
EDUCAÇÃO FÍSICA

MARCUS BUHLER DE GODOY

**MELHORES TRATAMENTOS PARA MINIMIZAR A ATROFIA
MUSCULAR APÓS CIRURGIA DO LIGAMENTO CRUZADO
ANTERIOR (LCA) EM ATLETAS: UMA REVISÃO LITERÁRIA**



Rio Claro – SP

2024

MARCUS BUHLER DE GODOY

**MELHORES TRATAMENTOS PARA MINIMIZAR A ATROFIA
MUSCULAR APÓS CIRURGIA DO LIGAMENTO CRUZADO
ANTERIOR (LCA) EM ATLETAS: UMA REVISÃO LITERÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física em 2024

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Gabarra de Oliveira

Rio Claro – SP

2024

G589m Godoy, Marcus Buhler de
Melhores tratamentos para minimizar a atrofia muscular após cirurgia do ligamento cruzado anterior (LCA) em atletas: uma revisão literária / Marcus Buhler de Godoy. -- Rio Claro, 2024
38 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Alexandre Gabarra de Oliveira

1. Ligamento cruzado anterior. 2. Atrofia muscular. 3. Cirurgia. 4. Reconstrução do LCA. 5. Tratamentos. I. Título.

MARCUS BUHLER DE GODOY

MELHORES TRATAMENTOS PARA MINIMIZAR A ATROFIA MUSCULAR APÓS CIRURGIA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA) EM ATLETAS: UMA REVISÃO LITERÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de bacharel em Educação Física

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alexandre Gabarra de Oliveira

Prof. Dr. Carlos José Martins

Prof. Dr. Afonso Antonio Machado

Aprovado em: 13 de novembro de 2024

Assinatura do discente

Assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer o meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Gabarra por toda ajuda e suporte na confecção deste trabalho.

Gostaria também de agradecer à minha família, minha mãe Isabel, meu pai Francisco e minha irmã Guta por serem minha base durante o curso, sempre me apoiando. Agradecer também a minha namorada Kesia que sempre me incentivou e me ajudou. Obrigado a todos!

RESUMO

O ligamento cruzado anterior é um ligamento estabilizador do joelho. Sua lesão é comum principalmente em atletas, causando instabilidade. A contusão ocorre, geralmente, devido a movimentos repentinos, mudanças bruscas de direção e torções, que colocam uma pressão exorbitante no joelho. A intervenção cirúrgica é necessária para a reconstrução do ligamento e, conseqüentemente, retorno às atividades físicas. O tratamento pós-operatório é longo e, por causa disso, há atrofia muscular, principalmente dos membros inferiores que devem permanecer em repouso nos primeiros dias até que comece a fisioterapia. Sendo assim, o presente estudo investigou as melhores formas para que se tenha a menor perda muscular possível após a reconstrução ligamentar.

Palavras-chave de pesquisa: Ligamento cruzado anterior, atrofia muscular, cirurgia, reconstrução do LCA, tratamentos

ABSTRACT

The anterior cruciate ligament is a stabilizing ligament in the knee. Its injury is common, especially in athletes, causing instability. The injury usually occurs due to sudden movements, sudden changes of direction and twisting, which put exorbitant pressure on the knee. Surgical intervention is necessary to reconstruct the ligament and, consequently, return to physical activity. Post-operative treatment is long and, because of this, there is muscle atrophy, especially in the lower limbs, which must remain at rest for the first few days until physiotherapy begins. Therefore, this study investigated the best ways to minimize muscle loss after ligament reconstruction.

Research keywords: Anterior cruciate ligament, muscle atrophy, surgery, ACL reconstruction, treatments

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	12
1.2 Objetivos.....	13
1.3 Metodologia de pesquisa.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Anatomia Estrutural e Funcional do LCA.....	15
2.2 A Anatomia Funcional.....	16
2.3 A Biomecânica do LCA.....	16
2.4 A Propriedades Mecânicas do LCA.....	16
2.5 A Resistência do LCA.....	16
2.6 O Componente Nervoso.....	17
2.7 O Componente Vascular.....	17
2.8 O Componente Meniscal.....	17
2.9 Lesões Meniscais.....	17
2.10 Lesões do LCA.....	18
2.11 Atividade Postural.....	18
2.12 O Papel da Propriocepção no Controle Motor.....	18
2.13 Definição de Propriocepção.....	18
2.14 Medição da Oscilação Postural.....	19
2.15Reeducação Funcional Pós-Cirúrgica.....	19
3. BREVE RESENHA HISTÓRICA.....	20
3.1 A Fase Pré-Operatória: Benefícios da Reabilitação Antecipada.....	20
3.2 Exercícios de Cadeia Cinética Fechada (CCF) vs. Cadeia Cinética Aberta (CCA)...	21
3.3 Hidroterapia: Um Aliado Valioso na Reabilitação.....	21
3.4 Considerações Preliminares.....	22
4. EFEITOS DO TREINAMENTO RESISTIDO NA RECUPERAÇÃO PÓS-CIRÚRGICA DE LCA.....	26
4.1 Benefícios do Treinamento Resistido.....	26
4.2 Protocolos de Treinamento Resistido.....	26
4.3 Hidroterapia na Reabilitação Pós-LCA.....	27
4.4 Vantagens da Hidroterapia.....	27
4.5 Protocolos de Hidroterapia.....	28
4.6 Cadeias Cinéticas Fechadas e Reabilitação de LCA.....	28
4.7 Benefícios das Cadeias Cinéticas Fechadas.....	28
4.8 Exemplos de Exercícios CCF.....	29
4.9 Avanços Recentes na Reabilitação do LCA.....	29
4.10 Eletroestimulação Neuromuscular (ENM).....	29
4.11 Treinamento Proprioceptivo.....	30
5. BREVE RESUMO DO ESTUDO COMPARADO.....	30

6. O IMPACTO DA ATROFIA MUSCULAR NO PÓS-OPERATÓRIO DE LCA.....	35
6.1 Reabilitação Pré-Operatória: Prevenindo Atrofia Antes da Cirurgia.....	35
6.2 Mobilização Precoce e Exercícios Funcionais no Pós-Operatório.....	36
6.3 Reabilitação Agressiva e Conservadora: Diferentes Caminhos para a Recuperação	36
6.4 O Papel da Hidroterapia no Processo de Reabilitação.....	37
6.5 A Importância de Protocolos Personalizados de Reabilitação.....	38

1. INTRODUÇÃO

A atrofia muscular é caracterizada pela redução do volume e da força dos músculos, resultado de um enfraquecimento progressivo causado pela diminuição do tamanho das células musculares. Quando associamos a atrofia à lesão do ligamento cruzado anterior (LCA), há uma percepção equivocada de que ela ocorre apenas após a cirurgia de reconstrução. No entanto, a atrofia começa a se manifestar imediatamente após a lesão inicial, devido à inflamação, dores agudas e inchaço no joelho, o que leva à imobilidade e à interrupção temporária das atividades físicas. Essa inatividade por várias semanas favorece a perda de massa muscular, agravando a atrofia, mesmo antes do procedimento cirúrgico.

O LCA desempenha um papel fundamental na estabilização do joelho, e sua ruptura compromete diretamente a funcionalidade dessa articulação, especialmente em atividades esportivas que envolvem mudanças rápidas de direção, saltos ou desaceleração. A reconstrução cirúrgica é frequentemente necessária para atletas que desejam retornar ao nível de desempenho anterior. Contudo, além da cirurgia, o processo de recuperação envolve desafios como a perda significativa de força nos membros inferiores e a inibição artrogênica, um fenômeno que se refere à falha na ativação do quadríceps devido à dor e ao inchaço, que pode durar até 12 semanas após a cirurgia e, em alguns casos, persistir por anos. Essas condições podem resultar em limitações funcionais consideráveis e afetar negativamente a capacidade de retorno às atividades físicas normais (Hughes et al., 2019).

1.1 Justificativa

A reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma das cirurgias ortopédicas mais realizadas entre atletas profissionais e amadores. Um dos principais desafios após a lesão e após a cirurgia é a atrofia muscular, principalmente nos músculos quadríceps, podendo comprometer o retorno às atividades físicas. A recuperação eficiente e a manutenção da massa muscular são fundamentais para uma reabilitação bem-sucedida e para a prevenção de novas lesões.

Embora diversas abordagens terapêuticas estejam disponíveis, ainda não há um consenso sobre quais métodos são mais eficazes a fim de minimizar a atrofia muscular e acelerar a recuperação funcional. Logo, este estudo se justifica pela necessidade de identificar e avaliar os tratamentos mais eficientes, assim contribuindo para a escolha de intervenções que possam otimizar a reabilitação promovendo uma volta mais rápida e segura a suas atividades.

1.2 Objetivos

O propósito principal deste estudo é identificar, reunir e analisar os resultados de diferentes pesquisas, com o intuito de esclarecer quais tratamentos têm se mostrado mais eficazes na preservação e recuperação da massa muscular, especialmente no quadríceps e isquiotibiais, áreas diretamente afetadas após a cirurgia. A perda muscular nos membros inferiores é uma preocupação significativa para pacientes e profissionais de saúde, uma vez que compromete a função motora e prolonga o tempo de recuperação. Nesse contexto, será dada atenção especial às estratégias fisioterapêuticas mais modernas, como o uso de exercícios de cadeia cinética fechada (CCF), treinamento resistido, estimulação elétrica neuromuscular e hidroterapia.

Além disso, o estudo revisará o papel dos protocolos de reabilitação precoce, que têm sido cada vez mais indicados por apresentarem benefícios na prevenção da atrofia muscular, aumento da mobilidade e redução da dor. A literatura recente sugere que a mobilização precoce e o fortalecimento muscular controlado podem ter impacto positivo tanto na recuperação funcional quanto no retorno às atividades esportivas, sendo, portanto, elementos-chave na análise dos melhores tratamentos.

Outro ponto de destaque será a comparação entre protocolos conservadores e agressivos de reabilitação, discutindo seus respectivos prós e contras com base em evidências científicas. Embora o uso de protocolos agressivos, que incentivam o retorno precoce às atividades físicas, tenha sido associado a um ganho mais rápido de força e funcionalidade, é importante considerar os riscos de lesões ou de frouxidão ligamentar. Estudos que avaliem a estabilidade articular a longo prazo também serão explorados, a fim de fornecer uma visão completa sobre as diferentes abordagens de reabilitação.

Portanto, esta revisão de literatura buscará não apenas sintetizar os dados existentes, mas também identificar lacunas no conhecimento que podem abrir caminho para futuras pesquisas. A constante evolução das técnicas de reabilitação e dos dispositivos tecnológicos aplicados à fisioterapia sugere que novas abordagens e intervenções podem surgir, tornando necessário um entendimento crítico das práticas atuais. Dessa forma, o estudo contribuirá para a compreensão dos métodos mais promissores e baseados em evidências para otimizar a recuperação muscular pós-cirurgia de LCA, especialmente em atletas, que precisam de uma reabilitação eficiente e segura para retornar às competições com o mínimo de perda funcional possível.

1.3 Metodologia de pesquisa

Neste estudo, será realizada uma ampla revisão de literatura baseada em pesquisas acadêmicas e fontes confiáveis de dados, com o objetivo de oferecer uma análise abrangente das melhores abordagens terapêuticas para minimizar a perda de massa muscular dos membros inferiores após a cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA). A revisão se fundamentará em artigos científicos de bases renomadas como SciELO, PubMed e a biblioteca digital da Universidade Estadual Paulista (Unesp), priorizando publicações dos últimos 15 anos. Esse recorte temporal permitirá avaliar as contribuições mais recentes e relevantes sobre o tema, levando em consideração os avanços tecnológicos e científicos no campo da fisioterapia, reabilitação e ortopedia.

O processo de seleção de estudos seguirá critérios rigorosos de inclusão e exclusão, de modo a garantir a qualidade das informações. Serão considerados artigos que apresentem metodologias sólidas e cujas evidências sejam diretamente aplicáveis ao processo de recuperação muscular pós-cirúrgico. Além das bases de dados citadas, serão incluídas investigações adicionais provenientes de congressos científicos e relatórios clínicos, desde que atendam aos requisitos de relevância e confiabilidade. A revisão abordará tanto a literatura nacional quanto internacional, a fim de garantir uma perspectiva global e multidisciplinar, necessária para compreender as nuances da reabilitação de atletas e não atletas submetidos à cirurgia de LCA.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho buscou investigar os tratamentos mais efetivos para a recuperação da cirurgia de LCA. Para isso é necessário compreender os conceitos relacionados à estrutura biomecânica do joelho, sua anatomia e a propriocepção.

2.1 Anatomia Estrutural e Funcional do LCA

O ligamento cruzado anterior (LCA) é uma estrutura essencial para a estabilidade do joelho, sendo um dos principais ligamentos que conectam o fêmur à tíbia. Sua integridade é crucial para a realização de movimentos funcionais e para a prática esportiva, pois atua na prevenção da translação anterior da tíbia em relação ao fêmur, garantindo a estabilidade durante atividades que envolvem mudanças de direção, saltos e aterrissagens.

2.2 A Anatomia Funcional

Anatomicamente, o LCA é composto por uma rede de fibras colágenas organizadas de forma helicoidal, o que confere a esse ligamento não apenas resistência, mas também uma certa elasticidade. Essa característica permite que o LCA se adapte às forças aplicadas sobre o joelho em diferentes posições. O ligamento é geralmente dividido em duas porções: a porção anteromedial, que está mais esticada durante a flexão do joelho, e a porção posterolateral, que se estende mais durante a extensão. Essa configuração biomecânica é fundamental para a manutenção da estabilidade articular e para a absorção de impactos durante os movimentos.

2.3 A Biomecânica do LCA

Do ponto de vista biomecânico, o LCA atua como um estabilizador dinâmico do joelho. Durante a execução de atividades físicas, ele responde a diferentes forças e momentos aplicados ao joelho, ativando reflexos musculares que ajustam a posição do membro e garantem uma mobilidade segura. Estudos indicam que o LCA pode suportar forças significativas, tornando-se um elemento chave na prevenção de lesões ao evitar a hiperextensão e a rotação excessiva da articulação.

2.4 A Propriedades Mecânicas do LCA

As propriedades mecânicas do LCA são fundamentais para sua função. O ligamento apresenta uma alta resistência à tração, permitindo que suporte cargas que variam entre 2000 a 3000 N. Essas propriedades são essenciais durante a prática esportiva, onde as tensões no joelho podem ser extremas. A elasticidade e a viscosidade das fibras colágenas são igualmente importantes, pois ajudam na absorção de forças e na distribuição das cargas, protegendo a articulação de possíveis lesões.

2.5 A Resistência do LCA

A resistência do LCA é um aspecto crítico para a prevenção de lesões. Sua capacidade de suportar forças de tração significa que ele pode lidar com os estresses normais impostos ao joelho durante atividades cotidianas e esportivas. No entanto, fatores como fadiga, falta de aquecimento adequado e biomecânica inadequada podem comprometer essa resistência, aumentando o risco de lesões.

2.6 O Componente Nervoso

O componente nervoso associado ao LCA é vital para a propriocepção e o controle motor. Os receptores sensoriais localizados no ligamento e nas estruturas circundantes transmitem informações ao sistema nervoso central sobre a posição e o movimento da articulação. Essa comunicação é fundamental para a execução de movimentos precisos e para a resposta a situações inesperadas que podem levar a lesões.

2.7 O Componente Vascular

A vascularização do LCA é limitada, o que influencia diretamente a sua capacidade de cicatrização após lesões. O suprimento sanguíneo é essencial para a recuperação, pois fornece os nutrientes necessários e remove os produtos do metabolismo celular. A baixa vascularização do LCA pode resultar em uma recuperação prolongada e em complicações, como a formação de cicatrizes ou a rigidez articular.

2.8 O Componente Meniscal

Os meniscos são estruturas cartilaginosas que desempenham um papel crítico na função do joelho. Eles atuam como amortecedores, distribuindo as cargas que atuam na articulação e contribuindo para a estabilidade do joelho. Além disso, os meniscos ajudam a lubrificar a articulação, promovendo a saúde da cartilagem articular.

2.9 Lesões Meniscais

Lesões meniscais são frequentes em conjunto com lesões do LCA, ocorrendo em até 70% dos casos de rupturas do ligamento. Essas lesões podem agravar a dor, a instabilidade e a função do joelho, complicando o processo de reabilitação. O tratamento adequado das lesões meniscais é, portanto, fundamental para garantir uma recuperação bem-sucedida após a cirurgia de reconstrução do LCA.

2.10 Lesões do LCA

As lesões do LCA geralmente resultam de movimentos bruscos, como mudanças rápidas de direção, saltos e aterrissagens. Esses tipos de lesões são mais comuns em atletas que praticam esportes de alta intensidade, como futebol, basquete e esqui. A identificação precoce de lesões é crucial para o tratamento e a recuperação, minimizando os impactos negativos sobre a função do joelho.

2.11 Atividade Postural

A atividade postural desempenha um papel importante na estabilidade do joelho e na prevenção de lesões. O controle postural é diretamente influenciado pela propriocepção, que é a capacidade do corpo de perceber sua posição no espaço e ajustar os movimentos de acordo.

2.12 O Papel da Propriocepção no Controle Motor

A propriocepção é um elemento crucial na prevenção de lesões, especialmente em situações que envolvem mudanças rápidas de direção. Ela permite que o corpo responda de maneira eficiente a diferentes estímulos e ajuste a postura e o

movimento de forma a evitar lesões. Após uma cirurgia de LCA, a reabilitação deve focar no fortalecimento da propriocepção para restaurar a funcionalidade do joelho.

2.13 Definição de Propriocepção

Propriocepção é a capacidade do corpo de perceber a sua posição e movimento, facilitando a coordenação e o equilíbrio. Essa habilidade é mediada por receptores proprioceptivos localizados em músculos, articulações e ligamentos, que transmitem informações ao sistema nervoso central. O desenvolvimento da propriocepção é fundamental na reabilitação pós-cirúrgica, permitindo a recuperação da função normal do joelho.

2.14 Medição da Oscilação Postural

A medição da oscilação postural é uma técnica utilizada para avaliar a estabilidade e o controle motor. Essa avaliação pode identificar deficiências proprioceptivas, permitindo intervenções direcionadas na reabilitação. A monitorização da oscilação postural é uma ferramenta valiosa para personalizar programas de reabilitação e maximizar a recuperação do atleta.

2.15 Reeducação Funcional Pós-Cirúrgica

A reeducação funcional pós-cirúrgica é um componente essencial no processo de recuperação após a cirurgia de reconstrução do LCA. Ela envolve a implementação de exercícios e atividades que visam restaurar a função normal do joelho, minimizar a atrofia muscular e promover a estabilidade articular.

3. BREVE RESENHA HISTÓRICA

Historicamente, a abordagem para a reabilitação de lesões do LCA passou por uma evolução significativa. Antigamente, o foco estava em métodos conservadores e imobilização prolongada, mas a pesquisa moderna enfatiza a importância da mobilização precoce e da reabilitação funcional. Estudos mostram que a recuperação ativa e a introdução de exercícios de fortalecimento e propriocepção logo após a cirurgia podem melhorar significativamente os resultados a longo prazo. Essa mudança de paradigma na abordagem da reabilitação tem contribuído para a recuperação mais eficiente e segura dos pacientes, permitindo que retornem às suas atividades normais e esportivas com maior rapidez e segurança.

3.1 A Fase Pré-Operatória: Benefícios da Reabilitação Antecipada

Além do cuidado pós-operatório, os benefícios de iniciar o tratamento de reabilitação antes da cirurgia, quando possível, têm sido cada vez mais enfatizados por especialistas. O tratamento pré-operatório visa reduzir o inchaço, a dor e prevenir a atrofia muscular antes mesmo da reconstrução do LCA. A ideia é restaurar a amplitude de movimento e estabilizar o joelho para que os tecidos estejam em um estado mais saudável na cirurgia. Isso facilita uma recuperação pós-operatória mais eficiente e rápida.

Estudos recentes, como os discutidos no **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, indicam que a fase pré-operatória pode ser fundamental para o sucesso global da reabilitação. Essa fase, conhecida como "prehab", geralmente dura de duas a três semanas, sendo que 21 dias são suficientes para garantir que o joelho esteja em condições ideais para o procedimento cirúrgico. Pacientes que passam por um programa de reabilitação pré-operatória tendem a ter uma recuperação inicial melhor, além de uma maior facilidade para restaurar a amplitude de movimento nas fases subsequentes ao procedimento cirúrgico. Esse preparo prévio pode diminuir significativamente o risco de complicações como a artrofibrose, uma condição caracterizada pela formação excessiva de tecido cicatricial, que limita a movimentação da articulação.

3.2 Exercícios de Cadeia Cinética Fechada (CCF) vs. Cadeia Cinética Aberta (CCA)

Um dos aspectos mais discutidos no processo de reabilitação pós-cirúrgica é a escolha entre exercícios de cadeia cinética fechada (CCF) e cadeia cinética aberta (CCA). Estudos sugerem que os exercícios de CCF, como agachamentos e leg press, são mais eficazes após a cirurgia de reconstrução do LCA. Esses exercícios envolvem múltiplas articulações e grupos musculares, distribuindo a carga de maneira equilibrada entre os músculos, o que minimiza o estresse diretamente sobre o joelho e o ligamento recém-reconstruído. Esse tipo de exercício favorece um ganho mais rápido de massa muscular e melhora a amplitude de movimento, sendo, portanto, mais seguro e funcional para a articulação do joelho.

Em contraste, os exercícios de CCA, como a extensão de joelho isolada, envolvem movimentos mais focados em uma única articulação, o que pode sobrecarregar o joelho operado e resultar em dor. Embora os exercícios de CCA também tenham seu papel na reabilitação, especialmente em fases mais avançadas, o consenso atual favorece o uso predominante de CCF nas fases iniciais da reabilitação, devido à sua eficácia em promover o fortalecimento muscular de forma segura e progressiva.

3.3 Hidroterapia: Um Aliado Valioso na Reabilitação

Outro método complementar que tem se destacado na reabilitação pós-cirúrgica de LCA é a hidroterapia. A água oferece um ambiente ideal para a reabilitação precoce, pois suas propriedades físicas, como a fluotabilidade e a resistência suave, permitem que os pacientes realizem movimentos articulares sem sobrecarregar o joelho operado. De acordo com Telles (2021), a hidroterapia promove o relaxamento muscular, reduzindo a dor e o edema, ao mesmo tempo que auxilia no ganho de amplitude de movimento e minimiza a atrofia muscular.

A sensação de "leveza" proporcionada pela água permite que o paciente execute exercícios que simulam movimentos de caminhada ou corrida em um estágio muito anterior do que seria possível fora da água. Isso favorece o recrutamento muscular e o aumento da massa muscular de forma segura, ao mesmo tempo que promove uma recuperação funcional mais rápida e eficaz. Além

disso, a água oferece uma resistência natural durante os movimentos, o que ajuda a fortalecer a musculatura sem causar impacto nas articulações. Quando combinada com a fisioterapia tradicional, a hidroterapia tem mostrado acelerar significativamente o processo de reabilitação, especialmente nas fases intermediárias e finais do tratamento (Candeloro, 2014).

3.4 Considerações Preliminares

A recuperação completa após uma lesão do LCA, especialmente em atletas, exige uma abordagem multidisciplinar e bem estruturada. A atrofia muscular é um dos maiores desafios enfrentados nesse processo, sendo agravada tanto pela inatividade pré-cirúrgica quanto pelos efeitos da cirurgia em si. O uso de intervenções específicas, como a reabilitação pré-operatória, o treinamento em cadeias cinéticas fechadas e a hidroterapia, têm se mostrado eficazes para minimizar a atrofia e acelerar o retorno às atividades físicas. Além disso, a mobilização precoce e o abandono de métodos ultrapassados, como a imobilização prolongada com braces, têm contribuído para uma recuperação mais rápida e funcional.

A escolha de protocolos de reabilitação, adaptados às necessidades específicas de cada paciente e ao estágio da recuperação, desempenha um papel crucial na restauração da força muscular e da função articular. Abordagens mais agressivas, como a mobilização imediata após a cirurgia, têm demonstrado resultados promissores em termos de retorno ao esporte, mas devem ser cuidadosamente balanceadas com o risco de frouxidão ligamentar e outras complicações.

A combinação de terapias inovadoras, como a hidroterapia e o uso de exercícios de cadeia cinética fechada, junto com o fortalecimento muscular e o treino proprioceptivo, oferece aos pacientes uma recuperação mais eficaz e segura. Dessa forma, a integração de múltiplas modalidades de tratamento é essencial para restaurar a funcionalidade do joelho, prevenir complicações e garantir que o atleta possa retornar ao seu nível de desempenho anterior com segurança e confiança.

A atrofia muscular após a cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma complicação comum e preocupante, especialmente em atletas

que buscam uma recuperação rápida para retornar ao esporte. O LCA é um ligamento fundamental para a estabilidade do joelho, e sua ruptura é frequente em esportes de alta demanda física. A atrofia muscular, particularmente do quadríceps, ocorre como consequência do desuso, da dor e da inflamação pós-operatória, e se caracteriza pela perda de massa e força muscular, comprometendo o retorno do atleta ao seu nível de desempenho anterior.

Desde o início da recuperação, o controle da atrofia muscular deve ser uma prioridade. Crioterapia é uma técnica amplamente utilizada nas fases iniciais do pós-operatório para reduzir a dor e a inflamação, facilitando o início de exercícios de mobilização precoce. Além disso, a eletroestimulação neuromuscular (ENM) é uma intervenção eficaz para ativar o quadríceps, especialmente quando o atleta ainda não consegue realizar contrações voluntárias com eficiência. A ENM pode ser combinada com exercícios isométricos e alongamentos passivos, ajudando a evitar a perda significativa de massa muscular.

A mobilização precoce do joelho é essencial para manter a amplitude de movimento e prevenir aderências e rigidez articular. A fisioterapia deve começar logo nas primeiras semanas após a cirurgia, com exercícios de amplitude de movimento passivos e ativos, respeitando os limites da dor. O fortalecimento do quadríceps é uma prioridade em todas as fases da reabilitação, já que esse grupo muscular desempenha um papel central na estabilidade do joelho. Inicialmente, exercícios isométricos são empregados para minimizar a perda de força sem sobrecarregar o joelho operado, sendo posteriormente complementados por exercícios isotônicos à medida que o atleta avança no processo de reabilitação.

Além do quadríceps, os músculos isquiotibiais e glúteos também devem ser trabalhados, pois são essenciais para a estabilidade e o controle dos movimentos do joelho. O treinamento de resistência progressiva (TRP), utilizando pesos e faixas elásticas, é uma abordagem eficaz para promover o ganho de força muscular. A progressão nos exercícios precisa ser cuidadosamente monitorada para evitar sobrecargas que possam causar lesões secundárias.

Outro tratamento que pode ajudar é o uso de biofeedback, que melhora a qualidade das contrações musculares e a eficiência dos exercícios realizados.

Hidroterapia é uma opção valiosa nas fases iniciais, permitindo que o atleta execute movimentos com menor impacto nas articulações. Exercícios de propriocepção também são cruciais para restaurar o equilíbrio e a coordenação do joelho, elementos essenciais para o retorno seguro ao esporte.

O treinamento neuromuscular e a reeducação proprioceptiva, realizados em superfícies instáveis ou com o uso de pranchas de equilíbrio, ajudam a melhorar o controle motor e a prevenir futuras lesões. A recuperação do controle motor é fundamental para permitir o retorno do atleta ao esporte com segurança.

A dor e o inchaço devem ser monitorados durante todo o processo de recuperação, sendo tratados com técnicas de terapia manual, como massagem e mobilização articular, para melhorar a circulação e reduzir o edema. A nutrição também é um aspecto crucial na recuperação muscular. Uma dieta rica em proteínas e com suplementação de aminoácidos essenciais favorece a regeneração muscular. A suplementação com creatina pode ser considerada para auxiliar no ganho de força, enquanto antioxidantes e anti-inflamatórios naturais, como o ômega-3, ajudam a reduzir a inflamação.

O descanso é outro fator importante para o processo de recuperação. O sono de qualidade é essencial para a regeneração muscular e a recuperação do sistema nervoso. O progresso da recuperação deve ser gradual, com um aumento controlado da intensidade dos exercícios para evitar sobrecarga no joelho.

O retorno ao esporte deve ser feito de forma cuidadosa, garantindo que o atleta tenha recuperado totalmente a força e o controle motor antes de retomar as atividades esportivas. Testes funcionais, como o teste de força do quadríceps e testes de salto, são utilizados para avaliar a prontidão do atleta para o retorno ao esporte. O uso de órteses (brace) pode ser recomendado nos estágios iniciais da recuperação para fornecer suporte adicional ao joelho.

Durante a fase final da reabilitação, o foco passa a ser a realização de movimentos específicos do esporte, como mudanças de direção e aceleração, para preparar o atleta para as exigências físicas do jogo. A psicologia do esporte também desempenha um papel importante na recuperação, ajudando o atleta a superar o medo de uma nova lesão e a recuperar a confiança no joelho operado.

A fase final da recuperação envolve exercícios pliométricos e de alta intensidade que simulam as demandas do esporte praticado. A recuperação completa do atleta pode levar de seis meses a um ano, dependendo da gravidade da lesão e da resposta ao tratamento. O sucesso da reabilitação depende da adesão a um programa de reabilitação bem planejado e individualizado, que considere as necessidades específicas do atleta.

O retorno prematuro ao esporte antes da recuperação total pode resultar em uma nova lesão do LCA ou em outras complicações articulares. Por isso, é fundamental que a reabilitação seja realizada de forma completa, com acompanhamento de uma equipe multidisciplinar composta por fisioterapeutas, médicos do esporte, nutricionistas, psicólogos e educadores físicos. Assim, a combinação de diferentes abordagens e tratamentos personalizados pode minimizar a atrofia muscular e garantir um retorno seguro e eficaz do atleta às suas atividades esportivas.

4. EFEITOS DO TREINAMENTO RESISTIDO NA RECUPERAÇÃO PÓS-CIRÚRGICA DE LCA

Um dos pilares na recuperação pós-operatória do LCA é o treinamento resistido, que tem demonstrado ser uma estratégia eficaz para minimizar a atrofia muscular e promover o ganho de força no quadríceps e nos músculos isquiotibiais. No estudo de Luiz Eduardo Bulhões Correia (2022), o autor faz uma revisão abrangente sobre os efeitos do treinamento resistido na recuperação de lesões de LCA, enfatizando que esse tipo de intervenção é essencial para o retorno funcional do atleta.

4.1 Benefícios do Treinamento Resistido

O treinamento resistido promove a hipertrofia muscular, que é crucial para a recuperação da força necessária para sustentar as demandas funcionais do joelho. A restauração da força muscular, principalmente do quadríceps, desempenha um papel importante na estabilização do joelho e na absorção de choques durante atividades como corrida, salto e mudanças de direção. Sem um programa adequado de fortalecimento muscular, a atrofia pode comprometer a estabilidade articular, aumentando o risco de lesões futuras. Além disso, a perda de força muscular está diretamente ligada ao prolongamento do tempo de recuperação e à piora do desempenho esportivo após o retorno.

4.2 Protocolos de Treinamento Resistido

A implementação de protocolos de treinamento resistido deve seguir uma abordagem progressiva, respeitando o tempo de cicatrização do ligamento reconstruído e a tolerância do atleta. Nas fases iniciais, o foco é em exercícios isométricos, que envolvem contrações musculares sem movimento articular, o que gera menos estresse no joelho operado. A isometria é essencial para manter a ativação muscular nas primeiras semanas, quando o joelho ainda não pode ser exposto a cargas dinâmicas. À medida que a cicatrização avança e a dor diminui, os exercícios isotônicos, que envolvem o movimento das articulações, podem ser introduzidos, com a inclusão de pesos e faixas elásticas para aumentar a resistência.

Estudos indicam que a progressão deve ser gradual, com foco no aumento controlado da intensidade e volume dos exercícios. Pesquisas sugerem que, ao combinar o treinamento resistido com outras modalidades, como a eletroestimulação e a mobilização precoce, é possível acelerar a recuperação da força muscular sem comprometer a integridade do joelho. Exercícios de resistência devem continuar a ser aplicados durante todas as fases da reabilitação para garantir o retorno ao nível competitivo anterior.

4.3 Hidroterapia na Reabilitação Pós-LCA

A hidroterapia é outra abordagem amplamente utilizada na reabilitação pós-operatória de lesões do LCA, conforme discutido por Borges e Squinelo (2022). A água oferece um ambiente terapêutico único, que possibilita o movimento precoce e o fortalecimento muscular sem o impacto que normalmente seria sentido nas articulações quando o peso corporal é totalmente suportado. Este fator é especialmente útil nas fases iniciais da recuperação, quando a carga total no joelho deve ser evitada para proteger a área operada e prevenir complicações.

4.4 Vantagens da Hidroterapia

Um dos principais benefícios da hidroterapia é a flutuabilidade proporcionada pela água, que alivia a pressão nas articulações e permite que o paciente execute exercícios com segurança e conforto. A resistência natural da água também proporciona uma forma de resistência constante e uniforme, o que facilita o fortalecimento muscular sem a necessidade de pesos adicionais, evitando o risco de sobrecarga no joelho.

Além disso, a temperatura da água, que geralmente é mantida em um nível aquecido, ajuda a reduzir o inchaço e promove o relaxamento muscular, facilitando o início da reabilitação ativa. Estudos mostraram que a combinação de hidroterapia com exercícios em solo pode acelerar o ganho de força e melhorar a amplitude de movimento, o que é crucial para a restauração da mobilidade funcional do joelho.

4.5 Protocolos de Hidroterapia

Os protocolos de hidroterapia variam de acordo com o estágio da recuperação do paciente. Nas fases iniciais, exercícios simples, como caminhadas na água e movimentos básicos de flexão e extensão do joelho, são utilizados para melhorar a mobilidade e ativar os músculos de forma controlada. À medida que o atleta progride, atividades mais desafiadoras, como corrida submersa, movimentos de salto e uso de flutuadores para aumentar a resistência, podem ser introduzidas para promover a força muscular.

4.6 Cadeias Cinéticas Fechadas e Reabilitação de LCA

De acordo com Veras (2020), os benefícios do uso de cadeias cinéticas fechadas (CCF) na reabilitação do LCA, enfatizando que este tipo de exercício é uma das formas mais seguras e eficazes de fortalecer os músculos que sustentam o joelho sem causar estresse indevido à articulação. Nos exercícios de CCF, o pé ou a mão permanece em contato com uma superfície estável, como o solo, e o movimento ocorre com múltiplas articulações trabalhando em conjunto. Essa característica torna os exercícios de CCF ideais para a reabilitação, pois envolvem uma distribuição uniforme da carga e diminuem o risco de sobrecarga no LCA.

4.7 Benefícios das Cadeias Cinéticas Fechadas

Os exercícios de CCF são frequentemente utilizados porque proporcionam uma ativação balanceada entre os músculos do quadríceps e dos isquiotibiais, que juntos ajudam a estabilizar o joelho e a proteger o ligamento reconstruído. Além disso, esses exercícios promovem um maior controle neuromuscular e proprioceptivo, elementos essenciais para o retorno seguro ao esporte. Quando comparados aos exercícios de cadeia cinética aberta, os exercícios de CCF são considerados mais seguros para as articulações durante as fases iniciais de reabilitação.

4.8 Exemplos de Exercícios CCF

Assim, exercícios como agachamentos, leg press e exercícios de subida em degraus são exemplos comuns de CCF utilizados na reabilitação de LCA. Esses exercícios podem ser facilmente ajustados em termos de carga, amplitude de movimento e dificuldade, para se adequar ao estágio de recuperação do paciente. No início, exercícios com peso corporal são preferidos, com progressão gradual para pesos externos conforme a força muscular e o controle articular melhoram. A implementação desses exercícios contribui significativamente para a recuperação da função muscular e articular.

4.9 Avanços Recentes na Reabilitação do LCA

O artigo publicado no *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* (2012) discute os avanços recentes na reabilitação de lesões do LCA, com ênfase em abordagens baseadas em evidências que utilizam tecnologias e técnicas inovadoras para melhorar os resultados pós-operatórios. Entre as abordagens destacadas estão a eletroestimulação neuromuscular (ENM), o treinamento proprioceptivo e a integração de modalidades de fisioterapia convencional com práticas mais modernas.

4.10 Eletroestimulação Neuromuscular (ENM)

A ENM tem sido utilizada como uma ferramenta valiosa para melhorar a ativação muscular em pacientes que apresentam dificuldades em contrair o quadríceps de forma eficaz após a cirurgia. A ENM utiliza correntes elétricas para estimular o músculo de forma passiva, gerando contrações que ajudam a manter a massa muscular e a força durante as fases em que o paciente não consegue realizar movimentos voluntários de forma eficaz. Estudos indicam que a ENM, quando combinada com exercícios ativos, acelera o ganho de força e melhora a função muscular em comparação com o tratamento convencional isolado.

4.11 Treinamento Proprioceptivo

O treinamento proprioceptivo também desempenha um papel central na recuperação funcional do joelho. Após uma lesão de LCA, o sistema nervoso frequentemente apresenta déficits na capacidade de detectar a posição e o movimento da articulação, o que aumenta o risco de lesões recorrentes. O treinamento proprioceptivo, realizado em superfícies instáveis ou com o uso de pranchas de equilíbrio, ajuda a restaurar o controle motor fino e a melhorar o equilíbrio, permitindo que o atleta se mova com maior

5. BREVE RESUMO DO ESTUDO COMPARADO

O trabalho de CORREIA (2022), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, revisa os efeitos do treinamento resistido na recuperação de lesões do LCA, destacando sua importância para a recuperação da força muscular, especialmente do quadríceps. O autor sugere que o treinamento de resistência progressiva ajuda a prevenir a atrofia muscular, promovendo o fortalecimento gradual sem sobrecarregar o joelho operado. A revisão foca no impacto positivo do uso de cargas controladas para ativar músculos-chave durante a reabilitação, enfatizando que a progressão cuidadosa no volume e intensidade dos exercícios é fundamental para o sucesso do tratamento. Isso reforça o papel do fortalecimento muscular na recuperação funcional do joelho, destacando a necessidade de personalização de exercícios para atender às demandas de cada atleta.

No contexto da hidroterapia, o estudo de Borges e SQUINELO (2022) aborda os benefícios da imersão em água durante a reabilitação pós-operatória de lesões de LCA. A hidroterapia se destaca por permitir a realização de exercícios com menor impacto articular, devido à flutuabilidade, o que é especialmente útil nas fases iniciais da recuperação, quando o atleta ainda não consegue suportar seu peso corporal total. O artigo demonstra que a resistência da água ajuda no fortalecimento muscular, ao mesmo tempo que reduz o risco de lesões, reforçando a importância

dessa modalidade terapêutica para promover a recuperação muscular sem sobrecarregar as articulações.

Já a revisão apresentada pelo *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* (2012) explora os avanços recentes na reabilitação do LCA. O estudo enfatiza o uso de técnicas combinadas, como a eletroestimulação neuromuscular, o treinamento proprioceptivo e o fortalecimento progressivo. Esses tratamentos não apenas focam na recuperação da força muscular, mas também restauram a função articular e a coordenação neuromuscular, essenciais para prevenir lesões recorrentes e promover a confiança do atleta no joelho operado. A integração dessas técnicas em programas de reabilitação personalizados, alinhada à periodização dos exercícios, acelera a recuperação e maximiza o desempenho atlético.

A abordagem científica descrita na revista *Clinical Orthopaedics and Related Research* (2002) também aborda a reabilitação do LCA, destacando o papel da ciência aplicada à reabilitação. O artigo aponta para a importância de uma recuperação progressiva e controlada, baseada em evidências científicas que validam o uso de exercícios funcionais e protocolos específicos para otimizar o tempo de recuperação e minimizar o risco de novas lesões. Esse estudo enfatiza a integração de abordagens multidisciplinares, como fisioterapia, nutrição e psicologia esportiva, para fornecer suporte integral ao atleta.

Por fim, o estudo de VERAS (2020) destaca os benefícios da cadeia cinética fechada na reabilitação pós-operatória de reconstrução do LCA. A cadeia cinética fechada, que envolve exercícios nos quais o pé permanece fixo no solo, como agachamentos e leg press, é considerada uma técnica segura e eficaz para fortalecer o quadríceps e os isquiotibiais sem comprometer a estabilidade do joelho operado. Essa abordagem é amplamente utilizada durante a reabilitação, especialmente nas fases intermediárias e finais, proporcionando maior controle e segurança durante os movimentos funcionais.

Comparando esses estudos, observa-se que há um consenso sobre a importância de intervenções diversificadas e progressivas para otimizar a recuperação do LCA. O treinamento resistido, a hidroterapia e as cadeias cinéticas

fechadas são complementares e contribuem de maneiras diferentes para o fortalecimento muscular e a recuperação da função articular. A personalização do tratamento, a monitorização cuidadosa dos progressos e a integração de técnicas terapêuticas que respeitam os estágios de recuperação do atleta são fatores essenciais para o sucesso na reabilitação de lesões do LCA.

Dessa forma, conseguimos vislumbrar uma tabela comparativa baseada nos métodos de tratamento discutidos no texto para minimizar a atrofia muscular após a cirurgia de reconstrução do LCA:

Método de Tratamento	Benefícios	Limitações/Riscos	Indicação Principal
Mobilização Precoce	- Reduz a dor	- Risco de frouxidão ligamentar se aplicada de forma inadequada	Primeiras semanas pós-cirurgia, visando retorno gradual às atividades físicas
	- Previne formação de cicatrizes		
	- Evita contraturas capsulares		
	- Acelera recuperação funcional		
Uso de Braces	- Estabiliza o joelho no pós-operatório imediato	- Pode retardar a recuperação da amplitude de movimento	Primeiras semanas após a cirurgia, para proteção inicial da articulação
	- Proporciona proteção ao ligamento recém-reconstruído	- Favorece a atrofia muscular com imobilização prolongada	
Reabilitação Agressiva	- Retorno mais rápido ao esporte	- Possível frouxidão ligamentar	Atletas de alta performance, com foco em retorno rápido ao esporte
	- Carga completa logo após a cirurgia	- Requer monitoramento cuidadoso para evitar lesões	
	- Redução de tempo de recuperação		
Exercícios de Cadeia Cinética Fechada (CCF)	- Maior segurança para o joelho operado	- Exige adaptação gradual, principalmente para pacientes mais sedentários	Melhora de força muscular e amplitude de movimento nas primeiras fases pós-cirurgia
	- Fortalecimento muscular global		
	- Reduz o risco de dor e lesões		
Exercícios de Cadeia Cinética Aberta (CCA)	- Fortalece músculos específicos	- Maior sobrecarga na articulação do joelho	Fases mais avançadas da reabilitação, com foco no fortalecimento isolado do quadríceps
	- Proporciona controle isolado da articulação	- Maior risco de dor nas fases iniciais	
Reabilitação Pré-Operatória (Prehab)	- Reduz inchaço e dor	- Exige tempo e planejamento antes da cirurgia	Preparação do paciente antes da cirurgia, visando melhores resultados pós-operatórios
	- Previne atrofia antes da cirurgia		
	- Facilita a recuperação pós-operatória		
Hidroterapia	- Reduz dor e edema	- Requer infraestrutura adequada	Complementar à fisioterapia tradicional, especialmente nas fases intermediárias e finais de reabilitação
	- Promove relaxamento muscular	- Limitação em casos de lesões abertas ou infecções	
	- Facilita movimentos sem sobrecarga nas articulações		
	- Acelera o ganho de massa muscular		

Tabela 1: Comparativo teóricos dos tratamentos:

Essa tabela ilustra os benefícios, limitações e a indicação principal de cada abordagem discutida no texto, facilitando a comparação entre os métodos de tratamento para minimizar a atrofia muscular e promover uma recuperação mais eficaz após a cirurgia de LCA.

Em suma, o estudo sobre os melhores tratamentos para minimizar a atrofia muscular após a cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) em atletas envolve a análise detalhada de abordagens fisioterapêuticas, técnicas de recuperação e o desenvolvimento de programas de reabilitação eficazes e personalizados. Ao longo desta análise, evidenciou-se que o sucesso da recuperação não depende de um único fator, mas de uma combinação estratégica de métodos que visam acelerar a recuperação muscular, restaurar a função articular e possibilitar o retorno ao esporte de maneira segura e eficiente.

6. O IMPACTO DA ATROFIA MUSCULAR NO PÓS-OPERATÓRIO DE LCA

A atrofia muscular é uma consequência comum e esperada após a cirurgia de reconstrução do LCA, especialmente em atletas. O processo de recuperação envolve o desuso prolongado de músculos específicos, principalmente os quadríceps, devido à imobilização e à restrição de movimento na fase inicial de pós-operatório. Essa perda de massa muscular, se não for adequadamente combatida, pode afetar de forma significativa o desempenho esportivo e aumentar o risco de novas lesões.

Para minimizar esse impacto, é essencial que o tratamento não foque apenas na cura do ligamento lesionado, mas também na preservação da força e volume muscular durante todo o processo de recuperação. A adoção de protocolos que visam combater a atrofia desde as primeiras fases do tratamento, até o retorno às atividades esportivas de alta intensidade, deve ser uma prioridade na recuperação de atletas.

6.1 Reabilitação Pré-Operatória: Prevenindo Atrofia Antes da Cirurgia

A reabilitação pré-operatória, ou "prehab", tem se mostrado uma estratégia fundamental para atletas que buscam minimizar a atrofia muscular antes mesmo de passarem pela cirurgia de reconstrução do LCA. Estudos indicam que pacientes que realizam programas de fortalecimento e estabilização muscular antes da cirurgia têm resultados pós-operatórios mais favoráveis, com menor inchaço, maior amplitude de movimento e, principalmente, menor perda muscular.

Durante essa fase pré-operatória, o foco está na preservação da funcionalidade do joelho lesionado, na redução da inflamação e na manutenção da força muscular dos membros inferiores. A prática de exercícios que não sobrecarregam o joelho, como exercícios de cadeia cinética fechada (CCF), e atividades de baixo impacto, como a hidroterapia, são indicadas para manter a musculatura ativa, prevenindo assim a atrofia antes da intervenção cirúrgica.

6.2 Mobilização Precoce e Exercícios Funcionais no Pós-Operatório

Após a cirurgia de reconstrução do LCA, a mobilização precoce tem se mostrado uma das estratégias mais eficazes para evitar a perda muscular acentuada. Diferente de abordagens mais conservadoras, que utilizam imobilização prolongada, a mobilização precoce visa reativar os músculos ao redor do joelho o mais rapidamente possível, com o objetivo de prevenir a atrofia, reduzir dores e inchaços, e estimular a circulação sanguínea na área afetada.

O uso de exercícios funcionais, como os de cadeia cinética fechada, é amplamente recomendado nesse estágio, pois envolve a ativação de múltiplos grupos musculares simultaneamente, ao mesmo tempo em que protege a articulação do joelho contra sobrecargas. Esses exercícios ajudam a restaurar a força muscular de forma equilibrada, preservando a estabilidade articular e acelerando o retorno às atividades esportivas.

Em contraste, os exercícios de cadeia cinética aberta, que focam em movimentos isolados de músculos específicos, como a extensão de joelho, são recomendados em fases mais avançadas da recuperação. Esses exercícios permitem o fortalecimento direcionado dos quadríceps, que é fundamental para a estabilização do joelho durante atividades de alta demanda física. No entanto, devem ser introduzidos de maneira gradual, uma vez que podem causar sobrecarga na articulação operada, especialmente nos estágios iniciais.

6.3 Reabilitação Agressiva e Conservadora: Diferentes Caminhos para a Recuperação

O debate entre a reabilitação agressiva e conservadora é um dos pontos centrais nas considerações sobre a recuperação de atletas após cirurgia de LCA. Cada abordagem tem seus méritos e riscos, dependendo do perfil do paciente e dos objetivos da recuperação.

A reabilitação agressiva, que envolve a aplicação de carga total e mobilização precoce, é amplamente adotada por atletas que buscam uma recuperação rápida e retorno precoce ao esporte. O objetivo desse método é minimizar o tempo de recuperação, favorecendo o fortalecimento muscular e a restauração da função

articular o mais cedo possível. No entanto, esse método requer uma supervisão rigorosa para evitar complicações, como frouxidão ligamentar, que pode comprometer a estabilidade do joelho a longo prazo.

Por outro lado, a reabilitação conservadora segue uma progressão mais cautelosa, com foco na proteção do ligamento reconstruído e na recuperação gradual da função muscular. Embora esse método tenha menor risco de complicações como frouxidão ligamentar, ele pode prolongar o tempo de recuperação, o que não é ideal para atletas de alto rendimento. A escolha entre os dois métodos deve ser feita com base na avaliação do profissional de saúde e nas necessidades individuais do paciente.

6.4 O Papel da Hidroterapia no Processo de Reabilitação

A hidroterapia tem se destacado como uma ferramenta complementar extremamente eficaz no processo de recuperação pós-operatória de LCA. As propriedades físicas da água, como a flutuação e a resistência natural, oferecem um ambiente seguro e de baixo impacto para o fortalecimento muscular, especialmente nas fases iniciais da recuperação.

Um dos principais benefícios da hidroterapia é a redução do peso corporal suportado pelo joelho durante os exercícios, o que permite ao paciente realizar movimentos que seriam dolorosos ou impossíveis em terra firme. Isso facilita a manutenção e o ganho de massa muscular de forma controlada, sem sobrecarregar a articulação operada. Além disso, a água proporciona um ambiente de relaxamento muscular, ajudando na redução da dor e do edema, fatores que contribuem diretamente para a recuperação da força muscular.

Outro benefício significativo da hidroterapia é o estímulo ao aumento da amplitude de movimento, essencial para a recuperação completa da função articular. Quando utilizada em conjunto com outros métodos, como os exercícios de cadeia cinética fechada e o fortalecimento progressivo, a hidroterapia acelera o processo de recuperação e minimiza o risco de atrofia muscular prolongada.

6.5 A Importância de Protocolos Personalizados de Reabilitação

Um dos pontos mais críticos para o sucesso da recuperação após cirurgia de LCA em atletas é a personalização dos protocolos de reabilitação. Embora existam diretrizes gerais e métodos comprovados para minimizar a atrofia muscular e restaurar a função articular, cada atleta tem suas próprias necessidades e desafios específicos. Fatores como o nível de desempenho pré-lesão, o tipo de esporte praticado, a idade, e o histórico de lesões devem ser levados em consideração ao elaborar o plano de recuperação.

Além disso, o acompanhamento contínuo por profissionais de saúde especializados é essencial para ajustar o protocolo de reabilitação conforme o paciente avança em seu processo de recuperação. Isso inclui a introdução gradual de novas atividades, a monitorização da resposta muscular e articular aos exercícios, e a adaptação das terapias com base no progresso do paciente. A flexibilidade do plano de reabilitação é fundamental para garantir que o atleta recupere não apenas a força muscular, mas também a confiança e a funcionalidade necessária para retornar ao esporte com segurança.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a recuperação de lesões de LCA em atletas exige uma abordagem multifacetada, que combine métodos de reabilitação pré-operatória, mobilização precoce, exercícios funcionais e hidroterapia, juntamente com protocolos personalizados de tratamento. Minimizar a atrofia muscular após a cirurgia é um dos maiores desafios enfrentados pelos profissionais de saúde, mas pode ser alcançado com sucesso por meio de uma reabilitação bem planejada e adaptada às necessidades individuais do paciente.

Os avanços nas técnicas de reabilitação têm permitido que atletas retornem aos seus níveis de desempenho pré-lesão com maior segurança e eficiência, evitando o desenvolvimento de complicações a longo prazo, como a frouxidão ligamentar e a perda funcional do joelho. No entanto, é importante que a recuperação seja acompanhada de perto por uma equipe multidisciplinar, garantindo que todas as fases do processo sejam otimizadas para o retorno seguro e eficiente ao esporte.

O sucesso na recuperação de atletas submetidos à cirurgia de LCA está na integração de diferentes abordagens terapêuticas, sempre considerando o equilíbrio entre a proteção da articulação e o estímulo ao fortalecimento muscular. Com o desenvolvimento contínuo de pesquisas e a aplicação de novas tecnologias, o futuro da reabilitação promete ser ainda mais eficiente na prevenção da atrofia muscular e na aceleração do retorno dos atletas à competição de alto nível.

8. REFERÊNCIAS

BORGES, Nathan Carvalho; **SQUINELO**, L. *Benefícios da hidroterapia no pós-operatório na lesão de ligamento cruzado anterior: revisão de literatura*. Revista Saúde Dos Vales, v. 2, n. 1, 2022. Acesso em: 29 mar. 2024.

BROWN, C. et al. "Functional Rehabilitation of the Anterior Cruciate Ligament: A Review." *Journal of Orthopaedic Research*, 2021.

BULHÕES CORREIA, Luiz Eduardo. *Efeitos do treinamento resistido na recuperação de lesões de ligamento cruzado anterior (LCA): uma revisão narrativa*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/52676/1/Efeitosdotreinamentoresistido_Correia_2022.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024.

CANDELORO, G. "A importância da hidroterapia na recuperação funcional de lesões." *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 2014.

ELLIOTT, B. et al. "A Review of the Biomechanics of the Anterior Cruciate Ligament." *Clinical Biomechanics*, 2015.

GIBSON, L. et al. "The Importance of Strength Training in ACL Rehabilitation." *International Journal of Sports Physiotherapy*, 2019.

HERRINGTON, L. et al. "The Effectiveness of Closed Chain Exercise on Knee Function After ACL Reconstruction." *Rehabilitation Research and Practice*, 2018.

HUGHES, L., et al. "Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a review." *British Journal of Sports Medicine*, 2019.

LAU, B. et al. "The Effect of Early Rehabilitation on Functional Outcomes in Patients Undergoing ACL Reconstruction." *Sports Medicine*, 2020.

MALLINSON, J. et al. "Proprioception and the Risk of ACL Injury: A Review of the Literature." *Journal of Sports Rehabilitation*, 2017.

OLIVEIRA, Fabiano Costa de. *Reabilitação do Ligamento Cruzado Anterior: Uma Revisão Crítica*. 2020. Disponível em:

<<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/23132/1/FABIANO%20OSTA%20DE%20OLIVEIRA.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2024.

RODRIGUES, R. et al. "Anatomy and Biomechanics of the Anterior Cruciate Ligament." **Sports Medicine**, 2016.

SHELBOURNE, KD; NITZ, P. "The efficacy of aggressive rehabilitation protocols for anterior cruciate ligament reconstruction." **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, vol. 42, no. 1, 2012. Disponível em: <<https://www.jospt.org/doi/full/10.2519/jospt.2012.3741>>. Acesso em: 3 abr. 2024.

SMITH, A. et al. "The Relationship Between Strength, Proprioception, and ACL Injury." **Journal of Athletic Training**, 2022.

TELLES, R. "Hidroterapia na reabilitação do paciente pós-cirúrgico." **Revista de Terapias Aquáticas**, 2021.

TILLMAN, S. et al. "The Impact of Preoperative Rehabilitation on Postoperative Outcomes in ACL Reconstruction." **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, 2019.

VERAS, J. "Benefícios da cadeia cinética fechada na reabilitação no pós-operatório da cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior." **Uniceplac.edu.br**, 2020. Acesso em: 1 abr. 2024.

"Proprioception and the Postural Control System." *Journal of Neurophysiology*, 2008.

"THE Science of Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation." *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2002. Disponível em: <https://journals.lww.com/clinorthop/fulltext/2002/09000/the_science_of_anterior_cruciate_ligament.3.aspx>. Acesso em: 30 mar. 2024.

ZHANG, Y. et al. "The Role of Hydrotherapy in the Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Systematic Review." **Physical Therapy Reviews**, 2018.