

OS EFEITOS DO TREINAMENTO DE RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NA REABILITAÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: REVISÃO INTEGRATIVA

THE EFFECTS OF BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING ON ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT REHABILITATION: AN INTEGRATIVE REVIEW

Sabrina Almeida Lima ¹

Lucas Ramon da Silva Bonfim ²

Juliano Paiva de Brito ³

Resumo: O ligamento cruzado anterior é um dos ligamentos mais suscetíveis a lesões, sendo frequentemente tratado com cirurgia. Após o procedimento, o paciente pode apresentar perda de força e atrofia muscular. A reabilitação é fundamental, porém, exercícios de alta intensidade podem sobrecarregar a articulação. O treinamento com restrição de fluxo sanguíneo surge como alternativa que vem ganhando destaque, permitindo ganhos de força e hipertrofia com cargas leves. Assim, o objetivo do estudo é analisar os efeitos da utilização da restrição de fluxo sanguíneo na reabilitação em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior no período de pós-operatório. O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa, a busca dos artigos foi realizada nas bases de dados: Periódicos CAPES, BVS e Pubmed com recorte temporal de 2019 a 2024. Foram encontrados 210 artigos, após a leitura e triagem obteve uma amostra final de 8 estudos primários. As evidências indicam que o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo (BFRT) resulta em ganhos significativos de força muscular e hipertrofia do quadríceps, com efeitos semelhantes ao treinamento convencional. Destaca-se como uma abordagem eficaz durante fases iniciais da reabilitação, por ser capaz de reduzir a dor e melhorar a função articular.

Palavras-Chave: Força muscular. Hipertrofia. Fisioterapia.

Abstract: The anterior cruciate ligament is one of the most susceptible ligaments to injury and is often treated with surgery. After the procedure, the patient may experience loss of strength and muscle atrophy. Rehabilitation is essential, but high-intensity exercise can overload the joint. Blood flow restriction training (BFRT) is emerging as a growing alternative, allowing for strength gains and hypertrophy with light loads. Thus, the objective of this study is to analyze the effects of using blood flow restriction in rehabilitation in patients with anterior cruciate ligament injuries in the pre- and postoperative periods. This study is an integrative review; the search for articles was conducted in the CAPES, BVS, and PubMed databases, covering the period from 2019 to 2024. A total of 210 articles were retrieved; after reading and screening, a final sample of eight primary studies was obtained. Evidence indicates that blood flow restriction

1 Fisioterapeuta graduada pela Unidade de Ensino Superior do Sul do Maranhão, com atuação em fisioterapia traumato-ortopédica. E-mail: sabrinaalmeidalima18@gmail.com

2 Fisioterapeuta graduado pela Unidade de Ensino Superior do Sul do Maranhão, com atuação em fisioterapia neurofuncional adulto e pediátrico. E-mail: lucasramon.fisio@gmail.com

3 Fisioterapeuta graduado pelo Centro Universitário de Belo Horizonte, com pós-graduação em Quiropraxia e especialização em RPG e Pilates. E-mail: julianopbrito@gmail.com

training (BFRT) results in significant gains in muscle strength and quadriceps hypertrophy, with effects similar to conventional training. It stands out as an effective approach during the initial phases of rehabilitation, as it is capable of reducing pain and improving joint function.

Keywords: Muscle strength. Hypertrophy. Physiotherapy.

Introdução

O joelho é uma das articulações que possui maior incidência de lesões ligamentares. Entre os principais ligamentos que compõem essa articulação, destacam-se o ligamento cruzado anterior, ligamento cruzado posterior, ligamento colateral medial e o ligamento colateral lateral. Esses ligamentos têm como principal função manter o equilíbrio do joelho em resposta a essas forças externas. (REIS *et al.*, 2024).

O Ligamento Cruzado Anterior (LCA) é um dos ligamentos mais suscetíveis a lesões, principalmente durante a prática esportiva. A lesão geralmente acontece devido a rotação do fêmur sobre a tibia, em cadeia cinética fechada, associada a um movimento em valgo, podendo ocorrer com ou sem contato (VIEIRA *et al.*, 2005). Em mais de 70% das situações, a lesão surge por mecanismos sem contato, como uma desaceleração abrupta, mudanças rápidas de direção ou giros, além de posicionamento dos joelhos quase alinhados após o retorno de um salto (QUEIROZ, 2018).

Diante da instabilidade no joelho, gerada pela lesão, a reconstrução cirúrgica é constantemente indicada pois tem o objetivo de reestabelecer a estabilidade do joelho e possibilitar que os pacientes retomem o nível de atividade física que tinham antes da lesão (NOIA *et al.*, 2021).

Essa lesão pode gerar impactos negativos no aspecto biopsicossocial do indivíduo, seja ele atleta ou não, pois logo após a lesão e uma possível cirurgia de LCA, o paciente pode apresentar perdas significativas de força nos membros inferiores, em decorrência de atrofia muscular e inibição artrogênica. A fraqueza muscular observada nas 12 semanas iniciais após a cirurgia pode se prolongar por anos, resultando em reduções funcionais consideráveis (HUGHES *et al.*, 2019).

A reabilitação possui papel essencial na recuperação desse paciente, podendo utilizar exercícios resistidos de alta intensidade para estimular o ganho de força muscular e promover o retorno funcional, entretanto, nas fases agudas do pós-operatório, seu uso pode ser limitado pelo risco de sobrecarga da articulação recém-operada (LOENNEKE *et al.* 2010).

O fluxo sanguíneo desempenha um papel crucial no transporte de oxigênio para o tecido muscular durante a atividade física, a restrição deliberada deste fluxo durante o exercício, pode ser eficaz na promoção de ganhos em hipertrofia e força muscular (GUIMARÃES; ALVES; LOPES, 2020).

Uma alternativa que vem ganhando destaque nesse contexto é blood flow restriction training (BFRT) ou treinamento de restrição de fluxo sanguíneo, que utiliza manguitos pneumáticos que restringem totalmente o fluxo venoso e parcialmente o fluxo arterial da musculatura em atividade durante o exercício (SCOTT *et al.*, 2015). Com isso pode ser realizado exercícios em baixa intensidade, promovendo assim a hipertrofia metabólica, e ganhos de força similares aos obtidos com exercícios de alta intensidade, mas com cargas reduzidas minimizando o estresse articular (SATO, 2005).

Durante observações realizadas nas práticas extensionistas no curso de Fisioterapia da Unidade de Ensino Superior do Sul do Maranhão, em Imperatriz-MA, foi despertado o interesse em compreender os efeitos terapêuticos da restrição de fluxo sanguíneo durante a reabilitação do pós-operatório do ligamento cruzado anterior. Assim, o objetivo do estudo é analisar os efeitos da utilização da restrição de fluxo sanguíneo na reabilitação de pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior no período de pós-operatório.

Materiais e Métodos

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura do tipo integrativa, que teve como objetivo sintetizar os resultados obtidos em artigos sobre o uso da restrição de fluxo sanguíneo e seus efeitos na reabilitação do ligamento cruzado anterior (LCA). Para orientar o processo de busca e seleção dos estudos, utilizou-se a estratégia PICO (Quadro 1).

Quadro 1. Estratégia PICO.

Acrônimo	Definição	Descrição
P	População	Pacientes em reabilitação nos períodos de pós-operatório da cirurgia do ligamento cruzado anterior.
I	Intervenção	Treinamento com restrição de fluxo sanguíneo.
C	Comparação	Exercícios convencionais sem restrição de fluxo.
O	Desfecho	Verificar os efeitos da restrição de fluxo sanguíneo na reabilitação do LCA.

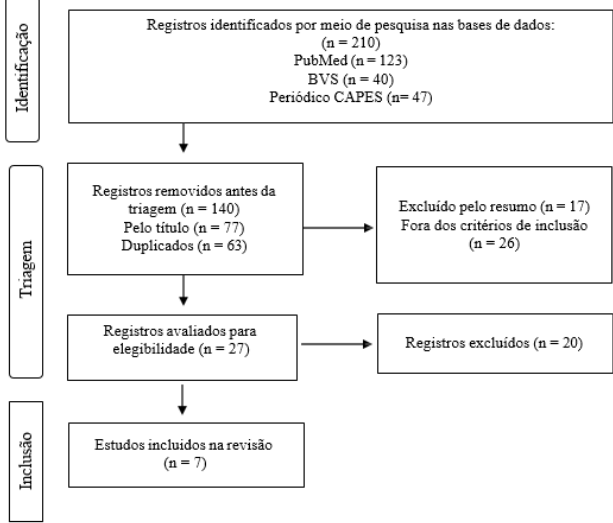
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A pergunta norteadora foi formulada da seguinte maneira: “Pacientes em reabilitação nos períodos de pós-operatório da cirurgia do ligamento cruzado anterior, o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo é mais eficaz do que exercícios convencionais sem restrição de fluxo sanguíneo para promover o ganho de força muscular, a melhora da função articular e a redução da dor?”.

Os artigos para a composição do estudo foram selecionados em três bases de dados eletrônicas, sendo elas: Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), PubMed (National Library of Medicine) e BVS (Biblioteca Virtual em Saúde). Utilizando descritores em Ciências da Saúde (DeCS): Terapia de Restrição de Fluxo Sanguíneo; Oclusão Vascular Parcial; Reabilitação; Ligamento Cruzado Anterior; Pós Operatório e suas traduções para a língua inglesa, combinados com os operadores booleanos E (AND) e OU (OR) para assim encontrar estudos que contivessem os descritores citados. As buscas pelas bases de dados ocorreram no mês de Dezembro do ano de 2024.

A partir dos descritores selecionados foram encontrados 210 artigos, sendo 40 obtidos na BVS, 47 na Periódico CAPES e 123 na PubMed. Os artigos foram separados e organizados através do software online Rayyan®. Durante a triagem foram analisados artigos por títulos e resumos. Os critérios de exclusão utilizados foram: artigos duplicados, teses, dissertações, revisões, meta-análise, estudos de caso, estudos incompletos e artigos que fugisse do tema proposto. Os critérios de inclusão utilizados foram: artigo publicado entre 2019 a 2024, estudos que respondessem à pergunta norteadora, com disponibilidade na íntegra e gratuitamente, sem delimitação de idioma.

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos estudos incluídos na análise, elaborado de acordo com PRISMA 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Resultados

Após a realização das buscas e a conclusão da triagem, oito artigos foram selecionados e incluídos nesta revisão. Em seguida as informações foram organizadas no quadro 2, apresentando os resultados obtidos, bem como autor, ano, tipo de estudo, amostra, metodologia e as intervenções adotadas nos artigos (Quadro 2).

Quadro 2: Quadro de resultados com informações dos artigos selecionados

ID	Autor/Ano	Tipo de estudo	Amostra	Metodologia	Intervenção	Resultados
A1	Khalil <i>et al.</i> (2023).	- Estudo controlado randomizado duplo-cego.	- 36 participantes submetidos à cirurgia de LCA	O estudo dividiu os participantes em dois grupos de intervenção: protocolo de reabilitação convencional (PCR), protocolo de reabilitação convencional com BFR T. A intervenção iniciou uma semana após a cirurgia e durou até o terceiro mês. A dor foi avaliada em três momentos, utilizando a escala VAS.	Todos os participantes receberam tratamentos pós operatórios imediato até o final da primeira semana, com três sessões semanais. O grupo controle realizou apenas reabilitação convencional, enquanto o grupo o experimental seguiu o mesmo protocolo, mas com adição de BFR T a 80% de POA.	A dor no joelho melhorou ao longo do tempo em ambos os grupos. No entanto, não houve superioridade do treinamento BFR sobre o PCR isolado na redução da dor no joelho.
A2	Roman <i>et al.</i> (2023).	- Estudo piloto de ensaio clínico randomizado intervencionist a prospectivo.	- 35 participantes submetidos à cirurgia de LCA	O estudo dividiu os participantes em dois grupos: intervenção e controle. O grupo de intervenção seguiu um protocolo BFR T padronizado por 12 semanas no pós-operatório, o grupo controle realizou reabilitação padrão. As avaliações incluíram força extensora do joelho, desempenho funcional e função autorrelatada.	O grupo BFR T realizou exercícios de baixa intensidade, com três exercícios por sessão, duas vezes por semana, seguindo um esquema de repetições 30/15/15/15 com 30 segundos de descanso entre as séries. O grupo controle realizou exercícios convencionais sem restrição.	A BFR T se mostrou mais eficaz na melhoria da força extensora do joelho e função autorrelatada, em comparação com a reabilitação convencional.
A3	Li <i>et al.</i> (2023).	- Estudo controlado randomizado.	- 30 participantes submetidos à reconstrução do LCA	Divididos em três grupos com diferentes níveis de restrição de fluxo sanguíneo (controle, 40% e 80% POA), combinados com reabilitação convencional de quadríceps. As avaliações incluíram a força máxima de extensão isocinética, a soma da espessura do quadríceps, o desempenho do teste de equilíbrio Y e as respostas ao questionário IKDC antes e depois da intervenção.	Durante a intervenção de oito semanas, os participantes completaram 16 sessões de treinamento (duas por semana), com duração de aproximadamente 60 minutos. Cada sessão incluiu um aquecimento de 10 minutos de caminhada, dois exercícios para quadríceps e alongamentos para relaxamento. Em cada exercício, realizaram quatro séries (1x30 + 3x15 repetições), com 30 segundos de descanso entre as séries.	A restrição do fluxo sanguíneo, combinada com o treinamento de quadríceps de baixa intensidade, pode efetivamente melhorar a força e a circunferência do músculo extensor do joelho de pacientes com ACLR.
A4	Akash M <i>et al.</i> (2020).	- Estudo randomizado controlado	- 50 participantes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA	Os indivíduos foram separados como grupo A e grupo B, onde o grupo A (n = 25) recebeu BFR T e o grupo B (n = 25) recebeu exercício de fortalecimento. Antes e depois da intervenção foram avaliados utilizando a escala numérica de avaliação da dor (NPRS), e avaliação da amplitude de movimento usando goniômetro.	A intervenção se estendeu por 8 semanas, onde o protocolo de reabilitação tradicional de fortalecimento e o de treinamento de restrição de fluxo sanguíneo começou no 2º dia de pós-operatório.	O grupo de treinamento de restrição de fluxo sanguíneo, demonstrou redução da dor e no aumento da amplitude de movimento nas articulações do joelho após a cirurgia do LCA.
A5	Devana <i>et al.</i> (2024).	- Estudo clínico randomizado	- 55 atletas submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA	O grupo BFR T incluiu 22 participantes, e o grupo não-BFR T 33. Para o grupo BFR T foi obtido o teste de força do quadríceps usando dinamometria portátil em vários períodos do pós operatório, os valores foram expressos em porcentagem	O grupo BFR T realizou 2 a 3 exercícios, com 3 a 4 sessões semanais, e os participantes do protocolo não BFR T, seguiu uma diretriz tradicional de reabilitação pós-operatório.	O estudo mostrou que houve um tempo do retorno ao esporte significativamente maior com o BFR T em comparação com a reabilitação padronizada sozinha, o grupo BFR T mostrou

				da força do membro operado em comparação com o membro não afetado, ou seja, um índice de simetria do membro (LSI).		maiores ganhos na força do quadríceps entre as semanas do pós-operatório 13-16 e 41-44.
ID	Autor/Ano	Tipo de estudo	Amostra	Metodologia	Intervenção	Resultados
A6	Hughes <i>et al.</i> (2019a).	- Ensaio clínico randomizado,	- 28 participantes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA	Os participantes foram randomizados em dois grupos: HL-RT (n = 14) e BFRT (n = 14), completaram oito semanas de treinamento de leg press unilateral duas vezes por semana em ambos os membros. Antes do início do protocolo de treinamento, os participantes passaram por uma sessão de familiarização e avaliação. A dor e o desconforto foram avaliados através das escalas de RPE (Classificação do esforço percebido) e Borg.	Ambos os grupos começavam cada sessão com 5 minutos de ciclismo leve, seguido de 10 repetições de leg press unilateral com período de descanso de 5 minutos, o grupo HL-RT realizaram 3 a 10 repetições com 70% de 1RM com descanso de 30 segundos, o grupo BFRT realizaram 4 séries sendo 30/15/15/15 repetições a 30% de 1RM com descanso de 30 segundos, a restrição de fluxo foi aplicada continuamente a 80%.	O estudo concluiu que o BFRT resultou em menor dor no joelho durante e 24 horas pós o treino, com RPE semelhante ao HL-RT. Embora a dor muscular tenha sido maior no grupo BFRT não impediu a adesão ao treinamento. Concluindo que o BFRT pode ser mais vantajoso nas fases iniciais da reabilitação, pois é mais confortável e igualmente eficaz na melhoria da força e função.
A7	Hughes <i>et al.</i> (2019b).	- Estudo clínico	- 28 participantes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA	Os participantes foram divididos em dois grupos: BFRT e HL-RT, foram avaliados força muscular (isotônica e isocinética), morfologia muscular por ultrassonografia, função autorrelatada através de questionários (IKDC, LEFS, Lysholm, Tegner), equilíbrio (SEBT), dor (escala KOOS), derrame (circunferência da	O protocolo de treinamento BFRT foi realizado com cargas leves 30% de 1RM, ambos realizaram 16 sessões ao longo de oito semanas, iniciando duas semanas após a cirurgia, os grupos completaram um aquecimento de 5 minutos de ciclismo, seguido de 10 repetições do exercício de leg press unilateral, sendo o grupo HL-RT realizou treinamento com carga de 70% de 1RM.	Ambos os grupos apresentaram ganhos semelhantes de força e hipertrofia muscular. No entanto o BFRT se destacou por proporcionar uma redução superior da dor e derrame na articulação, indicando que o BFRT pode ser mais apropriado na
				patela) e amplitude de movimento (goniômetro).		fase de carga progressiva da reabilitação.

Legendas: BFRT –Treinamento com Restrição do Fluxo Sanguíneo; PCR – Protocolo de Reabilitação Convencional; VAS – Escala Visual Analógica; LSI – Índice de Simetria do Membro; HL-RT – Treinamento de Resistência com Carga Pesada; 1RM – Máxima Repetição Única; RPE – Classificação do Esforço Percebido; IKDC – Comitê Internacional de Documentação do Joelho; KOOS – Escala de Resultado para Lesão do Joelho e Osteoartrite; LEFS – Escala Funcional de Extremidade Inferior; SEBT –Teste de Alcance Excêntrico Estrela; POA – Pressão de Oclusão Arterial; NPRS – Escala Numérica de Avaliação da Dor; ACLR – Reconstrução do ligamento cruzado anterior.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

De acordo com o quadro 1, dos resultados dos estudos selecionados, o treinamento BFRT tem sido bastante utilizado na reabilitação da lesão do LCA. A maioria dos estudos comparou o BFRT com protocolos convencionais de reabilitação ou treinamento de alta carga, buscando analisar seus efeitos na força muscular, dor e desempenho funcional.

Houve estudos que demonstraram benefícios significativos do BFRT, principalmente na preservação e no ganho de força muscular dos extensores do joelho com uso de cargas de baixa intensidade. No entanto, alguns estudos não demonstraram superioridade significativa do BFRT em relação ao treinamento convencional. A função muscular e a dor foram avaliadas por diferentes métodos, testes de desempenho, escalas autorrelatadas e exames de imagem, geralmente sendo realizadas no começo da intervenção e no final, as intervenções tiveram duração entre 3 a 16 semanas, com PAO variando de 40% a 80% e cargas aproximadamente 30% de 1RM.

Além disso, os estudos incluíram participantes com diferentes perfis, e os ensaios clínicos selecionados foram de alta qualidade metodológica, incluindo estudos randomizados e duplo-cegos. Portanto os resultados indicam que o BFRT pode ser uma estratégia eficaz para acelerar a reabilitação, promovendo adaptações musculares similares aos obtidos com treinamento de alta carga, mas com menor estresse articular.

Discussão

O estudo de Hughes *et al.* (2019b), compararam a BFRT a protocolos tradicionais de reabilitação, analisando variáveis como hipertrofia, força, função física, dor e derrame. ambos os grupos apresentaram aumento significativo de força e hipertrofia, a BFRT se destacou pois houve uma maior redução na dor

e derrame na articulação do joelho, resultando em melhorias gerais na função física, observou também aumentos significativamente maiores nas pontuações de Lysholm com BFRT, sugerindo um efeito de hipalgesia possivelmente devido à modulação da dor condicionada resultante da pressão do manguito e da isquemia muscular, ou pela liberação de opioides endógenos e endocanabinoides, reforçando que durante a fase de carga progressiva da reabilitação a BFRT pode oferecer vantagens sobre o treinamento convencional, pois permite maior redução da dor e derrame melhorada da função física sem comprometer a hipertrofia e os ganhos de força.

Na sequência a pesquisa de Hughes et al. (2019a), também demonstrou que a BFRT é mais vantajosa nas fases iniciais da reabilitação, sendo confortável e igualmente eficaz na melhoria da força e função, além de contribuir na redução da dor na articulação do joelho.

Reforçando esses achados, o estudo de Lin et al. (2024), investigaram a aplicação da BFRT na fase inicial da reabilitação pós a reconstrução do LCA, iniciando o protocolo em 6 semanas após a cirurgia. Os resultados demonstraram eficácia na preservação do volume do músculo quadríceps, sendo um fator importante, visto que a atrofia do quadríceps pós LCA pode resultar em déficits funcionais prolongados. Além disso melhora nas pontuações de Lysholm, indicando uma melhor função articular do joelho, o que pode estar associado a redução da dor, além de atenuação da atrofia muscular, redução de derrame articular e aumento na amplitude de movimento, em relação ao equilíbrio, não foi observado melhorias no teste Y-balance entre ambos os grupos.

No estudo de Li et al. (2023), foram analisados os efeitos da BFRT no quadríceps em diferentes níveis de oclusão na força e espessura do quadríceps, sendo um grupo controle, 40% e 80% da POA. O grupo com 80% de oclusão demonstrou um aumento mais expressivo na força do quadríceps e na sua espessura muscular, além de melhores desempenhos no pico de torque do quadríceps em relação ao peso corporal (60°/s e 180°/s). Ambas as intensidades de BFRT mostraram melhora no Y-balance test, no pico de torque do extensor do joelho e nas pontuações do IKDC. Esses achados sugerem que uma compressão mais elevada proporciona maiores benefícios, no aumento da força isocinética do quadríceps e acelerando o processo de reabilitação.

Corroborando esses resultados, a revisão sistemática de Spada et al. (2022), analisaram dois estudos que reforçam a eficácia da BFRT. Em um deles, com duração 16 semanas, os pacientes apresentaram um aumento de torque isocinético de extensão e flexão do joelho superiores em diferentes velocidades (60°/s e 180°/s) em relação ao grupo de treinamento convencional. No outro estudo o grupo de treinamento convencional demonstrou uma perda de torque de pico de extensão, enquanto o grupo BFRT conseguiu preservar essa variável, quando medido (150°/s e 300°/s). Esses achados demonstraram que o BFRT limita as perdas de força e extensão do joelho durante o processo de reabilitação.

Na pesquisa de Akash M et al. (2020) observaram maior eficácia do treinamento BFRT em comparação ao protocolo convencional no aumento da força muscular, tanto para o aumento da força muscular quanto para a amplitude de movimento, que passou de 15 para 43, além de ser eficaz na redução da dor.

Alinhados aos resultados anteriores, Ubieta-Garcia et al. (2023) que demonstraram em seu estudo, os efeitos da BFRT em um protocolo por 16 semanas, que otimizou a força dos músculos extensores do joelho e, em menor medida, a dos flexores, o que pode ser explicado pela extração do enxerto da musculatura isquiotibiais durante a cirurgia de LCA. O estudo também referiu ao aumento na espessura muscular, similar ao treino com cargas altas e diminuição da dor e menor desconforto nas sessões de treino. Os mecanismos fisiológicos que envolvem essa hipertrofia muscular é o estresse metabólico, aumento da produção sistêmica do hormônio do crescimento, o aumento do edema celular, ativação das vias anabólicas/anticatabólicas intramusculares e um maior recrutamento de fibras anaeróbicas rápidas do tipo II.

Khalil et al. (2023), identificaram em seu estudo que, embora ambos os grupos tenham apresentado melhora da dor, no entanto não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no pós-operatório. Os autores sugerem que a adição do treinamento BFRT pode ter chance maior de reduzir dor em uma situação de reabilitação não operatória.

Em concordância, o estudo de García-Rodríguez et al. (2023) constataram que com o BFRT mostrou melhoras significativas em relação a força em comparação ao grupo controle. Além disso houve uma maior razão da área de secção transversa dos extensores do joelho operado/contralateral e a uma menor diminuição da área de secção transversa da musculatura flexora e extensora do joelho. O estudo também pontuou melhorias na dor durante 24 horas após a sessão com BFRT.

Roman et al. (2023) em seu estudo realizaram um protocolo, padronizado de BFR com cargas de baixa intensidade (20-30% de 1RM), duas vezes na semana durante 12 semanas iniciais após a cirurgia. Os achados sustentam que no grupo BFRT houve maior ganho de força de extensão isométrica do joelho, e maiores escores no Pedi-IKDC, indicando uma melhora na função autorrelatada do joelho.

Em contrapartida Curran et al. (2020) investigaram, em seu estudo a eficácia do BRFT com exercícios de alta intensidade (70% de 1RM) na recuperação da função muscular do quadríceps em pacientes submetidos a reconstrução de LCA, foram recrutados 34 participantes divididos em 4 grupos, iniciando a intervenção 10 semanas após a cirurgia, com uma pressão de oclusão de 80%. Os resultados indicaram que não houve diferenças entre os grupos, especificamente não houve diferenças na mudança da força muscular de quadríceps, ativação muscular ou volume muscular do reto femoral entre os grupos que utilizaram o BFRT e os que não utilizaram. Ademais a combinação de BFRT e exercícios de alta intensidade pode não ter efeitos aditivos nos mecanismos de hipertrofia muscular, pois a síntese proteica já pode estar maximizada com o estresse mecânico do exercício de alta intensidade.

Os achados do estudo de Devana et al. (2024) indicaram que o tempo de retorno ao esporte foi significativamente maior no grupo com restrição de fluxo sanguíneo (BRFT) em, 13 e 14 meses, em comparação com o grupo controle. Esse atraso implica que, embora a BFRT contribua para o aumento da força muscular, ela pode não ser suficiente para garantir os resultados funcionais necessários para retornar ao nível de pré lesão. Além disso é possível que mudanças no nível celular que podem limitar a função muscular, a propriocepção, influenciando na recuperação funcional.

Por outro lado, o estudo de Jack et al. (2023) encontraram um resultado oposto, demonstrando que o tempo de retorno ao esporte foi mais rápido no grupo BFRT, com um tempo médio foi de 1,4 meses. Esses achados têm implicações relevantes, principalmente para atletas profissionais e recreativos que buscam um retorno mais rápido ao esporte. Embora o estudo não detalhe um motivo específico para essa aceleração, sugere que o BFRT pode minimizar a perda muscular e óssea por até 12 semanas após a cirurgia contribuindo para uma recuperação mais rápida, e consequentemente, para um retorno ao esporte antecipado, com resultados funcionais compatíveis aos da reabilitação padrão.

Conclusão

Conclui-se que a BFRT tem se destacado como uma estratégia eficaz nas intervenções fisioterapêuticas, especialmente no período pós operatório, por permitir o uso de cargas de baixa intensidade, com menor sobrecarga articular, menor desconforto, fácil aplicação e baixo custo. Os estudos demonstraram sua efetividade no ganho de força, hipertrofia muscular e alívio da dor, consolidando-a como uma ferramenta promissora na reabilitação de pacientes com lesão do LCA.

No entanto, devido a algumas limitações metodológicas, como amostras pequenas e diferentes protocolos, são necessários mais estudos para examinar a sua eficácia em outras populações, e por um período de intervenção mais longo e seus impactos a longo prazo.

Referências

AKASH M; NONE MUTHUKUMARAN JOTHILINGAM; GANESAN, None

Shyamala. Effectiveness of Blood Flow Restriction Training on Increasing Strength in Post Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Compared with Traditional ACL Rehabilitation Protocol. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal*, v. 18, p. 406–411, 2024. Disponível em: <<https://medicopublication.com/index.php/ijpot/article/view/20083>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

CURRAN, Michael T; BEDI, Asheesh; MENDIAS, Christopher L; et al. Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 48, n. 4, p. 825–837, 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32167837/>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

DEVANA, Sai K; SOLORZANO, Carlos A; VAIL, Jeremy; et al. Outcomes of Blood Flow Restriction Training After ACL Reconstruction in NCAA Division I Athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 12, n. 5, 2024. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11092532/>>. Acesso em: 7 abr. 2025.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, Pere; PECCI, Javier; VÁZQUEZ-GONZÁLEZ,

Sergio; et al. Acute and Chronic Effects of Blood Flow Restriction Training in Physically Active Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, v. 16, n. 5, p. 820–828, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37946502/>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

GUIMARÃES, Brenda Mendonça; ALVES, Rafael Ribeiro; LOPES, Lorena Cristina Curado. Aplicabilidade do treinamento com oclusão vascular para incremento de hipertrofia e força muscular: estudo de revisão. *International Journal of Movement Science and Rehabilitation*, v. 2, n. 1, p. 4–15, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/ijmsr/article/view/4446>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

HUGHES, Luke; PATTERSON, Stephen David; HADDAD, Fares; et al. Examination of the comfort and pain experienced with blood flow restriction training during post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: A UK National Health Service trial. *Physical Therapy in Sport*, v. 39, p. 90–98, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31288213/>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

HUGHES, Luke; ROSENBLATT, Benjamin; HADDAD, Fares; et al. Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomised Controlled Trial. *Sports Medicine*, v. 49, n. 11, p. 1787–1805, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31301034/>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

JACK, Robert A.; LAMBERT, Bradley S.; HEDT, Corbin A.; et al. Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL Reconstruction. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, v. 15, n. 3, p. 361–371, 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35762124/>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

KHALIL, Ahmed; FAYAZ, Nadia; FAWZY, Enas; et al. Influence Of Blood Flow Restriction Training on Knee Pain After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Double Blinded Randomized Controlled Trial. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, v. 30, n. 7, 2023. Disponível em: <<https://www.jptcp.com/index.php/jptcp/article/view/1569>>. Acesso em: 11 fev. 2025.

LI, Xuefeng; LI, Jinyu; QING, Liang; et al. Effect of quadriceps training at different levels of blood flow restriction on quadriceps strength and thickness in the mid-term postoperative period after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled external pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 24, n. 1, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37158913/>>. Acesso em: 7 fev. 2025.

LIN, Qiuxiang; ZHANG, Yuping; QIN, Jiawei; et al. Effects of Low-Load Blood Flow Restriction Training on

Muscle Volume After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 12, n. 12, 2024. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39678440/>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, J. M. A Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion. *International Journal of Sports Medicine*, v. 31, n. 01, p. 1–4, 2010. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19885776/>>. Acesso em: 12 dez. 2024.

NOIA, A. L. F. et al. Efeitos da cinesioterapia em pacientes no pós-operatório de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA). *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, Criciúma, v. 7, n. 8, p. 874-887, set./2021. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/2024>. Acesso em: 13 de fev. 2025.

QUEIROZ, N. C. A. (2018). Predição da função e índice de simetria por meio de desfechos clínicos e neuromusculares em indivíduos submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Programa De Pós-Graduação Em Ciências Da Reabilitação*. p.103.

REIS, A. C.; DA SILVA MARINHO, L.; KOJO BUENO, E.; FONSECA FORTI, R.; SCARPELLI MARTINS DA COSTA, G. Tendências recentes no tratamento de lesões do ligamento cruzado: uma revisão da literatura. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 3094–3100, 2024. DOI: 10.36557/2674-8169.2024v6n9p3094-3100. Disponível em: <https://bjih.s.emnuvens.com.br/bjih/article/view/3564>. Acesso em: 13 fev. 2025.

ROMAN, Dylan P; BURLAND, Julie P; FREDERICKS, Arthur; et al. Early-and Late-Stage Benefits of Blood Flow Restriction Training on Knee Strength in Adolescents After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 11, n. 11, 2023. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10683400/>>. Acesso em: 7 fev. 2025.

SATO, Y. The history and future of KAATSU Training. *International Journal of KAATSU Training Research*, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2005. Disponível em:

<https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijkt/1/1/1_1_1/_article>. Acesso em: 15 dez. 2024.

SCOTT, B. R.; LOENNEKE, J. P.; SLATTERY, K. M.; DASCOMBE, B. J.

Exercício com restrição do fluxo sanguíneo: uma abordagem atualizada baseada em evidências para desenvolvimento muscular aprimorado. *Sports Medicine*, v. 45, n. 3, p. 313–325, 2015. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0288-1>. Acesso em: 15 fev. 2025.

SPADA, Joshua M.; PAUL, Ryan W; TUCKER, Bradford S. Blood Flow Restriction Training preserves knee flexion and extension torque following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *Journal of Orthopaedics*, v. 34, p. 233–239, 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36120478/>>. Acesso em: 11 abr. 2025.

UBIETA-GARCÍA, Aritza; JUSTO-COUSIÑO, Lorenzo Antonio; SANTIAGO-PESCADOR, Salvador; et al. Blood flow restriction in anterior cruciate ligament rehabilitation. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*, v. 37, n. 1, p. -, 2023. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So864-215X2023000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 29 mar. 2025.

VIEIRA, Luiz Antonio Martins; OLIVEIRA, Diogo Assis Cals de; VICTORIA, Carlos Humberto; PEREIRA, Marcelo Motta; SANTOS, Rodrigo Araújo Góes dos. Análise Epidemiológica das Rupturas do Ligamento Cruzado Anterior em Pacientes Atendidos no Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia.

Revista do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 5-9, set.-dez. 2005. Disponível em: . Acesso em: 10 dez. 2024.

Recebido em 06 de maio de 2026.

Aceito em 29 de junho de 2026.