



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

Licenciatura em Fisioterapia
Projeto de Graduação

Efeitos da técnica *Blood Flow Restriction* no período pós-cirúrgico do joelho - Revisão bibliográfica

Leonardo Pinto Martins
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
39859@ufp.edu.pt

Prof. Doutor Ricardo Cardoso
Professor adjunto
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
rcardoso@ufp.edu.pt

Porto, junho de 2023

Resumo

Objetivo: Esta revisão bibliográfica tem como objetivo analisar as evidências disponíveis sobre os efeitos da técnica BFR no treino resistido de baixa intensidade no período pós-cirúrgico do joelho, em relação à recuperação funcional, dor, força, massa e volume muscular quando comparado com o treino resistido sem o uso de BFR. **Metodologia:** Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados Pubmed, Web of Science, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e Cochrane CENTRAL até 23 de abril de 2023 para identificar estudos randomizados controlados que verificassem os efeitos do BFR no período pós-cirúrgico do joelho. Utilizou-se a escala de PEDro para avaliação da qualidade metodológica. **Resultados:** Foram selecionados 5 artigos randomizados controlados, que cumpriram todos os critérios de inclusão e exclusão. Na análise de qualidade metodológica obtiveram uma média de 8 em 10 na escala de PEDro. Todos artigos referem pelo menos um dos outcomes pretendidos. **Conclusão:** A utilização da técnica BFR juntamente com o treino resistido de baixa intensidade no período pós-cirúrgico do joelho parece aumentar a força, volume e massa muscular, diminuir a dor e melhorar a função do joelho. **Palavras-chave:** *Blood Flow Restriction*; treino kaatsu; pós cirúrgico do joelho; reconstrução do ligamento; meniscectomia.

Abstract

Objective: This literature review aims to analyze the available evidence on the effects of the BFR technique in low-intensity resistance training in the post-surgical knee period, regarding functional recovery, pain, strength, muscle mass and volume when compared to resistance training without the use of BFR. **Methodology:** A search of Pubmed, Web of Science, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), and Cochrane CENTRAL databases was performed until April 23, 2023 to identify randomized controlled studies verifying the effects of BFR in the post-surgical knee period. The PEDro scale was used to evaluate the methodological quality. **Results:** We selected 5 randomized controlled articles that met all inclusion and exclusion criteria. In the methodological quality analysis they obtained an average of 8 out of 10 on the PEDro scale. All articles reported at least one of the intended outcomes. **Conclusion:** The use of the BFR technique together with low-intensity resistance training in the post-surgical knee period seems to increase strength, muscle volume and mass, decrease pain and improve knee function. **Keywords:** Blood Flow Restriction; kaatsu training; post knee surgery; ligament reconstruction; meniscectomy.

I. Introdução

A técnica *Blood Flow Restriction* (BFR) é uma forma controlada de oclusão vascular que utiliza uma braçadeira pneumática para diminuir o fluxo arterial e ocluir o fluxo venoso e assim fornecer uma compressão mecânica da vasculatura subjacente (Bobes Álvarez et al., 2021; Slys et al., 2016). A BFR deve ser combinada com um estímulo de exercício para melhorar o desenvolvimento muscular (Slys et al., 2016).

O mecanismo fisiológico a nível celular tem implicação nos metabolitos, que se vão acumulando durante o exercício e são conhecidos como mediadores da hipertrofia muscular, intensificando as condições de hipóxia e isquemia relativas ao BFR. Pensa-se que estes induzam a fadiga mais precocemente dando origem a um maior recrutamento de unidades motoras. Tal facto sugere que o treino resistido de baixa intensidade com BFR tem um recrutamento semelhante a um treino resistido de alta intensidade (Hwang & Willoughby, 2019; Jessee et al., 2018). Para além disso as fibras musculares que por norma são recrutadas apenas num treino de maior intensidade são as fibras de contração rápida tipo II, que neste caso vão ser ativadas em treinos de baixa intensidade com BFR. Este fenómeno justifica então o maior aumento da hipertrofia muscular no treino de baixa intensidade com BFR em comparação com o treino resistido de baixa intensidade isolado (Wernbom et al., 2013).

Vários pacientes que são submetidos a cirurgias no joelho, vêm a desenvolver atrofia e fraqueza no período pós cirúrgico. Estas alterações podem persistir durante meses ou anos, limitando assim a marcha, atividades da vida diária e regresso ao trabalho (Hsiao et al., 2014; Moon et al., 2016).

Atualmente é recomendado que para atingir a hipertrofia muscular, sejam utilizadas no treino resistências de 60% a 70 % de uma repetição máxima (1RM) (Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults, 2009). No entanto as utilizações destas resistências mais elevadas não são toleráveis nestes pacientes devido à dor, edema e stress na articulação. Deste modo o treino resistido de baixa intensidade (30% 1RM) com BFR demonstrou ser mais tolerado do que o treino de alta resistência no período pós cirúrgico, uma vez que, representa uma forma de diminuir o stress do exercido sobre a articulação sem comprometer a melhoria da força, dado que para indivíduos no pós-cirúrgico a BFR

representa uma forma de acelerar a recuperação e prevenir a atrofia (Cognetti et al., 2022; Noyes et al., 2021).

Estudos recentes demonstraram que o uso do treino de baixa intensidade com BFR (30% 1 RM) pode melhorar a hipertrofia, a força, a massa da coxa de forma semelhante com o treino de alta intensidade sem BFR (70% 1RM), mas com uma melhoria maior na redução da dor e edema articular do joelho. Deste modo o BFR associado a um treino de baixa intensidade pode ser mais apropriado numa fase de reabilitação (Hughes et al., 2019; Koc et al., 2022).

Uma revisão sistemática concluiu que a utilização da técnica BFR no pós-cirúrgico do joelho resulta numa melhoria da força muscular e pode também melhorar a massa muscular do quadríceps em comparação com um grupo que não utilizou o BFR (Wengle et al. 2021).

Portanto, a presente revisão bibliográfica pretendeu compreender melhor os resultados da utilização da técnica BFR, ajudar a identificar lacunas na literatura existente e contribuir na orientação na tomada de decisão clínica para melhorar a recuperação no período pós cirúrgico do joelho utilizando a evidência mais recente. Teve como objetivo analisar as evidências disponíveis sobre os efeitos da técnica BFR no treino resistido de baixa intensidade no período pós-cirúrgico do joelho, em relação à recuperação funcional, dor, força, massa e volume muscular quando comparado com o treino resistido sem o uso de BFR.

II. Metodologia

Para a pesquisa foi utilizada a estratégia “PICO” em que “P” significa *patients*/pacientes, que neste caso foram pacientes submetidos a uma cirurgia do joelho, “I” significa *intervention*/intervenção, que se refere à técnica *Blood Flow Restriction*, “C” significa *comparation*/comparação, que neste caso foi o treino sem a técnica *Blood Flow Restriction* e “O” significa *outcome*/resultados, referindo-se à massa muscular, força, volume muscular, dor e função do joelho.

Esta revisão bibliográfica foi realizada de acordo com as recomendações PRISMA (Page et al., 2020). A pesquisa foi efetuada nas bases de dados Pubmed, Web of Science, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e Cochrane CENTRAL até 23 de abril de 2023. Utilizou-se a estratégia de pesquisa e as palavras-chaves nas bases de dados Pubmed, Cochrane CENTRAL e Web of Science: ("blood flow restriction" OR "BFR" OR "occlusion training" OR "kaatsu training") AND ("knee") AND ("surgery" OR "operation" OR "ligament reconstruction" OR "meniscectomy"). Para a base de dados PEDro foi utilizada a estratégia de pesquisa e as palavras-chaves: "blood flow restriction" "knee" "surgery".

Como critérios de inclusão foram selecionados apenas estudos randomizados controlados (RCTs), que incluíssem indivíduos que tivessem sido submetidos a uma cirurgia do joelho, disponíveis em idiomas como o inglês, espanhol e o português. Como critérios de exclusão foram excluídos artigos publicados antes de 2021, com pontuação na escala de PEDro inferior a 7/10 e com temas não relacionados com o da pesquisa.

Foi realizada uma primeira pesquisa com o objetivo de remover os duplicados e fazer a leitura dos títulos e *abstract* para aplicar os critérios de elegibilidade. De seguida foi realizada a leitura integral dos artigos selecionados e os mesmos foram sujeitos a avaliação da qualidade metodológica segundo a escala de PEDro (Maher et al., 2003).

Foi apenas um investigador que fez a pesquisa e avaliou a qualidade metodológica dos 5 estudos incluídos nesta revisão bibliográfica.

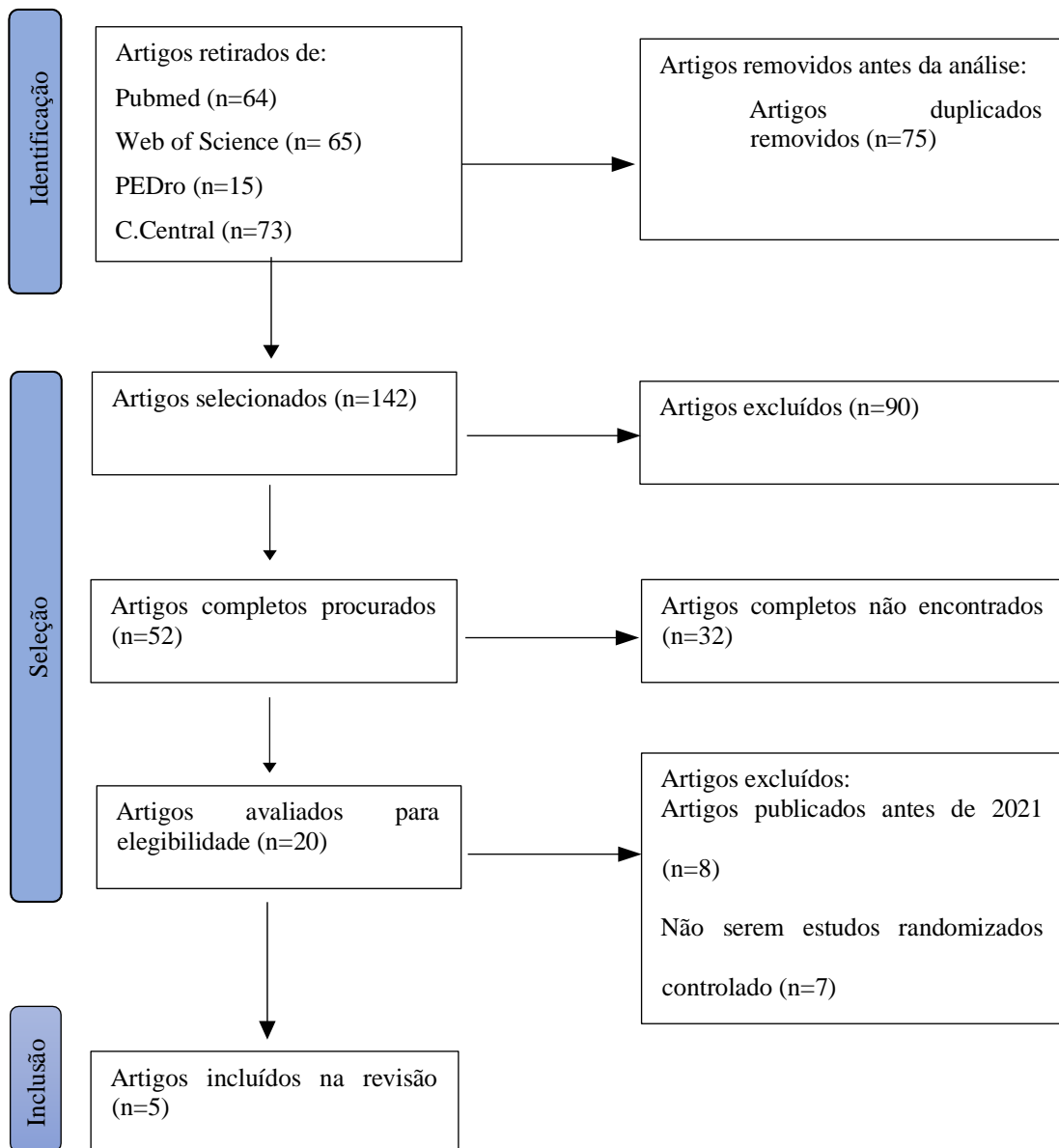
III. Resultados

I. Seleção de artigos

Na pesquisa efetuada nas bases de dados anteriormente referidas, foram encontrados 217 artigos. Após a remoção dos duplicados foram identificados 142 artigos. Foram selecionados 5 artigos randomizados controlados, que cumpriram todos os critérios de inclusão e exclusão. Esses artigos envolveram 172 participantes. O resumo do processo de pesquisa e seleção está descrito na figura 1.

Figura1.

Fluxograma de pesquisa bibliográfica



II. Qualidade Metodológica

Os estudos apresentam qualidade metodológica com média aritmética de 8 em 10 na escala de PEDro (tabela 1). Três estudos não cumpriram o critério de cegueira dos sujeitos (critério 5). Nenhum estudo foi capaz de satisfazer o critério de cegueira dos terapeutas (critério 6). Dois estudos não foram capazes de satisfazer o critério de cegueira dos avaliadores (critério 7). Todos os estudos cumpriram os critérios 2, 3, 4, 8, 9, 10 e 11.

Tabela 1.

Classificação da qualidade metodológica dos artigos de acordo com a escala de PEDro.

Autor (ano)	Critérios											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Jack et al (2023)	N	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10
Ke et al (2022)	N	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Khalil et al (2023)	N	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9/10
Melo et al (2022)	N	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10
Park et al (2022)	N	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9/10

Legenda: N= não aplicável; 1= valido; 0= não valido. Critérios: 1 = Elegibilidade (Sim/Não); 2 = Distribuição aleatória; 3 = Distribuição cega; 4 = Comparação ao nível de referência; 5 = Sujeitos cegos; 6 = Fisioterapeutas cegos; 7 = Avaliadores cegos; 8 = Seguimento adequado; 9= Intenção de tratamento; 10 = Comparações estatísticas inter-grupos; 11 = Medidas de precisão e de variabilidade. Para os itens 2-11, 0 indica que o critério não foi satisfeito, 1 o critério foi satisfeito.

III. Descrição dos estudos

No total 172 indivíduos efetuaram os protocolos dos estudos incluindo 88 indivíduos de sexo masculino e 84 de sexo feminino. Na tabela 2 estão resumidos os artigos científicos incluídos nesta revisão bibliográfica com o autor, objetivo do estudo, as características dos indivíduos envolvidos nos protocolos, os procedimentos das intervenções, os parâmetros de avaliação e os resultados encontrados.

Tabela 2.

Autor, objetivo do estudo, as características dos indivíduos envolvidos nos protocolos, os procedimentos das intervenções, os parâmetros de avaliação e os resultados encontrados.

Autores (ano)	Objetivo do estudo	Tamanho da amostra/desenho de estudo	Procedimento/Medidas de avaliação	Parâmetros de avaliação	Resultados e conclusão
Jack et al (2023)	Determinar se a BFR diminui a perda de massa magra, massa óssea e densidade mineral óssea do membro inferior, melhorando simultaneamente a função, em comparação com a reabilitação padrão após RLCA.	n = 32 GBFR: n=17 (H=12; M=5; idade=28,1 ± 7,4; IMC =25,4 ± 2,8) GC: n= 15 (H=7; M= 8; idade= 24,1 ± 7,2; IMC = 26,9± 5,3) RCT paralelo	Período do estudo: 12 semanas / 2 treinos por semana. GBFR: POM – 80% A resistência foi de 20% de 1RM avaliada no membro contralateral. Os exercícios foram realizados em 4 séries de 30-15-15-15 repetições separadas por 30 segundos de repouso. Os exercícios realizados foram: <i>quadriceps contractions; closed-chain knee extensions; bilateral leg press; single leg press; single leg hamstring curl; ball squats; split lunges; Box step-ups</i> . GC: O número de séries, repetições e intensidade de exercício foi o mesmo que no GBFR, assim como os exercícios, mas sem a aplicação da BFR.	MM, FJ	GC: ↓ MM na semana 6 (p<0,01) e na semana 12 (p= 0, 01) de reabilitação, ↑ FJ entre a semana 8 e 12. GBFR: = MM na semana 6 e 12, ↑ FJ entre a semana 8 e 12. MM: GBFR>GC na semana 6 (p<0.01) e na semana 12 (p<0.01) FJ: GBFR = GC entre a semana 8 e 12. Após RLCA, a BFR pode diminuir a perda muscular e óssea até 12 semanas de pós-cirúrgico e pode melhorar o tempo de retorno ao desporto com resultados funcionais comparáveis aos da reabilitação padrão.
Ke et al (2022)	Explorar o efeito do treino de restrição do fluxo sanguíneo na recuperação da função do joelho após MPA	n= 38 GBFR: n=19 (H= 12; M= 7; idade= 37.58 ± 11.44; IMC =24.18 ± 2.72) GC: n=19	Período do estudo: 8 semanas / 2 treinos por semana. GBFR: POM – 80% A resistência foi de 30% de 1RM, que foi previsto com precisão medindo 10RM sob a proteção do fisioterapeuta. Os exercícios foram os mesmos que o GC. Sendo que o exercício <i>Seated Leg Press</i> foi realizado em 4 séries de 30-15-15-15 repetições separadas por 30 segundos de repouso com a BFR.	FM; VM; dor; FJ;	GC: = FM na semana 4 e 8 de reabilitação (p>0,05), = VM do quadríceps às 4 e 8 semanas de reabilitação (p>0.05), ↓ dor às 4 e 8 semanas de reabilitação (p<0.01) e ↑ FJ às 4 e 8 semanas de reabilitação (p<0.01). GBFR: ↑ FM na semana 4 e 8 de reabilitação (p<0,01), ↑ VM do quadríceps às 4 semanas (p < 0.05) e as 8 semanas de pós-cirúrgico, ↓ dor às 4 e 8 semanas de reabilitação (p<0.01), ↑ FJ às 4 e 8 semanas de reabilitação (p<0.01).

Efeitos da técnica *Blood Flow Restriction* no período pós-cirúrgico do joelho

		(H= 9; M= 10; idade= 37.74 ± 11.27; IMC =23.08 ± 3.23) RCT paralelo	GC: 1) 5 min de aquecimento na elíptica; 2) Treino ativo de ADM – flexão e extensão ativa do joelho em decúbito dorsal (3 séries, 10 repetições cada, com 10 segundos de descanso entre séries); 3) treino de agachamento dentro de 0-90 ° de amplitude (3 séries, 10 repetições cada, 10 segundos cada repetição e 30 segundos de descanso entre series); 4) Treino de marcha durante 5 min; 5) <i>Seated Leg Press</i> com baixa intensidade (30% de 1 RM) e dentro de 0-90° de amplitude de flexão do joelho (4 séries, 1° série de 30 repetições e as outras 3 series de 15 repetições, com 30 segundos de descanso entre series); 6) Exercício de flexão e extensão do tornozelo com compressa de gelo (3 séries de 10 repetições com 30 segundos de descanso entre séries).		FM: GBFR>GC na semana 4 e 8 de reabilitação (p<0.01) VM: GBFR>GC na semana 4 e 8 de reabilitação (p<0.05) Dor: GBFR<GC na semana 4 e 8 de reabilitação (p<0.01) FJ: GBFR>GC na semana 4 e 8 de reabilitação (p<0.01) A BFR combinado com a RR pode estimular eficazmente a força do quadríceps e a hipertrofia muscular, melhorar o equilíbrio e minimizar a dor, melhorando assim a função do joelho.
Khalil et al (2023)	Investigar o efeito da adição da BFR ao PRC no pós-RLCA na dor do joelho.	n= 36 GBFR: n=18 (H=15; M= 3; idade=23.78 ± 3.934; IMC = 26.213 ± 3.9471) GC: n=18 (H=16; M=2; idade= 25.22 ± 4.76; IMC = 25.359 ± 2.1013) RCT paralelo	Período do estudo: 12 semanas GC: 2-6 semanas – EENM (10 min), mobilização da patela, alongamento dos gastrocnêmios (15 seg x 3 reps), treino de equilíbrio e proprioceptivo, exercícios de deslocação de peso (30 reps), <i>single leg stance</i> (30 – 60 seg), movimentos ativos de extensão e flexão do joelho (30 reps), crioterapia (10 min). 7-12 semanas – EENM (10 min), nível 2 ou 3 na bicicleta estática (10-15 min), treino proprioceptivo, neuromuscular e de estabilidade, transferência de peso sobre a <i>BOSU</i> (30 reps), <i>single leg stance</i> com os olhos abertos e fechadas (30 – 60 seg), mini-agachamento estático (manter 30 seg x 3 reps), continuar progressão com exercícios ativos de ADM e alongamento, <i>leg press</i> com elástico (3x 10 rep – 3x 15 rep), <i>step-back lunge</i> (3x 10 reps), flexão plantar (3x 10 reps) e bicicleta (10-15 min).	Dor	GC: ↑ dor às 6 e 12 semanas de reabilitação (p<0.05) GBFR: ↑ dor às 6 e 12 semanas de reabilitação (p<0.05) Dor: GBFR=GC na semana 6 e 12 de reabilitação (p>0.05) A adição da técnica BFR ao PRC não foi superior ao PRC isolado na dor no joelho pós-RLCA.

Efeitos da técnica *Blood Flow Restriction* no período pós-cirúrgico do joelho

			<p>GBFR: O mesmo protocolo de treino de baixa intensidade foi utilizado durante todos os exercícios de força mencionados GC embora tenha sido adicionado o BFR (80% POM).</p>		
Melo et al (2022)	Comparar o ganho de força muscular nos músculos quadríceps e isquiotibiais em pacientes após cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior, utilizando exercícios com e sem BFR.	<p>n= 24</p> <p>GBFR: n=12 (H= 8; M=4; idade= 41.1 ± 9.8; IMC = 24.2 ± 3.0)</p> <p>GC: n=12 (H= 9; M=3; idade= 39.6 ± 10.8; IMC = 23.6 ± 2.4)</p> <p>RCT paralelo</p>	<p>Período do estudo: 12 semanas / 2 treinos por semana</p> <p>GBFR: POM – 80% A resistência foi de 30% de 1RM. Os exercícios foram realizados em 4 séries de 30-15-15-15 repetições separadas por 30 segundos de repouso. Os exercícios realizados foram: <i>Leg press</i> e cadeira flexora.</p> <p>GC: A resistência foi de 70% de 1RM, os exercícios foram os mesmos que os do GBFR, mas sem a aplicação da BFR e foram realizados em 3 series de 10 repetições.</p>	FM, FJ, Dor	<p>GC: ↑ FM na semana 4, 8 e 12 de reabilitação, ↑FJ às 8 e 12 semanas de reabilitação , ↓ dor às 8 semanas de reabilitação (p<0.01).</p> <p>GBFR: ↑ FM na semana 4, 8 e 12 de reabilitação, ↑FJ às 8 e 12 semanas (p<0.01) , ↓dor às 4, 8 e 12 semanas (p<0.01).</p> <p>FM: No movimento de extensão GBFR>GC às 12 semanas de reabilitação (p<0.01) e no movimento de flexão GBFR>GC às 8 e 12 semanas de reabilitação (p<0.01).</p> <p>FJ: GBFR>GC às 8 e 12 semanas (p<0.01)</p> <p>Dor: GBFR<GC às 4, 8 e 12 semanas (p<0.01)</p> <p>Comparando o treino num programa de reabilitação precoce após ACLR, utilizando 30% de 1RM com BFR ou 70% da repetição máxima sem oclusão, o grupo que utilizou BFR mostrou um ganho estatisticamente mais rápido na melhoria da força muscular do quadríceps e dos isquiotibiais, e na função física do joelho.</p>
Park et al (2022)	Verificar os efeitos do exercício de resistência de baixa intensidade com BFR na área da secção transversal dos músculos da coxa, na força extensora do joelho, na dor e na FJ e investigar a	<p>n= 42 (mulheres)</p> <p>GBFR (80%POM): n=13 (idade= 58.7 ±1.2; IMC =24.5±0.5)</p> <p>GBFR (40%POM): n=14 (idade= 59.8 ±1.2; IMC =24.6 ± 0.6)</p> <p>GC: n=15 (idade= 57.5 ±1.3; IMC =25.2 ± 0.5)</p>	<p>Período do estudo: 12 semanas / 2 treinos por semana</p> <p>O protocolo foi dividido numa fase de 6 semanas sem suporte de peso e numa fase de 6 semanas com suporte de peso total. A resistência de todos os grupos foi de 30% de 1RM (1-3 OMNI) Os exercícios de reforço foram realizados em 4 séries de 30-15-15-15 repetições.</p> <p>GBFR (80%POM): O protocolo realizado nas 6 primeiras semanas foi: Aquecimento (upper body cycle – 15 min, alongamentos e exercício de ADM), Reforço + BFR (quadriceps and hamstring setting,</p>	FM; VM; dor e FJ.	<p>GC: = FM na semana 6 (p = 0.733) e ↑FM na semana 12 de reabilitação (p<0.001), ↓ VM às 12 semanas de reabilitação (p =0.001), ↓ dor às 6 e 12 semanas (p<0.05) e ↓ FJ às 6 semanas (p=0.007) e ↑FJ às 12 semanas de reabilitação (p<0.001).</p> <p>GBFR (80%POM): = FM na semana 6 (p = 0.344) e ↑FM na semana 12 de reabilitação (p<0.001), = VM às 12 semanas (p = 0.184), ↓ dor às 6 e 12 semanas (p<0.001) e = FJ às 6 semanas (p=0.116) e ↑FJ às 12 semanas de reabilitação (p<0.001).</p> <p>GBFR (40%POM): = FM na semana 6 (p = 0.108) e ↑ FM na semana 12 de reabilitação (p<0,001), ↓ VM às 12 semanas (p = 0.003), ↓ dor às 6 e 12 semanas (p<0.05), = FJ às 6 semanas (p=0.263) e ↑FJ às 12 semanas de reabilitação (p<0.001).</p>

Efeitos da técnica *Blood Flow Restriction* no período pós-cirúrgico do joelho

<p>pressão de oclusão arterial adequada em mulheres de meia-idade submetidas a osteotomia da tibia alta.</p>	<p>RCT paralelo</p>	<p><i>Four-way SLR</i> e extensão e flexão do joelho com elástico), Exercício adicional (dorsiflexão e flexão plantar com elástico-10 min e adução e abdução da anca – 5 min). Nas 6 semanas seguintes o protocolo que foi realizado foi: Aquecimento (bicicleta estática – 15 min e alongamentos), Reforço + BFR (flexão e extensão dos joelhos com máquina, <i>leg press</i>, agachamento e <i>lunge</i>), Exercício adicional (equilíbrio e exercício propriocetivo – 10min) GBFR (40%POM): Seguiu o mesmo protocolo que o grupo anterior, embora com 40% de POM nos exercícios de reforço. GC: Seguiu o mesmo protocolo que GBFR (80%POM), mas sem a utilização de BFR nos exercícios de reforço.</p>	<p>FM: GBFR (80%POM) > GBFR (40%POM) e GC às semanas 6 e 12 de reabilitação (p<0.05) VM: GBFR (80%POM) > GBFR (40%POM) = GC às 12 semanas de reabilitação (p = 0.012) Dor: GBFR (80%POM) =GBFR (40%POM) = GC às 6 e 12 semanas (p>0.05) FJ: GBFR (80%POM) = GBFR (40%POM) = GC às 6 semanas (p= 0.917) e GBFR (80%POM) > GBFR (40%POM) e GC às 12 semanas (p=0.033). O exercício de baixa intensidade com BFR a 80% POM é eficaz para prevenir a atrofia do músculo da coxa, aumentar a força muscular e melhorar a função. É recomendado a aplicação de BFR a 80% de POM durante a reabilitação de pacientes submetidos a osteotomia tibial alta.</p>
--	---------------------	---	---

Legenda: = sem alterações significativas; ↑- aumento, ↓- diminuição; **ADM** – amplitude de movimento; **BFR**-*Blood flow restriction*; **EENM**- estimulação elétrica neuromuscular; **FJ**- função do joelho **FM**- força muscular; **GBFR**- grupo que utilizou a técnica blood flow restriction; **GC**- grupo de controle; **H**- homens; **IMC**- índice de massa corporal **M**- mulheres; **MM**- massa muscular; **MPA** – meniscectomia parcial artroscópica; **OMNI**- escala de exercício de resistência; **POM**- pressão de oclusão do membro; **PRC**- protocolo de reabilitação convencional; **RCT** – estudo randomizado controlado; **RLCA**- reconstrução do ligamento cruzado anterior; **RM** – repetição máxima; **SLR**- *Straight Leg Raise*

IV. Discussão

Esta revisão bibliográfica teve como objetivo analisar as evidências disponíveis sobre os efeitos da técnica BFR no treino resistido de baixa intensidade no período pós-cirúrgico do joelho, em relação à recuperação funcional, dor, força, massa e volume muscular quando comparado com o treino resistido sem o uso de BFR.

I. Efeito do BFR na força muscular do quadríceps e isquiotibiais

Relativamente à força muscular do quadríceps, no estudo Ke et al. (2022) apenas o GBFR teve um aumento significativo, uma vez que o GC não apresentou melhorias significativas. No estudo Park et al. (2022), o GBFR (80% POM), o GBFR (40% POM) e o GC tiveram um aumento de força significativa. No estudo Melo et al. (2022) em ambos os grupos (GC e GBFR) houve um aumento de força. Os 3 estudos (Ke et al., 2022; Park et al., 2022 e Melo et al., 2022) mostraram que a implementação da técnica BFR (80% POM) ao programa de treino refletiu-se numa melhoria mais significativamente da força muscular do quadríceps em relação aos restantes grupos. A força muscular dos isquiotibiais também aumentou significativamente no GBFR de acordo com Melo et al. (2022), além disso a força muscular dos isquiotibiais aumentou significativamente num menor período (4 semanas) em comparação com o aumento significativo da força muscular do quadríceps (8 semanas). Estes resultados poderão estar relacionados com o facto de existir maior inibição artrogénica do quadríceps. Outro motivo pode ser pelo facto de os participantes poderem ter utilizado a musculatura posterior da coxa no exercício *leg press*, utilizando contrações em conjunto com o quadríceps, havendo assim uma compensação de movimento durante a execução. Do mesmo modo, o segundo exercício deste plano de treino é a cadeira flexora, conseguindo assim uma contração de isolamento muscular, o que aumenta ainda mais a força dos músculos isquiotibiais.

II. Efeito do BFR na dor

O estudo de Ke et al. (2022) verificou que houve diminuição significativa da dor em ambos os grupos (GC e GBFR), no entanto o grupo que usou o BFR apresentou valores significativamente menores de dor comparativamente ao GC. Este alívio da dor pós-cirúrgica apresenta várias vantagens, nomeadamente o facto do paciente estar mais confortável e mais importante que isso, permite que os exercícios funcionais precoces

sejam realizados sem problemas, encurtando assim o tempo de recuperação do paciente.

O estudo de Melo et al. (2022) observou que ambos os grupos diminuíram a dor de forma significativa, no entanto apenas no GBFR houve uma diminuição significativa precoce da dor (4 semanas). Este achado sugere que o exercício de baixa intensidade associado ao BFR numa fase precoce no período pós- cirúrgico pode não exacerbar a dor ou a inflamação na articulação do joelho nos dias seguintes após o treino, o que pode influenciar positivamente o volume de exercícios durante as sessões e a adesão do paciente a um programa de reabilitação. Assim, houve uma redução precoce da dor neste grupo e isto teve um papel fundamental na funcionalidade do paciente.

Em contrapartida, 2 estudos (Park et al., 2022 e Khalil et al., 2023) mostraram que ambos os grupos diminuíram significativamente o grau de dor de igual forma. O mesmo grau de dor entre os grupos pode dever-se ao facto de ambos terem a mesma intensidade de exercício.

III. Efeito do BFR no volume e massa muscular

Segundo Park et al. (2022), o volume muscular no GBFR (80% POM) manteve-se igual comparativamente ao volume pré-cirúrgico, todavia houve uma diminuição significativa do volume muscular no GC e no GBFR (40%POM). Estes achados mostram que a aplicação do BFR (80%POM) foi mais eficaz para alcançar a hipertrofia muscular e prevenir a atrofia muscular.

No estudo de Ke et al. (2022), o GBFR teve um aumento significativo do volume muscular, por outro lado o GC não apresentou alterações significativas. Portanto o GBFR teve valores significativamente melhores em comparação com o GC. Neste estudo o BFR foi introduzido para prevenir a atrofia muscular, através da potencialização da força muscular e da hipertrofia muscular com cargas de baixa intensidade, permitindo que os participantes regressassem aos níveis de pré-lesão o mais rapidamente possível.

Do mesmo modo, o estudo de Jack et al. (2023), verificou que a massa muscular no GBFR manteve-se igual comparativamente às medidas pré-cirúrgicas, por outro lado o GC reduziu significativamente os valores de massa muscular em comparação aos valores pré-cirúrgicos. Isto sugere a eficácia do uso do BFR para minimizar a atrofia nas fases iniciais após a cirurgia.

IV. Efeito do BFR na função do joelho

Relativamente à função do joelho, Park et al., (2022) verificou que no GBFR (80% POM), GBFR (40% POM) e o GC tiveram um aumento significativo da função. No entanto, o GBFR teve uma melhoria mais significativamente em comparação com os restantes grupos. Este estudo mostrou que a função do joelho melhorou à medida que o volume e força muscular aumentaram.

Dois estudos (Ke et al., 2022, e Melo et al., 2022) mostraram que a função do joelho aumentou significativamente em ambos os grupos, porém o grupo que utilizou o BFR teve pontuações maiores nas escalas utilizadas.

Por outro lado, o estudo de Jack et al. (2023) verificou que ambos os grupos apresentaram um aumento da função do joelho de igual forma ao longo do período de recuperação. Isto pode estar relacionado com a calendarização dos testes, dado que devido à natureza dos protocolos de reabilitação para a RLCA, os testes funcionais selecionados só podem ser realizados com segurança após 8 semanas de pós-cirúrgico. Dessa forma, os ganhos funcionais iniciais do treino com BFR podem ter estado “ocultos” devido à falta de avaliações durante os primeiros 2 meses, uma vez que apenas foi analisado um período de 4 semanas (8^a-12^a semana) e, como tal, o período utilizado pode não ter sido o ideal para identificar diferenças significativas entre os grupos.

V. POM da braçadeira pneumática

No estudo de Park et al. (2022), dividiram-se os participantes em 3 grupos, um grupo sem BFR, outro com BFR com 40% de POM e outro também com BFR com 80% de POM. Observaram que nos outcomes avaliados (volume muscular, força, dor e função), não houve diferença significativa entre o GBFR40% de POM e o GC, tendo assim o GBFR com 80% de POM os resultados mais significativos para os outcomes avaliados. De acordo com estes achados, o GBFR (80%POM) foi eficaz na prevenção da atrofia muscular da coxa, aumento da força e melhoria da função e dor, em comparação com as outras abordagens. Este facto pode ser apoiado pelos restantes artigos, uma vez que todos utilizam 80%POM no GBFR e tiveram também melhorias significativas nos outcomes mencionados.

Isso corrobora os achados de Lixandrão et al. (2015), no qual o BFR foi também aplicado em participantes com 40% e 80% de POM e relataram que o grupo que aplicou 80% de

POM com uma intensidade de exercício de 40% de 1 RM teve o maior aumento tanto na força muscular da coxa quanto no volume muscular.

O aumento da força que se verificou nos estudos incluídos nesta revisão, está de acordo com a literatura. Um estudo de Tennent et al. (2017) comparou o treino com e sem BFR após artroscopia do joelho durante 2 semanas. Ambos os grupos seguiram o mesmo protocolo pós-cirúrgico (30 % de 1RM) e o grupo de intervenção adicionou 3 exercícios com BFR (80% de POM). Neste estudo houve uma melhoria significativa da força de extensão e flexão do joelho em ambos os grupos. No entanto, o grupo que utilizou o BFR apresentou uma melhoria significativa de aproximadamente 2 vezes superior em comparação com o grupo de controle. Essas mudanças provavelmente ocorrem devido ao ambiente relativamente anaeróbio criado pela braçadeira pneumática durante a realização de exercícios. Esse ambiente, conseqüentemente, pode criar o estado anaeróbio necessário para permitir que a hipertrofia e os ganhos de força ocorram a 20% a 30% de 1RM quando utilizado a técnica BFR, em vez dos >60% de 1RM na ausência da técnica.

Um estudo de Hughes et al. (2019) verificou que em 8 semanas o grupo que realizou o treino resistido a 30% de 1RM com BFR (80% POM) teve um aumento semelhante da força muscular, em comparação ao grupo que realizou o treino resistido de alta intensidade (70% de 1RM). Estes resultados corroboram o conceito de que o exercício de resistência de alta intensidade (>70% de 1RM) pode melhorar eficazmente a força muscular. («Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults», 2009)

No entanto, o exercício de alta intensidade não é adequado para pacientes no pós-cirúrgico, assim, a aplicação de BFR com um treino de baixa intensidade (20-30% 1 RM) parece ser benéfica, pois pode diminuir o stress mecânico na articulação do joelho. Deste modo a aplicação do BFR no período pós-cirúrgico pode aumentar a força muscular e a hipertrofia de forma segura e eficaz. Assim, à luz dos resultados aqui apresentados, a utilização do BFR no treino de baixa intensidade tem demonstrado aumentos de força iguais ou superiores em comparação ao treino de alta intensidade e superiores comparativamente ao treino de baixa intensidade.

A diminuição da dor que se verificou nos estudos incluídos nesta revisão, está de acordo com a literatura. Um estudo de Hughes et al. (2018) e Hughes et al. (2019) verificou que a dor no joelho foi significativamente menor no grupo que realizou um treino de baixa

intensidade (30% de 1RM) com o BFR (80%POM) em relação ao grupo que realizou um treino de alta intensidade (70% 1 RM) sem BFR. Este facto pode ser devido à menor carga utilizada com o grupo que utilizou o BFR em comparação com o grupo que não usou a técnica (30% vs. 70% 1RM), resultando em forças articulares inferiores do joelho e menor tensão na articulação.

Os estudos abrangidos nesta revisão observaram o aumento do volume e massa muscular quando usada a técnica BFR, este facto é apoiado por Lambert et al. (2018) e pode ser explicado, uma vez que a combinação do BFR com um treino de baixa intensidade estimula um aumento do anabolismo agudo e crónico do músculo esquelético e fornece aos terapeutas uma ferramenta para combater a perda de músculo esquelético e acelerar a reabilitação após uma cirurgia.

VI. Limitações

Esta revisão teve algumas limitações, tais como: os estudos não referiram a condição física dos participantes; não apresentaram a mesma carga de treino para o mesmo grupo, ou seja, a carga de treino utilizada para o GC não foi a mesma em todos os estudos e o mesmo se verifica para o GBFR; o período pós-cirúrgico ser referente a diferentes tipo de cirurgias ao joelho; a falta de abordagem cega dos terapeutas e dos participantes e a escassez de artigos RTCs sobre o tema.

VII. Recomendações

Recomenda-se que futuros estudos randomizados controlados avaliem a função do joelho através de testes funcionais e não apenas com questionários, que estudem os efeitos da técnica BFR noutros tipos de cirurgia do joelho, que avaliem o 1RM várias vezes durante o período de reabilitação, para assim garantir uma progressão de carga e que evitem o viés de informação.

V. Conclusão

A utilização da técnica BFR juntamente com o treino resistido de baixa intensidade no período pós-cirúrgico do joelho parece aumentar a força, volume e massa muscular, diminuir a dor e melhorar a função do joelho.

VI. Bibliografia

Bobes Álvarez, C., Issa-Khozouz Santamaría, P., Fernández-Matías, R., Pecos-Martín, D., Achalandabaso-Ochoa, A., Fernández-Carnero, S., Martínez-Amat, A., & Gallego-Izquierdo, T. (2020). Comparison of Blood Flow Restriction Training versus Non-Occlusive Training in Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction or Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *Journal of clinical medicine*, *10*(1), 68. <https://doi.org/10.3390/jcm10010068>

Cognetti, D. J., Sheean, A. J., & Owens, J. G. (2022). Blood flow restriction therapy and its use for rehabilitation and return to sport: physiology, application, and guidelines for implementation. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, *4*(1), e71-e76. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.09.025>

Hsiao, S. F., Chou, P. H., Hsu, H. C., & Lue, Y. J. (2014). Changes of muscle mechanics associated with anterior cruciate ligament deficiency and reconstruction. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(2), 390–400. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182986cc>

Hughes, L., Patterson, S. D., Haddad, F., Rosenblatt, B., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., & Paton, B. (2019). 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 : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, *39*, 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.06.014>

Hughes, L., Paton, B., Haddad, F., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2018). Comparison of the acute perceptual and blood pressure response to heavy load and light load blood flow restriction resistance exercise in anterior cruciate ligament reconstruction patients and non-injured populations. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, *33*, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.07.002>

Hughes, L., Rosenblatt, B., Haddad, F., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., Paton, B., & Patterson, S. D. (2019). 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 (Auckland, N.Z.)*, 49(11), 1787–1805. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01137-2>

Hwang, P. S., & Willoughby, D. S. (2019). Mechanisms behind blood flow–restricted training and its effect toward muscle growth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33, S167-S179. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002384>

Jack, R. A., 2nd, Lambert, B. S., Hedt, C. A., Delgado, D., Goble, H., & McCulloch, P. C. (2023). Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL Reconstruction. *Sports health*, 15(3), 361–371. <https://doi.org/10.1177/19417381221101006>

Jessee, M. B., Mattocks, K. T., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Mouser, J. G., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2018). Mechanisms of blood flow restriction: the new testament. *Techniques in Orthopaedics*, 33(2), 72-79. <https://doi.org/10.1097/BTO.0000000000000252>

Ke, J., Zhou, X., Yang, Y., Shen, H., Luo, X., Liu, H., Gao, L., He, X., & Zhang, X. (2022). Blood flow restriction training promotes functional recovery of knee joint in patients after arthroscopic partial meniscectomy: A randomized clinical trial. *Frontiers in physiology*, 13, 1015853. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1015853>

Khalil, A. A., Fayaz, N. A., Fawzy, E., Mohamed, N. A., Waly, A. H., & Mohammed, M. M. (2023). 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*, 30(7), 30-38. Khalil, A. A., Fayaz, N. A., Fawzy, E., Mohamed, N. A., Waly, A. H., & Mohammed, M. M. (2023). 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*, 30(7), 30-38. <https://doi.org/10.47750/jptcp.2023.30.07.005>

Koc, B. B., Truyens, A., Heymans, M. J. L. F., Jansen, E. J. P., & Schotanus, M. G. M. (2022). Effect of Low-Load Blood Flow Restriction Training After Anterior Cruciate

Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *International journal of sports physical therapy*, 17(3), 334–346. <https://doi.org/10.26603/001c.33151>

Lambert, B. S., Hedt, C., Moreno, M., Harris, J. D., & McCulloch, P. (2018). Blood flow restriction therapy for stimulating skeletal muscle growth: practical considerations for maximizing recovery in clinical rehabilitation settings. *Techniques in Orthopaedics*, 33(2), 89-97. <https://doi.org/10.1097/BTO.0000000000000275>

Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C. A., Aihara, A. Y., Cardoso, F. N., Tricoli, V., & Roschel, H. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European journal of applied physiology*, 115(12), 2471–2480. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3253-2>

Moon, Y. W., Kim, H. J., Ahn, H. S., & Lee, D. H. (2016). Serial Changes of Quadriceps and Hamstring Muscle Strength Following Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis. *PLoS one*, 11(2), e0148193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148193>

Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., & Sipes, L. (2021). Blood Flow Restriction Training Can Improve Peak Torque Strength in Chronic Atrophic Postoperative Quadriceps and Hamstrings Muscles. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 37(9), 2860–2869. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2021.03.040>

Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>

Park, H. S., Song, J. S., & Kim, E. K. (2022). Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction after high tibial osteotomy in middle-aged women. *Medicine*, 101(51), e32294. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000032294>

American College of Sports Medicine (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687–708.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>

Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 19(8), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005>

Tennent, D. J., Hylden, C. M., Johnson, A. E., Burns, T. C., Wilken, J. M., & Owens, J. G. (2017). Blood Flow Restriction Training After Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Pilot Study. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 27(3), 245–252.

<https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000377>

Vieira de Melo, R. F., Komatsu, W. R., Freitas, M. S., Vieira de Melo, M. E., & Cohen, M. (2022). Comparison of Quadriceps and Hamstring Muscle Strength after Exercises with and without Blood Flow Restriction following Anterior Cruciate Ligament Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Journal of rehabilitation medicine*, 54, jrm00337.

<https://doi.org/10.2340/jrm.v54.2550>

Wernbom, M., Apro, W., Paulsen, G., Nilsen, T. S., Blomstrand, E., & Raastad, T. (2013). Acute low-load resistance exercise with and without blood flow restriction increased protein signalling and number of satellite cells in human skeletal muscle. *European journal of applied physiology*, 113(12), 2953–2965.

<https://doi.org/10.1007/s00421-013-2733-5>