



A influência da eletroestimulação e da cinesioterapia em pacientes pós operados de lesão do ligamento cruzado anterior

The influence of electrostimulation and kinesiotherapy in post-operative patients with anterior cruciate ligament injury

Ana L. B. Oliveira^{1#}, Clara S. Pereira^{1#}, Rosária D. Aires², Juliano R. S. Costa^{2*}.

¹ Fisioterapeuta.

² Faculdade Sete Lagoas - FACSETE; MG: Brasil: Rua Itália Pontelo, Nº62 - Chácara do Paiva, 35700-170.

Estes autores contribuíram igualmente para o trabalho.

*Correspondência

Juliano R. S. Costa
Faculdade Sete Lagoas - FACSETE.
Rua Itália Pontelo 62, Chácara do Paiva, Sete Lagoas. 35700-170, MG, Brasil.
+55 31 99793-0053
julianorscosta@gmail.com

Financiamento

Não se aplica.

Resumo

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) está associada a um mecanismo de hiperextensão e a rotação do joelho quando o pé está fixo no solo, prevalecendo em pessoas que praticam atividade física de contato, sendo esta, a principal causa de recomendação médica para reconstrução cirúrgica do ligamento. Essa lesão prejudica a marcha do paciente de maneira importante e dificulta o retorno do paciente a suas atividades por aproximadamente 6 semanas. Demonstrar o efeito da eletroestimulação associada à cinesioterapia na melhoria do padrão de marcha em pacientes pós cirúrgicos de lesão LCA. O estudo em questão aborda uma revisão bibliográfica no período de dezembro de 2021 a maio de 2022. Trata-se de um estudo eficaz para sintetização de conhecimentos que favorece a aplicação da prática baseada em evidência (PBE). A busca foi realizada nas bases de dados do Scientific Electronic Library Online (SciELO), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE/Pubmed) com restrição de idiomas na identificação do estudo em português e inglês. A literatura mostra que o uso da eletroestimulação neuromuscular (EENM), é benéfico para melhora da força muscular do quadríceps, reduzindo a Inibição Muscular Iatrogênica (IAM), em pacientes pós operados de LCA administrada precocemente. Entretanto há controversas entre autores sobre o tempo de sua inclusão. A análise obtida neste trabalho demonstra que a EENM traz resultados mais eficazes quando introduzida no plano de tratamento de maneira precoce, com consequente diminuição da IAM. Durante os movimentos voluntários, contribuindo para o ganho da ADM de extensão do joelho.

Palavras-chave: Ligamento cruzado anterior, Terapia por Estimulação Elétrica, Cinesioterapia, Inibição muscular, Análise da Marcha.

Abstract

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is associated with a mechanism of hyperextension and knee rotation when the foot is fixed in the ground,

prevailing in people who practice contact physical activity, which is the main cause of medical recommendation for surgical reconstruction of the ligament. This injury impairs the patient's gait in an important way and hinders the patient's return to his activities for approximately 6 weeks. To demonstrate the effect of electrostimulation associated with kinesiotherapy on the improvement of gait pattern in patients after surgical ACL injury. The study in question addresses a literature review from December 2021 to May 2022. This is an effective study for synthesizing knowledge that favors the application of evidence-based practice (EBE). The search was carried out in the databases of the Scientific Electronic Library Online (SciELO), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE/Pubmed) with language restriction in the identification of the study in Portuguese and English. The literature shows that the use of neuromuscular electrostimulation (NMES) is beneficial for improving quadriceps muscle strength, reducing Iatrogenic Muscle Inhibition (AMI) in patients who were administered acl surgery early. However, there are controversies among authors about the time of their inclusion. The analysis obtained in this study demonstrates that NMES brings more effective results when introduced into the treatment plan early, with consequent decrease in AMI. During voluntary movements, contributing to the gain of knee extension ROM.

Key words: Anterior cruciate ligament, Electrical Stimulation Therapy, Kinesiotherapy, Muscle inhibition, Gait Analysis

1 INTRODUÇÃO

Complexo do joelho

O complexo articular do joelho é composto por uma cápsula articular revestida por uma membrana sinovial que produz o líquido sinovial, responsável pela nutrição e proteção dos ossos subjacentes, contra forças de compressão e fricção através da lubrificação da cartilagem articular. (Netter, 2010). Classificado como uma articulação do tipo gínglimo e plana composta por três superfícies articulares o fêmur, a tíbia e a patela, formado por duas articulações, femoropatelar e femorotibial, essas articulações possuem dois graus de liberdade (biaxial), as quais realizam os movimentos de flexão e extensão, no plano sagital, bem como a rotação medial e lateral no plano transversal. (Netter, 2010).

A integridade dessa articulação depende dos 1- estabilizadores estáticos, que são compostos por ligamentos, meniscos e cápsula articular, e 2- estabilizadores dinâmicos, constituídos pelos músculos e tendões. Cabe ressaltar que o ligamento cruzado anterior (LCA) é o responsável por limitar a translação anterior da tíbia em relação ao fêmur e o ligamento cruzado posterior (LCP) responsável por limitar a translação posterior. (Netter, 2010).

A maior parte dos ligamentos são compostos por água, com predomínio do colágeno do tipo I (70-80%), cuja constituição celular principal é o fibroblasto. Esta proteína possui a função de gerar estabilidade às articulações, sendo capaz de resistir a tração de um ligamento impedindo, desta forma, que ocorra movimentos excessivos e/ou anormais. (Sávio et. al., 2006).

Anatomicamente o LCA se insere na área intercondilar anterior da tíbia até o côndilo lateral do fêmur. (Netter, 2010). Sua ruptura ocorre geralmente por uma hiperextensão associada à rotação do joelho, quando o pé está fixo no solo. Frequentemente as lesões do LCA são acompanhadas pelo comprometimento dos ligamentos colateral medial e do menisco medial. A combinação da ruptura dessas três estruturas é conhecida como “tríade infeliz”, uma vez que aumentam a gravidade da instabilidade articular de maneira importante, dificultando o tempo de recuperação pelo paciente. (Netter, 2010). A articulação do joelho é a mais suscetível a lesões traumáticas diretas ou indiretas, tendo uma alta prevalência de correções cirúrgicas seja corretiva ou preventiva. (Melick et al., 2016).

O método cirúrgico para a reconstrução deste ligamento é realizado através da videoartroscopia. Por meio deste procedimento o ligamento é substituído por um enxerto de tendão, sendo os mais comumente utilizados os tendões dos flexores do joelho (isquiotibiais) ou o terço médio do ligamento patelar, sendo este processo determinado pelo cirurgião. (Gali, 2014).

A literatura nos mostra que aproximadamente 35% dos indivíduos que sofreram tal lesão apresentam um comprometimento funcional associado a fatores biomecânicos e proprioceptivos, como por exemplo, alterações no padrão da marcha fisiológica, aos quais afetam o retorno às atividades esportivas. (Ardern et. al., 2014). Dentre eles, destaca-se a perda de percepção da consciência articular em virtude do comprometimento sensorial, relacionada à inibição das fibras motoras do quadríceps. Isto reduz a capacidade de transmissão de força e potência e causam fraqueza muscular como consequência da redução da sobrecarga, derrame articular e presença de dor, causando ainda mais limitação funcional ao paciente. (Cavalcante et al., 2016).

Essa sintomatologia ocorre por causa da inibição muscular iatrogênica (IAM), caracterizada por um reflexo de inibição contínuo ao redor da articulação do joelho, interferindo no padrão biomecânico funcional e prolongando o processo de reabilitação, impedindo o ganho de força muscular do quadríceps femoral, e consequentemente comprometendo o retorno da marcha fisiológica. (Cavalcante et al., 2016).

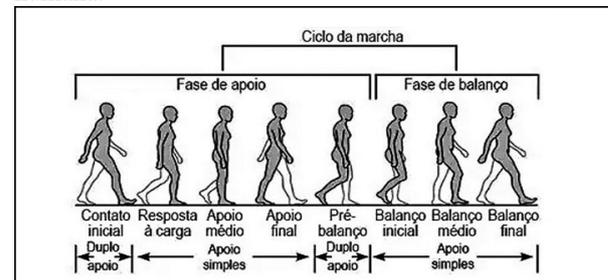
Análise da marcha humana

A marcha humana é uma função automática definida como uma atividade complexa caracterizada por movimentos rítmicos do tronco e dos membros inferiores a qual mantém uma estabilidade corporal. Sua análise, compreende-se na descrição e na avaliação sistematizada das fases que a compõem e que podem ser observadas na **Figura 1**, sendo elas: 1- FASE DE APOIO: referente a 60% do ciclo da marcha. Subdivide-se em: 1.1- contato inicial: realizado com o retropé, dado pelo toque do calcanhar no solo; 1.2- resposta à carga: onde corre o aplainamento do pé; 1.3- apoio médio: apoio de um único membro inferior; 1.4- apoio terminal: retirada do calcanhar do solo e o 1.5- pré-balanço: retirada dos dedos sobre o solo. (Neuman, 2006). Seguida da 2- FASE DE BALANÇO: referente aos 40% do ciclo, no qual o pé do membro de referência não faz contato com o solo, se subdividindo em três fases, o 2.1- balanço inicial de aceleração; 2.2- balanço médio e o 2.3- balanço terminal de desaceleração, para o início de um novo ciclo. (Neuman, 2006).

Durante a fase do contato inicial o músculo quadríceps é ativado realizando uma contração concêntrica, mantendo a estabilidade do joelho no movimento de extensão, associado aos flexores e extensores do quadril controlando a absorção de energia

e potência imposta pela força de reação ao solo. (Neuman, 2018).

Figura 1: Demonstração das fases do ciclo da marcha humana.



FONTE: Sacco (2008).

Durante a fase de resposta a carga o músculo quadríceps amortece o impacto do solo sob o membro de apoio, absorvendo a força de reação do solo para sua transferência adequada. Dessa forma ele realiza uma contração excêntrica, com isso evitando que a articulação do joelho realize uma flexão excessiva. (Neuman, 2018).

Pacientes com lesão de LCA, cursam com a flacidez tissular com conseqüente perda de massa da musculatura extensora de joelho, especificamente o músculo quadríceps, comprometendo o padrão da marcha, apresentando uma claudicação em resposta a diminuição de descarga de peso durante a fase de apoio e resposta a carga, interferindo na dissipação da energia suficiente para realizar o controle de suporte adequado. (Neuman, 2018).

Recursos Terapêuticos utilizados na lesão do LCA

A fisioterapia é uma ciência da área da saúde voltada à prevenção de doenças por meio da reabilitação funcional. Estando apto a construção do diagnóstico cinético funcional, a fim de intervir em condições de saúde que impactam na qualidade de vida do indivíduo. (CREFITO-13).

A utilização de recursos eletroterapêuticos e exercícios cinesioterapêuticos, faz parte do desenvolvimento do programa de intervenção do fisioterapeuta, durante o seu dia. Dentre esses, destaca-se o uso da eletroestimulação neuromuscular (EENM), esta técnica age por meio da ativação neural, com a finalidade de se obter a contração muscular através da utilização de correntes elétricas de baixa frequência. (Castro et. al., 2015). O seu uso durante a reabilitação de indivíduos que estão na fase do pós- operatório de lesão do LCA, está relacionado à tentativa de prevenir os

efeitos provenientes da imobilização, tentando minimizar a perda acentuada de massa muscular. (Castro et. al., 2015).

A eletroestimulação funcional (FES) é um tipo de corrente elétrica bifásica de baixa frequência de 1-100 hertz (Hz), representada graficamente por uma onda quadrada, tendo como principal função a hipertrofia muscular. (Krueger, 2010). A fisiologia da sua aplicação se baseia na descarga elétrica da corrente nas fibras motoras dos grupos musculares paralisados, através da estimulação da inversão de cargas da membrana celular atingindo o platô de despolarização, gerando uma resposta síncrona em todas as unidades motoras, promovendo uma contração mais eficiente. (Fitzgerald, 2003).

Fisiologicamente, a contração muscular é composta por três fases: 1º) Fase de repouso: Para que haja contração muscular, é necessário programar uma sequência de estímulos com duração determinada, chamado de trens de pulso. Sendo este, um aspecto importante de ser observado a fim de se evitar a fadiga caso a frequência esteja alta na fase de condicionamento muscular e controle das contrações musculares. 2º) Fase de subida e descida: Tempo gasto para a corrente se estabelecer e cessar, ou seja, o tempo de entrega ao tecido muscular e o tempo de descanso. Importante destacar que se o tempo de subida for lento o músculo pode sofrer acomodação do potencial da membrana e não responder ao estímulo de contração, tornando ineficaz a aplicação da corrente. 3º) Fase de manutenção: caracterizada pelo tempo de contração. Nesta fase o músculo atinge o platô permanecendo em contração pelo tempo pré-determinado.

A modulação dos parâmetros irá depender do tipo e marca do aparelho, mas de modo geral, o primeiro parâmetro a se regular é a frequência da corrente dada em hertz (Hz), a qual varia de 1 a 100. Para produção de força muscular é recomendável uma frequência entre 30 a 80 (Hz). (Castro et. al., 2015).

Outro parâmetro de grande importância é a duração de pulso, o qual permite ajuste entre 200-400 microssegundos (μ s), quando o objetivo é a contração muscular. Quanto maior o tempo de pulso, melhor será a resposta dada a partir do estímulo, gerando assim, a contração. (Krueger, 2011).

A relação entre o tempo de contração (ON): tempo de subida, equivale ao ponto de entrega da corrente ao tecido muscular, e o tempo de repouso (OFF) onde cessa a entrega do estímulo para o grupo muscular, é de (1:2), ou seja, o tempo (OFF) deve ter o dobro do valor do tempo (ON). (Krueger, 2011).

Geralmente a aplicação da corrente FES é realizada por meio da aplicação de eletrodos superficiais, sendo os mais utilizados na prática clínica dispostos sobre a pele com gel condutor. A disposição dos eletrodos irá depender da orientação das fibras e tamanho do ventre muscular. Quando se tem um par de eletrodos de tamanhos distintos, um ativo e o outro de referência a forma da corrente é denominada como uni ou monopolar, em contrapartida, quando possui dois eletrodos ativos e mais um eletrodo de referência, a corrente é bipolar, ou seja, eletrodos de mesmo tamanho, definem esta estimulação. (Krueger, 2011).

Em um ensaio clínico aleatorizado verificou-se a influência da FES associada a exercícios cinesioterapêuticos. Os grupos foram submetidos a estimulação elétrica neuromuscular durante 20 minutos nas sessões, nas quais a eletroestimulação foi sobreposta a contrações isométricas, incluindo força isocinética do músculo extensor de joelho entre 90 a 180°, tanto do membro lesionado, quanto do não lesionado, associado a testes funcionais de propriocepção no início e após 6 semanas do pós-operatório. Como resultado observou-se melhora significativa da força muscular em ambos os membros. (Feli, et al., 2017).

Frequentemente a cinesioterapia é utilizada como tratamento conservador para lesão de LCA. Neste trabalho abordaremos o que a literatura mostra a respeito da associação entre o uso da cinesioterapia e o uso da FES em indivíduos pós operados de lesão do LCA, com aproximadamente 6 semanas de cirurgia.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi analisar o efeito da eletroestimulação associada à cinesioterapia na melhoria do padrão de marcha em pacientes pós cirúrgicos de lesão do LCA.

2 METODOLOGIA

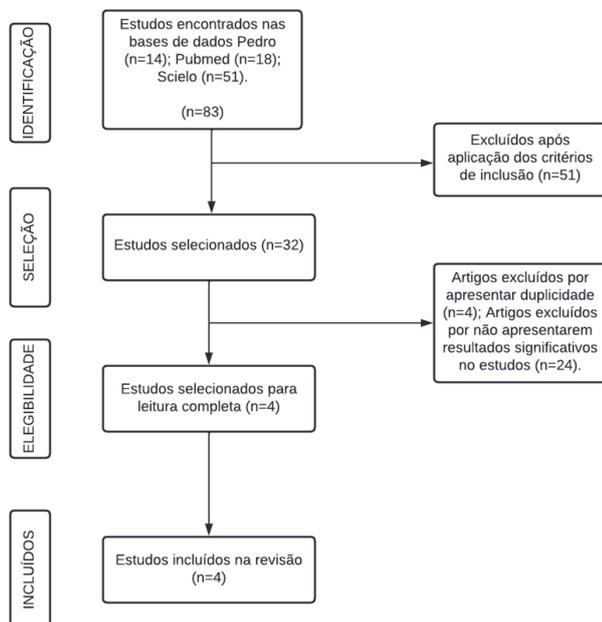
O estudo em questão aborda uma revisão bibliográfica realizada no período de dezembro de 2021 a maio de 2022. Trata-se de um estudo eficaz para sintetização de conhecimentos que favorecem a aplicação da prática baseada em evidência (PBE). A busca foi realizada nas bases de dados do Scientific Electronic Library Online (SciELO), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE/Pubmed) com restrição de idiomas na identificação do estudo em português e inglês. Nestas bases de dados foram pesquisadas apenas artigos publicados entre os anos de 2015 a 2021 abordando os seguintes tipos de estudo: revisões de literatura, ensaios clínicos e estudos de caso que correspondam às palavras-chave. Para a estratégia de busca foram

utilizados os seguintes descritores: “Cinesioterapia”, “Ligamento Cruzado Anterior”, “Terapia por Estimulação Elétrica”, “Inibição muscular”, e “Análise da Marcha”.

Os critérios para inclusão do artigo foram estudos que envolveram pacientes na fase de pós-operatório da reconstrução do LCA com enfoque e objetivo de tratamento com base na cinesioterapia e o uso da estimulação elétrica no músculo quadríceps. Os artigos excluídos foram os que não se enquadraram nos critérios de inclusão supracitados.

Conforme observado na **Figura 2**, a busca bibliográfica, segundo a estratégia estabelecida, resultou em 83 artigos que foram criteriosamente verificados segundo sua pertinência com o objetivo do presente estudo. Desse total, foram descartados 51 estudos por não se enquadrarem nos critérios de inclusão e 28 excluídos por não terem resultados significativos para o estudo. Por fim, foram selecionados 4 artigos para leitura completa, pela limitação do estudo sobre a associação das duas terapias que abordam a cinesioterapia e a terapia por eletroestimulação no pós-operatório de LCA.

Figura 2: Diagrama de seleção dos estudos.



3 REVISÃO

Após a seleção dos artigos, o detalhamento dos 4 trabalhos incluídos é sumarizado na **Tabela 1**.

4 DISCUSSÃO

Mediante a análise dos dados obtidos pelas evidências introduzidas, observa-se que o LCA é um ligamento lesionado com bastante frequência na articulação do joelho, principalmente em indivíduos fisicamente ativos e que praticam esportes de contato. Essa lesão pode ser tratada de forma conservadora ou cirúrgica, as quais possuem resultados semelhantes.

Indivíduos submetidos à reconstrução do LCA com enxerto do tendão do semitendinoso e grácil (STGR) apresentam deficiências de curto e longo prazo na força dos isquiotibiais após a cirurgia. (Beynon et al., 2002; Heijne e Werner 2010; Nomura et al., 2015; Konrath et al., 2016; Abourezk et al., 2017; Labanca et al., 2020).

O músculo quadríceps também é afetado pela fraqueza muscular, mas as principais fraquezas foram relatadas na força muscular dos flexores do joelho, podendo estar relacionado a algumas alterações morfológicas e funcionais dos músculos tendinosos que ocorrem nos músculos STGR associado a uma diminuição significativa no volume e comprimento dos ventres musculares, juntamente a falta de regeneração dos tendões utilizados para cirurgia, o que ocorre apenas em uma pequena porcentagem de pacientes. (Eriksson et al., 2003; Vertullo et al. 2017; (Makihara et al., 2006; Åhlén et al., 2012; Snow et al., 2012; Suijkerbuijk et al., 2015; Nomura et al., 2015; Konrath et al., 2016).

Contudo, o principal resultado deste estudo foi que uma nova intervenção de treinamento baseada na estimulação elétrica neuromuscular sobreposta aos movimentos funcionais durante a fase inicial após a reconstrução do LCA com enxerto de tendão STGR, como tratamento adicional à reabilitação padrão, foi mais eficaz na melhora da força muscular e do joelho. (Labanca et al., 2018).

Em um estudo piloto controlado randomizado foi comparado a aplicação da FES combinada com a reabilitação tradicional pós-operatória de LCA. Foi constatado que, durante 4 semanas de intervenção após a cirurgia, a FES foi mais benéfica e eficaz em comparação aos exercícios cinesioterapêuticos isolados, principalmente pelo comprometimento do déficit de força inadequada do quadríceps após a lesão. (Uria Moran et al., 2016).

Esta alteração impacta diretamente no padrão de marcha fisiológica, notoriamente durante a fase da resposta à carga, pelo comprometimento da amplitude de movimento (ADM) durante a flexão do joelho e a redução da extensão, gerando um padrão de marcha assimétrico com a diminuição de sua velocidade. (Uria Moran et al., 2016).

Tabela 1: Resumo das informações dos trabalhos incluídos nesta revisão.

TÍTULO DOS TRABALHOS (AUTORES)	MÉTODO	RESULTADOS	CONCLUSÃO
<p>Early Superimposed NMES Training is Effective to Improve Strength and Function Following ACL Reconstruction with Hamstring Graft regardless of Tendon Regeneration (LABANCA, L <i>et al.</i>, 2018)</p>	<p>63 pacientes com RLCA foram alocados aleatoriamente em um dos 3 grupos de tratamento: EENM A força isométrica máxima do extensor do joelho e dos flexores foi medida 60 e 180 dias após a cirurgia. A assimetria na carga das extremidades inferiores foi medida durante um movimento sit-to-stand. 15, 30, 60 e 180 dias após a cirurgia.</p>	<p>As análises demonstraram que os pacientes do grupo de EENM + STSTS apresentaram uma força muscular extensora de joelho significativamente maior quando comparados com os pacientes dos outros dois grupos, tantos nos 30, como nos 90, nos 60 e nos 180 dias após a cirurgia A assimetria na carga das extremidades inferiores foi medida durante um movimento sit-to- stand.</p>	<p>Em conclusão, a qualidade da reabilitação pode ser muito melhorada com a adição de uma intervenção de treinamento de resistência estruturada de dois meses, com base em estimulação sobreposta aos movimentos funcionais, na fase inicial após a reconstrução do LCA com isquiotibiais enxerto, como demonstrado pelas melhorias na função do joelho e força muscular em curto e longo prazo após a cirurgia.</p>
<p>Functional electrical stimulation following anteriorcruciate ligament reconstruction: arandomized controlled pilot study. (URIA MORAN <i>et al.</i>, 2016)</p>	<p>Centro Militar de Israel. Os indivíduos foram randomizados entre grupo FES (n=10) do quadríceps/ grupo controle (n=13) / Idade: (18-40 anos). Grupo FES/controle: 10 min/associado a caminhada+ fisioterapia padrão, 3 dias/semana. Avaliação da velocidade/simetria da marcha e pico de força do quadríceps.</p>	<p>Os indivíduos de ambos os grupos recuperaram a velocidade e a simetria da marcha pré-ACLR após 4 semanas de reabilitação, sem diferença entre os grupos. No entanto, embora o pico de força do quadríceps pré-ACLR tenha sido semelhante entre eles, os indivíduos do grupo FES associado a cinesioterapia recuperaram 82% de sua força e simetria no quadríceps em comparação com 47% do grupo FES sozinho.</p>	<p>O uso da FES combinado com a reabilitação tradicional é uma opção viável para o tratamento precoce pós-ACLR, mostrando ser eficaz após 4 semanas de cirurgia, para recuperação da força do músculo quadríceps. Visto que o padrão da cinética e cinemática da marcha não influenciam diretamente entre os grupos musculares.</p>

Continuação...

Combination off Eccentric and neuromuscular electrical stimulation to improve biomechanical limbsymmetry after anterior cruciате ligament reconstruction

(LEPLEY K. LINDSEY *et al.*, 2015)

36 indivíduos foram colocados em quatro grupos de tratamento: EENM e excêntricos, somente excêntricos, somente EENM, padrão de cuidados, e controles saudáveis participaram. EENM e excêntricos receberam um protocolo combinado EENM e excêntrico pós-reconstrução (cada tratamento 2x por semana durante 6 semanas), enquanto que os grupos EENM e excêntricos receberam apenas a terapia EENM ou excêntrica.

Foram realizados testes de funcionalidade, força e potência. A aplicação de uma estimulação elétrica neuromuscular combinada a uma intervenção de exercício excêntrica é uma das abordagens terapêuticas que pode induzir ganhos significativos e clinicamente significativos na força do quadríceps após a reconstrução do LCA.

Uma intervenção combinada de EENM e exercício excêntrico foi encontrada para restaurar a simetria biomecânica do membro que estava mais intimamente relacionada a indivíduos saudáveis após a reconstrução do LCA em um momento em que os pacientes retornaram à participação. Maiores ângulos de flexão do joelho e momentos sobre o apoio foram relacionados à força do quadríceps.

Utility of Neuromuscular Electrical Stimulation to Preserve Quadriceps Muscle Fiber Size and Contractility After Anterior Cruciate Ligament Injuries and Reconstruction: A Randomized, Sham- Controlled, Blinded Trial.

(MICHAEL J. TOTH *et al.*, 2020)

2 Grupos: EENM (85)%; Grupo Controle (63)%, 18- 50 anos, ambos os sexos. Avaliados 2 semanas antes da cirurgia. Com ruptura aguda do LCA pela primeira vez (3 semanas de lesão). Biópsias bilaterais do músculo vasto lateral foram realizadas 3 semanas após a cirurgia.

ACLR reduziu o tamanho e a contratilidade da fibra muscular única em todos os tipos de fibra, na perna lesionada em comparação com a perna não lesionada 3 semanas após a cirurgia. EENM reduziu a atrofia da fibra muscular, preservando a contratilidade em fibras MHC I de contração lenta, aumentando a velocidade contrátil máxima e preservando a produção de energia. Diferenças na força muscular total entre os grupos não foram discernidas 6 meses após a cirurgia.

O trabalho mostra a primeira evidência em nível celular que o uso da EENM precoce no músculo quadríceps trazendo resultados benéficos na redução da atrofia e preservação da contratilidade muscular.

O estudo de Lepley et al., (2015), diz que a força do quadríceps pós- reconstrução do LCA está significativamente relacionada a alterações no movimento do joelho no plano sagital (Lewek et al., 2002; Snyder-Mackler et al., 1991). Foi observado que, especificamente durante as tarefas de caminhada e corrida, os pacientes que exibiram maior força pós-operatória do quadríceps demonstraram padrões de movimento indistinguíveis de indivíduos não lesionados (Lewek et al., 2002) e seu membro não lesionado (Snyder-Mackler et al. 1991). Pacientes com déficit de força do quadríceps apresentaram redução dos ângulos de flexão do joelho (Lewek et al., 2002; Snyder-Mackler et al., 1991) e momentos de extensão durante a atividade (Lewek et al., 2002). Assim, parece que se os clínicos puderem identificar e implementar intervenções terapêuticas capazes de melhorar a recuperação da força do quadríceps, eles podem influenciar positivamente a mecânica do joelho no plano sagital, o que deve ajudar a melhorar o desempenho funcional e possivelmente reduzir a ocorrência de uma nova lesão. (Oberlander et al., 2013).

Há hipótese de que, em comparação com o padrão de atendimento e a intervenção somente EENM, um programa de reabilitação com base excêntrica, que foi encontrado para reinstaurar a função normal do quadríceps em um trabalho anterior (Lepley et al., 2015), resultaria em uma medida maior da simetria do membro do joelho no plano sagital, em que esses pacientes demonstrariam ângulos de flexão do joelho e momentos que mais se assemelham ao seu membro contralateral não lesionado durante atividade dinâmica.

Além disso, hipotetizaram que uma maior simetria do membro da força do quadríceps estaria positivamente associada a uma maior simetria biomecânica do membro. Neste trabalho eletrodos estimuladores foram colocados sobre o vasto lateral proximalmente e o vasto medial distalmente e o Intellect Legend XT (Chattanooga Medical Supply, Chattanooga, TN) foi configurado para fornecer uma corrente alternada de 2500 Hz, modulada a 75 rajadas por segundo, com um aumento do tempo de 2 segundos, seguido por um período de descanso de 50 segundos (Fitzgerald et al., 2003; Snyder-Mackler et al., 1991). Os pacientes foram encorajados a tolerar o estímulo no nível máximo de tolerância e a relaxar enquanto a EENM era aplicada para evitar a contração voluntária do quadríceps e a cocontração dos isquiotibiais. Dez contrações isométricas com duração de 10 segundos cada foram realizadas durante cada sessão. Este protocolo de EENM foi desenvolvido com base em trabalhos anteriores em pacientes submetidos à reconstrução do LCA e demonstrou melhorar a força

pós-operatória do quadríceps (Fitzgerald et al., 2003; Snyder-Mackler et al., 1991).

Segundo Toth et al., (2020), as lesões de LCA promovem uma fraqueza muscular que contribui para a insatisfação do pós-operatório, que pode acelerar a progressão para uma osteoartrite, por exemplo. A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) iniciada a partir da contração muscular pela passagem da corrente através de eletrodos posicionados sobre os músculos é utilizada como tratamento adjuvante em programas de reabilitação para contornar os déficits de ativação neural após as lesões e cirurgias, minimizando a degradação do complexo articular do joelho. O objetivo principal do estudo de Toth et al., (2020), foi avaliar a EENM instituída logo após a lesão mantida por 3 semanas, com o intuito de observar se há preservação do tamanho e da contratilidade das fibras musculares. Sendo assim foi observado que após 3 semanas e 6 meses de tratamento a eletroestimulação precoce preservou a contratilidade muscular no membro lesionado e preveniu a atrofia muscular e déficit de força causados pelo tempo de imobilização e pouca ativação muscular. Apesar dos benefícios da EENM em prevenir a atrofia muscular e a força e contratilidade, alguns profissionais relutam em prescrever, pois esses fatores permanecem controversos. Entretanto, a EENM adicionada como coadjuvante à reabilitação padrão iniciada várias semanas após a cirurgia, não produz nenhum benefício adicional para ganho de força. Estudos recentes mostram que a EENM é mais eficaz em melhorar a força e função muscular quando instituída de forma precoce após a cirurgia.

Uma das limitações deste estudo foi o número baixo de artigos que contemplavam as duas intervenções associadas, a cinesioterapia junto com a EENM, o que dificultou extrapolar os resultados obtidos.

5 CONCLUSÃO

A análise obtida nesse trabalho demonstra que os estudos de forma geral apresentam resultados significativos quanto a aplicação da EENM no tratamento da lesão do LCA, promovendo o ganho de força muscular, amplitude articular e tratamento da IMA em decorrência da cirurgia. Porém este recurso deve ser associado a outros tratamentos fisioterapêuticos para que se tenha uma significativa evolução do quadro de reabilitação. Por isso se faz necessário a realização de outros estudos que serão fundamentais para esclarecer e determinar parâmetros da EENM, com intuito de evoluir os protocolos de utilização destes recursos associados aos tratamentos fisioterapêuticos.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

Arliani, Gustavo Gonçalves *et al.* Lesão do ligamento cruzado anterior: tratamento e reabilitação. Perspectivas e tendências atuais. **Revista Brasileira de Ortopedia** [online]. 2012, v. 47, n. 2 [Acesso em 24 abril 2022], pp. 191-196. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-36162012000200008>>. Epub 20 Jul 2012. ISSN 1982-4378. <https://doi.org/10.1590/S0102-36162012000200008>.

Blumetti C. Francesco *et al.* **Análise da Marcha: Função Normal e Patológica**. Journal of Sports Science & Medicine vol. 9,2 353. 1 de junho de 2010.

Castro, Maria Cláudia Ferrari de e Cliquet Jr., Alberto. Estimulação elétrica neuromuscular e estimulação eletrotátil na restauração artificial da preensão e da propriocepção em tetraplégicos. **Acta Ortopédica Brasileira** [online]. 2001, v. 9, n. 3 [Acesso em 24 Abril 2022], pp. 19-28. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-78522001000300004>>. Epub 20 fev. 2006. ISSN 1809-4406. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522001000300004>.

Feil S, Newell J, Minogue C, Paessler HH. **The effectiveness of supplementing a standard rehabilitation program with superimposed neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, single-blind study.** Am J Sports Med. 2011 Jun;39(6):1238-47. doi: 10.1177/0363546510396180. Epub 2011 Feb 22. PMID: 21343386.

Fitzgerald GK, Piva SR, Irrgang JJ. **A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction.** J Orthop Sports Phys Ther. 2003 Sep;33(9):492-501. doi: 10.2519/jospt.2003.33.9.492. PMID: 14524508.

Gali, Julio Cesar Anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament: a logical approach. **Revista Brasileira de Ortopedia** [online]. 2015, v. 50, n. 4 [Acessado 24 Abril 2022], pp. 469-471. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.06.014>>. Epub Jul- Aug 2015. ISSN 1982-4378. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.06.014>.

HANSEN, John T. Netter: **Anatomia para Colorir. 2.** ed. atual. [S. l.]: Elsevier, 2019. 384 p. ISBN 8535292195.

Hauger AV, Reiman MP, Bjordal JM, Sheets C, Ledbetter L, Goode AP. **Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery.** Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018 Feb;26(2):399-410. doi: 10.1007/s00167-017-4669-5. Epub 2017 Aug 17. PMID: 28819679.

HEBERT, Sizinio *et al.* **Ortopedia e Traumatologia: Princípios e Práticas.** 5. ed. [S. l.]: Artmed, 2016. 1684 p. ISBN 9788582713761.

Fitzgerald GK, Piva SR, Irrgang JJ. **A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction.** J Orthop Sports Phys Ther. 2003 Sep;33(9):492-501. doi: 10.2519/jospt.2003.33.9.492. PMID: 14524508.

Gali, Julio Cesar Anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament: a logical approach. **Revista Brasileira de Ortopedia** [online]. 2015, v. 50, n. 4 [Acesso em 24 Abril 2022], pp. 469-471. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.06.014>>. Epub Jul- Aug 2015. ISSN 1982-4378. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.06.014>.

HANSEN, John T. Netter: **Anatomia para Colorir. 2.** ed. atual. [S. l.]: Elsevier, 2019. 384 p. ISBN 8535292195.

Hauger AV, Reiman MP, Bjordal JM, Sheets C, Ledbetter L, Goode AP. **Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery.** Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018 Feb;26(2):399-410. doi: 10.1007/s00167-017-4669-5. Epub 2017 Aug 17. PMID: 28819679.

HEBERT, Sizinio *et al.* **Ortopedia e Traumatologia: Princípios e Práticas.** 5. ed. [S. l.]: Artmed, 2016. 1684 p. ISBN 9788582713761.

Kim KM, Croy T, Hertel J, Saliba S. **Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: a systematic review.** J Orthop Sports Phys Ther. 2010 Jul;40(7):383-91. doi: 10.2519/jospt.2010.3184. PMID: 20592480.

Krueger Beck, E.; Scheeren, E. M.; Nogueira Neto, G. N.; Button, V. L. da S. N.; Nohama, P. **Efeitos Da estimulação elétrica Funcional No Controle Neuromuscular Artificial.** Rev Neurocienc 2011, 19, 530-541. [Acesso em 24 Abril 2022], <https://doi.org/10.4181/RNC.2010.06ip.11>

Krueger Beck, E.; Scheeren, E. M.; Nogueira Neto, G. N.; Button, V. L. da S. N.; Nohama, P. **Efeitos Da estimulação elétrica Funcional No Controle Neuromuscular Artificial**. Rev Neurocienc 2011, 19, 530-541. [Acesso em 24 abril 2022] <https://doi.org/10.4181/RNC.2010.06ip.11>

LABANCA, L., J. E. ROCCHI, L. LAUDANI, R. GUITALDI, A. VIRGULTI, P. P. MARIANI, e A.

MACALUSO. **Neuromuscular Electrical Simulation Superimposed on Movement Early after ACL Sugery**. Med. Sei. Sports Exerc., Vol. 50, No. 3, pp 407-416, 2018.

Lepley LK, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. **Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction**. Knee. 2015 Jun;22(3):270-7. doi: 10.1016/j.knee.2014.11.013. Epub 2014 Dec 10. PMID: 25819154; PMCID: PMC4754794.

MOORE KL, Dalley AF. **Anatomia Orientada para a clínica**. 4 eds. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.

Morais Filho, Mauro César, Reis, Renata Albertin dos e Kawamura, Cátia Myuki Avaliação do padrão de movimento dos joelhos e tornozelos durante a maturação da marcha normal. **Acta Ortopédica Brasileira** [online]. 2010, v. 18, n. 1 [Acessado 24 Abril 2022], pp. 23-25. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-78522010000100004>>. Epub 23 Abr 2010. ISSN 1809-4406. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522010000100004>.

Moran U, Gottlieb U, Gam A, Springer S. **Functional electrical stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled pilot study**. J Neuroeng Rehabil. 2019 Jul 12;16(1):89. doi: 10.1186/s12984-019-0566-0. PMID: 31299999; PMCID: PMC6626389.

Neuman DA. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação física**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2006.

NEUMANN, Donald A. **Cinesiologia do Aparelho Musculoesquelético: Fundamentos para Reabilitação**. 3. ed. [S. l.]: GEN Guanabara Koogan, 2018. 776 p. ISBN 9788535287554.

Toth MJ, Tourville TW, Voigt TB, Choquette RH, Anair BM, Falcone MJ, Failla MJ, Stevens- Lapslaey JE, Endres NK, Slauterbeck JR, Beynon BD. **Utility of Neuromuscular Electrical Stimulation to Preserve Quadriceps Muscle Fiber Size and Contractility After Anterior Cruciate Ligament Injuries and**

Reconstruction: A Randomized, Sham-Controlled, Blinded Trial. Am J Sports Med. 2020 Aug;48(10):2429-2437. doi: 10.1177/0363546520933622. Epub 2020 Jul 6. PMID: 32631074; PMCID: PMC7775613.

Van Melick N, van Cingel RE, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, Nijhuis-van der Sanden MW. **Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus**. Br J Sports Med. 2016 Dec;50(24):1506-1515. doi: 10.1136/bjsports-2015-095898. Epub 2016 Aug 18. PMID: 27539507. Acesso em: 13 set. 2021.

Woo SL, Abramowitch SD, Kilger R, Liang R. **Biomechanics of knee ligaments: injury, healing, and repair**. J Biomech. 2006;39(1):1-20. doi: 10.1016/j.jbiomech.2004.10.025. Epub 2005 Jan 7. PMID: 16271583.