

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO

Graduação em Fisioterapia

João Victor de Moura Silva Oliveira

Lucas Miguel Lima Novais

**OCCLUSÃO VASCULAR NA REABILITAÇÃO DO PÓS-OPERATÓRIO DE JOELHO.
UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

**VASCULAR OCCLUSION IN POSTOPERATIVE KNEE REHABILITATION. AN
INTEGRATIVE REVIEW**

Professor Paulo Roberto Veiga Quemelo

**São Paulo
2024**

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO

**João Victor de Moura Silva Oliveira
Lucas Miguel Lima Novais**

**OCLUSÃO VASCULAR NA REABILITAÇÃO DO PÓS-OPERATÓRIO DE JOELHO.
UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

**VASCULAR OCCLUSION IN POSTOPERATIVE KNEE REHABILITATION. AN
INTEGRATIVE REVIEW**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em fisioterapia do Centro Universitário São Camilo, orientado pelo Professor Paulo Roberto Veiga Quemelo como requisito para obtenção do título de bacharel em fisioterapia.

**São Paulo
2024**

OCLUSÃO VASCULAR NA REABILITAÇÃO DO PÓS-OPERATÓRIO DE JOELHO. UMA REVISÃO INTEGRATIVA¹

João Victor de Moura Silva Oliveira²

Lucas Miguel Lima Novais³

Paulo Roberto Veiga Quemelo⁴

RESUMO: Introdução: A oclusão vascular é uma técnica que envolve a aplicação de um manguito ou bandagem para restringir temporariamente o fluxo sanguíneo arterial durante o exercício. Essa técnica pode ser utilizada como uma estratégia potencial para melhorar a função muscular no pós-operatório de joelho. **Objetivos:** Verificar os efeitos da oclusão vascular na recuperação da funcionalidade no pós-operatório de joelho. **Métodos:** Trata-se de uma revisão integrativa com a utilização das seguintes bases de dados eletrônicas: National Library of Medicine (MEDLINE – PubMed), a base Scientific Electronic Library Online (SciELO), PEDro e LILACS. Para as buscas foram utilizados os seguintes descritores: “Knee”, “Blood flow-restriction” e “Postoperative”, na língua inglesa. **Resultados:** Foram encontrados 336 artigos nas bases de dados. Após a exclusão dos artigos duplicados, os que estavam fora do escopo do estudo e que não atendiam os critérios de inclusão, foram selecionados 11 artigos para análise. Dos 11 artigos, 10 mostraram que a oclusão foi benéfica para reabilitação dos pacientes e 01 não observou diferença nos resultados quando aplicada a oclusão vascular. **Conclusão:** O uso de oclusão vascular apresentou ganho de força para pacientes de pós operatório de joelho em início de tratamento. Necessário a aplicação de mais estudos para padronização da prática e avaliação fisiológica integral.

Palavras-chaves: Terapia de Restrição de Fluxo Sanguíneo; Joelho; Pós-Operatório

ABSTRACT: Introduction: Vascular occlusion is a technique that involves the application of a cuff or bandage to temporarily restrict arterial blood flow during exercise. This technique can be used as a potential strategy to improve muscle function after knee surgery. **Objectives:** To verify the effects of vascular occlusion on the recovery of functionality after knee surgery. **Methods:** This is an integrative review using the following electronic databases: National Library of Medicine (MEDLINE – PubMed), the Scientific Electronic Library Online (SciELO), PEDro and LILACS. The following descriptors were used for the searches: “Knee”, “Blood flow-restriction” and “Postoperative”, in English. **Results:** 336 articles were found in the databases. After excluding duplicate articles, those that were outside the scope of the study and that did not meet the inclusion criteria, 11 articles were selected for analysis. Of the 11 articles, 10 showed that occlusion was beneficial for patient rehabilitation and 01 did not observe a difference in results when vascular occlusion was applied. **Conclusion:** The use of vascular occlusion showed a gain in strength for post-knee surgery patients beginning treatment. More studies are needed to standardize practice and comprehensive physiological assessment.

Key words: Blood Flow Restriction Therapy; Knee; Postoperative.

¹ Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em fisioterapia do Centro Universitário São Camilo, orientado pelo Professor Paulo Roberto Veiga Quemelo como requisito para obtenção do título de bacharel em fisioterapia.

² Graduando em fisioterapia - E-mail: joao.silva.oliveira@aluno.saocamilo-sp.br

³ Graduando em fisioterapia - E-mail: lucas.novais@aluno.saocamilo-sp.br

⁴ Professor-Orientador Doutor e Mestre em Ciências Médicas pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP – E-mail: paulo.quemelo@prof.saocamilo-sp.br

1. INTRODUÇÃO

O joelho é uma das principais articulações sinoviais e complexas do corpo humano, que pode ser subdividida em articulação tibiofemoral e a patelofemoral. O joelho realiza os movimentos de flexão e extensão, com pequenos movimentos rotacionais, sendo fundamental para a locomoção. Anatomicamente, é composto por estruturas como cartilagem articular, ligamentos, tendões e meniscos, que ajudam a estabilizar a articulação e a absorver choques durante o movimento (GOLDBLATT, 2003). Por se tratar de uma das articulações que suporta sobrecarga motora e alta descarga de peso, as lesões se tornam cada vez mais frequentes, variando de traumas agudos, como rupturas de ligamentos cruzados e lesões meniscais, as condições crônicas degenerativas, como a osteoartrite. As principais lesões encontradas são as de ligamento cruzado anterior, ligamento cruzado posterior, meniscos e planalto tibial, sendo as lesões de ligamento cruzado anterior os incidentes de maior prevalência, responsáveis por cerca de 70% dos atendimentos relacionados ao trauma de joelho. A prevalência é maior em homens entre 18 e 40 anos, ou seja, em idade ativa. O mecanismo de lesão pode ser tanto ocasionado por uma força externa ou por um trauma indireto, devido a uma entorse do joelho. Muitas dessas condições requerem intervenção cirúrgica para restaurar a função e aliviar sintomas persistentes, destacando a importância da reabilitação pós-operatória para otimizar a recuperação funcional dos pacientes (DA ROCHA, et al., 2022).

A oclusão vascular é uma técnica que envolve a aplicação de um manguito ou bandagem para restringir temporariamente o fluxo sanguíneo arterial durante o exercício. Essa técnica tem sido explorada como uma estratégia potencial para melhorar a função muscular no pós-operatório de joelho. O treinamento com restrição de fluxo sanguíneo, (TRFS) tem sido sugerido para tratar a fraqueza muscular dos membros inferiores, especialmente útil durante as fases iniciais da reabilitação, quando cargas mais altas podem não ser toleradas pelo paciente (BARBER-WESTIN; NOYES, 2018).

As evidências sugerem que o treinamento com restrição do fluxo sanguíneo pode melhorar os resultados da função e da dor além do treinamento de resistência tradicional em indivíduos com lesões articulares (LORENZ, et al., 2021). Entretanto, não existem protocolos padronizados comprovados ou estabelecidos para a TRFS. Devido a essa variabilidade dos protocolos, número de sessões necessárias, nas pressões de oclusão do manguito e nos períodos em que os pacientes podem se apresentar após a lesão inicial para o tratamento é importante entender melhor a utilização desta técnica.

Além disso, precisa-se entender melhor os efeitos e reais benefícios que essa restrição vascular pode trazer no processo de reabilitação do pós-operatório de joelho. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos da utilização da oclusão vascular no pós-operatório de lesões do joelho para ganho de força muscular, avaliar a dor e recuperação funcional.

2. METODOLOGIA

Para este estudo foi realizada uma revisão integrativa de literatura. Trata-se de um método que tem como finalidade sintetizar resultados obtidos e já publicados em pesquisas sobre o tema em questão, de maneira sistemática, ordenada e abrangente. Os procedimentos para realização deste trabalho foram organizados em quatro etapas: na primeira etapa da investigação, houve uma discussão para que fosse elaborada a pergunta norteadora. Na segunda etapa realizou-se um levantamento de artigos encontrados sobre o tema geral com os descritores propostos nas bases de dados tradicionais. Na terceira etapa, ocorreu a leitura dos resumos e seleção criteriosa dos artigos e a formação de um banco de dados sistematizado. Por fim, a quarta etapa contou com a

sistematização e análise dos artigos dos bancos de dados formados com base no objetivo proposto. Nessa etapa, os dados de todos os artigos incluídos foram coletados, além das características sociodemográficas da população estudada, ano, tipo de estudo, formas de coletas de dados, entre outras variáveis que se mostraram eficazes para a investigação.

Desta maneira, primeiramente foi formulada a pergunta norteadora do estudo (PICO): “Paciente de pós-operatório de joelho, quando submetidos a terapia de oclusão vascular versus terapia de exercícios convencionais ou grupo controle apresentaram melhora funcional e aumento da força muscular da musculatura da coxa?”

Para responder à pergunta foi utilizado como estratégia metodológica uma revisão integrativa sustentada por estudos previamente publicados. Foram utilizadas as seguintes bases de dados: pubmed, pedro, Scielo e LILACS. Foi determinado o período de pesquisa das publicações pertencentes aos últimos 10 (dez) anos (2014-2024). Para a realização das buscas nas bases de dados, foram utilizados os seguintes descritores: na língua inglesa, Knee, Blood flow-restriction e postoperative, utilizando o operador booleano “AND” para a associação das palavras.

Para a seleção dos artigos, o presente estudo adotou como critério de inclusão: Apresentar informações no estudo sobre o uso de terapia com oclusão vascular em pacientes de pós-operatório em joelho, além de informar os benefícios e efeitos que tal conduta gerou no indivíduo. Como critério de exclusão foram descartados os artigos científicos que não relacionavam a oclusão vascular com o pós-operatório de joelho, que correlacionam com outros membros, sem acesso completo ao documento, artigos que não evidenciaram qualquer efeito sobre a oclusão vascular no pós operatório de joelho e estudos de casos.

Foram encontrados no total 336 artigos somando todas as bases de dados, utilizando uma ferramenta de eliminação (Endnote) os artigos duplicados e aqueles datados com publicação anterior a 2014 foram excluídos. Com isso foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, sendo selecionados 11 artigos para a leitura aprofundada e extração dos dados, conforme apresentado no fluxograma (Figura 1).

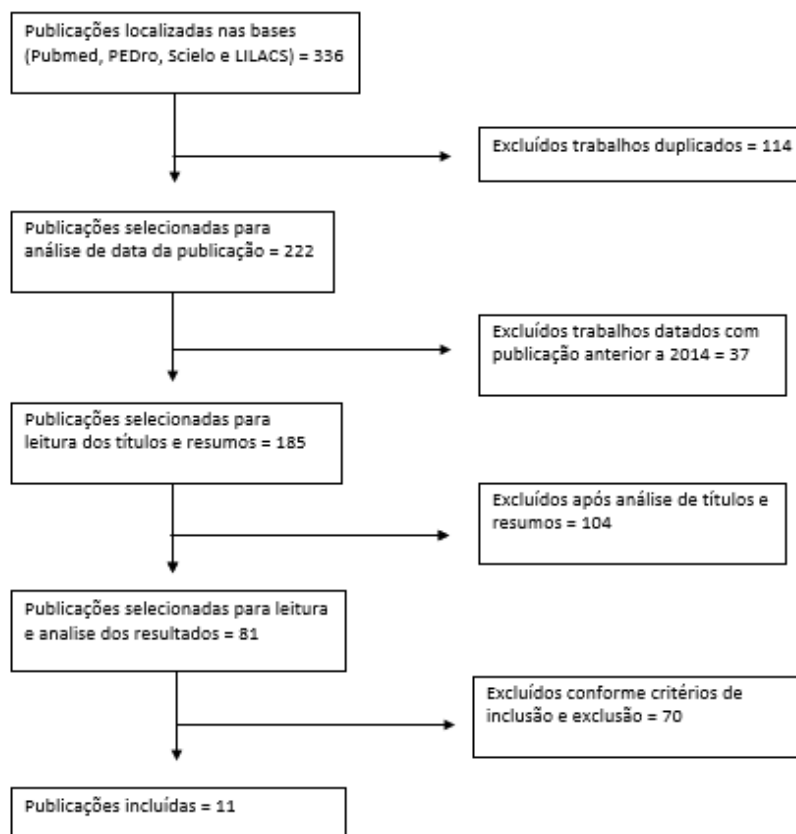


Figura 1: Fluxograma de seleção dos trabalhos

3. RESULTADOS

Após análise com base na elegibilidade e menor risco de vieses foram selecionados 11 artigos para o presente estudo. Os dados foram sumarizados na tabela 1.

Tabela 1. Resultados extraídos da leitura dos artigos incluídos no estudo, subdividindo em Autor/Ano, objetivos, metodologia e conclusão

| Autor /Ano / Tipo de Estudo | Objetivos | Metodologia | Conclusão |
|--|---|--|---|
| CURRAN et al., 2020 Ensaio Clínico Randomizado Controlado | Examinar a eficácia da terapia de restrição do fluxo sanguíneo (TRFS) com exercício de alta intensidade na recuperação da função muscular | 34 pacientes foram aleatoriamente divididos em 4 grupos: concêntrico (n=8), excêntrico (n=8), concêntrico com TRFS (n=9) e excêntrico com TRFS(n = 9) durante 8 semanas. Utilizou-se pressão de oclusão do | A TRFS associada ao exercício de alta intensidade não melhorou significativamente a força, ativação ou volume muscular do quadríceps. |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | do quadríceps em pacientes submetidos a RLCA | membro de 80% de 1 RM de cada participante (faixa de 110-186 mmHg). Para avaliação foram utilizados a dinamometria isocinética ou isométrica; IKDC (Formulário De Avaliação Subjetiva Do Joelho); KOOS (Lesão no joelho e pontuação de resultado de osteoartrite) e Escala Visual Analógica (EVA). | |
| HUGHES et al., 2018 Ensaio Clínico entre grupos, parcialmente randomizado | Comparar a restrição de fluxo sanguíneo + exercício de resistência (TRFS-ER) com carga leve em indivíduos saudáveis e com RLCA. Comparar RFS-ER de carga leve e exercício de resistência de carga alta (CA+RE) em pacientes com RLCA. | 30 participantes foram divididos em 3 grupos: NL-TRFS (não lesionado), RLCA-TRFS e RLCA-CA durante 8 semanas. Para avaliação foram utilizados escala EVA para avaliar a dor, escala de BORG para avaliar o esforço percebido e medição de pressão arterial antes e 5 minutos após a prática. | A TRFS associada com exercício com carga leve e alta, mostrou-se efetiva quanto à avaliação de força muscular após o período proposto de tratamento considerando o membro lesado. |
| Hughes et al., 2019 Ensaio Clínico Randomizado Controlado | Examinar o conforto e a dor com o treinamento de resistência + restrição do fluxo sanguíneo (TRFS-TR) em comparação com o treinamento de resistência + carga alta de tratamento padrão (CA-TR) durante a reabilitação de pacientes com RLCA. | 28 pacientes de RLCA foram randomizados em dois grupos: realizavam exercícios com 70% de repetição máxima (1RM) (n = 14) e outro a 30% com TRFS 1RM durante 8 semanas de treinamento, todos os pacientes do estudo utilizavam a mesma pressão de oclusão de 110 mmHg, realizando exercícios de leg press unilateral duas vezes por semana em ambos membros. Para avaliação utilizaram questionários de conforto e dor (escalas de Likert), teste de força muscular de 10 RM (Wathan, 1994) e | A dor no joelho foi menor com TRFS-TR durante e 24 horas após o treinamento com TRFS-TR em todas as sessões. A dor muscular foi maior com TRFS-TR em comparação com CA-TR durante todas as sessões. A escala de BORG permaneceu inalterada tanto para TRFS-TR quanto para CA-TR. |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | monitoramento de frequência cardíaca e pressão arterial. | |
| Hughes et al., 2019 Ensaio Clínico Randomizado Controlado | Comparar a eficácia do TRFS e do treinamento de resistência tradicional com carga alta (CA) de tratamento padrão na melhoria da hipertrofia e força do músculo esquelético, função física, dor e efusão em pacientes com RLCA após cirurgia. | 28 pacientes submetidos a cirurgia de LCA com reabilitação foram selecionados. Os participantes foram divididos em 2 grupos, um treinando a 70% da repetição máxima (1RM), denominado de grupo controle e outro a 30% de 1 RM com oclusão vascular associada ao exercício, durante 8 semanas. Foram avaliados a força muscular através da dinamometria e <i>software G Power Version 3.1</i> , morfologia, função, desempenho no equilíbrio (Y-teste), dor no joelho e amplitude de movimento pela escala ROM em diferentes fases do estudo, incluindo medidas de frouxidão e força do joelho através da dinamometria isométrica e isocinética e escalas <i>KOOS</i> e <i>Lysholm Score</i> - Questionário específico para sintomas do joelho | A TRFS é uma alternativa eficaz ao tratamento de resistência tradicional, onde promove hipertrofia e força muscular. Melhorou a função física, apresentando vantagens quanto a percepção de dor e inchaço no joelho, tornando-se uma abordagem mais apropriada na fase de progressão de carga. |
| Jack et al., 2023. Ensaio Clínico Randomizado Controlado | Determinar se a TRFS diminui a perda de massa magra, massa óssea e densidade mineral óssea, ao mesmo tempo que melhora a função em comparação com a reabilitação padrão após RLCA. | 32 pacientes submetidos à RLCA com enxerto autólogo foram divididos em 2 grupos e realizaram 12 semanas de reabilitação pós-cirúrgica. o grupo controle realizava exercícios selecionados de acordo com a reabilitação padrão, e o grupo intervenção ou TRFS realizou os mesmos exercícios porém com a adição da oclusão arterial de 80% do membro pós-operatório. Todos realizados por 12 semanas | A TRFS diminui a perda muscular e óssea por até 12 semanas no pós-operatório e melhora o tempo para retorno às atividades com resultados funcionais comparados aos da reabilitação padrão. |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | | de reabilitação. Utilizaram exame de densitometria óssea, e testes funcionais de salto, agachamento e equilíbrio, como o Y-teste. | |
| Ke et al., 2022. Ensaio Clínico Randomizado | Explorar o efeito do TRFS na recuperação da função do joelho em pacientes após meniscectomia parcial artroscópica (MPA). | 40 pacientes submetidos à cirurgia de MPA foram divididos aleatoriamente em dois grupos: Grupo controle e Grupo intervenção que realizava os mesmos exercícios do grupo controle com a adição da TRFS com valores de oclusão entre 130 a 180 mmHg. Foram avaliados no pós-operatório, 4 e 8 semanas após a cirurgia. Utilizaram Goniometria para amplitude de movimento (ADM), testes de força muscular, teste de caminhada de 6 minutos, teste de escada e ultrassom SuperSonic MACH 40 para medir a espessura do músculo quadríceps. | A TRFS combinada com o treinamento de reabilitação de rotina promoveu melhora na recuperação funcional da articulação do joelho em pacientes após MPA, especialmente a melhora da força e espessura do músculo quadríceps. |
| Kong et al., 2022. Ensaio Clínico não Randomizado | Examinar e comparar os efeitos de um programa de exercícios de reabilitação (ER) usando estimulação elétrica neuromuscular (EENM) e restrição do fluxo sanguíneo (TRFS) na função muscular e nas habilidades funcionais do joelho em pacientes submetidos à RLCA. | 45 pacientes submetidos à RLCA foram divididos retrospectivamente em três grupos: controle que realizavam somente exercícios padrões, Grupo EENM que realizavam os exercícios padrões associados a EENM e o grupo TRFS que realizou os mesmos exercícios dos outros grupos porém com 50% de oclusão de acordo com a pressão sistólica aferida antes da terapia. Todos os participantes realizaram o programa de ER por 60 minutos, três vezes por semana durante 12 semanas. Avaliaram através da eletromiografia (EMG), Testes funcionais | A reabilitação geral associada a EENM e TRFS efetivamente melhoraram a função muscular e o equilíbrio em pacientes com RLCA. |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | do joelho (salto unipodal, Y-teste e agachamento) e escala Lysholm e IKDC.. | |
| Li et al., 2023. Estudo Piloto Randomizado Controlado | Avaliar os efeitos do treinamento de quadríceps com diferentes níveis de restrição do fluxo sanguíneo na força e espessura do quadríceps de participantes após RLCA. | 30 participantes após RLCA foram divididos aleatoriamente em três grupos: grupo controle, grupo de pressão de oclusão arterial de 40% e grupo de pressão de oclusão arterial de 80% considerando o valor de 210 mmHg como 1RM para todos participantes do estudo. Todos os pacientes foram submetidos a diferentes níveis de TRFS, combinados com reabilitação convencional do quadríceps, durante 8 semanas. Para avaliação foi utilizado a ultrassonografia para avaliar espessura muscular e testes de força isométrica. | A combinação de TRFS e treinamento de quadríceps femoral de baixa intensidade melhorou a força muscular e a espessura dos extensores do joelho em participantes com RLCA e reduziu a diferença entre os lados saudáveis e cirúrgicos da articulação do joelho, melhorando a função articular do joelho. |
| Roman et al., 2023 Ensaio clínico prospectivo intervencionista | Investigar o impacto do TRFS na força do joelho de adolescentes após RLCA em 2 momentos pós-operatórios: aos 3 meses e no momento de retorno ao esporte (RAE). | 32 participantes submetidos a RLCA foram divididos em 2 grupos, sendo um grupo de intervenção com TRFS com pressão de 80% da oclusão total, e um grupo de controle onde os pacientes realizaram reabilitação padrão durante 12 semanas. Para a avaliação foram utilizados a dinamometria isocinética e questionários <i>KOOS</i> e <i>IKDC</i> - Comitê internacional de documentação do joelho. | Em adolescentes, a adição de um protocolo TRFS após RLCA melhorou significativamente a força do joelho e a função relatada pelo paciente em comparação a um programa de reabilitação tradicional sozinho. |
| Tennent et al., 2017 Estudo piloto randomizado controlado | Avaliar a TRFS como intervenção terapêutica pós-operatória após artroscopia de joelho. | 17 pacientes divididos em dois grupos: grupo intervenção realizava TRFS após artroscopia de joelho e grupo controle realizou sessões sem TRFS após artroscopia de joelho. Os | O grupo intervenção apresentou aumento significativo na circunferência da coxa, melhoria na subida de escadas cronometradas O grupo TRFS apresentou |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | pacientes foram submetidos a 12 sessões de fisioterapia supervisionada concluídas em 6 semanas, cada indivíduo teve a pressão de oclusão individualizada através do ultrassom Doppler. Testes de função física (caminhada, agachamento e Y-teste), dinamometria, KOOS, ultrassonografia duplex bilateral e escala de dor EVA foram as ferramentas utilizadas para avaliação. | melhorias aproximadamente 2 vezes maiores na força de extensão e flexão em comparação com a terapia convencional. |
| Vieira de Melo et al., 2022 Ensaio Clínico Randomizado | Avaliar o ganho de força muscular nos músculos quadríceps e isquiotibiais em pacientes submetidos à cirurgia de RLCA, utilizando exercícios com e sem restrição de fluxo sanguíneo. | 28 participantes divididos em grupo intervenção e grupo controle. O estudo contou com a participação de pacientes em pós-operatório, com reconstrução do ligamento cruzado anterior onde os mesmos exercícios foram realizados com e sem a TRFS durante 12 semanas. Para avaliação foi utilizada a dinamometria para força muscular e questionários de função do joelho. | Os exercícios com restrição do fluxo sanguíneo mostraram-se mais eficientes para melhorar a força muscular do quadríceps e isquiotibiais e a função física do joelho do que os mesmos exercícios sem restrição do fluxo sanguíneo. |

Legendas: TRFS - terapia de restrição de fluxo sanguíneo; RLCA - reconstrução do ligamento cruzado anterior; LCA - ligamento cruzado anterior; CA - carga alta; EMG - eletromiografia; MPA - menissectomia parcial artroscópica; TRFS-TR - Terapia de restrição de fluxo sanguíneo + treinamento de resistência

4. DISCUSSÃO

O presente estudo revisou 11 artigos, sendo 06 ensaios clínicos randomizados e controlados, 02 ensaios clínicos randomizados, 01 ensaio clínico parcialmente randomizado, 01 ensaio clínico não randomizado e 01 estudo controlado experimental. Os estudos analisados somaram 344 participantes, sendo eles em sua maioria pacientes de pós operatório de reconstrução de ligamento cruzado anterior (RLCA), demais estudos abordavam sobre pós operatório de menissectomia parcial artroscópica e artroscopia de joelho. Os 11 estudos analisados utilizaram como conduta de comparação a utilização da terapia de restrição de fluxo sanguíneo (TRFS) para averiguar os efeitos na melhora funcional do pós operatório em joelho, levando em consideração aspectos como redução de quadro álgico, esforço percebido, conforto, força muscular, hipertrofia, amplitude de movimento e resistência muscular. De acordo com os artigos analisados, o uso de oclusão vascular no processo

de reabilitação pós operatória em joelho apresentou melhora não apenas na hipertrofia, mas também na analgesia local, na força e na função da articulação. Algumas hipóteses foram levantadas para discussão e análise dos possíveis efeitos gerados pela oclusão vascular parcial.

O objetivo é induzir um ambiente com baixa quantidade de oxigênio e acúmulo de metabólitos no músculo, que pode potencializar os efeitos do treinamento de resistência com cargas mais baixas, resultando em ganhos de massa muscular e força.

4.1 PROTOCOLOS

Se tratando de uma revisão integrativa, os 11 estudos analisados buscaram por meio do treinamento com oclusão vascular expor os efeitos que o mesmo pode gerar. Os artigos tinham objetivos semelhantes, efeitos da oclusão no pós operatório de joelho, no entanto utilizaram de diferentes protocolos de tratamento e avaliação para apresentar seus achados clínicos. As principais divergências encontradas estão nos exercícios associados à restrição de fluxo sanguíneo. Dentre os 11 artigos selecionados, 01 realizou o TRFS com carga alta (70% de 1 RM para realização dos exercícios) associado a torniquete insuflado com 80% da pressão de oclusão total em milímetros de mercúrio. 06 realizaram o TRFS com baixa carga (30% de 1RM), associado a torniquete com pressão de 80% de oclusão total em mmHg. 01 realizou o TRFS com baixa carga (20% de 1RM), associado a torniquete com pressão de 80% de oclusão total em mmHg. 01 realizou o TRFS com intensidade de 10% a 30% de 1RM, torniquete com 40% de pressão total de mmHg. 01 realizou o TRFS sem intensidade predefinida com uso de torniquete com pressão em mmHg de 40% a 80%. 01 realizou o TRFS com intensidade de 20 a 30% de 1RM associado ao torniquete com pressão total de 80% a 60% de mmHg. A aplicação da técnica mostrou foco na realização com exercícios de baixa carga associada a uma pressão de 80% do total de oclusão do membro. Exercícios realizados e a quantidade de séries e repetições variaram de acordo com os objetivos do estudo. A aplicação de TRFS foi avaliada antes e após a prática dos exercícios em alguns estudos, a fim de gerar maior esclarecimento sobre os efeitos encontrados.

Seriam necessários métodos avaliativos que comprovem os efeitos gerados pelos protocolos utilizados pelos pesquisadores e naturalmente os artigos demonstraram diferentes métodos avaliativos entre si. Estudos utilizaram como métodos avaliativos: teste de 1RM (força), dinamômetro (força), teste de análise de variância - ANOVA (esforço percebido e dor), escala BORG (esforço percebido e dor), formulário de avaliação subjetiva do joelho - IKDC (função), questionário auto-administrado KOOS (função, dor, sintomas), goniômetro (amplitude), escala DEXA (composição corporal), CON-TREX (força), perimetria (circunferência da coxa), ultrassom (espessura de quadríceps), escala visual analógica (dor), escala de pontuação do joelho de Lysholm (função). Inicia-se então a busca por melhor entendimento dos achados clínicos e suas possíveis hipóteses.

4.2 HIPERTROFIA

Dentre os resultados encontrados, a hipertrofia se sobressai, temos que a hipertrofia pode ser gerada por três mecanismos distintos, Tensão Mecânica, Estresse Metabólico e Dano Muscular. Acredita-se que o uso da oclusão vascular para ganho de hipertrofia está relacionada principalmente a dois desses mecanismos: primeiro, a hipertrofia por tensão mecânica, quando o músculo esquelético é submetido a um estímulo de sobrecarga, ele causa perturbações nas miofibras e na matriz extracelular relacionada. Isso desencadeia uma cadeia de eventos miogênicos que, em última

análise, leva a um aumento no tamanho e na quantidade de proteínas contráteis miofibrilares actina e miosina, e no número total de sarcômeros em paralelo. Isso, por sua vez, aumenta o diâmetro das fibras individuais e, portanto, resulta em um aumento na área transversal do músculo (SCHOENFELD, et al, 2010). O segundo mecanismo para gerar hipertrofia, o qual está relacionado ao treinamento com restrição de fluxo sanguíneo, é o denominado estresse metabólico: consiste em um acúmulo de metabólitos induzido pelo exercício, particularmente lactato, fosfato inorgânico e íons hidrogênio (SHOENFELD, 2023). Tal estresse é potencializado durante exercícios de baixa carga com duração de 15 a 120 segundos, onde será utilizado sistema de glicólise anaeróbica para produção de ATP (adenosina trifosfato), ou seja, produção de energia que se caracteriza pela redução na concentração de pcr, níveis elevados de lactato e baixo ph. Esse acúmulo e alteração de metabólitos causa fadiga induzida periféricamente (ROBBINS, et al, 2010; MCARDLE, et al, 2015).

Alguns estudos analisaram os efeitos metabólicos no músculo após o uso de TRFS utilizando baixa carga (até 40% de 1RM) e foram nesses casos onde a alteração metabólica apresentou melhora. A compressão persistente do fluxo circulatório ao longo de uma série de duração mais longa utilizando cargas mais leves resulta em hipóxia aguda, aumentando assim o acúmulo de metabólitos. A combinação desses fatores causa o rápido acúmulo de metabólitos intramusculares, juntamente com uma diminuição concomitante dos níveis de ph. (SUGA, et al, 2010). A hipóxia tecidual ocasionada pelo TRFS com cargas mais baixas pode induzir tanto hipertrofia muscular quanto aumento do líquido local, a depender do contexto e do tipo de treinamento em que um indivíduo é submetido. Temos como hipertrofia a caracterização do aumento das miofibrilas, tal aumento pode ser promovido pela compressão realizada no membro a ser treinado ocasionado pelas adaptações hipertróficas.

Deve-se levar em consideração que um provável mediador para esse mecanismo são as Espécies Reativas de Oxigênio (ROS), moléculas liberadas em situações de hipóxia nos tecidos, atuando na ativação de proteínas HIF-1 alfa (fator induzido por hipóxia 1-alfa) e por consequência a miogênese (CIRILLO, et al, 2017). Porém esse mesmo mecanismo pode ser ativado em outras condições em que os músculos requisitará uma maior quantidade de oxigênio, como é o caso de exercícios com uma maior intensidade ou em grande altitude. Com isso fica clara a necessidade de novas pesquisas e estudos em relação aos efeitos da oclusão vascular durante o treino para gerar hipertrofia, os artigos abordados não utilizam ferramentas avaliativas que comprovem o aumento das fibras musculares, diferenciando do aumento de volume pós treino, o qual pode ser gerado por acúmulo de líquidos. A forma como os fatores de estresse metabólico atuam durante o TRFS permanece ainda no campo da especulação.

4.3 REPERCUSSÕES VASCULARES

Segundo estudo de Spranger (2015) o artigo destaca preocupações sobre o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo (TRFS) em relação ao reflexo pressor do exercício (RPE), que pode aumentar a pressão arterial durante a prática de atividades físicas, além do acúmulo metabólico de ácido láctico e prótons. O estudo sugere que a TRFS, embora eficaz no fortalecimento muscular com cargas leves, pode trazer riscos cardiovasculares, principalmente para indivíduos com predisposição, como quadros infartos agudos e arritmias cardíacas. Os autores enfatizam a necessidade de mais pesquisas para avaliar a segurança desse método, especialmente em populações vulneráveis.

Para Mannozi (2023) O grande impacto cardiovascular durante o exercício com TRFS levanta preocupações, porque a redução da perfusão muscular pode desencadear um metaborreflexo

muscular, aumentando a pressão arterial. Esse aumento pode ser perigoso em indivíduos com problemas cardíacos, uma vez que o reflexo pode resultar em vasoconstrição periférica e elevação da pressão arterial, elevando o risco de eventos cardiovasculares durante o exercício.

Portanto o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo (TRFS) apresenta contraindicações importantes para pacientes com doenças cardiovasculares. A técnica pode desencadear aumentos expressivos na pressão arterial, devido à ativação do metaborreflexo muscular, o que eleva o risco de eventos como infartos, arritmias e insuficiência cardíaca. Dessa forma, indivíduos com histórico de doenças cardíacas ou fatores de risco, como hipertensão, devem evitar a prática de TRFS.

4.4 FORÇA

Entre os principais efeitos possíveis de se alcançar utilizando um protocolo de treino com uso de oclusão vascular, a força recebeu foco especial. O que chama a atenção se tratando de exercícios realizados com uma carga relativamente mais baixa. Os artigos abordados utilizaram dispositivos como dinamômetro principalmente e o aparelho CON-TREX, além da aplicação do teste de 1RM periodicamente para analisar a evolução. O ganho de força não se apresentou quando associado TRFS + alta carga.

Por outro lado, o ganho de força com TRFS utilizando baixa carga, quando comparado a exercícios de fortalecimento com carga alta e sem uso de restrição de fluxo sanguíneo, não apresentou diferença significativa. Logo, os autores levam em consideração que o uso de TRFS + baixa carga pode servir como possível alternativa para substituir o exercício com alta carga. Temos então que os benefícios relacionados à força muscular estão diretamente relacionados aos objetivos de cada paciente e terapeuta. Em casos de progressão de carga, o uso de TRFS + baixa carga funciona como alternativa, porém com a vantagem de alcançar ganhos semelhantes quando comparado a um treino resistido com carga alta. Os estudos apontaram que em fase inicial de tratamento de um pós operatório os pacientes apresentam dor e diminuição da amplitude de movimento, levando isso em consideração, seria possível utilizar TRFS em fase inicial de tratamento, pois cargas mais leves auxiliam na preservação da articulação e podem facilitar a aceitação do paciente ao tratamento e na redução da dor.

Quando o objetivo é ganho de força, os exercícios usam cargas relativamente altas, com média de 70% de uma repetição máxima, e podem aumentar o estresse da articulação, potencialmente agravando os sintomas dos pacientes. Isso pode levar os terapeutas a reduzir a carga do exercício para evitar dor durante a execução e, portanto, as cargas podem não ser suficientes para aumentar a força (CONSTANTINO, et al, 2022). O ganho com TRFS associado a exercícios resistidos com baixa carga pode estar relacionado, pelo menos parcialmente, ao aumento do recrutamento de fibras musculares com a pressão de oclusão, o que pode ser causado por um maior acúmulo de lactato dentro do músculo (TAKARADA, et al, 2000).

O uso de TRFS para ganho de força, assim como para hipertrofia, se mostrou ainda subjetivo e especulativo. Por mais que alguns dados apresentam proximidade em relação a evolução da força quando comparada a exercícios com carga elevada, existe uma carência em pesquisas com exposições fisiológicas para tal ganho. Com isso, pode-se levar em consideração que o uso pode ser benéfico quando o paciente apresenta dor ao realizar exercícios com carga elevada, porém para progressão futura de carga o uso se faz desnecessário.

5. CONCLUSÃO

O presente artigo mostrou que a TRFS apresentou-se benéfica como terapia complementar para o pós operatório de lesões de joelho, apresentando contribuições positivas principalmente para prática de exercícios com nível reduzido de dor, melhora funcional e ganho de força muscular utilizando baixas cargas.

REFERÊNCIAS

Barber-Westin S, Noyes FR. Blood Flow–Restricted Training for Lower Extremity Muscle Weakness due to Knee Pathology: A Systematic Review. *Sports Health* [Internet]. 2018 Nov 26;11(1):69-83. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1941738118811337>

Cirillo F, Resmini G, Ghiroldi A, Piccoli M, Bergante S, Tettamanti G, Anastasia L. Activation of the hypoxia-inducible factor 1 α promotes myogenesis through the noncanonical Wnt pathway, leading to hypertrophic myotubes. *FASEB J*. 2017 May;31(5):2146-56. doi: 10.1096/fj.201600878R. Epub 2017 Feb 10. PMID: 28188178.

Constantinou A, Mamais I, Papathanasiou G, Lamnisos D, Stasinopoulos D. Comparing hip and knee focused exercises versus hip and knee focused exercises with the use of blood flow restriction training in adults with patellofemoral pain. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2022 Apr;58(2):225-35. doi: 10.23736/S1973-9087.22.06691-6. Epub 2022 Jan 5. PMID: 34985237; PMCID: PMC9980495.

Curran MT, Bedi A, Mendias CL, Wojtys EM, Kujawa MV, Palmieri-Smith RM. Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2020 Mar;48(4):825-37. doi: 10.1177/0363546520904008. PMID: 32167837.

Da Rocha DG, Marcelino LG. Trauma de joelho abordagem e tratamento: uma revisão sistemática / Knee trauma approach and treatment: a systematic review. *Braz J Dev* [Internet]. 2022 May 4;8(5):33902-12. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n5-084>

Goldblatt JP, Richmond JC. Anatomy and biomechanics of the knee. *Oper Tech Sports Med* [Internet]. 2003 Jul;11(3):172-86. Disponível em: <https://doi.org/10.1053/otsm.2003.35911>

Hughes L, Paton B, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. 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. *Phys Ther Sport*. 2018 Sep;33:54-61. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.07.002. Epub 2018 Jul 10. PMID: 30014968.

Hughes L, Patterson SD, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Dawes J, Paton B. 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. *Phys Ther Sport*. 2019 Sep;39:90-8. doi: 10.1016/j.ptsp.2019.06.014. Epub 2019 Jul 2. PMID: 31288213.

Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Dawes J, Paton B, Patterson SD. 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 Med*. 2019 Nov;49(11):1787-805. doi: 10.1007/s40279-019-01137-2. PMID: 31301034.

Jack RA 2nd, Lambert BS, Hedt CA, Delgado D, Goble H, McCulloch PC. Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL Reconstruction. *Sports Health*. 2023 May;15(3):361-71. doi: 10.1177/19417381221101006. Epub 2022 Jun 27. PMID: 35762124; PMCID: PMC10170230.

Ke J, Zhou X, Yang Y, Shen H, Luo X, Liu H, Gao L, He X, Zhang X. Blood flow restriction training promotes functional recovery of knee joint in patients after arthroscopic partial meniscectomy: A randomized clinical trial. *Front Physiol*. 2022 Oct 13;13:1015853. doi: 10.3389/fphys.2022.1015853. PMID: 36311243; PMCID: PMC9611541.

Kong DH, Jung WS, Yang SJ, Kim JG, Park HY, Kim J. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation and Blood Flow Restriction in Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Nov 15;19(22):15041. doi: 10.3390/ijerph192215041. PMID: 36429760; PMCID: PMC9690111.

Li X, Li J, Qing L, Wang H, Ma H, Huang P. Effect of quadriceps training at different levels of blood flow restriction on quadriceps strength and thickness in the mid-term postoperative period after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled external pilot study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 May 8;24(1):360. doi: 10.1186/s12891-023-06483-x. PMID: 37158913; PMCID: PMC10165811.

Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, Morrison S. Blood Flow Restriction Training. *J Athl Train*. 2021 Sep 1;56(9):937-44. doi: 10.4085/418-20. PMID: 34530434; PMCID: PMC8448465.

Mannozi J, Al-Hassan MH, Kaur J, Lessanetwork B, Alvarez A, Massoud L, Aoun K, Spranger M, O'Leary DS. Blood flow restriction training activates the muscle metaboreflex during low-intensity sustained exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2023 Aug 1;135(2):260-70. doi: 10.1152/jappphysiol.00274.2023. Epub 2023 Jun 22. PMID: 37348015; PMCID: PMC10393340.

McArdle WD. *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance*. 8a ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health; 2015.

Robbins DW, Goodale TL, Docherty D, Behm DG, Tran QT. The effects of load and training pattern on acute neuromuscular responses in the upper body. *J Strength Cond Res*. 2010 Nov;24(11):2996-3007. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181f67474. PMID: 20975369.

Roman DP, Burland JP, Fredericks A, Giampetruzzi N, Prue J, Lolic A, Pace JL, Crepeau AE, Weaver AP. Early- and Late-Stage Benefits of Blood Flow Restriction Training on Knee Strength in Adolescents After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2023 Nov 27;11(11):23259671231213034. doi: 10.1177/23259671231213034. PMID: 38035209; PMCID: PMC10683400.

Schoenfeld BJ. *Hipertrofia muscular: ciência e prática*. 2nd ed. Barueri: Editora Manole; 2023.

Schoenfeld BJ. Mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res*. 2010 Oct;24(10):2857-72. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3.

Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol*. 2010 Jun;108(6):1563-7. doi: 10.1152/jappphysiol.00504.2009.

Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*. 2000 Jun;88(6):2097-106. doi: 10.1152/jappl.2000.88.6.2097.

Tennent DJ, Hylden CM, Johnson AE, Burns TC, Wilken JM, Owens JG. Blood flow restriction training after knee arthroscopy: a randomized controlled pilot study. *Clin J Sport Med*. 2017 May;27(3):245-52. doi: 10.1097/JSM.0000000000000377. PMID: 27749358.

Vieira de Melo RF, Komatsu WR, Freitas MS, Vieira de Melo ME, Cohen M. Comparison of Quadriceps and Hamstring Muscle Strength after Exercises with and without Blood Flow Restriction following Anterior Cruciate Ligament Surgery: A Randomized Controlled Trial. *J Rehabil Med*. 2022 Nov 1;54:jrm00337. doi: 10.2340/jrm.v54.2550. PMID: 36190389; PMCID: PMC9639477.