

**TREINAMENTO DE RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO NA REABILITAÇÃO EM
LESÕES JOELHO – UMA REVISÃO INTEGRATIVA
BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING IN KNEE INJURY REHABILITATION – AN
INTEGRATIVE REVIEW**

Beatriz Rocha Raposo e Yuri Pinheiro Capella

Graduando (a) do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário São José.

Leonardo Chrysostomo Dos Santos

Prof. Dr. em Ciências do Desporto

RESUMO

Este estudo investiga os efeitos da combinação do treinamento com a restrição de fluxo sanguíneo (RFS), com foco na reabilitação muscular, especialmente em casos de lesões no joelho. A relevância dessa abordagem reside na sua importância para a manutenção da capacidade funcional em pacientes em processo de reabilitação. Trata-se de uma revisão integrativa de literatura, cujo objetivo foi sintetizar de maneira sistemática, ordenada e abrangente os resultados de pesquisas relacionadas ao uso do método da RFS no ganho de força em lesões de joelho. A busca por artigos foi conduzida nas bases de dados Pubmed, SciELO e LILACS, abrangendo descritores em português, como "restrição de fluxo sanguíneo", "oclusão para ganho de força", "ganho de força em lesões de joelho", "lesões de joelho", "treinamento de força" e "hipertrofia", além dos descritores em inglês, tais como "blood flow restriction", "knee injuries", "resistance training" e "muscle hypertrophy". Como resultado foram encontrados cinquenta e nove artigos após os critérios de inclusão e exclusão, utilizados por uma revisão integrativa ao final da revisão pode-se identificar que o método é importante e interessante no tratamento. As conclusões preliminares destacam resultados promissores. A combinação de treinamento com RFS demonstra eficácia na promoção da força muscular e na reabilitação bem-sucedida de lesões no joelho. Essas descobertas têm potencial para impactar positivamente os protocolos de reabilitação, oferecendo benefícios significativos a indivíduos que buscam recuperar e melhorar a funcionalidade após lesões no joelho. Este estudo não apenas avança no entendimento científico dessas práticas, mas também fornece diretrizes práticas valiosas para fisioterapeutas e pacientes envolvidos no processo de reabilitação musculoesquelética.

Palavras-chave: Lesão de joelho, ganho de força, oclusão vascular parcial.

ABSTRACT

This study investigates the effects of combining training with blood flow restriction (BFR), focusing on muscle rehabilitation, especially in cases of knee injuries. The relevance of this approach lies in its importance for maintaining functional capacity in patients undergoing rehabilitation. It is an integrative literature review, aiming to systematically, orderly, and comprehensively synthesize the results of research related to the use of BFR in strength gain in knee injuries. Article searches were conducted in the Pubmed, SciELO, and LILACS databases, encompassing Portuguese descriptors such as "restrição de fluxo sanguíneo" (blood flow restriction), "oclusão para ganho de força" (occlusion for strength gain), "ganho de força em lesões de joelho" (strength gain in knee injuries), "lesões de joelho" (knee injuries), "treinamento de força" (strength training), and "hipertrofia" (hypertrophy), as well as English descriptors such as "blood flow restriction," "knee injuries," "resistance training," and "muscle hypertrophy." As a result, fifty-nine articles were found after applying inclusion and exclusion criteria. An integrative review identified that the method is important and interesting in treatment. Preliminary conclusions highlight promising results. The combination of training with BFR demonstrates efficacy in promoting muscle strength and successful rehabilitation of knee injuries. These findings have the potential to positively impact rehabilitation protocols, offering significant benefits to individuals seeking to recover and improve functionality after knee injuries. This study not only advances scientific understanding of these practices but also provides valuable practical guidelines for physiotherapists and patients involved in musculoskeletal rehabilitation processes.

Keywords: Knee injury, strength gain, partial vascular occlusion.

INTRODUÇÃO:

A articulação do joelho é considerada a mais complexa e com grande importância na locomoção e sustentação do peso corporal. Por ser bastante vulnerável aos traumas diretos e indiretos, e com o alto uso desta articulação de maneira inadequada, a consequência é o aumento da suscetibilidade de lesões, fazendo com que o joelho seja uma das áreas que mais sofrem acometimentos no corpo humano (OLIVEIRA E CHIAPETTA, 2019).

Essa articulação é gradualmente afetada em grande parte da população devido a inúmeras lesões traumáticas, ortopédicas e reumatológicas. O sistema osteoligamentar representa 80% das patologias no joelho, pois é pouco elástico e frequentemente submetido a situações de estresse articular, caracterizadas por esforço excessivo ou movimentos repetitivos (CAMANHO E HERNANDEZ, 2016). Pessoas com essa região afetada podem desenvolver problemas estruturais que dificultam a prática de atividades laborais, resultando em incapacidades funcionais, como comprometimento da marcha, equilíbrio e, principalmente, da força muscular nesses indivíduos, gerando um quadro de dependência e vulnerabilidade, o que influencia diretamente na qualidade de vida (GADELHA *et al.*, 2017).

Por estar ligada aos componentes motores da aptidão física relacionada à saúde, a força representa a quantidade máxima de tensão que um músculo ou grupo muscular pode produzir em um padrão específico de movimento realizado em determinada velocidade (KNUTTGEN, 1987; KRAEMER, 2009). Sendo um ponto-chave no processo de reabilitação, a força muscular passa a ser essencial nas propostas de recuperação e tratamento de indivíduos lesionados ou com alterações no joelho. É comum em treinamentos de potência, envolvendo trabalhos de média a alta intensidade. Entretanto, indivíduos numa fase inicial da lesão podem realizar esses trabalhos de maneira desconfortável devido à dor gerada durante o processo de reabilitação.

É de extrema relevância, neste processo, a tentativa de manter a capacidade de desenvolver ações ou métodos que busquem permitir ganhos por meio de contrações isométricas, resistências elásticas e treinamento contra resistência (FLECK E KRAEMER, 2006).

Nesta temática, apresenta-se na literatura o método de treinamento de restrição parcial do fluxo sanguíneo, que consiste em utilizar estímulos resistidos de baixa intensidade combinados com a restrição do fluxo sanguíneo. Isso faz com que os resultados hipertróficos sejam induzidos pela diminuição da oxigenação, gerando uma cascata neuro-hormonal e desencadeando adaptações fisiológicas a partir da grande quantidade de sangue venoso. Isso pode auxiliar uma possível melhora no ganho de massa muscular, induzindo a hipertrofia (WOLINSKI; NEVES e PIETROVSKI, 2013).

Muito tem sido discutido sobre esse método para ganho de massa muscular, existindo uma carência de intervenções com a utilização da obstrução parcial do fluxo sanguíneo na fisioterapia (REYES, 2023). Portanto, é importante apresentar um instrumento no quadro de progressão das propostas fisioterapêuticas, como um recurso eficiente na manutenção ou ganho de força muscular durante uma fase inicial de recuperação, na evolução ou funcionalidade desses indivíduos.

O objetivo deste trabalho centra-se em identificar as vantagens da utilização da obstrução parcial do fluxo sanguíneo em sujeitos no tratamento de lesões no joelho por meio de uma revisão integrativa.

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Joelho e suas estruturas

O complexo da articulação do joelho é formado por duas articulações condilares entre o fêmur e a tíbia, e por uma articulação em sela entre a patela e o fêmur (DE CASTRO, 2009). Estas são divididas pelos meniscos entre as faces articulares correspondentes, sendo, portanto, considerada uma articulação sinovial em dobradiça. Dependendo da relação entre sua anatomia óssea, atividade muscular e ligamentar, a articulação do joelho garante sua segurança, mas pode ser lesionada de várias formas, sendo muito vulnerável a traumas diretos (pancadas) ou indiretos (entorses). Além disso, é comumente afetada pelo excesso de uso ou uso inadequado, resultando em acometimentos nas regiões condrais, tendíneas e ligamentares (PINHEIRO, 2015).

Segundo Palastanga (2002), o joelho é uma articulação de sustentação e apresenta um considerável grau de estabilidade, principalmente na extensão. Essa estabilidade é fundamental no papel da locomoção, permitindo um toque suave dos pés ao solo durante a flexão e extensão. A harmonia entre os elementos citados favorece a participação em esportes de grande movimentação e paradas bruscas, nos quais o joelho recebe impactos significativos. Uma estrutura vital nesse contexto é o menisco, que desempenha um papel fundamental na articulação do joelho. Servindo como amortecedor de choques, ele auxilia na distribuição do peso exercido sobre a articulação. Os meniscos, classificados basicamente em medial e lateral, são tecidos fibrocartilagosos com formato circunferencial, ideal para a absorção de cargas compressivas (KAEMPF, 2008).

Além disso, os meniscos desempenham um papel crucial na transmissão de forças na articulação do joelho. Segundo Rocha (2007), o menisco medial transmite 50% da carga no lado medial, enquanto o lateral suporta uma porcentagem ainda maior. Juntos, têm a função de contribuir para a estabilidade do joelho. Outra função crucial,

relacionada ao impacto, é a correção de incongruências nos ossos do joelho, preservando-os por consequência.

Tratando-se da estabilização e correção dessas incongruências na movimentação do joelho, é importante destacar os músculos associados a essa articulação, como o quadríceps, que absorve grande parte da carga provocada por cada movimento ou atividade física (DE NOVAES, 2015). O desequilíbrio muscular no joelho, especialmente nos quadríceps, pode contribuir para uma maior ocorrência de lesões. Uma musculatura em harmonia não apenas minimiza as lesões no joelho, mas também em todas as articulações e músculos do corpo humano, atuando como um amortecedor na articulação do joelho. A fraqueza muscular reduz a capacidade funcional, predispondo o joelho a danos estruturais. Por esses motivos, as atividades impostas à articulação do joelho podem resultar em lesões em suas estruturas inertes, como rompimento dos ligamentos, lesões meniscais e cartilaginosas (DE MORAIS & FARIA, 2017).

Por receber, absorver e dissipar carga relevante das forças provenientes das atividades cotidianas, como andar, subir e descer escadas, saltar, agachar, entre outras tarefas, essas estruturas permitem o funcionamento do joelho, mantendo a articulação o mais estável possível e possibilitando a flexão, extensão e translação da perna em relação à coxa. Isso, de fato, permite a locomoção e a sustentação em ortostase, desempenhando um papel fundamental na marcha e em atividades que exigem mais desempenho. Lesões adquiridas interferem diretamente na funcionalidade, tornando essencial a investigação e prevenção para minimizar as implicações (CARVALHO, 2015).

Quando ocorre algum tipo de lesão na estrutura do joelho, a intervenção fisioterapêutica mostra-se crucial tanto no modo conservador quanto nas intervenções cirúrgicas. Diversos estudos apontam déficits de força no músculo quadríceps femoral após meses de recuperação (CARNEIRO *et al.*, 2013). Assim, quanto mais precoce for a avaliação das respostas motoras dos membros inferiores (MMII) em relação à simetria na reabilitação, mais cedo procedimentos de ajuste podem ser propostos, visando auxiliar na correta prescrição que ocorre sequencialmente ou até mesmo no retorno às atividades após meses de cirurgia (HARTIGAN *et al.*, 2012).

2.2 Reabilitação

Alguns passos da reabilitação visam a proteção das estruturas lesionadas, a manutenção do condicionamento cardiorrespiratório, o ganho completo da amplitude de movimentos, a prevenção da perda de massa muscular, a manutenção da função proprioceptiva, a melhora da hipertrofia e do *endurance*, para retorno ágil em diferentes atividades e, finalmente, o retorno às atividades laborais e esportivas (MONTEIRO, 2008). É incontestável que alterações nos déficits de força, decorrentes de desequilíbrios musculares, geram um alto percentual de lesões. Portanto, a proteção das estruturas na manutenção do condicionamento durante a fase de recuperação mostra-se crucial para evitar recidivas ou lesões associadas ao processo de recuperação (FERREIRA, 2022).

Indivíduos que apresentam lesões no joelho frequentemente evitam aplicar carga e realizar exercícios devido à limitação imposta pela dor. Isso, por sua vez, resulta na subutilização da estrutura afetada, levando ao enfraquecimento dos músculos e ao desenvolvimento de aderências articulares, intensificando o desconforto. Quando consideramos essa população que experimenta desconforto com cargas, muitas vezes devido à incapacidade funcional ou a outras condições diversas, o fortalecimento surge como uma solução viável para estabilizar essas estruturas (DA SILVA SANTOS, 2020).

O fortalecimento da musculatura envolvida na região do joelho proporciona ao indivíduo uma maior estabilidade na articulação, uma das mais relevantes e responsáveis pela dissipação de cargas nos membros inferiores. Sem esse sistema, a movimentação e a locomoção das pernas ficariam significativamente debilitadas. Diante disso, torna-se essencial a realização do treinamento de força com o objetivo de permitir que o sujeito melhore suas funções, mantenha seus níveis de mobilidade e possa recuperar-se e prevenir lesões (SANTOS, 2021).

Em razão disso, tem sido comum prescrever exercícios de fortalecimento na tentativa de acelerar a recuperação de lesões musculoesqueléticas. Essa conduta é positiva no tratamento desses indivíduos, porém, em casos de exposições a cargas elevadas, a região pode ser acometida por lesões ainda mais graves (MOURA, 2003).

Por isso, tem-se apresentado na literatura uma técnica de restrição de fluxo sanguíneo (RFS) que visa trabalhar com efeitos fisiológicos e endócrinos, com potencial de gerar ganho de massa, melhora da estabilidade e desenvolvimento dos pacientes nos processos de reabilitação. O método tornou-se uma alternativa de treinamento tanto para a reabilitação musculoesquelética quanto para o desempenho. Além disso, embora haja muita especulação sobre possíveis riscos associados à RFS, vários estudos mostram que, se observadas as recomendações específicas para sua aplicação, os riscos são baixos (DALL'AGNOL, 2018).

2.3 Restrição de fluxo sanguíneo (RFS)

A oclusão vascular periférica, também conhecida como Blood Flow Restriction (BFR), tem a finalidade de gerar a restrição parcial do fluxo sanguíneo (RFS) (RODRIGUES, 2018). De acordo com JUNIOR, SILVA E LEAL (2021), o manguito é inflado, proporcionando uma compressão mecânica gradual da musculatura sobre o manguito, resultando em uma restrição parcial do fluxo sanguíneo arterial para estruturas distais, afetando mais severamente o fluxo venoso, impedindo o seu retorno.

Esse método foi originalmente conhecido e desenvolvido no Japão no final dos anos 1960 por Yoshiaki Sato e denominado treinamento oclusão parcial vascular. Visando a oclusão como método de reabilitação, Sato é responsável pelo aperfeiçoamento da técnica. Ele relatou que a ideia de restringir o fluxo sanguíneo do músculo em exercício surgiu em 1966, durante um memorial budista. Sato percebeu que o desconforto e o edema experimentados na panturrilha, após permanecer por um longo período ajoelhado durante a meditação, eram semelhantes às sensações após realizar exercícios com intensidade. O edema em ambas as condições foi relacionado a uma redução do fluxo sanguíneo para o membro, e desde então, tem sido utilizado como estratégia para estímulos nos ganhos de força mais rápidos (BRUNO, 2016).

Sato passou a se exercitar com os membros em restrição, no entanto, a falta de conhecimento sobre o nível de pressão e a duração mais adequada levaram o japonês a

desenvolver uma embolia pulmonar. Ao entender que o método trabalha com a restrição do retorno venoso e diminuição do fluxo arterial (YASUDA *et al.*, 2010), ele foi obrigado a recorrer a um hospital. Após receber informações sobre a rotina de treinamento de Sato, o médico responsável pelo atendimento do japonês solicitou que ele interrompesse a utilização da técnica de restrição.

Ainda insatisfeito, Sato continuou a estudar uma forma de utilizar o treinamento com RFS sem o risco de efeitos colaterais. Em 1973, após sofrer um acidente enquanto esquiava, fraturou os tornozelos e rompeu a cartilagem e o ligamento colateral medial do joelho direito. Em vez de optar pela cirurgia, conforme recomendado, Sato solicitou que seus membros fossem engessados, visando atenuar a hipotrofia por desuso, e voltou a utilizar a terapia de restrição (SATO, 2005).

Curiosamente, verificou-se que a restrição não apenas evitou a perda de trofismo por desuso, mas também promoveu a hipertrofia do membro. Baseando-se em sua experiência pessoal, Yoshiaki começou a instruir pessoas sobre a prescrição da técnica. Após dez anos de aplicação, em 1983, o treinamento com RFS foi disponibilizado para uso público. A partir desse momento, a técnica passou a ser popularizada mundialmente, com objetivos de ganhos de força muscular, assim como possíveis tratamentos de lesões musculares (WOLINSKI, 2013).

2.4 Efeitos fisiológicos da RFS

As explicações para o ganho de força através da restrição do fluxo sanguíneo local se dão fisiologicamente por uma hipóxia e um aumento de metabólitos, consequentemente gerando uma acidose local que estimula uma série de mecanismos importantes para o aumento da hipertrofia muscular. Estes incluem uma maior ativação das fibras musculares do tipo II, sinalização às células satélites, aumento dos níveis séricos de GH, IGF-1 e óxido nítrico, diminuição da expressão gênica da miostatina, uma proteína responsável por retardar o desenvolvimento muscular, e aumento da expressão

gênica da proteína mTORC1, altamente associada ao desenvolvimento das células musculares (BRANDT, 2015).

Outra alteração em resposta ao treinamento de força com RFS é o aumento das concentrações locais de metabólitos, resultando em maior sinalização hormonal (TAKARADA & TAKAZAWA, 2000) e alterações intracelulares, podendo operar de forma isolada ou associada, resultando em adaptações positivas na força e massa muscular em um período inicial do treinamento.

Assim, é importante ressaltar diferentes abordagens metodológicas na prescrição do treinamento de força combinado com a RFS, conforme discutido por LOENNEKE *et al.* em 2012. Os estudos realizados destacam os inúmeros benefícios dessa modalidade de treinamento, que visa a hipertrofia muscular. De acordo com HARPER *et al.* (2019), essa abordagem tem demonstrado resultados excepcionais na redução da dor articular e muscular.

No estudo de Gundermann *et al.* (2014), verificou-se que o método provocou um aumento de proteína muscular de sinalização anabólica, concluindo que a hiperemia reativa não é o mecanismo primário que induziu esses efeitos metabólicos. Além disso, desencadeou um grande aumento na produção de lactato, conduzindo a uma fadiga muscular precoce que potencializa o recrutamento de fibras ligadas ao crescimento muscular. A concentração de lactato é uma das respostas metabólicas que influenciam a hipertrofia muscular. Com a RFS, há uma menor remoção dos subprodutos metabólicos, que ficam acumulados nos tecidos adjacentes ao músculo, levando à ativação adicional de fibras musculares necessárias para manter o mesmo nível de geração de força.

O lactato foi encontrado aumentado em exercícios com restrição por Kumagai *et al.* (2012), que indicou que a percepção de esforço aumentou após 10 minutos da sessão de treinamento, onde o lactato apresentou maior concentração gradualmente. Isso leva a crer que o desconforto percebido possa ser a resposta do músculo às alterações da fadiga. A acumulação de metabólitos no músculo em funcionamento pode induzir o recrutamento de fibras musculares de ambos os tipos, tipo I e tipo II, para manter um determinado nível de força. Portanto, os resultados sugerem que os metabólitos intramusculares podem acumular-se gradualmente durante a baixa intensidade de exercício com restrição (40% VO₂ max).

O estresse metabólico semelhante ao exercício de resistência de alta intensidade leva ao aumento da ativação e síntese de proteínas musculares. O acúmulo de metabólitos devido à redução da oxigenação eleva a concentração de lactato após o exercício e pode aumentar o recrutamento de fibras de limiar (tipo II) através da estimulação do grupo de fibras aferentes III e IV. O acúmulo dos metabólitos também pode facilitar o aumento do GH observado após exercício de resistência com a restrição (TEIXEIRA *et al.*, 2012).

Diante do exposto, a RFS busca facilitar e potencializar o treinamento de força, diversas adaptações ocorrem na musculatura como resposta à hipóxia gerada pela pressão externa do manguito. Os resultados têm se mostrado favoráveis à utilização da restrição sanguínea no processo de reabilitação de patologias neurológicas, musculoesqueléticas, para indivíduos de diversas populações, promovendo melhora na qualidade de vida e funcionalidade (SANTOS *et al.*, 2019).

2.5 Aplicabilidade da RFS

O método vem sendo considerado seguro, desde que seja realizada uma rigorosa anamnese e a restrição seja feita de forma individualizada, não permitindo a oclusão arterial total. Antes de iniciar qualquer protocolo de RFS, é essencial realizar uma avaliação completa do paciente com lesão no joelho. Isso inclui o diagnóstico preciso da lesão e a avaliação da aptidão física geral do indivíduo (NASCIMENTO, 2018).

Além disso, a aplicabilidade do método envolve muitos cuidados por restringir o retorno venoso. A prática é contraindicada para portadores de doença vascular periférica e para qualquer pessoa que tenha uma condição não controlada, como diabetes, hipertensão, ou ainda pacientes com histórico de AVC (acidente vascular cerebral) ou alguma doença cardíaca (PINTO, 2018). A determinação da pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) é fundamental para prescrever a intensidade adequada da RFS.

A RFS consiste na realização de exercícios físicos de baixa intensidade, gerada por meio de manguito pneumático na região proximal do membro exercitado (QUEIROS, 2021). Um manguito é utilizado para que a restrição do fluxo sanguíneo seja alcançada, levando a uma restrição parcial ou total do retorno venoso de acordo com o protocolo a ser utilizado. Este manguito precisa ser capaz de medir a pressão utilizada, para que não seja aplicada uma pressão menor ou maior no local, comprometendo a eficiência da técnica e, conseqüentemente, trazendo diversos efeitos negativos ao paciente (MAIOR, 2013; TAKARADA; TAKAZAWA e ISHII, 2000).

O tamanho do manguito deve ser levado em consideração, pois existem variações fisiológicas de cada paciente, existindo diferentes tipos de manguitos (LOENNEKE *et al.*, 2010). Para a aplicação do método, a utilização de um manguito flexível de 11cm de largura torna-se necessária para que o sangue seja acumulado nesse local, sendo utilizada uma pressão entre 40-80% da pressão arterial sistólica. Isso é feito para restringir o fluxo de saída de sangue, mas permite que uma quantidade controlada entre nos músculos, aumentando a concentração de substâncias nos vasos, o que ocasiona um grande estresse metabólico (WERNBOM; AUGUSTSSON e RAASTAD, 2008).

Pensando numa intervenção cirúrgica, na fase inicial de tratamento, pode ser recomendado um período de repouso ou imobilização do joelho, dependendo da gravidade da lesão. O objetivo é reduzir o edema, minimizar a dor e proporcionar condições adequadas para a cicatrização inicial dos tecidos danificados. Entretanto, nessa fase inicial, devido à imobilização e repouso, ocorre uma perda progressiva de massa muscular e força, prejudicando o processo de reabilitação do paciente (DE SOUSA, 2014).

Visto isso, foi observado um método da RFS na literatura para atenuar a atrofia muscular por desuso sem nenhum exercício combinado visando os grupos da fase inicial de tratamento. Duas sessões de estímulos oclusivos por dia durante oito semanas, cada uma composta por 5 minutos de restrição seguidos de 3 minutos de reperusão aplicados em 3 a 4 séries de oclusão vascular com pressão média máxima de 238 mmHg (milímetros de mercúrio). Foi observada uma diminuição da perda muscular por desuso neste grupo (SOARES, 2020).

Desejando o ganho de força muscular, é recomendado exercícios de alta intensidade entre 60% a 80% de 1 repetição máxima (1RM) (PRESTES, 2016). É válido pontuar também que existem outras formas de tratamento com o treinamento de baixa intensidade realizado até a falha muscular, que também pode induzir hipertrofia muscular em proporções similares ao treinamento de alta intensidade (SCHOENFELD *et al.*, 2016). Sabendo da importância do exercício na recuperação, foi observado que o treinamento de força com RFS emprega intensidades mais baixas (20-40% de 1RM), que podem promover hipertrofia e ganho de força muscular em proporções similares ao treinamento de alta carga e que respeitam o limiar de dor do paciente (LAURENTINO *et al.*, 2012).

Em termos de pressão de oclusão empregada para exercícios resistidos de baixa intensidade, mostra-se uma variação de 95 a 270 mmHg, sendo os valores de 110 até 160 mmHg os mais utilizados nos estudos. Quanto ao volume de treinamento, os protocolos majoritariamente utilizaram de três a quatro séries, com o número de repetições sendo realizados através de 15 a 30 repetições, ou até a instalação da fadiga muscular local. Quanto à duração da pausa entre as séries, os valores empregados foram de 30 ou 60 segundos (CORRÊA *et al.*, 2016).

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo, exploratório, sem meta-análise, que buscou identificar as vantagens da utilização da obstrução parcial do fluxo sanguíneo em sujeitos no tratamento de lesões no joelho. Este tipo de pesquisa tem a proposta de reunir e fornecer conhecimento sobre um tema definido, facilitando assim a compreensão profunda do assunto (SOUZA, 2010).

A busca foi realizada através das bases de dados Pubmed (*National Library of Medicine*), SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e LILACS (*Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde*). Nos sites de pesquisas mencionados, as palavras-chave utilizadas em português foram, “restrição de fluxo sanguíneo”, “oclusão para ganho de força”, “ganho de força em lesões de joelho”, “lesões de joelho”,

“treinamento de força” e “hipertrofia” e seus respectivos em inglês foram “*blood flow restriction*”, “*knee injuries*”, “*resistance training*”, e “*muscle hypertrophy*”.

Seguindo os critérios de inclusão, os estudos de ensaios clínicos randomizados que apresentassem resultados do método de restrição de fluxo sanguíneo no ganho de força, artigos que falavam sobre as variáveis do estudo; revisões de literaturas; estudos que utilizaram a RFS durante o exercício resistido como forma de obtenção de força e/ou hipertrofia muscular; população analisada com patologia na articulação do joelho, no idioma inglês e português, publicados nos últimos dez anos, consultados no período de fevereiro de 2023 a agosto de 2023.

Foram excluídos artigos que não estavam disponíveis em sua forma gratuita, e que não se apresentavam em sua forma completa, artigos não publicados ou duplicados, e também artigos científicos que não abordassem uma temática específica da utilização de um método de restrição do fluxo sanguíneo no tratamento de ganho de força do joelho.

4. RESULTADOS

De acordo com os critérios de inclusão, a primeira busca resultou em cinquenta e nove artigos. Posto isso, no site LILACS, alcançaram-se doze artigos, e no site PubMed foram selecionados trinta e três artigos, e no site Scielo foram encontrados quatorze artigos. Em seguida, pelos critérios de exclusão, foram excluídos oito por terem mais de 10 anos de publicação, nove por não apresentarem sua forma gratuita, nove por não serem publicados e duplicados, quatro por não estarem em sua forma completa, quinze por fugirem da temática específica e seis por não terem as duas variáveis do tema. Desta forma, foram selecionados oito artigos para a revisão final, obedecendo aos critérios estabelecidos para a elaboração da revisão.

A associação das palavras-chave aplicadas resultou em um número de artigos que foram selecionados ou excluídos de acordo com o fluxograma (Figura 1).

Estes podem ser vistos no fluxograma abaixo:

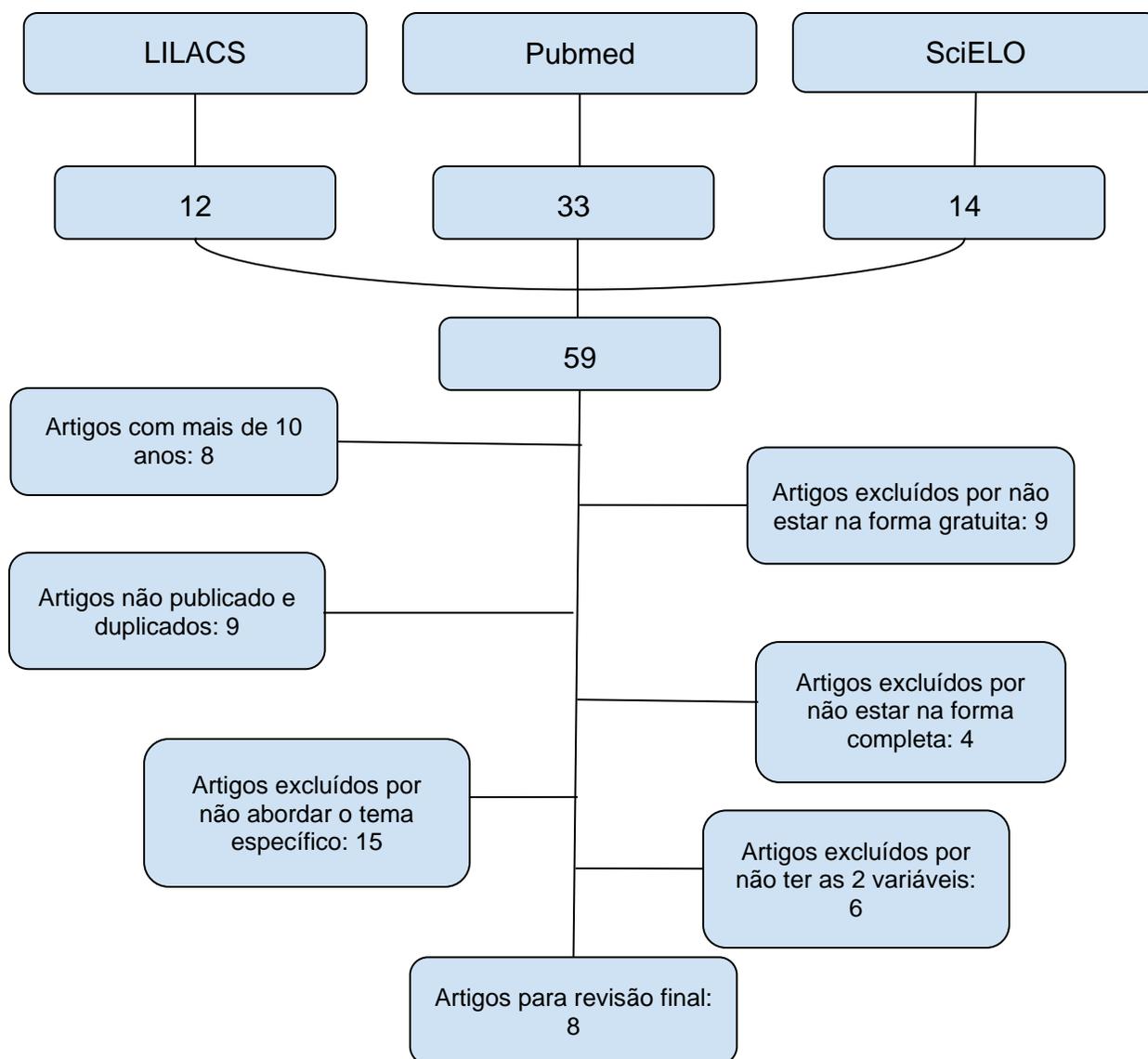


Figura 1- Fluxograma referente a seleção dos artigos escolhidos.

Os estudos selecionados para a presente pesquisa foram apresentados de forma descrita e listados em forma de quadros, apresentando autor/ano, título, objetivo, desenho, intervenção e conclusão.

Tabela 1: Descrição dos Artigos Científicos Selecionados.

AUTOR/ ANO	TÍTULO/TEMA	OBJETIVO	DESENHO METODOLÓGICO	CONCLUSÃO
BRYK FF <i>et al.</i> , (2016)	Exercícios com oclusão vascular parcial em pacientes com osteoartrite de joelho: ensaio clínico randomizado.	Avaliar 2 grupos na reabilitação com exercícios de baixa carga combinados a RFS e exercícios de alta carga sem RFS.	O estudo incluiu 34 mulheres divididas em 2 grupos de treinamento, convencional com 70% de 1RM e de oclusão com 30% de 1RM durante 6 semanas de treinamento.	Os resultados hipertróficos e funcionais foram os mesmos, porém o grupo da RFS apresentou menos dor comparado ao grupo que realizou exercícios com alta carga.
HUGHES L <i>et al.</i> , (2017)	Treinamento em restrição de fluxo sanguíneo na reabilitação musculoesquelética clínica: revisão sistemática e metanálise.	Analisar as evidências sobre a atividade da RFS como um treinamento na reabilitação músculo esquelética.	Vinte estudos foram analisados, sendo três de osteoartrite no joelho, três de reconstrução de LCA e treze idosos com sarcopenia e um com miosite. Comparando tratamentos de baixa carga com e sem RFS.	Foi observado que o treinamento de baixa carga com RFS é mais eficaz e tolerável à dor. Tornando assim uma possível ferramenta de reabilitação clínica.
DOS SANTOS L.P <i>et al.</i> , (2021)	Os efeitos do treinamento resistido com restrição do fluxo sanguíneo na força muscular, hipertrofia muscular e funcionalidade em pacientes com osteoartrite e artrite reumatoide: uma revisão sistemática com meta-análise.	Verificar os efeitos da RFS de baixa intensidade na força em pacientes com Osteoartrite (OA) e Artrite Reumatoide (AR).	Cinco estudos, três OA e dois AR. Sendo quatro desses estudos voltado ao gênero feminino e um a ambos os sexos. Foram realizados treinamentos de baixa intensidade com RFS usando 20-30% de 1RM e treinamentos de média a alta intensidade 60-80% de 1RM com frequência de 3x por semana durante 12 semanas.	A RFS parece ser uma estratégia promissora para ganhos de força muscular, massa muscular e funcionalidade numa amostra predominante de mulheres com AR e OA.
DEPHILLIPO <i>et al.</i> , (2018)	Terapia de restrição de fluxo sanguíneo após cirurgia de joelho: indicações, considerações de segurança e protocolo pós-operatório.	Descrever uma técnica de aplicação clínica de RFS e relatar as indicações, considerações de segurança e protocolos de reabilitação pós-operatória de cirurgia do joelho com RFS.	RFS como complemento à reabilitação pós-operatória, tendo sido realizados exercícios com cargas mais baixas (20%-50% de 1RM).	A RFS reduz o fornecimento de oxigênio às células musculares, semelhante a um ambiente anaeróbico, e permite que os pacientes se exercitem com baixa resistência e estimulam a hipertrofia e a força muscular usando resistência.

Tabela 1: Descrição dos Artigos Científicos Seleccionados (Continuação)

AUTOR/ ANO	TÍTULO/TEMA	OBJETIVO	DESENHO METODOLÓGICO	CONCLUSÃO
FERRAZ RB <i>et al.</i> , (2018)	Benefícios do treinamento resistido com restrição de fluxo sanguíneo na osteoartrite do joelho	Avaliar os efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade associado à RFS em casos clínicos de pacientes com osteoartrite (OA) de joelho.	Este estudo foi um ensaio clínico randomizado cego. Incluídos todos os adultos do sexo masculino e feminino na faixa etária de 20 a 60 anos, indivíduos com dor lombar inespecífica >3 meses e indivíduos dispostos a participar do estudo.	O RFS e o treinamento de alta intensidade foram igualmente eficazes no aumento da força muscular, e na funcionalidade em pacientes com OA de joelho. Porém com RFS foi capaz de melhorar a dor e induzir menos estresse articular.
HARPER SA <i>et al.</i> , (2019)	Exercício de resistência com RFS para idosos com osteoartrite do joelho: um ensaio clínico piloto randomizado	Avalia a segurança e eficácia do treinamento RFS em idosos com osteoartrite sintomática do joelho (OA).	Idosos com 60 anos de idade e limitações físicas com OA foram randomizados em 12 semanas de treinamento de baixa intensidade com RFS e outro com treinamento de resistência de alta intensidade para avaliar mudanças na força muscular, dor e função física. Foram realizados quatro exercícios, três vezes por semana até a fadiga e utilizando 20% e 60% de uma repetição máxima (1RM).	A RFS é uma alternativa segura e viável para idosos com OA de joelho e os resultados fornecem dados necessários para uma estratégia terapêutica potencial para idosos com osteoartrite do joelho.
VECHIN FC <i>et al.</i> , (2015)	Comparações entre treinamento resistido de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo e treinamento resistido de alta intensidade na massa e força muscular do quadríceps em idosos	Comparar os efeitos do treinamento de baixa intensidade com RFS ao de alta carga na força e massa muscular do quadríceps em idosos.	23 idosos, 14 homens e 9 mulheres realizaram 12 semanas de treinamento. Os indivíduos realizaram treinamento resistido de alta intensidade: 4 x 10 repetições, 70-80% (1RM) e de baixa intensidade com RFS: 4 séries (1 x 30 e 3 x 15 repetições), 20-30% 1RM.	A RFS é uma alternativa de exercício capaz de induzir adaptações neuromusculares semelhantes ao de alta intensidade. Nesse contexto, RFS combinada ao exercício de baixa intensidade (20-30% de 1RM) constitui uma alternativa eficaz à indução de ganhos de força em idosos.

Tabela 1: Descrição dos Artigos Científicos Seleccionados (Continuação)

AUTOR/ ANO	TÍTULO/TEMA	OBJETIVO	DESENHO METODOLÓGICO	CONCLUSÃO
SEGAL <i>et al.</i> , (2015)	Eficácia do treinamento de resistência de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo para fortalecimento do quadríceps em homens com risco de osteoartrite sintomática do joelho	O estudo avaliou se a aplicação RFS ao treinamento resistido de baixa carga é um meio eficaz e tolerável de melhorar a força do quadríceps em homens com risco de OA sintomática do joelho.	42 Homens com mais de 45 anos, com de lesão no joelho, foram randomizados para treinamento resistido de baixa carga (30% 1RM) com sem RFS concomitante. foram avaliadas depois de 4 semanas de treinamento, 3 vezes/semana.	Em comparação com o treinamento sem RFS, a adição de RFS a 30% de treinamento resistido de 1RM por 4 semanas não conferiu aumentos significativamente maiores na força do quadríceps em homens idosos com fatores de risco para OA de joelho sintomático.

Fonte: dados consultados pelos autores

5. DISCUSSÃO

O estudo objetivou aprofundar a compreensão e fornecer informações sobre os efeitos da combinação do treinamento com RFS junto a exercícios de baixa intensidade. Sendo assim, essa abordagem é fundamental para aumentar a força muscular e é de significativa importância para indivíduos que buscam aprimorar a reabilitação, especialmente em casos de lesões no joelho, onde a manutenção da capacidade funcional é crucial.

A exploração das técnicas de RFS na reabilitação musculoesquelética tem despertado crescente interesse na comunidade científica, apontando a temática das lesões de joelho. Foram poucos os trabalhos evidenciados, mas estudos realizados por autores como Bryk FF *et al.* (2016), Hughes L *et al.* (2017), Dos Santos L.P *et al.* (2021) e DePhillipo *et al.* (2018), Ferraz RB *et al.* (2018), Harper SA *et al.* (2019), Vechin FC *et al.* (2015) e Segal *et al.* (2015) destacam a eficácia das técnicas de RFS quando combinadas com exercícios, particularmente em casos de lesões no joelho durante o processo de reabilitação.

Por exemplo, Bryk FF *et al.* (2016) conduziram um ensaio clínico randomizado, envolvendo 34 mulheres com idade média de 60 anos que sofriam de osteoartrite no joelho. Elas foram divididas em dois grupos: um realizou um programa de fortalecimento e alongamento de quadríceps convencional com carga em torno de 70% da repetição máxima (RM), enquanto o outro grupo realizou o mesmo programa, porém, com uma carga significativamente mais baixa de aproximadamente 30% de 1RM, usando RFS induzida por meio de um manguito de pressão. O programa que combinou RFS com exercícios de baixa intensidade produziu resultados comparáveis em termos de redução da dor, melhora da função e ganho de força do quadríceps quando comparado com um programa que empregava exercícios convencionais de alta carga. Além disso, o grupo que utilizou RFS experimentou menos estresse articular, resultando em menos dor no joelho durante as sessões de treinamento.

Resultado também visto em Ferraz RB *et al.*, 2018, que avaliou os efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade associado à RFS em 48 mulheres com osteoartrite (OA) de joelho selecionadas de forma randomizada em três grupos: um com 30% 1RM associado a RFS, o outro sem RFS e o terceiro com treinamento de 80% 1RM sem restrição.

De maneira similar, Dos Santos L.P. *et al.*, (2021), conduziu uma revisão sistemática com meta-análise e analisou 5 estudos que se concentraram em patologias no joelho, incluindo osteoartrite (OA) e artrite reumatoide (AR). Esses estudos também foram divididos em grupos de treinamento resistido de baixa intensidade combinado com RFS e comparados a outro grupo com treinamento de alta intensidade e sem RFS. O grupo que empregou treinamentos de baixa intensidade com restrição usando cargas de 20-30% de 1RM e outro grupo de treinamento de alta intensidade com cargas de 60-80% de 1RM, realizados 3 vezes por semana durante 12 semanas. Os resultados mostraram que tanto o treinamento resistido de baixa intensidade quanto o de alta intensidade foram capazes de melhorar a força e a massa muscular em casos de AR e OA, sem afetar negativamente o curso das doenças. No entanto, devido às manifestações articulares associadas a essas patologias, alguns pacientes podem ter dificuldade em tolerar atividades de alta intensidade devido à dor durante o exercício, por isso, a RFS se mostrou mais interessante nessas condições.

Resultado também visto no estudo de Hughes L. *et al.*, (2017), que realizou uma revisão sistemática e metanálise, uma síntese que agregou dados de estudos prévios, revisando 20 estudos envolvendo diversas patologias, como reconstrução do LCA, osteoartrite do joelho, idosos em risco de sarcopenia e pacientes com miosite esporádica. O autor enfatiza a fraqueza muscular como uma consequência comum dessas condições. O treinamento com RFS de baixa carga é destacado como uma abordagem eficaz e tolerável, oferecendo potencialmente uma ferramenta valiosa na reabilitação.

Olhando para uma população mais idosa que apresenta patologias citadas acima, Harper SA *et al.*, 2019 avaliaram idosos com 60 anos de idade com limitações físicas e OA nos quais apresentam mudanças na força e perda de função física. Propondo uma alternativa viável para reverter o quadro da patologia, foram feitos treinamentos em grupos randomizados por 12 semanas utilizando o treinamento de baixa intensidade com RFS e outro com treinamento de resistência de alta intensidade, realizados quatro exercícios, três vezes por semana até a fadiga e utilizando 20% e 60% de uma repetição máxima 1RM. Evidenciando esta alternativa como estratégia terapêutica para idosos.

Nesse contexto, Vechin FC *et al.*, 2015, comparou os efeitos do treinamento de baixa intensidade com RFS ao de alta carga na força e massa muscular do quadríceps em idosos, 14 homens e 9 mulheres realizaram 12 semanas de treinamento. Os indivíduos efetuaram treinamento resistido de alta intensidade: 4x10 repetições, 70-80% (1RM) e de baixa intensidade com RFS: 4 séries (1x30 e 3x15 repetições), 20–30% 1RM. Foi observado que os exercícios de baixa intensidade com RFS foram capazes de induzir adaptações neuromusculares semelhantes aos exercícios de alta intensidade na indução de ganho de força.

Desta maneira, aponta-se o processo de discussão para os fatos acima apresentados. Os resultados realizados pelos grupos de RFS associados aos exercícios de baixa intensidade apontam maiores acúmulos metabólicos que resultam em maior sinalização hormonal induzida pela hipoxemia tecidual localizada, surgem em aumento do consumo de glicogênio e um ambiente mais ácido. Isso ativa o hipotálamo, aumentando a produção do hormônio do crescimento (GH) e inibindo a ação da miostatina, uma proteína que reduz a massa muscular. Como resultado, há maior ativação das fibras musculares do tipo II, levando ao aumento da capacidade contrátil do

músculo e possivelmente da densidade óssea, o que pode influenciar a hipertrofia a longo prazo e a prevenção da perda de massa muscular inibindo a dor.

Outro efeito que podemos apontar é que o nível de tensão mecânica proporcionado pelo exercício de baixa resistência, como no caso da RFS, seja inicialmente considerado reduzido. Os efeitos decorrentes de fatores primários, tais como a tensão mecânica e o estresse metabólico, revelam-se complementares. Essa complementaridade desempenha um papel crucial nas adaptações observadas no treinamento resistido da RFS. Surpreendentemente, apesar da baixa tensão mecânica e da natureza minimamente lesiva do exercício, os mecanismos de crescimento muscular das células satélites são ativados de maneira significativa.

Posto isso, estudos demonstram que a associação do exercício de baixa intensidade com RFS resulta em aumentos na proliferação de células satélites, juntamente com um aumento concomitante na síntese de proteína muscular. Este fenômeno é observado não apenas no exercício de alta intensidade, que tradicionalmente conduz à hipertrofia muscular, mas também no treinamento de baixa resistência com RFS. Adicionalmente, a elevação na síntese de proteínas musculares emerge como um contribuinte essencial para as adaptações hipertróficas derivadas do treinamento de baixa resistência associado à RFS. Assim, evidencia-se que a RFS se mostra mais eficaz do que inicialmente presumido, revelando-se como uma abordagem promissora para otimizar as respostas adaptativas do tecido muscular.

Trazendo um contraponto em relação ao tempo de treinamento, os estudos acima apresentaram protocolos com resultados promissores entre 6 e 12 semanas. No entanto, Segal *et al.*, (2015) divergiu ao realizar avaliações após 4 semanas, conduzindo o treinamento resistido de baixa carga três vezes por semana. Para investigar a eficácia e tolerabilidade da aplicação da RFS no aprimoramento da força do quadríceps em homens com risco de OA do joelho, 42 participantes com mais de 45 anos foram selecionados randomicamente. Eles foram submetidos ao treinamento resistido de baixa carga (30% 1RM), com e sem RFS. O autor observou que, ao comparar os métodos ao longo de 4 semanas, não houve aumentos significativos na força do quadríceps.

Em outra perspectiva, ainda mostrando os benefícios da RFS, parece que sua aplicabilidade na fisioterapia vai além do ganho de força em pacientes com lesões

instaladas no joelho, conforme observado no artigo de DePhillipo *et al.*, (2018), que focou em casos pós-cirúrgicos. Essas descobertas são consistentes ao abordar a RFS como parte do protocolo após cirurgia. O estudo examinou as indicações para o uso da técnica, considerações de segurança e o protocolo, certificando que a técnica de RFS pode ser indicada para ajudar na recuperação muscular e reduzir a hipotrofia que frequentemente ocorre após esses procedimentos. Isso é especialmente relevante em pacientes que podem ter limitações na realização de exercícios de alta intensidade devido à dor ou restrições médicas.

O autor revela que a RFS após a cirurgia do joelho pode ser uma modalidade viável para ser incorporada no protocolo de reabilitação pós-operatória em pacientes com hipotrofia muscular, parecendo ser segura, pois não apresenta relatos que podem causar problemas associados à técnica. Ela funciona de forma semelhante aos artigos mencionados anteriormente, uma vez que envolve a restrição parcial do fluxo sanguíneo para os músculos alvo. Isso cria um ambiente anaeróbico e promove o aumento da massa muscular por meio do estímulo à síntese de proteínas, da proliferação de células satélites miogênicas e da ativação e recrutamento de fibras musculares tipo II.

Em resumo, os estudos revisados indicam que a combinação de RFS com exercícios de baixa intensidade representa uma abordagem promissora e eficaz para a reabilitação de pacientes com patologias no joelho, proporcionando ganho de força muscular, alívio da dor e melhoria na funcionalidade. Essa abordagem pode ser particularmente benéfica para aqueles que enfrentam dificuldades com exercícios de alta carga devido a problemas articulares no joelho. Além disso, os mecanismos fisiológicos subjacentes, como a indução de hipoxemia tecidual e a modulação hormonal, explicam os benefícios observados com o RFS.

Portanto, o RFS combinado com exercícios de baixa intensidade emerge como uma ferramenta valiosa na reabilitação musculoesquelética, visto que os elementos que determinam a qualidade de vida, como o aumento da força muscular, são muito importantes. Assim, as condições que estimulam a recuperação das funções músculo esqueléticas e das atividades funcionais tendem a influenciar na diminuição do gasto energético durante as atividades do dia a dia. Eles fornecem evidências sobre a eficácia da RFS em diferentes contextos clínicos, incluindo osteoartrite, artrite reumatoide e

recuperação pós-cirúrgica. Além disso, apresentam protocolos e diretrizes práticas para a aplicação da RFS, contribuindo para o avanço da prática clínica e destacando a importância da técnica, tornando-a uma ferramenta útil para fisioterapeutas.

Vale destacar que os artigos apresentados fornecem uma visão abrangente da RFS na reabilitação, mas também destacam as questões que precisam ser consideradas ao aplicar essa técnica. Um ponto crucial é a heterogeneidade na aplicação da técnica, como diferentes usos de manguitos e protocolos de tratamento usados nos estudos. A falta de padronização torna difícil a comparação direta entre os achados. É importante realizar estudos com protocolos que possam ser individualizados a fim de extrair os melhores resultados obtidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa revisão integrativa teve como foco principal a análise das vantagens associadas à utilização da RFS, os estudos revisados revelaram uma série de benefícios potenciais ligados a essa abordagem terapêutica no qual demonstrou promover ganho hipertróficos semelhantes quando comparado com treinamento tradicional com altas cargas, sendo capaz de acelerar o processo de recuperação especialmente em indivíduos com lesões no joelho. Aspecto crucial para reabilitação sendo eficaz também no cenário pós-operatório e na promoção do aumento da força muscular, onde é um fator determinante na reabilitação para o retorno da funcionalidade, capaz de melhorar a função articular e diminuindo a sintomatologia dolorosa.

Em síntese, os estudos analisados revelam eficiência e benefícios notáveis em diversos grupos populacionais. Contudo, a identificação da abordagem ideal, considerando tempo de aplicabilidade e tipo da lesão de joelho, ainda se põe como uma lacuna na literatura científica. Este hiato destaca a necessidade de novas pesquisas dedicadas a elucidar as aplicações desses protocolos em contextos clínicos específicos.

Recomenda-se, portanto, a realização de estudos mais aprofundados que abordem e superem essas dificuldades, contribuindo assim para um entendimento mais

abrangente e personalizado das estratégias de treinamento de RFS e seus impactos em distintas condições de saúde e grupos com lesão de joelho. Essa lacuna identificada sugere uma área promissora para futuras investigações, visando aprimorar a prescrição e a eficácia dessas intervenções.

REFERÊNCIAS

BRANDT, Eduardo. **Efeitos do Treinamento Resistido com Oclusão Vascular na Hipertrofia e Força Muscular**. 2015. 35 f. Monografia de Graduação (Bacharelado em Educação Física) – Departamento Acadêmico de Educação Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BRUNO, Yuri Amorim. **Efeitos do treinamento de força com oclusão de fluxo sanguíneo sobre a hipertrofia muscular: uma revisão de literatura**. 2016. 26 F. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharelado em Educação Física - Pedra Branca, 2016.

BRYK, Flavio Fernandes. *et al.* Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. **KNEE SURGERY, SPORTS TRAUMATOLOGY, ARTHROSCOPY**, v. 24, p. 1580-1586, 2016.

CAMANHO, Gilberto Luis; HERNANDEZ, Arnaldo José. **Lesões traumáticas de joelho**. Medicinanet, Março de 2016. Disponível em:<https://www.medicinanet.com.br/conteudos/revisoes/6022/lesoes_traumaticas_do_joelho.htm#> Acesso em: Abril de 2023.

CARBALLO, Fábio Peron. *et al.* Oclusão vascular: uma revisão bibliográfica sobre a eficácia deste protocolo de treinamento. **Revista científica multidisciplinar núcleo do conhecimento**. Ano 06, ed. 05, v. 12, p. 43-55. Maio de 2021. Issn: 2448-0959, link de acesso:<<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao-fisica/protocolo-de-treinamento>>. Acesso em: Março de 2023.

CARNEIRO, Mariana Barquet; ALVES, Débora Pinheiro Lédio; MERCADANTE, Marcelo Tomanik. Fisioterapia no pós-operatório de fratura proximal do fêmur em idosos: revisão da literatura. **Acta ortopédica brasileira**, v. 21, p.175-178, 2013.

CARVALHO, Diane. **Estudo biomecânico dos meniscos na articulação do joelho humano**. 2015. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2015.

CORRÊA, Daniel Alves. *et al.* Breve revisão dos efeitos do treinamento de força com restrição vascular nas adaptações musculares de força e hipertrofia. **Revista CPAQV-**

Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 2, 2016.

DA SILVA SANTOS, Thiago. *et al.* A importância do fortalecimento dos músculos estabilizadores do joelho na melhoria do aspecto biomecânico. **Bius-boletim informativo unimotrisaúde em sociogerontologia**, v. 21, n. 15, p. 1-13, 2020.

DALL'AGNOL, Cristiano; DEL VECCHIO, Fabrício Boscolo. Treinamento com restrição do fluxo sanguíneo: sobre revisão de literatura. Universidade Nove de Julho, **Conscientiae saúde**, v. 17, n. 2, p. 109-112, 2018.

DE CASTRO, Danielle Marialva; VIERA, Luiz Carlos Rabello. **Joelho: revisão de aspectos pertinentes à fisioterapia**. Revista Digital. Buenos Aires, Año 17, Nº 175, Diciembre de 2012. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/>> Acesso em: 09 mar. 2023.
DE MORAIS, Lucas Martins; FARIA, Christina Danielli Coelho de Moraes. Relação entre força e ativação da musculatura glútea e a estabilização dinâmica do joelho: revisão sistemática da literatura. **Acta Fisiátrica**, v. 24, n. 2, p. 105-112, 2017. DOI:10.5935/0104-7795.20170020. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/153640>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

DE NOVAES, Poliana Santos. **Efeitos do fortalecimento muscular em indivíduos com dor anterior na articulação do joelho: revisão sistemática**. 2015. 24 f. Monografia - UFMG/Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

DE OLIVEIRA, Aline Barbosa; CHIAPETA, Andrês Valente. Principais lesões traumáticas do joelho: revisão de literatura. **ANAIS SIMPAC**, v. 10, n. 1, 2019.

DE SOUSA, Maria do Socorro Cirilo; NETO, Gabriel Rodrigues. Treinamento de força combinado com restrição de fluxo sanguíneo (kaatsu training): metodologias para prescrição do exercício. **Revista Uniandrade**, v. 15, n. 2, p. 135-141, 2014.

DEPHILLIPO, Nicholas. *et al.* **Blood Flow Restriction Therapy After Knee Surgery: Indications, Safety Considerations, and Postoperative Protocol**. *Arthroscopy techniques*, v. 7 n.10, p.1037-1043. 2018. Acesso em: <<https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.06.010>>

DOS SANTOS, Leonardo Peterson. *et al.* **The effects of resistance training with blood flow restriction on muscle strength, muscle hypertrophy and functionality in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis: a systematic review with meta-analysis**. PLOS ONE, v. 16, n. 11, p. E0259574, 2021 <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259574>>.

FERRAZ, Rodrigo Branco. *et al.* Benefits of resistance training with blood flow restriction in knee osteoarthritis. **Med Sci Sports Exerc**, v. 50, n. 5, p. 897-905, 2018.

FERREIRA, Wesley Alcântara. **Intervenção fisioterapêutica em atletas de alto rendimento acometidos pela lesão do ligamento cruzado anterior**. 2022. 69 f. Monografia - (Bacharel em Fisioterapia) - Centro Universitário AGES, Paripiranga, 2022.

GADELHA, Victor Bueno *et al.* Importância da força muscular para a qualidade de vida de idosos sedentários. **Revista Brasileira de Qualidade de Vida**, Ponta Grossa, v.9 n.2, p. 153-164,abr./jun. 2017.

GUNDERMANN, David M. *et al.* Activation of mtorc1 signaling and protein synthesis in human muscle following blood flow restriction exercise is inhibited by rapamycin. **American journal of physiology-endocrinology and metabolism**, v. 306, n. 10, p. 1198-1204, 2014.

HARPER, Sara A. *et al.* **Blood-flow restriction resistance exercise for older adults with knee osteoarthritis: a pilot randomized clinical trial**. *Journal of clinical medicine*, v. 8, n.2, p.265. Acesso em:<<https://doi.org/10.3390/jcm8020265>>. 2019.
HARTIGAN, Erin H. *et al.* Preoperative predictors for noncopers to pass return to sports criteria after acl reconstruction. **Journal of Applied Biomechanics**, Aug, 2012; v. 28, n. 4, p. 366-373. <<https://doi.org/10.1123/jab.28.4.366>>.2012.

HUGHES, Luke. *et al.* 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.

KAEMPF, Gustavo. **Anatomia do joelho**. Disponível em:<<http://www.gustavokaempf.com.br/index.php/joelho/anatomia.html>>. Acesso em: 03 de Junho de 2023.

KRAEMER, William J.; FLECK, Steven. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 3ª ed. p. 21. Porto Alegre: ARTMED. 2006.

KUMAGAI, K. *et al.* Cardiovascular drift during low intensity exercise with leg blood flow restriction. **Acta Physiologica Hungarica**, v. 99, n. 4, p. 392-399, 2012.

LAURENTINO, Gilberto C. *et al.* Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Med. Sci. Sports. Exerc.** v. 44, n. 3, p. 406-412. 2012.

LOENNEKE, Jeremy P. *et al.* Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. **Eur. J. Appl. Physiol.** v.112, n. 8, p. 2903-12. 2012.

LOENNEKE, J.P; WILSON, G.J; WILSON J.M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **Int. J. Sports. Med.** v. 31 n.1 p.1-4. 2009.

MONTEIRO, Camila Ribeiro. **Protocolos de reabilitação em pós-cirúrgico do ligamento cruzado anterior**. 2008. 75 f. Monografia de Conclusão - Fisioterapia. Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro, 2008.

MOURA, Nelio Alfano. Treinamento da força muscular. In: COHEN, M.; ABDALA, R.J. Lesões nos esportes: desempenho, prevenção e tratamento. **REVINTER**, Rio de Janeiro, cap. 34, parte V, 2003.

NASCIMENTO, Alinne Marques Ferreira. **Efeito mediador da atividade física diária e da aptidão física na relação entre rigidez arterial e função cognitiva em idosos aparentemente saudáveis**. 2018. 127 f. Dissertação - Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Porto, 2018.

PALASTANGA, N. **Anatomia e movimento humano. 3. ED.** SÃO PAULO: MANOLE. 2002.

PINHEIRO, Ana; SOUSA, C. V. Lesão do ligamento cruzado anterior: apresentação clínica, diagnóstico e tratamento. **Rev Port Ortop Traum**, v. 23, n. 4, p. 320-329, 2015.

PINTO, Leandro Moraes. *et al.* **Efeitos do treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo sobre respostas autonômicas e cardiovasculares em idosos hipertensas**. 2018. 108 f. Dissertação (Pós-Graduação em Educação Física) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

PRESTES, Jonato. *et al.* **Prescrição e periodização do treinamento de força em academias 2a. ED.** SÃO PAULO: MANOLE, 2016.

QUEIROS, Victor Sabino De. **Exercício físico com restrição de fluxo sanguíneo: aspectos metodológicos e efeitos colaterais da técnica**. 2021. 65 f. Dissertação De Mestrado (Pós-Graduação Em Educação Física) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Natal, 2021.

REYES, Priscila Del Carmen. Restricción parcial de flujo sanguíneo con resistencia, fundamento fisiológico y metodología de entrenamiento. **Podium. Revista De Ciencia Y Tecnología En La Cultura Física**, v. 18, n. 1, 2023.

ROCHA, Ivan Dias. *et al.* Avaliação da evolução de lesões associadas à lesão do ligamento cruzado anterior. **Acta ortop bras**. v.15, n.2, p.105-108. 2007.

RODRIGUES, Reynaldo Costa. **Efeitos do treinamento de força associado à restrição parcial do fluxo sanguíneo sobre a força, massa muscular, funcionalidade e qualidade de vida em pacientes com artrite reumatoide: um estudo clínico randomizado**. 2018. 118 f. TESE - (Doutorado em Ciências Médicas) - Universidade De São Paulo, São Paulo, 2018.

SANTOS, Daniel Teles. **Intervenção fisioterapêutica em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior: uma revisão integrativa**. 2021. 71 f. Monografia - (Bacharelado em Fisioterapia) - Centro Universitário AGES, Paripiranga, 2021.

SANTOS, Rosicler Pereiras Do. **Efeitos da técnica de restrição de fluxo sanguíneo de baixa carga em pacientes com osteoartrite de joelho**. 2019. 40 f. Trabalho de

Conclusão de Curso - (Bacharel em Fisioterapia) - Universidade Cidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SATO, Yoshiaki. The history and future of KAATSU training. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2005.

SCHOENFELD, Brad J. Differential effects of heavy versus moderate loads on measures of strength and hypertrophy in resistance-trained men. **Journal Of Sports Science And Medicine**, v. 15, n. 4, p. 715-722, DEZ. 2016.

SEGAL, Neil; DAVIS, Maria D.; MIKESKY, Alan E. Efficacy of blood flow-restricted low-load resistance training for quadriceps strengthening in men at risk of symptomatic knee osteoarthritis. **Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation**, v. 6, n. 3, p. 160-167, 2015.

SOARES, Karina Kelly Santos; SANTOS, Matheus Henrique Dos Santos. **Efeitos do tratamento e oclusão vascular para reabilitação de joelho**. 2019. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso - (Bacharelado em Fisioterapia) - Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac, Brasília, 2019.

SOUSA, Maria do S.C. *et al.* Epidemiologia e saúde: prevalência das lesões musculares esqueléticas (LME) esportivas em instituições civis e militares (Exército Brasileiro) da cidade de João Pessoa. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n. 1, p. 45-50, 2004

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **EINSTEIN (SÃO PAULO)**, v. 8, p.102-106, 2010.

TAKARADA, YUDAI; TAKAZAWA, HARUO; ISHII, NAOKATA. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 12, p. 2035-2039, 2000.

TEIXEIRA, Emerson Luiz; HESPANHOL, Karla Cristine; MARQUEZ, Thomaz Baptista. Effect of vascular occlusion with resistive training in the elderly/Efeito do treinamento resistido com oclusão vascular em idosos. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 6, n. 36, p. 560-569, 2012.

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

WERNBOM, Mathias; AUGUSTSSON, Jesper; RAASTAD, Truls. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise?. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 18, n. 4, p. 401-416, 2008.

WOLINSKI, Patrick Allan; NEVES, Eduardo Borba; PIETROVSKI, Evelise Fernandes. Análise das repercussões hemodinâmicas e vasculares do treinamento Kaatsu. **ConScientiae Saúde**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 305-312, 2013.

YASUDA, Tomohiro. *et al.* Venous blood gas and metabolite response to low-intensity muscle contractions with external limb compression. **Metabolism-Clinical And Experimental**, v. 59, n. 10, p. 1510-1519, 2010.