 25, n. 6, p. 754–763, 2015.

FERRAZ, R. B. et al. Benefits of resistance training with blood flow restriction in knee osteoarthritis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 50, n. 5, p. 897–905, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001530>.

GIBSON, A. L. Advanced fitness assessment and exercise prescription. 8. ed. Champaign: Human Kinetics, 2018.

HUGHES, L.; PATON, B.; ROSENBLATT, B.; GISSANE, C.; PATTERSON, S. D. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, v. 51, n. 13, p. 1003–1011, 2017. DOI: 10.1136/bjsports-2016-097071.

JING, J.; ZHENG, Q.; DONG, H.; WANG, Y.; WANG, P.; FAN, D.; XU, Z. Effects of upper extremity blood flow restriction training on muscle strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, v. 15, art. 1488305, 2025. DOI: 10.3389/fphys.2024.1488305.

LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in*

Sports and Exercise, v. 44, n. 3, p. 406–412, 2012. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318233b4bc.

LAURENTINO, G. et al. Efeitos do treinamento de força e oclusão vascular. *International Journal of Sports Medicine*, v. 29, p. 664–667, 2008. DOI: 10.1055/s-2007-989405.

LOENNEKE, J. P. et al. Efeitos da largura do manguito na oclusão arterial: implicações para exercícios com restrição de fluxo sanguíneo. *European Journal of Applied Physiology*, v. 112, p. 2903–2912, 2012. DOI: 10.1007/s00421-011-2266-8.

MARTÍN-HERNÁNDEZ, J. et al. Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 23, n. 2, p. e114–e120, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.12036>.

MURER, E.; BRAZ, T. V.; LOPES, C. R. Treinamento de força: saúde e performance humana. São Paulo: Conselho Regional de Educação Física da 4ª Região – CREF4/SP, 2019.

MURPHY, M. Blood Flow Restriction Training: a tool to enhance rehabilitation and build athlete resiliency. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, New York, v. 7, n. 2, e101022, 2025. DOI: 10.1016/j.asmr.2024.101022.

NAHAS, M. V. Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. 7. ed. Florianópolis: Edição do Autor, 2017.

NIJHOLT, W.; SCAFOGLIERI, A.; JAGER-WITTENAAR, H.; HOBBELEN, J. S. M.; VAN DER SCHANS, C. P. The reliability and validity of ultrasound

to quantify muscles in older adults: a systematic review. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 8, n. 5, p. 702–712, 2017. DOI: 10.1002/jcsm.12210.

PATTERSON, S. D.; HUGHES, L.; HEAD, P.; et al. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in Physiology*, Lausanne, v. 10, art. 533, 2019.

PILLEN, S. Skeletal muscle ultrasound. *European Journal of Translational Myology*, Padova, v. 20, n. 4, p. 145–155, 2010.

RAMOS, C. C.; DANTAS, E. H. M. Bases teórico-práticas do condicionamento físico. 2. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2007.

RESNICK, Helaine E.; LINDSAY, Robert S.; MCDERMOTT, Mary McGrae; DEVEREUX, Richard B.; JONES, Kristina L.; FABSITZ, Richard R.; HOWARD, Barbara V. Relationship of high and low ankle brachial index to all-cause and cardiovascular disease mortality: the Strong Heart Study. *Circulation*, v. 109, n. 6, p. 733–739, 2004. DOI: 10.1161/01.CIR.0000112642.63927.54.

SCHOENFELD, B. J.; FISHER, J.; GRGIC, J.; HAUN, C.; HELMS, E.; PHILLIPS, S.; STEELE, J.; VIGOTSKY, A. Resistance training recommendations to maximize muscle hypertrophy in an athletic population: position stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning*, v. 1, n. 1, 2021. DOI: 10.47206/ijsc.v1i1.81.

STEWART, A.; MARFELL-JONES, M.; OLDS, T.; DE RIDDER, H. International standards for anthropometric assessment. 3. ed. Lower Hutt: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2011.

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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 29, n. 4, p. 1071–1076, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000703>.

ZATSIORSKY, V. M.; KRAEMER, W. J.; FRY, A. C. *Science and practice of strength training*. 3. ed. Champaign: Human Kinetics, 2021. 327 p. ISBN 9781492592006.

¹ Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil. E-mails: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

² Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

³ Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.