

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO-UNIBRA  
CURSO DE BACHARELADO EM FISIOTERAPIA

**EMILY VITÓRIA DE LIMA  
MARCOS VINÍCIUS ANDRADE DE LIRA  
MARÍLIA DE SÁ FERRAZ SOUZA**

**USO DA ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR ASSOCIADA AO  
EXERCÍCIO SOBRE A FORÇA DO MÚSCULO QUADRÍCEPS EM INDIVÍDUOS  
SUBMETIDOS À RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR:  
Uma revisão integrativa**

RECIFE  
2023

**EMILY VITÓRIA DE LIMA  
MARCOS VINÍCIUS ANDRADE DE LIRA  
MARÍLIA DE SÁ FERRAZ SOUZA**

**USO DA ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR ASSOCIADA AO  
EXERCÍCIO SOBRE A FORÇA DO MÚSCULO QUADRÍCEPS EM INDIVÍDUOS  
SUBMETIDOS À RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR:  
Uma revisão integrativa**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Disciplina TCC II do Curso de Fisioterapia do Centro  
Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos  
requisitos para conclusão do curso.

Docente: Prof. Ma. Glayciele Leandro de Albuquerque

RECIFE  
2023

Ficha catalográfica elaborada pela  
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

L732u Lima, Emily Vitória de.  
Uso da eletroestimulação neuromuscular associada ao exercício sobre a força do músculo quadríceps em indivíduos submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior: uma revisão integrativa/ Emily Vitória de Lima; Marcos Vinícius Andrade de Lira; Marília de Sá Ferraz Souza. - Recife: O Autor, 2023.  
24 p.  
  
Orientador(a): Ma. Glayciele Leandro de Albuquerque.  
  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Fisioterapia, 2023.  
  
Inclui Referências.  
  
1. Reconstrução do LCA. 2. Eletroestimulação Neuromuscular. 3. Força Muscular. 4. Quadríceps. I. Lira, Marcos Vinícius Andrade de. II. Souza, Marília de Sá Ferraz. III. Centro Universitário Brasileiro. - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 615.8

**EMILY VITÓRIA DE LIMA  
MARCOS VINÍCIUS ANDRADE DE LIRA  
MARÍLIA DE SÁ FERRAZ SOUZA**

**USO DA ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR ASSOCIADA AO  
EXERCÍCIO SOBRE A FORÇA DO MÚSCULO QUADRÍCEPS EM INDIVÍDUOS  
SUBMETIDOS À RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR:  
Uma revisão integrativa**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Examinadores:

---

Gláyciele Leandro de Albuquerque – Mestra em Fisioterapia

---

Thiago Daniel Eloi da Hora – Mestre em Engenharia Biomédica

---

Wilmington Fernando Araújo dos Santos – Especialista em Fisioterapia em UTI

Nota: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## RESUMO

**Introdução:** A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) é definida como a ruptura do ligamento após um trauma torcional do joelho, podendo ser parcial ou completo e levar a frouxidão e instabilidade da articulação. Após a reconstrução, há uma perda de força muscular, principalmente do músculo quadríceps, que ajuda na estabilidade e função extensora do joelho. A abordagem de intervenção nesses pacientes se dá principalmente pelo uso da eletroestimulação neuromuscular (EENM) combinada com programa de exercícios funcionais. **Objetivo:** Identificar na literatura, estudos relacionados à efetividade da EENM associada ao exercício na força muscular do quadríceps em indivíduos submetidos à reconstrução do LCA. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão integrativa, elaborada entre o período de agosto a setembro de 2023, sem restrições temporal, incluindo artigos nos idiomas inglês e português, pesquisadas nas principais bases de dados, como, PubMed via Medline e BVS via Lilacs, utilizando os seguintes descritores: anterior cruciate ligament, muscle strength, surgery e electrical stimulation. **Resultados:** Após realizadas as estratégias de buscas foram encontrados 78 artigos, onde foram utilizados 4 artigos para a construção da revis. Os estudos mostram nos grupos intervenções respostas positivas ao uso do EENM associado ao exercício após o protocolo de tratamento, aumentando assim a força muscular do quadríceps. **Conclusão:** Diante do presente estudo, concluiu-se que a utilização da EENM associado ao exercícios mostrou-se relevante, melhorando assim a força e massa muscular no quadríceps.

**Palavras Chaves:** Reconstrução do LCA; Eletroestimulação Neuromuscular; Força Muscular; Quadríceps.

## ABSTRACT

**Introduction:** Anterior cruciate ligament (ACL) injury is defined as the rupture of the ligaments after torsional trauma to the knee, which can be partial or complete and lead to laxity and instability of the joint. After reconstruction, there is a loss of muscle strength, mainly in the quadriceps muscle, which helps with the stability and extensor function of the knee. The intervention approach for these patients is mainly through the use of neuromuscular electrical stimulation (NMES) combined with a functional exercise program. **Objective:** To identify in the literature studies related to the effectiveness of NMES associated with exercise on quadriceps muscle strength in individuals undergoing ACL reconstruction. **Methodology:** This is an integrative review, carried out between August and September 2023, without time restrictions, including articles in English and Portuguese, searched in the main databases, such as PubMed via Medline and VHL via Lilacs, using the following descriptors: anterior cruciate ligament, muscle strength, surgery and electrical stimulation. **Results:** After carrying out the search strategies, the articles used in the present study show significant responses in the intervention groups to the use of NMES associated with exercise after the treatment protocol. **Conclusion:** In view of the present study, it was concluded that the use of NMES associated with exercise proved to be relevant, thus improving strength and muscle mass in the quadriceps.

**Keywords:** ACL reconstruction; Neuromuscular electrostimulation; Muscle strength; Quadriceps.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Anatomia e biomecânica do joelho</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Lesão do LCA</b> .....	<b>8</b>
2.2.1	Epidemiologia, fatores de riscos e tipos de lesão .....	8
2.2.2	Mecanismo de lesão .....	8
2.2.3	Diagnóstico .....	9
2.2.4	Tratamento .....	10
<b>2.3</b>	<b>Força muscular</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Eletroestimulação Neuromuscular</b> .....	<b>13</b>
2.4.1	Tipos de correntes .....	14
2.4.2	Parâmetros .....	15
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipo de revisão, período de pesquisa, restrição linguística e temporal</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Bases de dados, descritores e estratégia de busca</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Realização das buscas e seleção dos estudos</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4</b>	<b>Critérios de elegibilidade (PICOT)</b> .....	<b>17</b>
<b>3.5</b>	<b>Características dos estudos incluídos</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Devido a sua alta complexidade e função de suporte de peso, o joelho é uma das articulações que mais sofrem danos. Sua estrutura é formada por ossos, tais como: fêmur, tíbia e patela. É estabilizado pelos ligamentos colateral lateral e colateral medial, que tem função de amortecer o peso corporal a cada passo. Já o ligamento cruzado anterior (LCA) impede que a tíbia se desloque para frente, e o ligamento cruzado posterior não permite a posteriorização da tíbia, ambos são estabilizadores do joelho (Cimino *et al.*, 2010).

A lesão do LCA é uma lesão muito comum e extenuante. Indivíduos que sofreram a lesão do LCA, relatam som de estalo podendo ter como resultado edema e dor local. Portanto, por consequência dessa frouxidão, há uma limitação de atividades de vida diária (AVDs). As lesões podem ocorrer através de contato direto ou sem contato, representando 30% e 70% respectivamente (Cimino *et al.*, 2010). A grande maioria das lesões resulta em intervenção cirúrgica, tanto em lesões parciais quanto em completas, se houver instabilidade do joelho (Badawy *et al.*, 2022).

A força do quadríceps diminui cerca de 20 a 30% durante os 3 primeiros meses após a reconstrução do LCA que, por consequência, gera uma atrofia muscular e um déficit de 10 a 20% no tamanho do músculo (Hasegawa *et al.*, 2011). Dito isto, a imobilização causa alterações significativas nas fibras musculares tipo 1 na região, podendo reduzir de 60% a 80% da força isométrica. Seu comprometimento gera assimetria nos membros, o que pode prejudicar a velocidade da marcha, do ritmo e comprimento da passada (Imoto *et al.*, 2011).

O quadríceps femoral é considerado o principal extensor do joelho e tem um papel importante no pós-operatório do LCA, melhorando a funcionalidade do joelho e na AVDs (Sahinis *et al.*, 2021). Vários protocolos estão disponíveis para prevenir e minimizar atrofia do quadríceps após a reconstrução do LCA, incluindo estimulação elétrica neuromuscular (EENM) que, combinado com exercícios, é importante para recrutar o grupo muscular e abordar a inibição secundária à dor (Charles *et al.*, 2020).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo identificar na literatura os artigos que abordam sobre o pós operatório da reconstrução do LCA com o uso da EENM associada ao exercício, considerando responder a seguinte pergunta condutora, “Qual o efeito da EENM associado ao exercício sobre a força do músculo quadríceps em indivíduos submetidos à reconstrução do LCA?”

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO JOELHO

O joelho é uma articulação sinovial em dobradiça com movimento rotacional mínimo, sendo considerada a maior do corpo humano tendo em vista sua alta resistência e complexidade. É composta por articulação tibiofemoral e patelofemoral, que são articulações sinoviais. Faz a ligação entre a perna e a coxa bilateralmente e é indispensável nos movimentos bípedes eficientes, como pular, correr e caminhar. Sua estabilidade e função se dá através dos ossos, cartilagem, ligamentos, músculos, tecido e líquido sinovial, que permite a flexão e extensão do membro (Lopes *et al.*, 2023).

É composto pela extremidade distal do fêmur, a extremidade proximal da tíbia e a patela, sendo esta o maior osso sesamóide do corpo humano e que possui a função de fixar o tendão do quadríceps e o ligamento patelar, preservando a superfície anterior da porção femoral do joelho. Possui 4 ligamentos importantes: ligamento colateral lateral (LCL), ligamento colateral medial (LCM), ligamento cruzado anterior (LCA) e ligamento cruzado posterior (LCP) (Wang., 2022).

O LCL se fixa no epicôndilo lateral do fêmur e na cabeça da fíbula e atua na prevenção do estresse em varo no joelho. O LCM é ligado ao epicôndilo medial do fêmur e ao côndilo medial da tíbia, evitando o valgo dinâmico. O LCA se fixa no côndilo lateral do fêmur e na eminência intercondilóide da tíbia, impedindo a translação anterior da tíbia sobre o fêmur. Por fim, o LCP se fixa no côndilo medial do fêmur e na área intercondilar posterior da tíbia e evita o deslocamento anterior do fêmur sobre a tíbia (Wang., 2022).

Entre as superfícies articulares da tíbia e do fêmur, estão alocados os meniscos medial e lateral que são compostos por fibrocartilagem que atuam como estabilizadores estáticos e amortecedores, diminuindo a fricção durante o movimento da articulação. Enquanto as bursas são feitas de membranas sinoviais e líquido sinovial que serve para diminuir o atrito entre as superfícies articulares do joelho. Essas partes mencionadas compõem a cápsula articular que envolve toda a articulação e se estende proximal na bolsa suprapatelar (Smigielski *et al.*, 2016).

Dessa forma, entre as décadas de 1960 a 1990, o joelho ficou conhecido como uma articulação firme que estava interligada em 4 partes. O côndilo femoral medial atua como o eixo de rotação da articulação do joelho, já o menisco medial não se movimenta anteroposteriormente na flexão, em contrapartida o menisco lateral se movimenta posteriormente. Dito isto, a flexão de joelho faz com que os côndilos femorais deslizem

para trás na parte superior da tíbia e, rolem anteriormente com a extensão (Grupton *et al.*, 2022).

## **2.2 LESÃO DO LCA**

### **2.2.1 Epidemiologia, fatores de riscos e tipos de lesão**

Os tipos de lesões do LCA são de contato direto ou sem contato. Aproximadamente 30% das lesões do LCA são lesões de contato, e 70% são sem contato que podem ser causadas por movimentos errados. As mais comuns são lesões sem contato, ocorrem devido a forças geradas dentro do corpo de um indivíduo. Mais de 250.000 lesões do LCA ocorrem anualmente nos Estados Unidos, e aproximadamente 65% exigem cirurgia reconstrutiva. A ruptura do LCA é frequentemente associada a uma mudança repentina de direção ou velocidade enquanto o pé permanece firmemente plantado, desaceleração rápida, salto, giro e impacto direto no aspecto anterior da tíbia (Failla *et al.*, 2015).

As mulheres têm maior probabilidade de romper o LCA, entre 2 a 7 vezes mais do que os homens da mesma idade, já que é uma condição multifatorial. Estudos já mostraram que na primeira metade do ciclo menstrual, durante fase pré-ovulatória, devido ao aumento de frouxidão dos ligamentos, o risco de lesão aumenta. A inclinação tibial e a estreita incisura intercondilar também influenciam no aumento do risco de ruptura (Montalvo *et al.*, 2019).

Uma lesão do LCA pode ser classificada como entorse de grau I, II ou III. No grau I as fibras ligamentares estão distendidas com ruptura menor que um terço do ligamento, com inchaço e sensibilidade leve. A articulação do joelho fica estável com uma frouxidão. Já no grau II: uma ruptura parcial (entre um terço a dois terços das fibras ligamentares), sensibilidade leve e edema com alguma perda de função. A articulação pode ficar instável com o aumento da translação anterior (frouxidão do joelho de 5 a 10 mm). O indivíduo sente dor que pode se agravar com os testes de esforço de Lachman e da gaveta anterior. No grau III: as fibras estão totalmente rompidas, sensibilidade, dor limitada e o grau de inchaço pode ser variável. O joelho pode se tornar instável, com instabilidade rotacional (teste de deslocamento do pivô positivo). A frouxidão do joelho é superior a 10 mm. O sangramento nas articulações do joelho (hemartrose) pode ser notado dentro de 1 a 2 horas (Yoo; Marappa-ganeshana, 2023).

### **2.2.2 Mecanismo de Lesão**

O rompimento do LCA é uma das lesões graves mais comuns no joelho e no esporte. Seu mecanismo de lesão está relacionado com forças rotacionais, muitas vezes sem contato direto, ligada a paradas inesperadas, giro com rotação interna ou externa e rápidas mudanças de direção. Além disso, existem estudos que dizem que a hiperextensão ou uma forte contração do quadríceps pode estar relacionada à laceração do ligamento, visto que anterioriza a tíbia sobre o fêmur (Mejías; Estrada; España; 2014).

A aplicação de força em valgo dinâmico influencia a ruptura do LCA, apesar que estudos mostram que a força varo também pode gerar a lesão. A flexão de joelho no ângulo de 0 a 30° corresponde a 75% dos rompimentos do ligamento, 20% ocorrem por fixação do fêmur e só 5% por fixação da tíbia. Em lesões parciais nem sempre se escuta o estalido, ao contrário das completas. Quando há ruptura em praticantes de atividades físicas ou esportivas que geram movimentos bruscos, é indicado a realização da cirurgia para a reconstrução do LCA (Moreira, 2010).

### 2.2.3 Diagnóstico

O terapeuta deve perguntar sobre o momento da lesão, mecanismo, inchaço, capacidade funcional, instabilidade articular e as lesões associadas durante a realização da avaliação. As pistas históricas que levam a uma avaliação do LCA incluem uma mudança repentina ou desajeitada de direção, fazendo com que o joelho estale ou ceda, resultando em dor, inchaço ou instabilidade no membro. O exame físico é realizado com inspeção, palpação, teste de mobilidade, estabilidade, força, e realização de testes especiais de integridade do LCA. É importante examinar o joelho não afetado para comparação. Muitas vezes, é melhor examinar o paciente de imediato após a lesão ou dentro de algumas horas para evitar avaliar com grande inchaço e hemartrose (Fox *et al*; 2022).

Uma manobra de exame físico muito usada para avaliar a integridade do LCA é o teste de Lachman, utilizado para avaliar a translação anterior da tíbia em relação ao fêmur e é considerado uma variante do teste da gaveta anterior. Vários estudos mostraram que o mesmo é o mais sensível e específico no diagnóstico de rupturas agudas do LCA e geralmente superior ao teste da gaveta anterior e ao teste do deslocamento do pivô. O paciente é posicionado em decúbito dorsal com o joelho lesionado flexionado de 20 a 30°, enquanto gira externamente a perna lesionada para o relaxamento da banda iliotibial. O examinador usa uma mão para segurar a tíbia proximal enquanto usa a outra mão para estabilizar o fêmur distal. Logo após, uma força anterior é colocada à tíbia proximal para

subluxar a tíbia para frente, mantendo o fêmur estabilizado (Filbay; Grindem, 2019).

O teste de Lachman é visto como o melhor teste para avaliar a integridade do LCA com sensibilidade de 87% e especificidade de 93%, o mesmo é considerado positivo se houver translação anterior excessiva da tíbia proximal maior do que o lado não lesado e também a falta de um ponto final firme. Os pontos finais são identificados de “suave” a “difícil”. Um ponto final suave é considerado como uma translação para frente da tíbia sem um ponto final distinto, firme e claro. Um ponto final rígido é apreciado quando há um ponto final abrupto que impede a translação anterior da tíbia no fêmur. A translação tibial ou movimento de 5 mm ou mais do que o movimento no membro normal pode indicar uma ruptura do LCA, e mais de 2 mm de translação anterior do joelho afetado em comparação com o joelho não afetado é visto como um teste positivo indicando lesão (Coffey; Bordoni, 2023).

Em casos de lesão completa, o diagnóstico pode ser por exame clínico/físico, enquanto as parciais não, visto que, são necessários achados clínicos, exames de imagens e, se é preciso realização de artroscopia. A radiografia e a translação anterior diferencial (TAD) mostraram-se importantes para o diagnóstico de lesões completas, visto que mostra a translação medial e lateral, e nas rupturas parciais nota-se a pequena translação, quando comparada com o membro não afetado. Já a ressonância magnética (RM) indica a lesão sem poder afirmá-la, faz-se necessário diferentes tipos de cortes para diferenciar a lesão parcial e a lesão completa. Visões perpendiculares e axiais são mais exatas para o diagnóstico através da RM. Por fim, a artroscopia é um exame que permite identificar o tipo de lesão parcial em conjunto com os métodos anteriores, ajudando a definir o melhor tipo de reconstrução na cirurgia de LCA (Temponi *et al.*, 2015).

#### 2.2.4 Tratamento

A reabilitação do LCA se dá através de um tratamento individual e adequado às necessidades de cada indivíduo. O protocolo a ser realizado com o paciente vai depender dos resultados dos exames clínicos, sintomas, lesões associadas, a quantidade de fibras remanescentes, tempo de lesão e demanda cotidiana. O tratamento pode ser conservador ou cirúrgico. O tratamento conservador na fase aguda inclui imobilização do membro afetado, e após esse tempo, é indicado movimento completo e descarga de peso. Além disso, fortalecimentos e alongamentos, treino proprioceptivo fazem parte do protocolo, sendo indicado nos dois tipos de lesões, parcial ou completa. É comprovado que esse recurso terapêutico quando bem indicado traz bons resultados, gerando pouca redução

no nível de atividade e sem perda da estabilidade. É preciso monitorar e avaliar essa reabilitação e a frouxidão residual frequentemente, o que indicará a continuidade do tratamento conservador ou a indicação de cirurgia (Rodriguez *et al.*, 2021).

Em casos que se faz necessário o tratamento cirúrgico, o procedimento tem como objetivo replicar o ligamento original do membro, tendo como intuito estabilizar a articulação, e com isso, facilitar a recuperação funcional do indivíduo. Há diferentes técnicas de enxerto para o LCA, porém as mais utilizadas são: Osso-Tendão-Osso (OTO) e Enxerto Quádruplo de Semitendíneo e Grácil (EQSG), para as duas há vantagens e desvantagens. O enxerto OTO tem uma boa qualidade de fixação, resistência e estabilidade em longo prazo, além de melhor índice ao retorno esportivo, porém pode haver complicações como tendinite patelar, ruptura de tendão patelar e dificuldade para ajoelhar-se. Já a EQSG, evita a retirada da extensão fazendo com que consiga realizar o movimento, porém pode ocorrer fraqueza de isquiotibiais, tornando um procedimento mais complicado. O enxerto utilizado no procedimento pode ser de tecidos do próprio indivíduo, material sintético ou tecido cadavérico, sendo os menos utilizados, visto a pouca disponibilidade e o elevado custo (Pereira *et al.*, 2012).

A fixação do mesmo vai depender da técnica escolhida pelo cirurgião. Existem dois tipos de técnicas: inside-out que consiste na utilização de parafusos na porção femoral e porção tibial, e a técnica outside-in que faz o uso de parafusos de interferência em ambos os túneis. Após sua fixação, é preciso testar todos os movimentos, em especial à extensão, pois caso não seja alcançada, posteriormente pode causar perda de movimento e dor (Temponi *et al.*, 2015). Uma boa compreensão da anatomia dos anexos, a direção dos dois feixes de LCA e seu estado durante a flexão e extensão do joelho é essencial para alcançar a colocação exata do túnel durante a cirurgia e garantir o enxerto, obtendo-se um bom tensionamento do mesmo. O tratamento químico e os autoenxertos irradiados apresentam riscos maiores de falha, infecção e escores de resultados mais baixos em comparação com os autoenxertos (Yoo; Marappa-ganeshana, 2023). A força muscular é definida através da quantidade de força que um músculo consegue exercer com um único esforço máximo. A mesma tem um papel importante que está relacionado com a potência muscular, já que é caracterizado pela capacidade de exercer o máximo de força em um pequeno espaço de tempo. Dito isto, a força muscular é imprescindível na aptidão física e na saúde, pois exerce um papel importante no desempenho de atividade de vida diária e um preditor de função física, além de estar relacionada com a incapacidade funcional do indivíduo (Ramsey *et al.*, 2021).

## 2.3 FORÇA MUSCULAR

As lesões do LCA são as mais debilitantes do joelho, acarretando em atrofia, déficits de ativação e fraqueza muscular que acabam contribuindo para novos danos. Essa escassez de força da musculatura em torno do joelho pode ser observada até mesmo após anos da cirurgia e pode ter relação à incapacidade de ativação voluntária do grupo muscular quadríceps, que acaba limitando etapas de reabilitação, além de comprometer a força (Hunnicuttt *et al.*, 2020).

Após a lesão do LCA, ocorre um déficit na força muscular ao redor do joelho, principalmente nos extensores, tanto antes quanto após a cirurgia, podendo durar até anos. Essa deficiência pode se dar pela incapacidade de ativação voluntária do músculo quadríceps, comprometendo a força e limitando a reabilitação. Além disso, abordar sobre a falta de força muscular, o tamanho e a ativação do músculo quadríceps são de extrema importância, antes e durante o avanço de atividades funcionais na reabilitação (Boden *et al.*, 2010).

O quadríceps, grande músculo situado na coxa, é composto por 4 músculos: reto femoral, vasto lateral, vasto intermediário e o vasto medial. Distalmente, todos os tendões se unem para formar um único tendão que se liga à base da patela. Disto isso, esse grupo muscular tem um papel importante no pós-operatório do LCA (Sahinis *et al.*, 2021).

O músculo quadríceps realiza uma função significativa na estabilização da articulação do joelho, além de prevenir lesões. De acordo com pesquisas anteriores, enquanto o papel primário do quadríceps é a extensão da articulação, cada item do conjunto executa papéis específicos na função ideal do joelho. Por exemplo, o vasto intermediário não é apenas um extensor primário do joelho, mas também o grande coativador antagônico na flexão isométrica do joelho. Além disso, o vasto medial oblíquo desempenha uma função importante na estabilização medial da patela contra o vastolateral (Yang *et al.*, 2019).

Um dos maiores impasses para reabilitação do joelho, é a atrofia muscular, sendo inevitável independente do tipo de cirurgia, aberta ou por via artroscópica. Em conjunto com o trauma cirúrgico, a atrofia varia sua intensidade de acordo com a quantidade de fibras do tipo 1 e 2 dos músculos. Além disso, os isquiotibiais são poupados, sendo o quadríceps o músculo principal afetado pela diminuição de força após ruptura (Alves *et al.*, 2007).

Existem diferentes tipos de equipamentos que fornecem medidas quantitativas de força, dentre eles os dinamômetros isocinéticos e os dinamômetros portáteis, sendo estes os mais confiáveis. Suas diferenças consistem em que o primeiro fornece medidas isocinéticas (concêntricas e excêntricas) e isométricas, e o segundo fornece apenas medidas isométricas. Outro método alternativo para avaliação de quantidade de força isométrica é o teste do esfigmomanômetro modificado (MST), tendo um baixo custo e gerando medidas válidas e confiáveis de diferentes populações e grupos musculares. Além disso, fazer a monitorização dos valores adquiridos através desses equipamentos é importante, visto que são esses os parâmetros que irão mostrar a possibilidade do retorno às atividades habituais, além de ser uma motivação para os pacientes (Benfica *et al.*, 2018).

## **2.4 ELETROESTIMULAÇÃO NEUROMUSCULAR**

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) não é um método recente no movimento humano. Desde 1790, Luigi Galvani usou fios elétricos nos músculos das pernas de sapo para observar seu movimento, onde, em 1831, Michael Faraday, afirmou que as correntes elétricas poderiam criar movimentos ativos em humanos através da estimulação de nervos. Hoje é utilizada para facilitar mudanças na ação e no desempenho muscular, principalmente na área da saúde que se faz benéfica no aumento da amplitude de movimento, na força muscular, e na redução de atrofia. (Doucet *et al.*, 2012).

É uma técnica de ativação neural que transmite impulsos elétricos contínuos, ativando as fibras musculares através de eletrodos aplicados na pele. Por meio de estímulos nervosos, os impulsos provocam potenciais de ação que geram a contração muscular. Dito isso, essa corrente eleva a permeabilidade da membrana que produz o potencial de ação prolongando a contração muscular efetiva. Esse método é um recurso importante para a reabilitação de hipotrofias, contraturas, espasticidade e no aumento da força. Além de serem incluídas no treinamento de atletas, ajudando no torque isométrico, com o objetivo de promover ou adaptar as capacidades de cada indivíduo (Whighth *et al.*, 2008).

Segundo Hayes *et.* (2002) a eletricidade é formada por uma carga elétrica com pólo positivo (prótons) e pólo negativo (elétrons). Ao obter essa corrente elétrica, a região que circunda o condutor sofre modificações gerando ondas eletromagnéticas. Essas ondas são medidas através de pulsos (ms ou  $\mu$ s) que são a largura da fase da onda, alcançando uma determinada quantidade de energia predefinida. Já a frequência, medida em Hz,

significa a quantidade de pulsos em um determinado tempo. As correntes elétricas são classificadas de acordo com sua frequência, sendo baixa de 1 a 1.000 Hz, média 1.000 a 100.000 Hz e alta acima de 100.000 Hz. Aparelhos que são geradores de correntes, pode-se determinar a intensidade, medida por  $\mu\text{A}$  ou  $\text{mA}$ , onde quanto maior a intensidade do aparelho, maior o tamanho da área atingida, da unidade motora recrutada e da magnitude alcançada (Sousa *et al.*, 2016).

A EENM traz inúmeros benefícios à reabilitação de pessoas com danos neurológicos e musculares. Estudos comprovam sua eficácia ao melhorar o fluxo sanguíneo, ao diminuir dor, ao aumentar força muscular, curar tecidos, retardar a atrofia muscular e reduzir a espasticidade. Além disso, essa estimulação em conjunto com atividades de vida diária, como andar de bicicleta, agachar para pegar algum objeto ou correr, aumenta ainda mais seus resultados (Miller; Peters; Ptok; 2022).

#### 2.4.1 Tipos de correntes

Usado em conjunto a sistemas complexos para gerar movimento multiarticular ou sozinho para aumentar o comprometimento motor, a EENM tem um grande potencial para a recuperação e reabilitação de pacientes. Existem diferentes tipos de corrente elétrica para alterar a atividade neuromuscular, dentre elas há Corrente Interferencial (CI), Russa, Estimulação Elétrica Funcional (FES) e Aussie (Doucet *et al.*, 2012).

A CI é classificada como corrente de média frequência, obtendo 4.000 Hz. Funciona através da produção de duas correntes de média frequência que influenciam uma na outra, formando então uma nova corrente por meio da soma de duas amplitudes de correntes individuais. Sua intensidade é aumentada de acordo com a sensação relatada pelo paciente, gerando um formigamento. Ao passar do tempo, essa sensação é diminuída, podendo aumentar novamente sua intensidade para manter um estímulo constante. Seus estímulos podem ser difusos ou localizados, isso varia de acordo com a configuração da corrente aplicada à pele (Sousa *et al.*, 2016).

A corrente russa é uma forma de estimulação de alta frequência, formada por trens de impulsos retangular ou senoidal, com frequência igual a 2.500 Hz, modulada por uma frequência de batimento de 50 a 80 Hz, desta forma, estimula os nervos motores, induz a contração muscular e despolariza as membranas. Seu objetivo é a contração muscular para ajudar na hipertrofia dos músculos, além disso, promover o aumento do fluxo sanguíneo e auxiliar nos níveis de desempenho e resistência do paciente (Pernambucano; Carvalho; Santos; 2013).

O FES é uma corrente de baixa frequência, que tem como finalidade a produção de contração muscular. Sua corrente é do tipo excito motor, que produz contrações musculares utilizadas na prática clínica para o fortalecimento de músculos enfraquecidos e melhora da função do mesmo, após longos períodos de imobilização ou atividade reduzida. Uma das complicações encontradas na aplicação é a ausência de padrão de parâmetros da estimulação (intensidade, duração de pulso e frequência), visto que são variados de acordo com cada terapeuta (Bohórquez *et al.*, 2013).

Alex Ward desenvolveu a corrente Aussie que possui característica de média frequência, porém é modulada como baixa frequência. Sua diferença para a Russa e CI, consiste no valor da corrente de kHz utilizada bem como no formato de onda. Além disso, é considerada a corrente mais efetiva e confortável para o paciente, em comparação com as outras formas de EENM. Tem como objetivo promover a redução de edema, relaxamento muscular e desconfortos pós-operatórios, recuperando a função muscular e combatendo a dor (Sousa *et al.*, 2016).

#### 2.4.2 Parâmetros

A atribuição de estimulação elétrica é feita para otimizar a produção de força e redução da fadiga, sendo imprescindível o ajuste dos parâmetros para a estimulação necessária. Dito isto, é essencial a compreensão completa da largura/duração de pulso, frequência, tempo de rampa, ciclo de trabalho e tempo de programa, para a segurança e o sucesso do tratamento (Doucet *et al.*, 2012).

O intervalo de tempo em que um único pulso é gerado, denomina-se largura ou duração de pulso. Além disso, pulsos mais curtos afetam o recrutamento de fibras musculares, gerando torque máximo maior em um número menor de fibras antes de gerar a contração muscular, assim aumentando o tempo de desempenho. Ademais, duração de pulso longas penetram mais em tecidos subcutâneos, por tanto essas larguras devem ser utilizadas para camadas de tecido secundário (Miller; Peters; Ptok; 2022).

Os pulsos produzidos por segundo durante a estimulação são chamados de frequência, podendo variar dependendo dos objetivos terapêuticos. Apesar da variação, regimes clínicos usa padrão de 50 Hz para resultados significativos. Através da baixa frequência, evitam o desconforto e fadiga, produzindo uma contração baixa em níveis de força. Ao comparar vários padrões de estimulação e frequência diferentes, estudos mostraram que frequências abaixo de 16 Hz não foram suficientes para contração e extensão do quadríceps a 40° (Bohórquez *et al.*, 2013).

O tempo de rampa está relacionado ao tempo em que a estimulação é ligada até o início real da frequência desejada. O tempo de 1 a 3 segundos é comum em reabilitações com tempo de rampa mais longos, usados para músculos espásticos ou pacientes com hipersensibilidade, evitando assim a fadiga muscular. Nas clínicas, o tempo de rampa é utilizado no aumento de tônus do paciente, criando resistência contra o movimento estimulado. Além disso, o ciclo de trabalho significa o tempo de ativação e desativação do EENM, sendo geralmente executado de forma proporcional como 1:2, o menor tempo de estimulação muscular e tempo maior para o relaxamento do paciente. O estímulo intermitente favorece o desenvolvimento da força e aumenta o conforto do paciente (Doucet *et al.*, 2012).

A duração média de aplicação da EENM varia de acordo com as condições físicas de cada paciente, com o músculo a ser estimulado, com os parâmetros e objetivos geral da intervenção. Indivíduos sedentários, a estimulação é de 17 a 20 minutos, com a evolução do tratamento ou em pacientes que realizam atividades físicas, pode-se estender para 25 a 30 minutos de protocolo. Além disso, pesquisadores mostram que o aumento da duração do tratamento não influenciará em resultados mais bem sucedidos (Sousa *et al.*, 2016).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo de revisão, período da pesquisa, restrição linguística e temporal.

Trata-se de uma revisão integrativa, realizada entre os meses de agosto a setembro de 2023, sem restrições temporal, incluindo artigos nos idiomas inglês e português.

#### 3.2 Bases de dados, descritores e estratégia de busca.

Foram utilizadas as plataformas de busca de informações artigos disponíveis na LILACS via BVS, PUBMED via MEDLINE e PEDro. Através dos Descritores Controlados em Ciência da Saúde (DECS) e Medical Subject Headings (MESH), usadas as estratégias: “anterior cruciate ligament”, “muscle strength”, “surgery” e “electrical stimulation”, combinados com o operador booleano “AND” (Quadro 1).

Quadro 1 – Estratégia de busca

Base de dados	Estratégia de busca
MEDLINE via PubMed	(electrical stimulation) AND (anterior cruciate ligament) AND (muscle strength) AND (surgery)
LILACS via BVS	(electrical stimulation) AND (anterior cruciate ligament) AND (muscle strength) AND (surgery)
PEDro	electrical stimulation*anterior cruciate ligament*muscle strength*surgery

Fonte: autoria própria (2023).

#### 3.3 Realização das buscas e seleção dos estudos.

Foram efetuadas pesquisas relacionadas ao tema abordado, levando em consideração a pergunta condutora “Qual o efeito da EENM associada ao exercício sobre a força do quadríceps em indivíduos submetidos à reconstrução do LCA?”. O estudo foi realizado através de três avaliadores de forma independente, onde inicialmente foi feita a leitura de título e resumo, e, após as escolhas, foi realizada a análise dos artigos na íntegra e incluídos ao estudo, correspondendo a tal abordagem que se encaixarem nos critérios de elegibilidade.

#### 3.4 Critérios de elegibilidade (PICOT)

Os estudos foram analisados e selecionados por meio dos critérios de elegibilidade, organizados através da ferramenta PICOT (população, intervenção, comparação, desfechos (outcomes) e tipo de estudo (Quadro 2).

Quadro 2 – Critérios de elegibilidade

Critérios	Inclusão	Exclusão
P (População)	Indivíduos submetidos a reconstrução do LCA	Indivíduos que realizaram reconstrução do LCA + cirurgia de menisco
I (Intervenção)	Estimulação Elétrica Neuromuscular associada ao exercício	EENM + TENS
C (Controle)	Sem critério	X
O (Desfecho)	Força	X
T (Tipo de estudo)	Ensaio Clínico	X

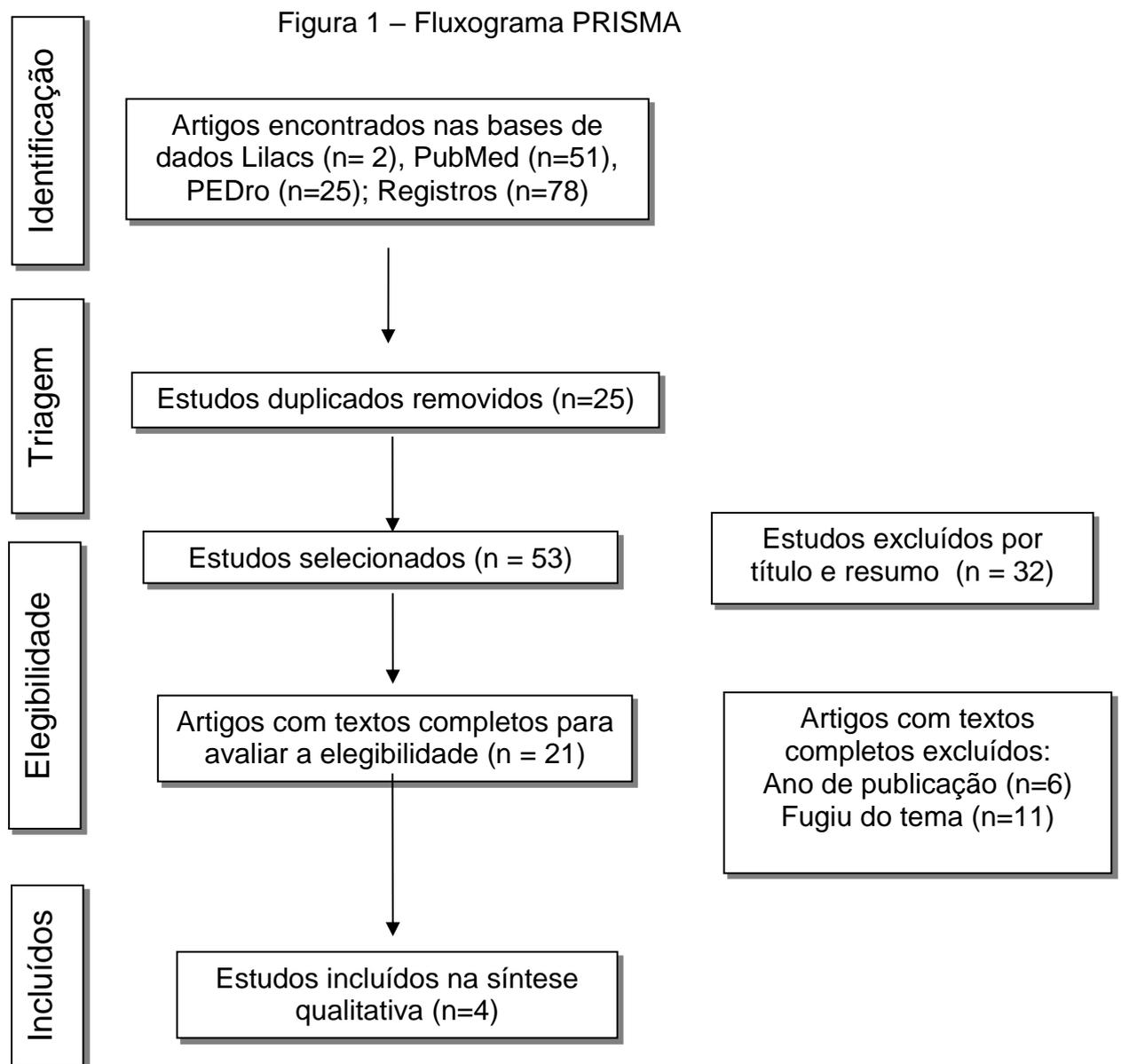
Fonte: autoria própria (2023).

### 3.5 Características dos estudos incluídos

Os artigos adicionados foram analisados através da data de publicação, intervenção (frequência, tempo, parâmetros e duração), se havia grupo comparativos, desfecho avaliado, além do método avaliativo do desfecho e o teste estatístico.

## 4 RESULTADOS

Foram encontrados em torno de 78 artigos durante toda a pesquisa, na qual, 51 foram identificados pela base de dados PubMed via Medline, desses foram excluídos 47 artigos, por não se encaixarem nos critérios de elegibilidade. Já na BVS via Lilacs, foram encontrados 2 artigos, onde não foram utilizados por não se encaixarem nos critérios de elegibilidade. Por fim, na base de dados PEDro, foram encontrados 25 artigos, por motivo de duplicação, todos foram excluídos. (Figura 1)



Os estudos incluídos apresentam indivíduos que foram submetidos a reconstrução do LCA em sua amostra, abordam a EENM associada ao exercício e outros tipos de protocolos de tratamento. Estes estudos são descritos detalhadamente no Quadro 3 e 4.

Quadro 3– Características dos estudos incluídos

<b>Autor (data)</b>	<b>Tipo de estudo</b>	<b>População</b>	<b>Grupos e amostras</b>	<b>Tratamento do grupo controle</b>	<b>Tratamento do grupo intervenção</b>	<b>Tempo, duração, frequência</b>	<b>Parâmetros</b>
Lepley; Wojtys; Smith (2014)	Ensaio clínico randomizado	Indivíduos que estavam cadastrados em um registro público e que não tiveram outras lesões no joelho	Grupo N&E (n=8) Grupo N(n=10) Grupo E (n=8) Grupo STND (n=10)	Grupo E: exercício excêntrico no <i>Leg Press</i> + reabilitação padrão; Grupo STND: reabilitação padrão.	Grupo N&E receberam EENM + exercício excêntrico no <i>Leg Press</i> + reabilitação padrão Grupo N: EENM + reabilitação padrão.	12 semanas de tratamento, 2 vezes por semana;	F= 2.500Hz L= 75us I= 120mA RISE= 2s ON= 10s OFF= 50s
Labanca et al., (2018)	Estudo randomizado controlado	Indivíduos entre 18 e 40 anos; reconstrução do LCA com enxerto OTO	Grupo EENM + STSTS (G1) Grupo STSTS (G2) Grupo NAT (G3)	G2: programa de exercício de sentar e levantar a 90° G3: programa de reabilitação sem tratamento adicional.	G1: programa EENM + STSTS.	60 dias de protocolo, 5 dias por semana.	F= 35 e 50Hz I= 120 mA ON= 8s OFF= 8s
Labanca et al., (2022)	Ensaio clínico randomizado	Indivíduos submetidos à reconstrução do LCA de ambos os sexos	GC= Protocolo de exercícios padrão (n=17) GI= EENM + protocolo de exercícios padrão (n=17)	Programa de exercícios fisioterapêutico.	Programa de exercícios fisioterapêutico + EENM.	3 meses de protocolo, 5 dias por semana.	F= 100 Hz I= 120 mA ON= 8s OFF= 8s
Moran et al., (2019)	Estudo randomizado controlado	Indivíduos entre 18 e 40 anos; reconstrução do LCA minimamente invasiva	GC= FES + caminhada (n=10) GI= EENM (n=13)	FES no quadríceps + caminhada + protocolo padrão de reabilitação.	EENM + protocolo padrão de reabilitação.	4 semanas de tratamento.	F= 40Hz L= 300us I= 100mA ON= 10s OFF= 10s T= 10 minutos

Fonte: autoria própria (2023).

Quadro 4 – Resultados dos estudos incluídos

<b>Autor(data)</b>	<b>Desfechos</b>	<b>Métodos de avaliação</b>	<b>Resultados</b>
Lepley; Wojtys; Smith (2014)	Avaliar a eficácia do EENM combinada com intervenção de exercício excêntrico.	Contrações isométricas voluntárias máximas através do dinamômetro.	Grupo E recuperou a ativação do quadríceps melhor do que os grupos N e STND; já os grupos N&E e E recuperaram a força muscular melhor que os grupos N e STND.
Labanca <i>et al.</i> , (2018)	Avaliar a eficácia do EENM + STSTS da força muscular dos extensores do joelho.	Máquina de contração de pernas; Medidas antropométricas.	Grupo EENM + STSTS apresentou maior força muscular em comparação com os grupos STSTS e NAT.
Labanca <i>et al.</i> , (2022)	EENM na força do quadríceps após reconstrução do LCA em indivíduos de ambos os sexos.	Contrações voluntárias isométricas máximas e testes isocinéticos.	Grupo EENM na fase inicial do PO demonstrou melhorias na função e força muscular do joelho em comparação com o grupo NAT.
Moran <i>et al.</i> , (2019)	Avaliar a viabilidade da aplicação da EENM no quadríceps em comparação com o FES na fase inicial da reabilitação do LCA	Torque máximo de contração isométrica.	Em comparação com a EENM, os pacientes que receberam FES obtiveram melhores resultados na força e simetria do quadríceps, embora ambas as intervenções tenham sido eficazes.

Fonte: autoria própria (2023)

## 5 DISCUSSÃO

Este estudo investigou a intervenção EENM associada ao exercício pós reconstrução de LCA, com o objetivo de determinar sua eficácia sobre o fortalecimento muscular no músculo quadríceps. Esse trabalho foi construído através de pesquisas nas seguintes bases de dados: Lilacs, PubMed e PEDro, onde foram encontrados 78 artigos e destes, utilizados 4 por se encaixarem nos critérios de elegibilidades.

No estudo apresentado por Lepley (2014), o público para intervenção foi incluído através de um registro público onde as pessoas estavam agendadas para reconstrução do LCA, além disso, elas não podiam ter cirurgia prévia no joelho. No estudo apresentado Labanca (2018), o grupo intervenção foi escolhido por meio de sexo, onde só foram selecionados homens que tiveram o enxerto OTO, entre as idades de 18 a 40 anos. Esse tipo de enxerto tem uma boa qualidade de fixação e estabilidade. Já no artigo realizado por Labanca (2022) a população foi selecionada através de idade (18 e 50 anos), além da reconstrução do LCA com enxerto EQSG. Por fim, Moran (2019) incluiu no seu estudo pacientes entre 18 a 40 anos de idade que realizaram a cirurgia EQSG e que seriam capazes de realizar um protocolo de reabilitação, comparecendo à clínica 3 dias por semana.

O trabalho realizado por Lepley (2014) envolveu 46 indivíduos, sendo destes 10 saudáveis. Já Labanca (2018) elegeu 75 pacientes, onde foram elegíveis 63 pacientes, e desses, 13 abandonaram o estudo, ficando um total de 50 participantes. Enquanto o estudo de Labanca (2022) foram selecionadas 46 pessoas, porém 12 pessoas abandonaram o estudo, restando somente 34 pessoas para análise, sendo 20 homens e 14 mulheres, onde foram divididos igualmente para um grupo controle e outro intervenção. No trabalho de Moran (2019) foram selecionados 97 sujeitos, destes 57 não atendiam aos critérios de inclusão, restando 40 pessoas, após isso, 17 indivíduos desistiram por motivos de lesões meniscais, restando 23 participantes.

Lepley (2014), formou 4 grupos de intervenção, sendo eles: grupo N&E com 8 participantes e receberam EENM + exercício excêntrico no Leg Press; no grupo N utilizou-se a EENM em 10 pessoas; grupo E, com 8 participantes, realizaram exercício excêntrico no Leg Press; no grupo STND apenas reabilitação pessoas padrão em 10

indivíduos; todos os grupos receberam reabilitação padrão durante 12 semanas. Os grupos N&E e somente N receberam a intervenção EENM duas vezes por semana durante as primeiras seis semanas, enquanto os pacientes dos grupos STND e E não receberam este tratamento. Após as 6 primeiras semanas e até completar 12 semanas de protocolo, os grupos N&E e somente E receberam exercício excêntrico duas vezes por semana, somente N e STND não receberam esta intervenção. Como resultado, o exercício excêntrico recuperou a força do quadríceps melhor do que apenas a EENM ou apenas reabilitação padrão.

Labanca (2018) dividiu seu estudo em 3 grupos, foram eles: Grupo EENM + STSTS: eletroestimulação + senta e levanta a 90°; Grupo STSTS: senta e levanta a 90°; Grupo NAT: apenas reabilitação padrão; todos os grupos receberam reabilitação padrão. Após o 15º até o 60º dia, foram realizadas cinco sessões por semana. Do 15º ao 20º dia, os pacientes realizaram três séries de seis repetições, do 20º ao 30º dia, três séries de 10 repetições, do 30º ao 45º dia, 3 séries de 10 repetições e do 45º ao 60º dia, os pacientes realizaram três séries de 12 repetições. Todos os grupos receberam um tratamento adicional baseado no mesmo tipo, número de séries e repetições. Dessa forma, conclui-se que a EENM em conjunto com STSTS e reabilitação padrão demonstrou-se ser mais eficaz na recuperação total da força do quadríceps.

Labanca (2022) realizou seu estudo através de dois grupos: grupo intervenção com a EENM + protocolo de exercícios e grupo controle só com exercícios padrão, ambos os grupos com 17 participantes, sendo eles 10 homens e 7 mulheres. As sessões foram realizadas 5 vezes por semana e o treinamento durou do 15º ao 60º dia pós reconstrução do LCA. Os dois grupos receberam um treinamento baseado em tarefas de sentar e levantar, agachamento e step down, além disso, como aquecimento, o grupo intervenção realizou 10 minutos de bicicleta ergométrica de baixa resistência antes de cada sessão.

O trabalho de Moran (2019) foi construído por um grupo controle de 10 pessoas onde realizaram caminhada em conjunto com a estimulação elétrica funcional (FES), e o grupo intervenção utilizou EENM. A estimulação (EENM e FES) foi realizada durante 10 minutos, 3 vezes por semana. Além disso, os dois grupos realizaram um protocolo de reabilitação padrão, com foco em amplitude de movimento (ADM), andar sem muleta e flexão de joelho maior que 110°. O tempo total do protocolo foi de 4

semanas.

Os estudos incluídos utilizaram grupos controles semelhantes, onde todos os indivíduos tiveram lesão de LCA e foram submetidos a reconstrução. Os resultados foram diferentes entre si, visto que o plano de tratamento aplicado em cada grupo controle foi diferente.

O desfecho de força no estudo de Lepley (2014), foi utilizado a técnica de contração isométrica voluntária máxima e medida através de um dinamometro, realizando 10 ações isométricas com duração de 10 segundos cada. A frequência utilizada foi de 2.500 Hz, caracterizando como uma corrente de alta frequência, largura de pulso de 75 us, intensidade 120 mA, tempo de subida 2s, tempo ON 10s e OFF 50s. Como resultado, observou-se que a EENM + exercício excêntrico traz melhores efeitos na força do quadríceps em comparação com apenas a EENM ou o tratamento padrão. Há uma concordância entre o estudo acima e o estudo da autora Luciana Labanca (2022), visto que, o resultado do estudo da autora demonstra que o grupo de pacientes submetidos a EENM + programa de exercícios fisioterapêuticos demonstraram uma força muscular do quadríceps significativamente maior quando comparados com pacientes do outro grupo, além de demonstrar também uma simetria de membros significativamente maior. A avaliação foi realizada através de contrações voluntárias isométricas máximas e testes isocinéticos, onde são avaliados os possíveis desequilíbrios e déficits musculares.

No estudo de Moran (2019) o torque máximo de contração isométrica voluntária foi a intervenção abordada para avaliar a força. Os parâmetros utilizados foram: frequência 40 Hz, largura de pulso 300 us, intensidade de 100 mA, tempo ON e OFF de 10s cada, concluindo um total de 10 minutos de tratamento, caracterizando-se por uma corrente de baixa frequência. Dessa forma, teve como desfecho que o uso do FES no quadríceps foi mais eficaz na recuperação da força e simetria muscular do que a EENM, ambos associados a reabilitação tradicional. Porém, em contrapartida, o estudo de Labanca (2018) utilizou uma máquina de contração de pernas para avaliar a força dos participantes em extensão e flexão, visto a sua importância para a recuperação da capacidade funcional. A força muscular foi registrada usando uma unidade de sistema computadorizado, onde todos os grupos apresentaram aumento significativo na musculatura extensora do joelho, enquanto os pacientes do grupo EENM + STSTS apresentaram maior força dos músculos flexores do joelho do que o grupo NAT. Além disso, foi realizado medidas antropométricas durante todo

tratamento, e notou-se que o grupo EENM + STSTS apresentou melhores resultados em comparação as circunferências dos dois membros da coxa do que os grupos STSTS e NAT. Os parâmetros utilizados na EENM foram: frequência 35 e 50Hz, intensidade 120mA, tempo On e tempo OFF de 8s No entanto, é difícil comparar os resultados dos dois estudos devido às diferenças no comprometimento da função do músculo quadríceps relacionadas ao tipo de enxerto. Os resultados foram muito importantes, visto que, o quadríceps é um importante alvo de reabilitação pois reduz a taxa de reincidência das lesões no joelho.

Diante desses resultados, é possível analisar que a melhora da força através da EENM se deu por meio de contrações repetidas. O princípio da ação do uso desta corrente é o recrutamento da musculatura pela passagem do impulso nervoso gerado pelo aparelho, isto é, o músculo se contrai sem a necessidade do cérebro enviar o comando. Essa corrente associada ao exercício gera um recrutamento de fibras musculares do tipo II, sendo que, quanto maior a quantidade de fibras ativadas maior a facilidade de produção de força, aumentando o fluxo sanguíneo intramuscular.

## **6 CONCLUSÃO**

Conclui-se que a EENM associada ao exercício pode ser uma das principais intervenções para o fortalecimento do músculo quadríceps em indivíduos submetidos a reconstrução do LCA. Os estudos incluídos demonstraram que houve melhora significativa na massa, simetria e força muscular do quadríceps, mostrando-se ser uma intervenção segura e eficaz na recuperação da função do joelho. Uma das principais limitações do trabalho foi a comparação entre os resultados, visto que, alguns estudos não especificam o tipo de enxerto, o que pode ser um fator que interfere na força muscular do quadríceps no pós-operatório de LCA. Dessa forma, futuras investigações devem levar em consideração o tipo de enxerto e analisar sua influência sobre a recuperação da força através da EENM e exercícios.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, P. et al. Injury of the anterior cruciate ligament and atrophy of quadriceps femoris muscle. n. 1, p. 146–156. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/6789/4483>
- AYALA-MEJÍAS, J. D.; GARCÍA-ESTRADA, G. A.; ALCOGER PÉREZ-ESPAÑA, L. Anterior cruciate ligament lesions. **Acta Ortopédica Mexicana**, v. 28, n. 1, p. 57–67, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26031141/>
- BADAWY, C. R. et al. Contemporary Principles for Postoperative Rehabilitation and Return to Sport for Athletes Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation**, v. 4, n. 1, p. e103–e113, jan. 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8811493/>
- BENFICA, P. DO A. et al. Reference values for muscle strength: a systematic review with a descriptive meta-analysis. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 22, n. 5, p. 355–369, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6157470/>
- BODEN, P. B. et al. Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Mechanisms and Risk Factors. **American Academy of Orthopaedic Surgeon**, v. 18, n. 9, p. 520–527, set. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20810933/>
- BOHÓRQUEZ, I. J. R.; SOUZA, M. N. DE; PINO, A. V. Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 29, n. 2, p. 153–165, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/rbeb.2013.012>
- CIMINO, F.; VOLK, B. S.; SETTER, D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. **American Family Physician**, v. 82, n. 8, p. 917–922, 15 out. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20949884/>
- COFFEY, R.; BORDONI, B. Lachman Test. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554415/>
- CONLEY, C. E. W. et al. A Comparison of Neuromuscular Electrical Stimulation Parameters for Postoperative Quadriceps Strength in Patients After Knee Surgery: A Systematic Review. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, v. 13, n. 2, p. 116–127, 11 jan. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8167342/>
- CHARLES, D. et al. A systematic review of the effects of blood flow restriction training on quadriceps muscle atrophy and circumference post acl reconstruction. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 15, n. 6, p. 882–891, dez. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33344004/>
- DOUCET, B. M.; LAM, A.; GRIFFIN, L. Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. **The Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 85, n. 2, p. 201–215, 1 jun. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22737049/>
- FAILLA, M. J. et al. Controversies in Knee Rehabilitation. **Clinics in Sports Medicine**, v. 34, n. 2, p. 301–312, abr. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25818715/>
- FILBAY, S. R.; GRINDEM, H. Evidence-based Recommendations for the Management of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Rupture. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, v. 33, n. 1, fev. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31431274/>
- FOX, Michael et al. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: Freddie Fu's paradigm. **Journal of ISAKOS**, ago. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35988888/>

- GRUPTON, M.; IMOGENO, O.; TERREBERRY, R. R. **Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee**. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29763193/>
- HASEGAWA, S. et al. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 21, n. 4, p. 622–630, ago. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050641111000083?via%3Di%3Dhub>
- HUNNICUTT, J. L. et al. Quadriceps Neuromuscular and Physical Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Journal of Athletic Training**, v. 55, n. 3, p. 238–245, 1 mar. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31995392/>
- IMOTO, A. M. et al. Effectiveness of electrical stimulation on rehabilitation after ligament and meniscal injuries: a systematic review. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 129, n. 6, p. 414–423, dez. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-31802011000600008>
- LABANCA, L. et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 3, p. 407–416, mar. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29059108/>
- LABANCA, L. et al. Early Superimposed NMES Training is Effective to Improve Strength and Function Following ACL Reconstruction with Hamstring Graft regardless of Tendon Regeneration. **Journal of Sports Science and Medicine**, p. 91–103, 10 jan. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35250338/>
- LANFERDINI, F. J. et al. Influência do treinamento excêntrico nas razões de torque de flexores/extensores do joelho. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 17, n. 1, p. 40–45, mar. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1809-29502010000100008>
- LEPLEY, L. K.; WOJTYS, E. M.; PALMIERI-SMITH, R. M. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. **The Knee**, v. 22, n. 3, p. 270–277, jun. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4754794/>
- LOPES, Catarina. et al. Knee positioning systems for X-ray environment: a literature review. **Physical and Engineering Sciences in Medicine**, 24 jan. 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36692683/>
- MONTALVO, A. M. et al. Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. **Journal of Athletic Training**, v. 54, n. 5, p. 472–482, 22 abr. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31009238/>
- MORAN, U. et al. Functional electrical stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled pilot study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 16, 12 jul. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31299999/>
- MOREIRA, I. A. Lesões de LCA no futebol feminino: revisão de literatura. **repositorio.ufmg.br**, 16 dez. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9EBKZQ>
- MILLER, S.; PETERS, K.; PTOK, M. Review of the effectiveness of neuromuscular electrical stimulation in the treatment of dysphagia – an update. **GMS German Medical**

- Science**, v. 20, p. Doc08, 14 jun. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35875244/>
- PEREIRA, M. et al. Tratamento fisioterapêutico após reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 20, n. 6, p. 372–375, dez. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-78522012000600011>
- PERNAMBUCO, A. P.; CARVALHO, N. M. DE; SANTOS, A. H. DOS. A eletroestimulação pode ser considerada uma ferramenta válida para desenvolver hipertrofia muscular? **Fisioterapia em Movimento**, v. 26, n. 1, p. 123–131, mar. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fm/a/zkGNkxH5GQ38MnCWTjBNvMp/abstract/?lang=pt>
- PFIRRMANN, D. et al. Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review. **Journal of Athletic Training**, v. 51, n. 5, p. 410–424, maio 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27244125/>
- RAMSEY, K. A. et al. The association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with skeletal muscle strength and muscle power in older adults: A systematic review and meta-analysis. **Ageing Research Reviews**, v. 67, p. 101266, maio 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568163721000131?via%3Dihub>
- RODRIGUEZ, Kevin et al. Anterior Cruciate Ligament Injury: Conservative Versus Surgical Treatment. **Cureus**, v. 13, n. 12, 6 dez. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35004026/>
- TEMPONI, E. F. et al. Partial tearing of the anterior cruciate ligament: diagnosis and treatment. **Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)**, v. 50, n. 1, p. 9–15, jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.02.003>
- SAHINIS, C.; KELLIS, E. Anatomy, Morphology and Function of the Tensor of Vastus Intermedius: A Systematic Review. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 6, n. 3, p. 77, 16 set. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8482252/pdf/jfmk-06-00077.pdf>.
- SOUSA, E. F. DE. Efeitos da eletroestimulação neuromuscular em pacientes críticos: uma revisão de literatura. **pesquisa.bvsalud.org**, p. 38–38, 2016. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ses-35040>
- ŚMIGIELSKI, R. et al. The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. **The Bone & Joint Journal**, v. 98-B, n. 8, p. 1020–1026, ago. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27482012/>
- TARADAJ, J. et al. The Effect of NeuroMuscular Electrical Stimulation on Quadriceps Strength and Knee Function in Professional Soccer Players: Return to Sport after ACL Reconstruction. **BioMed Research International**, v. 2013, n. 1, p. 1–9, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3870113/pdf/BMRI2013-802534.pdf>.
- VIDMAR, M. F. et al. 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**, jul. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7563799/>
- WANG, Sheng. Biomechanical Analysis of the Human Knee Joint. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2022, p. 9365362, 4 mar. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35281538/>
- WRIGHT, R. et al. **ACL Reconstruction Rehabilitation: A Systematic Review Part**

- II. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3692368/pdf/nihms474376.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2023.
- YANG, J. et al. The Effects of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Individual Quadriceps Muscle Thickness and Circulating Biomarkers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 24, p. 4895–4895, 4 dez. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6950292/>
- YOO, H.; MARAPPA-GANESHAN, R. **Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee Anterior Cruciate Ligament.** Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559233/>.