

Benefícios do treinamento de força para atletas de alto rendimento em reabilitação de ligamento cruzado anterior

Benefits of strength training for high-performance athletes in anterior cruciate ligament rehabilitation

Beneficios de el entrenamiento de fuerza para deportistas de alto rendimiento en la rehabilitación del ligamento cruzado anterior

Recebido: 02/10/2025 | Revisado: 09/10/2025 | Aceitado: 10/10/2025 | Publicado: 12/10/2025

Enzo Barbosa Vitor

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7533-2416>
Centro Universitário Fametro, Brasil
E-mail: e.bvictor@hotmail.com

Paula Adriana dos Santos de Fontes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6583-4490>
Centro Universitário Fametro, Brasil
E-mail: paulasfontes19@gmail.com

Resumo

Este artigo objetivou analisar os benefícios do treinamento de força na reabilitação de atletas de alto rendimento após a reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA). Por meio de uma revisão bibliográfica, foram identificados estudos entre 2015 e 2025 que abordaram protocolos de exercícios resistidos e seus efeitos sobre a função articular, força muscular e retorno ao esporte. Os resultados apontam que déficits de quadríceps, isquiotibiais e glúteos são comuns após a cirurgia, impactando a estabilidade dinâmica e o desempenho esportivo. Evidências destacam que o treinamento de força, especialmente em modalidades excêntricas, isocinéticas e funcionais, favorece ganhos de hipertrofia, torque muscular, simetria entre os membros e confiança do atleta. Além disso, protocolos que associam exercícios em cadeia cinética fechada e aberta, combinados com estímulos neuromusculares e pliométricos, mostraram-se mais eficazes para reduzir déficits persistentes e prevenir recidivas. Conclui-se que o fortalecimento progressivo e bem estruturado é essencial para acelerar a recuperação funcional e garantir maior longevidade esportiva.

Palavras-chave: Ligamento Cruzado Anterior (LCA); Treinamento de força; Atletas.

Abstract

This article aimed to analyze the benefits of strength training in the rehabilitation of high-performance athletes after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. A literature review identified studies conducted between 2015 and 2025 that addressed resistance exercise protocols and their effects on joint function, muscle strength, and return to sport. The results indicate that quadriceps, hamstring, and gluteal deficits are common after surgery, impacting dynamic stability and athletic performance. Evidence suggests that strength training, especially eccentric, isokinetic, and functional modalities, promotes gains in hypertrophy, muscle torque, limb symmetry, and athlete confidence. Furthermore, protocols that combine closed and open kinetic chain exercises, combined with neuromuscular and plyometric stimuli, have proven more effective in reducing persistent deficits and preventing relapses. The conclusion is that progressive and well-structured strengthening is essential to accelerate functional recovery and ensure greater athletic longevity.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament (ACL); Strength training; Athletes.

Resumen

Este artículo tuvo como objetivo analizar los beneficios del entrenamiento de fuerza en la rehabilitación de atletas de alto rendimiento tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Una revisión bibliográfica identificó estudios realizados entre 2015 y 2025 que abordaron protocolos de ejercicios de resistencia y sus efectos sobre la función articular, la fuerza muscular y la reincorporación deportiva. Los resultados indican que los déficits en cuádriceps, isquiotibiales y glúteos son comunes después de la cirugía, lo que afecta la estabilidad dinámica y el rendimiento deportivo. La evidencia sugiere que el entrenamiento de fuerza, especialmente las modalidades excéntricas, isocinéticas y funcionales, promueve mejoras en la hipertrofia, el torque muscular, la simetría de las extremidades y la confianza del atleta. Además, los protocolos que combinan ejercicios de cadena cinética cerrada y abierta, junto con estímulos neuromusculares y pliométricos, han demostrado ser más eficaces para reducir los déficits persistentes y prevenir las

recaídas. La conclusión es que el fortalecimiento progresivo y bien estructurado es esencial para acelerar la recuperación funcional y garantizar una mayor longevidad deportiva.

Palabras clave: Ligamento Cruzado Anterior (LCA); Entrenamiento de fuerza; Atletas.

1. Introdução

O atleta de alto rendimento é aquele que se dedica de forma sistemática e intensa à prática esportiva, ultrapassando o caráter recreativo e buscando constantemente resultados competitivos (Figueira, 2022). Segundo Barbosa et al. (2020), os atletas de alto rendimento diferenciam-se por estarem submetidos a elevados níveis de treinamento, competições regulares e acompanhamento multidisciplinar, envolvendo áreas como fisiologia, nutrição e psicologia. Dessa forma, compreende-se que esse perfil de atleta exige não apenas preparo físico, mas também organização profissional e suporte científico que o diferenciam do praticante recreativo (Gerber, 2009). Logo, são necessárias ações de alta intensidade dos atletas — como corridas rápidas, desacelerações, mudanças de direção, saltos e contatos físicos — que, somadas à carga de treinos e jogos, favorecem a incidência de lesões musculoesqueléticas, sobretudo nos membros inferiores (Pereira et al., 2011). Lesões no joelho são particularmente comuns entre atletas de alto rendimento, sendo a ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) uma das mais graves e incapacitantes (Barbosa et al., 2008).

O joelho é uma articulação muito resistente e complexa, sendo classificada como uma articulação sinovial que proporciona uma alta capacidade de movimentação articular. Essa articulação é formada pelos ossos patela, fêmur e tíbia, originando nesse complexo articular as articulações: fêmuro-patelar e a fêmurotibial (Pinheiro, 2015). Os ligamentos do joelho são responsáveis por preservar a articulação quando realiza-se amplitudes e movimentos fora dos padrões naturais. O rompimento desse ligamento causa uma instabilidade da articulação do joelho, ocasionando anteriorização da tíbia e rotação interna excessiva, o que resulta em restrição das atividades de vida diária (Pinheiro, 2015). Desta forma, uma lesão do ligamento cruzado anterior ocorre geralmente quando ele é forçado além da sua capacidade de elasticidade, ocasionando uma ruptura parcial ou total do ligamento (Figueira et al., 2022).

A lesão do LCA compromete significativamente a estabilidade articular e a função do joelho, o que resulta em perda de desempenho esportivo, tempo prolongado de afastamento das competições e riscos de complicações futuras, como lesões em meniscos e artrose precoce (Oliveira et al., 2014). Além disso, ocorre significativos déficits de força nos músculos do quadríceps e isquiotibiais que são frequentemente observados no pós-operatório da cirurgia de reconstrução devido à diminuição da capacidade funcional e à inibição artrogênica, podendo persistir mesmo após o retorno ao esporte (Lima et al., 2012).

Segundo Maciel et al. (2021), A inibição artrogênica do quadríceps, causada pela redução da excitabilidade reflexo-espinhal, é comumente observada após ruptura e reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA). A perpetuação da inibição artrogênica pode levar a déficits de força e atrofia devido às adaptações do sistema nervoso central (SNC) representadas por uma atividade reduzida do córtex somatossensorial, excitabilidade do trato corticoespinhal e aumento da ativação do córtex motor. Nesse sentido, o exercício de resistência bem prescrito é uma estratégia eficaz para controlar a inibição artrogênica durante a reabilitação.

Para uma recuperação eficiente, a reabilitação pós-lesão do LCA deve ser baseada em exercícios progressivos de força e que recuperem a função (Calvo Fernandez, 2025). Existem protocolos baseados em exercícios funcionais que tem demonstrado melhores resultados em comparação com métodos tradicionais, proporcionando ganhos de força muscular, melhora do controle motor e recuperação da estabilidade articular (Nunes et al., 2020). A reabilitação também deve incluir avaliações funcionais, como testes de salto unipodal, que servem como métodos de alta na liberação para retorno ao esporte (Silva et al., 2021).

O treinamento de força tem o objetivo de exigir que o músculo faça uma movimentação contra uma resistência contrária, se tornando uma das formas mais famosas desse exercitar no meio de atletas e não atletas, fazendo o uso de maquinários, faixas

elásticas ou usando o próprio peso corporal (Johnson, 2022). É certo que, para os praticantes, se tenha vários benefícios, como ganho de hipertrofia muscular, aumento de força, melhoria no desempenho físico em atividades esportivas e da vida diária e diminuição do percentual de gordura corporal. (Fleck; Kraemer, 2017).

O treinamento de força, especialmente em ações excêntricas, se apresenta como fundamental para o restabelecimento da função muscular e para o desempenho em testes funcionais, como saltos horizontais e verticais. Estudos demonstram que programas de fortalecimento baseados em contrações excêntricas são eficazes para restaurar o torque dos músculos do joelho e aumentar a igualdade entre os membros (Oliveira et al., 2018).

A reabilitação do joelho através do treinamento de força visa o fortalecimento dos músculos envolvidos no complexo articular, como glúteos, quadríceps e isquiotibiais, e melhorar a estabilidade dinâmica da articulação, fazendo com que o joelho tenha seus movimentos sem anormalidades (Lepieskzynsk, 2003). Somado a isso, a reabilitação pretende proporcionar o retorno do atleta ao seu estado pré-lesão, além de prevenir e minimizar a possibilidade de recidivas e incidência à novas lesões (Lepieskzynsk, 2003).

Nos esportes de alto rendimento, a exigência e necessidade por um retorno rápido e seguro às competições torna ainda mais relevante a aplicação de estratégias de reabilitação bem estruturadas. Programas que combinam treino de força, controle neuromuscular e estímulos proprioceptivos são recomendados para prevenir recidivas e otimizar o desempenho esportivo (Greenberg, 2018).

Diante desse cenário, torna-se pertinente investigar os benefícios do treinamento de força em atletas de alto rendimento durante a reabilitação do ligamento cruzado anterior, procurando compreender as perdas funcionais iniciais e os ganhos progressivos obtidos ao longo do processo de recuperação. Assim, este artigo objetivou analisar os benefícios do treinamento de força em atletas de alto rendimento em reabilitação de ligamento cruzado anterior, propondo também a descrever quais são os déficits que ocorrem após a cirurgia da lesão, além de analisar como deve ser feito o treino resistido de membros inferiores e descrever quais os principais ganhos obtidos por meio do treinamento de força.

2. Metodologia

Realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática integrativa (Snyder, 2019) e, de natureza quantitativa em relação à quantidade de artigos selecionados para o estudo e, de abordagem qualitativa em relação à análise dos artigos selecionados (Pereira et al., 2018). Foi realizada uma revisão bibliográfica da literatura nas bases de dados PubMed e Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), acessadas através do site de busca, tendo um caráter exploratório e descritivo. Foram utilizados os descritores: ("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH]), ("Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"[MeSH]), ("Resistance Training"[MeSH]), ("Exercise Therapy"[MeSH]), ("Athletes"[MeSH] OR "Sports"[MeSH]), ("Rehabilitation"[MeSH] OR "Return to Sport"), ("benefits"), ("Range of Motion"), além de utilizar os operadores lógicos AND, OR e NOT para auxiliar os descritores utilizados para localizar os artigos. Foram incluídos artigos publicados entre 2015 e 2025, com leitura aberta à todos, disponíveis na íntegra e revisados por pares, sendo excluídos os duplicados e os que não apresentaram relação direta com o tema. A triagem inicial foi realizada no software Rayyan QCRI, que auxiliou na exclusão de duplicados e na classificação preliminar dos estudos. Após a seleção, elaborou-se um quadro de síntese com autor, objetivos, metodologia, ano e principais resultados, a fim de subsidiar a análise crítica. A seguir o Quadro 1 apresenta a estratégia de busca:

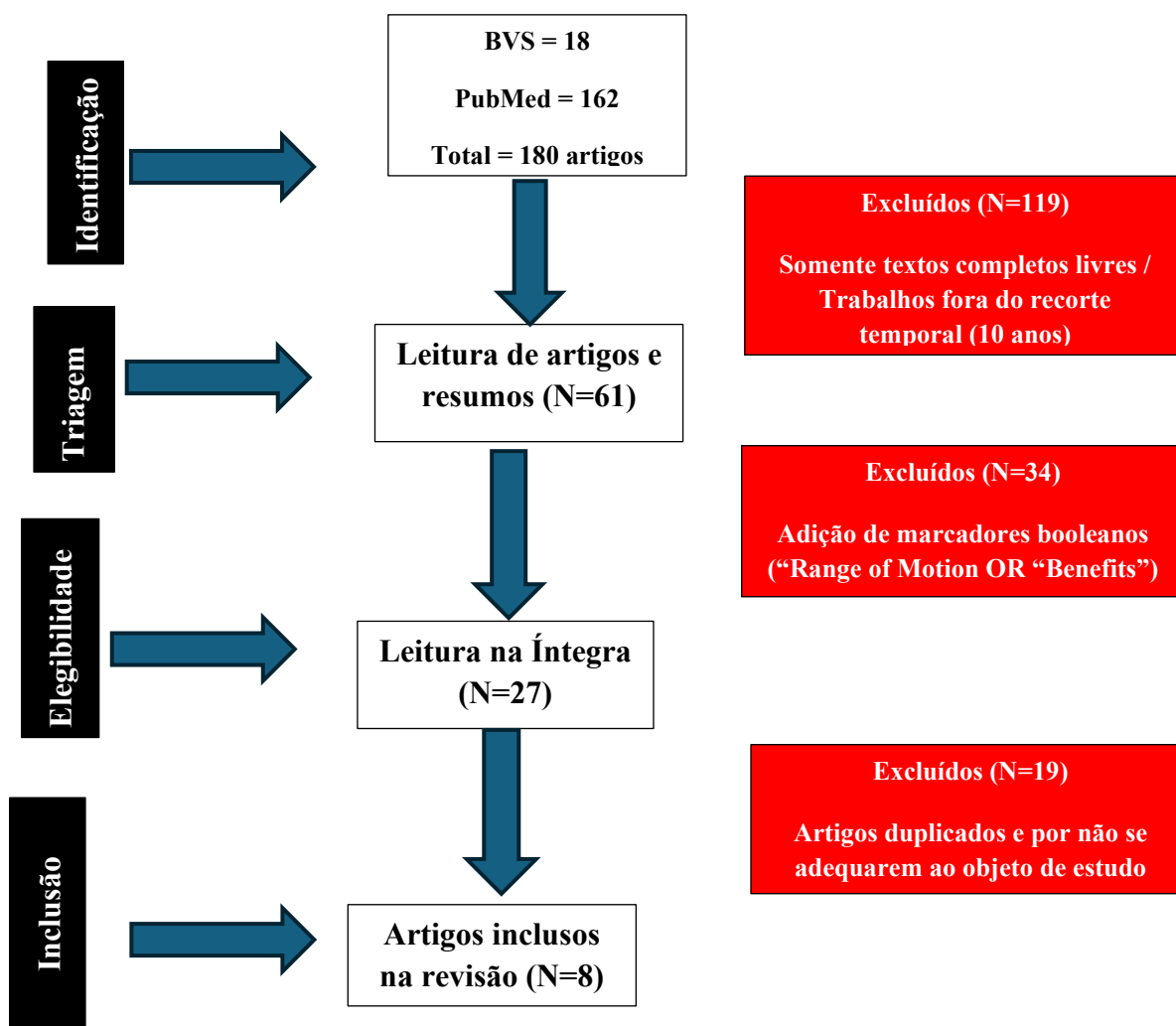
Quadro 1 – Fluxograma do processo de busca de artigos.

Base de dados: Bases pertencentes à Biblioteca Virtual de Saúde (BVS) e PubMed
Estratégias de Busca: ("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH] OR "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"[MeSH]) AND ("Resistance Training"[MeSH] OR "Exercise Therapy"[MeSH]) AND ("Athletes"[MeSH] OR "Sports"[MeSH]) AND ("Rehabilitation"[MeSH] OR "Return to Sport") AND ("benefits")

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Nas linhas seguintes apresenta-se a Figura 1 que apresenta o Fluxograma do processo de busca de artigos:

Figura 1 – Fluxograma do processo de busca de artigos.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

3. Resultados e Discussão

Com base na revisão da literatura, foram identificados estudos que investigaram diferentes estratégias de reabilitação após reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA), abrangendo desde protocolos gerais de fisioterapia até intervenções específicas, como exercícios em cadeia cinética aberta e treinamentos excêntricos. O Quadro 2 a seguir apresenta uma síntese

dos principais achados, destacando os objetivos, metodologias e conclusões, possibilitando uma visão comparativa das evidências disponíveis e dos avanços recentes na área.

Quadro 2 – Relação dos artigos selecionados para este estudo.

AUTOR E ANO	OBJETIVO	AMOSTRA	MÉTODOS	TIPO DE ESTUDO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Melick et al., 2016	A Sociedade Real Holandesa de Fisioterapia (KNGF) instruiu um grupo multidisciplinar de especialistas holandeses em ligamento cruzado anterior (LCA) a desenvolver uma declaração de evidências para reabilitação após a reconstrução do LCA.	90 artigos	Busca sistemática na literatura por meio do PubMed e Cochrane Library, entre janeiro de 1990 e 2015	Revisão sistemática	A reabilitação após a reconstrução do ligamento cruzado anterior deve consistir em três fases. Os objetivos para a progressão para a próxima fase devem ser baseados na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde. Uma bateria de testes abrangente, uma bateria de testes de salto e medição da qualidade do movimento, é necessária para determinar o momento de retorno ao jogo.
Manoharan et al., 2024	Revisar as evidências atuais e práticas clínicas do processo de reabilitação e retorno ao esporte após a reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA), destacando protocolos, critérios de alta e fatores determinantes para o sucesso da volta às atividades esportivas.	Autor não expôs amostras.	Os autores compilaram evidências recentes sobre reabilitação, pré-habilitação, protocolos de fisioterapia pós-operatória e critérios para retorno seguro ao esporte.	Revisão de literatura	A reconstrução do LCA, associada a um programa estruturado de reabilitação, é a abordagem padrão para atletas jovens ou com instabilidade no joelho.
Fontanier et al., 2025	Determinar o efeito dos exercícios de CCA durante as primeiras semanas de reabilitação após LCA-R.	14 estudos inclusos.	Uma busca bibliográfica abrangente foi conduzida de acordo com as diretrizes PRISMA, desde o início até abril de 2024. A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada usando as ferramentas ROBINS I e RoB-2. As mudanças nos resultados entre a pré e a pós-intervenção foram quantificadas usando diferenças médias padronizadas.	Revisão sistemática e meta-análise	Os exercícios de CCA podem proporcionar benefícios e nenhum efeito adverso nos estágios iniciais da reabilitação após a R-LCA, particularmente quando iniciados após os exercícios de CCF.
Stojanović et al., 2023	comparar os efeitos de 6 semanas de treinamento de força orientado para excêntrico versus treinamento de força tradicional durante a fase tardia de reabilitação do LCA na força da perna e no desempenho de salto vertical e horizontal em atletas profissionais de esportes coletivos.	22 indivíduos entre 16 e 30 anos com LCA reconstruído unilateralmente entre 5 e 6 meses após a cirurgia	22 atletas profissionais com LCA reconstruído unilateralmente divididos em 2 grupos, excêntrico e controle, durante 6 semanas 2 a 3 vezes na semana, avaliando no início e no fim do treinamento.	Ensaio clínico experimental randomizado comparativo.	O treinamento de força excêntrico com volante foi superior ao treinamento tradicional na fase tardia da reabilitação do LCA.
Vidmar et al., 2020	Comparar os efeitos do treino excêntrico convencional e do treino excêntrico isocinético na musculatura do quadríceps, força e	30 atletas masculinos entre 18 e 40 anos	30 atletas do sexo masculino submetidos à reconstrução do LCA receberam um programa de reabilitação padrão. Foram randomizados em grupo convencional e isocinético para participar de um programa de treino excêntrico de 6 semanas,	Ensaio clínico randomizado controlado	O treinamento excêntrico isocinético promove maiores respostas do que o treinamento excêntrico convencional na massa e força muscular do quadríceps de atletas recreativos após reconstrução do LCA.

	funcionalidade em atletas após reconstrução do LCA.		2 sessões na semana na cadeira extensora ou dinamômetro isocinético.		
Du et al., 2024	explorar o impacto de um programa de treinamento funcional de 3 meses, alinhado à recuperação aprimorada após a cirurgia, na recuperação pós-cirúrgica após a cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior.	34 pacientes entre 14 e 24 anos.	Os participantes do grupo experimental foram submetidos a um regime de 3 meses de treinamento funcional após a cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior, enquanto o grupo controle seguiu uma abordagem de recuperação convencional. As avaliações foram realizadas antes e após o intervalo de recuperação de 3 meses, utilizando o Teste de Equilíbrio em Y, Triagem de Movimento Funcional e Teste Isocinético do Joelho.	Ensaio controlado randomizado	o protocolo de treinamento funcional de 3 meses alinhado à recuperação aprimorada após a cirurgia é um meio de facilitar efetivamente a recuperação após a cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior.
Arundale et al., 2018	Avaliar se os atletas terão melhor função do joelho e medidas de resultados relatadas pelos pacientes do pré ao pós-treinamento =, além de verificar se o grupo SAP + PERT terá pontuações de resultados mais altas do que o grupo SAP e se os resultados serão diferentes por sexo.	40 atletas homens entre 15 e 54 anos submetidos a uma reconstrução isolada e unilateral do LCA.	40 atletas onde todos passaram por RLCA randomizados em grupos SAP e SAP+PERT, sendo avaliado força de quadríceps, capacidade de pular e resultados dos pacientes antes e depois do programa de treinamento.	Ensaio Controlado Randomizado	Os elementos comuns do programa de treinamento que todos os atletas receberam podem ser um complemento benéfico à fase de retorno ao esporte da reabilitação da reconstrução do LCA. Os resultados sugerem que as mulheres podem precisar de mais fortalecimento do quadríceps para manter e melhorar o QI.
Petushek et al., 2018	Avaliar os componentes comuns e eficazes incluídos nos programas de TNM do LCA e desenvolver uma ferramenta eficiente e fácil de usar para avaliar a qualidade dos programas de TNM do LCA.	18 estudos inclusos.	A inclusão no estudo exigiu um delineamento de ensaio clínico prospectivo controlado, uma intervenção de TNM com o objetivo de reduzir a incidência de lesão do LCA, um grupo de comparação, incidência de lesão do LCA e participantes do sexo feminino. Os seguintes dados foram extraídos: ano de publicação, delineamento do estudo, tamanho e características da amostra, e características do TNM, incluindo tipo e número de exercícios por sessão, volume, duração, tempo de treinamento e treinamento do implementador. A análise envolveu técnicas de subgrupo univariado e metarregressão utilizando modelos de efeitos aleatórios.	Ensaio clínico prospectivo controlado	Considerando as evidências agregadas, recomendamos que os programas de TNM do LCA tenham como alvo atletas mais jovens e utilizem implementadores treinados que incorporem exercícios de força da parte inferior do corpo com foco específico na estabilização da aterrissagem (pular/pular e segurar) ao longo de suas temporadas esportivas.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

3.1 Déficits após a cirurgia de ligamento cruzado anterior

A cirurgia de ligamento cruzado anterior é uma operação importante para restaurar a estabilidade do joelho e permitir que ocorra um retorno adequado às atividades cotidianas e esportivas após lesão ligamentar grave. Ela pode ser feita por meio de duas formas: técnica de osso-tendão patelar-osso (OTO) e enxerto quádruplo de semitendíneo e grácil (EQSG). A partir disso, tem-se vantagens e desvantagens para a utilização e recomendação para cada tipo de enxerto (Pereira *et al.*, 2012). O OTO apresenta alta resistência, boa qualidade de fixação, facilidade em se obter o material, bom potencial de cicatrização, boa estabilidade a longo prazo e apresenta um melhor índice de retorno ao esporte. Porém, podem ocorrer complicações como fraturas

patelares, tendinite patelar, ruptura do tendão patelar, dificuldade para ajoelhar-se, distúrbios de sensibilidade e dor na região anterior do joelho. Já o EQSG diminui as complicações crônicas e agudas da articulação patelofemoral, a partir do evitamento da retirada de parte do mecanismo extensor. No entanto, o procedimento é tecnicamente mais complicado em relação ao autoenxerto OTO e há a possibilidade de enfraquecimento dos músculos isquiotibiais (Pereira *et al.*, 2012).

Desta forma, após a cirurgia há alguns déficits que devem ser mencionados, onde ocorre principalmente diminuição da força dos quadríceps, isquiotibiais e glúteos, músculos que estão diretamente ligados à marcha do paciente. Além da perda da força, ocorre diminuição da amplitude de movimento da articulação do joelho, pois há uma limitação na extensão total e na flexão completa; também ocorrem déficits relacionados com a propriocepção do paciente, uma vez que os mecanorreceptores responsáveis pela percepção articular e estabilidade dinâmica são danificados no momento da lesão, contribuindo para aumento do risco de entorses e menor equilíbrio funcional.

No ECR de Du et al. (2024), a amplitude de movimento (ADM) foi tratada como um dos objetivos centrais do protocolo de reabilitação pós-reconstrução do ligamento cruzado anterior. Os autores destacaram que a recuperação precoce da ADM é essencial para prevenir complicações como artrofibrose, inibição artrogênica do quadríceps e sobrecargas patelofemorais. Sendo assim, foram incluídos no programa exercícios funcionais como deslizamento na parede, elevações de perna estendida em diferentes direções, mobilização do manguito e patela, entre outros. A adoção de exercícios em cadeia cinética fechada, com sustentação de peso, potencializou a ativação de receptores articulares e favoreceu o controle neuromuscular, ampliando gradualmente a mobilidade do joelho. Essa estratégia resultou em ganhos expressivos na ADM, proporcionando uma evolução mais rápida da função articular e maior estabilidade. A literatura revisada corrobora com esses achados, reforçando que a mobilidade do joelho associada ao fortalecimento isométrico acelera a recuperação funcional e reduz complicações pós-operatórias.

3.2 Como deve ser feito o treino resistido de membros inferiores?

Na revisão sistemática de Melick et al. (2016), os autores apontam que tanto os exercícios em cadeia cinética fechada (CCF) quanto os de cadeia cinética aberta (CCA) podem ser utilizados na recuperação da força do quadríceps após a reconstrução do ligamento cruzado anterior. Segundo eles, exercícios de CCF promovem menos dor e menor risco de frouxidão articular nas fases iniciais. Já os exercícios de CCA podem ser introduzidos com segurança a partir da quarta semana, mas com uma ADM restrita entre 90° e 45°, devendo evitar sua aplicação precoce em amplitude total. Esta combinação de CCF e CCA apresenta potencial para ganhos de força e retorno ao esporte mais eficazes do que o uso isolado de CCF. Este achado corrobora com a meta-análise de Fountanier, pois ele afirma que exercícios em CCA possuem efeitos benéficos sobre a força, função e retorno ao jogo, especialmente quando realizado pelo menos 4 semanas após a cirurgia em programas de reabilitação que começaram com exercícios de CCF. Em relação às modalidades de treinamento, os autores sugerem que os exercícios isométricos de quadríceps são considerados seguros já na primeira semana após a cirurgia e o fortalecimento excêntrico de quadríceps mostrou-se seguro a partir da 3ª semana de pós-operatório, sendo mais eficaz na restauração da força do que o treinamento concêntrico, o que corrobora com os achados do ensaio clínico de Stojanovic que afirma que o treino excêntrico apresenta ganhos significativamente superiores em força da perna lesionada, salto vertical, salto unipodal e salto triplo no membro afetado. A superioridade do treinamento excêntrico é atribuída à maior tensão mecânica e adaptações neurais específicas, que otimizam o recrutamento muscular e compensam déficits persistentes após a cirurgia do LCA. Além disso, o treinamento neuromuscular, associado ao treinamento de força, é recomendado para otimizar o controle motor, a estabilidade dinâmica e os desfechos funcionais autorrelatados, uma vez que estimula mecanismos proprioceptivos e respostas motoras inconscientes.

Na revisão da literatura de Manoharan et al. (2025), O fortalecimento do quadríceps é considerado um dos pilares da reabilitação após a reconstrução do ligamento cruzado anterior. Para os autores, desde o pós-operatório imediato recomenda-se

iniciar exercícios leves, como contrações voluntárias e estimulação elétrica neuromuscular, progredindo gradualmente para exercícios resistidos de quadríceps e isquiotibiais conforme a tolerância do paciente. Movimentos em cadeia aberta com extensão terminal ativa do joelho, entre 15° e extensão total, devem ser evitados no início, devido ao estresse excessivo na articulação patelofemoral. Diversos estudos têm demonstrado que a recuperação da força do quadríceps está associada ao retorno do nível funcional antes da lesão, sendo que a sua fraqueza pode ser considerado o principal fator limitante no retorno ao esporte. Quando há déficits de força desse músculo, há piores resultados funcionais, mecânica alterada de salto e menor desempenho em testes unilaterais. Além disso, evidências sugerem que déficits persistentes de quadríceps não só prejudicam o desempenho esportivo, como também aumentam o risco de falha do enxerto.

No ensaio clínico de Arundale et al. (2018), procuraram investigar quais os efeitos de um programa de prevenção secundária de lesão do LCA aplicado durante o retorno ao esporte após a reconstrução cirúrgica. Participaram 79 atletas, homens e mulheres, divididos em dois grupos: um submetido ao programa de agilidade e pliometria (SAP) e outro que recebeu o mesmo protocolo acrescido de treinamento de perturbação (SAP+PERT). O protocolo de fortalecimento incluiu exercícios funcionais e específicos durante a reabilitação, como saltos unilaterais e multidirecionais, deslocamentos rápidos com mudanças de direção, exercícios pliométricos com progressão de dificuldade e atividades de agilidade em superfícies estáveis e instáveis. O grupo SAP+PERT ainda realizou exercícios de perturbação com estímulos externos imprevisíveis, que simulavam ações de instabilidade que ocorrem durante a prática do esporte. Os resultados mostraram ganhos significativos na simetria entre os membros em testes de salto e nas medidas de autorrelato, demonstrando evolução funcional e de confiança no joelho operado. A exceção foi a simetria de força do quadríceps (QI), que não apresentou melhora significativa no grupo geral. Na análise por sexo, apenas os homens aumentaram o QI, enquanto as mulheres não, o que se considera que deve haver uma maior necessidade de fortalecimento de quadríceps para atletas do sexo feminino.

Alinhado na perspectiva dos demais autores, o ensaio clínico de Vidmar et al. afirma que o treinamento isocinético promoveu maiores ganhos de hipertrofia e força do quadríceps em relação ao treinamento convencional, embora essas melhorias não tenham se refletido de forma consistente no desempenho funcional. As evidências indicam que o treinamento excêntrico é superior ao tradicional por proporcionar maior tensão mecânica e estímulos para hipertrofia muscular. Nos programas analisados, foram observados aumentos expressivos na força concêntrica, isométrica e excêntrica, além de melhor desempenho em testes de salto. Apesar disso, o autor aponta que a introdução de exercícios dinâmicos, especialmente em CCA, deve respeitar o tempo de cicatrização e seguir protocolos seguros para evitar frouxidão articular. O estudo reforça que o exercício isocinético, por permitir controle da intensidade em toda a amplitude de movimento e maior segurança ao paciente, é uma estratégia eficaz para acelerar o ganho de força e massa muscular. Ainda assim, os autores destacam que a melhora isolada da força não garante, por si só, melhor desempenho funcional, ressaltando a necessidade de incluir exercícios funcionais e específicos do esporte.

3.3 Quais os principais ganhos obtidos por meio do treinamento de força?

No ensaio clínico de Petushek et al. (2018), os autores afirmam que o treinamento resistido aparece como um dos componentes mais eficazes dentro dos programas de prevenção de recidivas do LCA. Os exercícios resistidos da parte inferior do corpo como isquiotibiais nórdicos, afundos, elevações de panturrilha e variações de agachamento apresentaram-se de forma fundamental para proteger a articulação do joelho, uma vez que tais exercícios melhoram o controle muscular do quadril e ativam os músculos agonistas do LCA (isquiotibiais e panturrilhas), o que proporciona com que esses ganhos diminuam movimentos de rotação interna e adução excessiva do quadril, movimentos que ocorrem durante o valgo dinâmico, principal mecanismo de lesão para o rompimento ligamentar. Além disso, afirmam ainda que a integração do fortalecimento com exercícios de estabilização da aterrissagem otimiza a técnica e o posicionamento durante saltos e quedas, diminuindo o impacto articular, o estresse sobre o LCA e evitando com que ocorra lesões durante a aterrissagem nos saltos. A combinação desses fatores propicia

melhor controle motor, estabilidade dinâmica da articulação e adaptação neuromuscular, elementos importantes tanto para o desempenho esportivo quanto para a prevenção de lesões.

Melick et al. (2016), na sua revisão afirma que a utilização de exercícios em cadeia cinética fechada (CCF) e aberta (CCA) proporciona maior eficiência nos ganhos de força, com menor dor e risco de frouxidão articular, enquanto Stojanovic traz a tese de que o treino excêntrico traz resultados superiores em força, salto vertical e desempenho unilateral, devido à maior tensão mecânica e adaptações neurais específicas.

Na revisão de Manoharan et al. (2025), os autores reforçam que o fortalecimento precoce do quadríceps, por meio de contrações voluntárias e estimulação elétrica neuromuscular, está diretamente associado ao retorno do nível funcional pré-lesão, prevenindo falhas do enxerto. Da mesma maneira, Vidmar et al. comprovam que o treinamento isocinético promove melhores ganhos de hipertrofia e força em comparação ao treinamento convencional, apesar de não refletir de forma consistente no desempenho funcional.

Além disso, Arundale et al. (2018) demonstraram que protocolos que integram exercícios de força com pliometria, velocidade e perturbação favorecem ganhos de simetria entre os membros, maior confiança no joelho operado e evolução funcional, embora ainda tenham uma recuperação da força do quadríceps diferente entre homens e mulheres. Em conjunto, esses achados evidenciam que o treinamento de força, especialmente quando associado a estratégias excêntricas, isocinéticas e funcionais, é determinante para acelerar a reabilitação, reduzir déficits persistentes e otimizar o retorno ao esporte com segurança.

4. Conclusão

Conclui-se com este artigo que o treinamento resistido possui um papel central durante a reabilitação de atletas de alto rendimento após a reconstrução do ligamento cruzado anterior, sendo de suma importância para restaurar a estabilidade articular, recuperar a função muscular e promover um retorno seguro ao esporte. Evidências comprovam que protocolos que associam exercícios em cadeia cinética fechada e aberta, bem como estratégias isométricas, excêntricas, isocinéticas e funcionais, promovem ganhos superiores em força, desempenho e confiança do atleta para retornar ao esporte. Dessa forma, o fortalecimento progressivo e bem estruturado acelera o processo de recuperação, como também diminui déficits persistentes e o risco de recidivas, garantindo maior longevidade esportiva.

Referências

- Arundale, A. J. H., Capin, J. J., Zarzycki, R., Smith, A. H., Snyder-Mackler, L., & The ACL-SPORTS Trial Team. (2017). Report of the clinical and functional primary outcomes in men of the ACL-SPORTS trial: Similar outcomes in men receiving secondary prevention with and without perturbation training 1 and 2 years after ACL reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 475(10), 2523–2534. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5449-7>
- Calvo Fernández, Y., & Lago Rodríguez, Á. (2025). Programa preventivo de lesión de ligamento cruzado anterior en fútbol femenino durante períodos de confinamiento. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*, 36(1). Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1405524>
- Du, C., Liu, J., Deng, H., Ma, Y., Li, Y., Zhang, M., & Li, S. (2024). Three-month functional training programme improves knee joint function in athletes post-ACL reconstruction surgery. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 56, jrm18701. <https://doi.org/10.2340/jrm.v56.18701>
- Figueira, V. L. G., & da Silva Júnior, J. A. (2022). A importância da terapia imediata no pós-operatório do ligamento cruzado anterior. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 11(1), e18111125192. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25192>
- Fitzgerald, G. K., Piva, S. R., & Irrgang, J. J. (2003). A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(9), 492–501. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.9.492>
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2017). *Fundamentos do treinamento de força muscular* (4ª ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Fontanier, V., Vincent, J., Tardy, N., Fritsch, S., Borel, T., & Calmels, P. (2025). Effect of open kinetic chain exercises during the first weeks of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 72, 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2025.01.004>

- Gerber, J. P., Marcus, R. L., Dibble, L. E., Greis, P. E., & LaStayo, P. C. (2009). Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: A 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 89(1), 51–59. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070189>
- Germano Maciel, D., Santos Cerqueira, M., Gabbett, T. J., Elsangedy, H. M., & de Brito Vieira, W. H. (2022). Should we trust perceived effort for loading control and resistance exercise prescription after ACL reconstruction? *Sports Health*, 14(5), 764–769. <https://doi.org/10.1177/19417381211041289>
- Greenberg, E. M., Greenberg, E. T., Albaugh, J., Storey, E., & Ganley, T. J. (2018). Rehabilitation practice patterns following anterior cruciate ligament reconstruction: A survey of physical therapists. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(10), 801–811. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.8264>
- Johnson, A. K., Kuenze, C. M., Bley, J. A., Johnson, A. L., Saliba, S. A., & Hart, J. M. (2022). Functional resistance training after anterior cruciate ligament reconstruction improves knee angle and moment symmetry during gait: A randomized controlled clinical trial. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 38(6), 1847–1855. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2022.01.048>
- Lepieszkynsk, D. A. (2003). *A recuperação de lesões de joelho através da musculação pela visão médica*. Curitiba: Unibem.
- Manoharan, A., Anish, K., & Bajaj, P. (2024). Return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Permanente Journal*, 28(2), 1–7. <https://doi.org/10.7812/TPP/23.345>
- Pereira, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.
- Pereira, M., Vieira, N. D. S., Brandão, E. D. R., Ruaro, J. A., Grignet, R. J., & Fréz, A. R. (2012). Tratamento fisioterapêutico após reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Brasileira*, 20(6), 372–375. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522012000600006>
- Petushek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2018). Evidence-based best-practice guidelines for preventing anterior cruciate ligament injuries in young female athletes: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(7), 1744–1753. <https://doi.org/10.1177/0363546518782460>
- Petushek, E., Thomas, S., Kushner, A., Sugimoto, D., & Myer, G. D. (2025). Biopsychosocial profiles following ACL reconstruction: A latent class analysis of barriers to return-to-activity. *Physical Therapy in Sport*, 75, 144–150. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2025.07.003>
- Pinheiro, A. A. da C. (2015). Lesão do ligamento cruzado anterior: Apresentação clínica, diagnóstico e tratamento. *Revista Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia*, 23(4), 320–329. <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rpot/article/view/6780>
- Stojanović, M. D. M., Stojiljković, N., Stanković, M., Drid, P., & Milanović, Z. (2023). Effects of eccentric-oriented strength training on return to sport criteria in late-stage anterior cruciate ligament (ACL)-reconstructed professional team sport players. *Medicina*, 59(6), 1111. <https://doi.org/10.3390/medicina59061111>
- Van Melick, N., van Cingel, R. E., Brooijmans, F., Neeter, C., van Tienen, T., Hullegie, W., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. (2016). Evidence-based clinical practice update: Practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1506–1515. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>
- Vidmar, M. F., Dias, J. M., Tiggemann, C. L., & Alberton, C. L. (2019). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training on the quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 24(5), 405–414. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.01.002>
- Zebis, M. K., Aagaard, P., & Andersen, L. L. (2025). Rehabilitation after anterior cruciate ligament injury influences joint loading during walking but not hopping. *British Journal of Sports Medicine*, 59(7), 423–428. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-107123>