

UNIVERSIDADE SANTO AMARO
Curso de Fisioterapia

Vitória dos Reis Atanasio

**EFICÁCIA DAS INTERVENÇÕES NA INIBIÇÃO MUSCULAR
ARTROGÊNICA APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR**

São Paulo
2022

Vitória dos Reis Atanasio

**EFICÁCIA DAS INTERVENÇÕES NA INIBIÇÃO MUSCULAR
ARTROGÊNICA APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de fisioterapia da
Universidade Santo Amaro – UNISA,
como requisito parcial para obtenção do
título Bacharel em fisioterapia. Orientador

Prof. Dr. Thiago Domingues Stocco.

**São Paulo
2022**

A884e Atanasio, Vitória dos Reis.

Eficácia das intervenções na inibição muscular artrogênica após reconstrução do ligamento cruzado anterior / Vitória dos Reis Atanasio. — São Paulo, 2022.

33 p.: il., P&B.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Fisioterapia) — Universidade Santo Amaro, 2022.

Orientador: Prof. Me. Dr. Thiago Domingues Stocco.

1. Fisioterapia. 2. Inibição Muscular Artrogênica. 3. Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior. I. Stocco, Thiago Domingues, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

VITÓRIA DOS REIS ATANASIO

**EFICÁCIA DAS INTERVENÇÕES NA INIBIÇÃO MUSCULAR ARTROGÊNICA
APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Fisioterapia da Universidade – Santo Amaro, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Data de Aprovação: 29/11/2022



Profº Dr. Thiago Domingues Stocco

(Orientador)

ConceitoFinal: **9,0**

Resumo

INTRODUÇÃO: A reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) é um procedimento indicado para restaurar a estabilidade funcional e prevenir a degeneração precoce da articulação do joelho. Após sua lesão e reconstrução, a fraqueza do quadríceps está quase sempre presente podendo levar a diversas consequências como anormalidade da marcha, instabilidade dinâmica e o déficit de extensão. Essa fraqueza pode ser perigosa ao paciente, pois o quadríceps é importante para o controle dos membros inferiores. Além de também ocorrer a inibição muscular artrogênica (IMA), que é a incapacidade de ativar o músculo de forma completa e voluntária, da qual é causada por alterações na descarga de receptores sensoriais dentro ou ao redor da articulação do joelho lesionado.

OBJETIVO: Analisar as intervenções fisioterapêuticas na IMA do quadríceps após a reconstrução do LCA.

METODOLOGIA: O estudo trata-se de uma revisão de literatura com levantamento de artigos que abordaram tratamentos para a IMA após a reconstrução do LCA. A pesquisa foi realizada nas seguintes bases de dados: Pubmed, PEDro e BVS, utilizando os seguintes descritores: “arthrogenic muscle inhibition”, “anterior cruciate ligament reconstruction”, “physiotherapy” e seus respectivos na língua portuguesa. Foram incluídos artigos indexados posteriormente ao ano de 2014, nas línguas portuguesa e inglesa. Estudos que não abordavam diretamente sobre a reconstrução do LCA e IMA ou que não detalhassem as intervenções fisioterapêuticas não foram incluídos no presente estudo.

RESULTADOS: 11 estudos analisados mostram algumas intervenções para tratar a IMA, dentre elas estimulação elétrica neuromuscular, crioterapia, kinesio taping, fadiga dos isquiotibiais, restrição de fluxo sanguíneo, educação cruzada e ultrassom terapêutico. De acordo com os estudos analisados o TENS e a crioterapia associados a exercícios trazem mais benefícios diminuindo a IAM, já a kinesio taping não mostrou benefício nenhum. A fadiga dos isquiotibiais mostrou aumentar a razão de ativação central do quadríceps e diminuir a coativação do isquiotibiais durante a extensão do joelho. Com a educação cruzada ambas tiveram ganho de força após a 26ª semana. O ultrassom mostrou uma melhora maior em relação ao grupo placebo. E não foram encontrados resultados significativos na restrição de fluxo sanguíneo.

CONCLUSÃO: As evidências encontradas demonstram que há diferentes tipos de intervenções propostas. Em sua maior parte, os grupos intervencionais realizaram terapias combinadas. Os efeitos das intervenções foram avaliados com diferentes variáveis além do número de sessões serem diferentes. Por essas razões, parece não haver um consenso quanto a melhor técnica para acelerar o processo de recuperação e ganho de força do quadríceps nos indivíduos pós reconstrução do LCA.

Palavras-chave: Fisioterapia. Reconstrução ligamento cruzado anterior. Inibição muscular artrogênica.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) is a procedure indicated to restore functional stability and prevent early degeneration of the knee joint. After its injury and reconstruction, quadriceps weakness is almost always present and can lead to several consequences such as gait abnormality, dynamic instability and extension deficit. This weakness can be dangerous for the patient as the quadriceps are important for lower limb control. In addition to arthrogenic muscle inhibition (AMI), which is the inability to fully and voluntarily activate the muscle, which is caused by changes in the discharge of sensory receptors in or around the injured knee joint. **OBJECTIVE:** To analyze physiotherapeutic interventions in quadriceps AMI after ACL reconstruction. **METHODOLOGY:** The study is a literature review with a survey of articles that addressed treatments for AMI after ACL reconstruction. The research was carried out in the following databases: Pubmed, PEDro and BVS, using the following descriptors: "arthrogenic muscle inhibition", "anterior cruciate ligament reconstruction", "physiotherapy" and their respective ones in Portuguese. Articles indexed after 2014, in Portuguese and English, were included. Studies that did not directly address ACL reconstruction and AIM, or that did not detail therapeutic interventions were not included in the present study. **RESULTS:** 11 studies analyzed show some interventions to treat AMI, including neuromuscular electrical stimulation, cryotherapy, kinesio taping, hamstring fatigue, blood flow restriction, cross-education and therapeutic ultrasound. According to the analyzed studies, TENS and cryotherapy associated with exercises bring more benefits by reducing AMI, whereas kinesio taping did not show any benefit. Hamstring fatigue has been shown to increase the quadriceps central activation ratio and decrease hamstring coactivation during knee extension. With cross education both had strength gain after the 26th week. The ultrasound showed a greater improvement compared to the placebo group. And no significant results were found in restricting blood flow. **CONCLUSION:** The evidence found shows that there are different types of proposed interventions. For the most part, interventional groups performed combination therapies. The effects of the interventions were evaluated with different variables in addition to the number of sessions being different. For these reasons, there seems to be no consensus on the best technique to accelerate the recovery process and quadriceps strength gain in individuals after ACL reconstruction.

Keywords: Arthrogenic muscle inhibition. Anterior cruciate ligament reconstruction. Physiotherapy

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
1.1 Objetivo geral.....	9
2.1 Objetivos específicos.....	9
3. METODOLOGIA.....	10
3.1. Critérios de inclusão e exclusão.....	10
4. RESULTADOS.....	11
5. DISCUSSÃO.....	18
4.1. Crioterapia.....	18
4.2. Estimulação elétrica.....	19
4.3. KinesioTaping.....	22
4.4. Ultrassom terapêutico.....	24
4.5. Fadiga dos isquiotibiais.....	25
4.6. Educação cruzada.....	26
4.7. Treinamento de restrição de fluxo sanguíneo.....	28
4.8. Discussão geral.....	29
6. CONCLUSÃO.....	30
7. REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O Ligamento cruzado anterior (LCA) é uma estrutura colágena de disposição intra-articular e extra-capsular, com limitada capacidade de cura. Funciona como um estabilizador estático do joelho, resistindo a hiperextensão, movimentos rotativos e translação tibial anterior, além de resistir aos movimentos de varo e valgo em todos os graus de flexão. Os fatores de risco para sua lesão podem ser intrínsecos e extrínsecos, modificáveis e não modificáveis. Alguns exemplos são os não modificáveis que incluem sexo, variações anatômicas, histórico de lesão anterior e predisposição genética, quanto aos fatores intrínsecos modificáveis incluem o índice de massa corporal¹.

A reconstrução do LCA é um procedimento ortopédico comum² e frequentemente indicada para restaurar a estabilidade funcional e prevenir a degeneração precoce da articulação do joelho³. A base atual da reconstrução do LCA envolve o uso da artroscopia para colocação de enxertos². Embora não restaure totalmente a estrutura original ou todas as propriedades biomecânicas o enxerto deve conter não somente as propriedades estruturais e mecânicas como também antigenicidade mínima e suficiente potencial para incorporar no osso hospedeiro. Os enxertos mais usados são: osso-patela-tendão-osso, isquiotibiais e quadríceps; entre os aloenxertos incluem tibial anterior e posterior e aquiles³.

Após a lesão e reconstrução LCA a fraqueza do quadríceps está quase sempre presente⁴ e pode levar a uma grande diversidade de importantes consequências como o déficit de extensão⁵, anormalidade da marcha⁶, atrofia do quadríceps⁴ e instabilidade dinâmica⁷. Essa fraqueza pode ser perigosa ao paciente pois o quadríceps é importante para o controle dos membros inferiores e pode alterar estratégias de movimento potencializando a re-lesão⁸.

Diversos autores descrevem que a falha da ativação do quadríceps após a reconstrução do LCA ocorre de forma sincrônica em ambos os membros, ou seja, tanto nos membros com reconstrução quanto contralaterais⁹. Que foi atribuída à inibição muscular artrogênica (IMA)¹⁰, que é a incapacidade de ativar o músculo de forma completa e voluntária¹¹, da qual é causada por alteração na descarga de

receptores sensoriais dentro ou ao redor da articulação do joelho lesionado¹⁰. Existem fatores que alteram o sinal aferente enviado ao sistema nervoso central e essa alteração leva a um sinal inibitório transmitido ao quadríceps e a uma diminuição da atividade muscular voluntária⁶, dentre esses fatores incluem edema, inflamação, frouxidão articular e danos aos receptores sensoriais articulares¹⁰.

A IMA pode ser considerada em alguns casos um mecanismo de proteção natural protegendo a articulação ferida contra a força muscular exercida. Já a IMA persistente é um fator limitante da capacidade de aumento de força muscular¹².

Para preparar os pacientes para retornar à atividade completa, a função do quadríceps deve ser restaurada¹³ e para isso diversos estudos têm sugerido modalidades específicas de tratamento para a IMA. Muitas intervenções terapêuticas visam alterar a excitabilidade motora utilizando mecanismos desinibitórios. Estes melhoram a ativação voluntária do quadríceps, visando o sistema nervoso periférico ao redor da articulação, os mecanorreceptores articulares ou o sistema nervoso central diretamente^{10, 13}.

A hipótese desse trabalho é que existem poucas intervenções eficazes que possam diminuir a IMA de forma definitiva e que não prejudique o ganho de força muscular nos pacientes que passaram pela reconstrução do LCA.

2. OBJETIVOS

1.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo analisar as intervenções fisioterapêuticas na inibição muscular do quadríceps após reconstrução do LCA.

2.1 Objetivos específicos

Identificar quais os tipos de intervenções terapêuticas existem na literatura para diminuir a IMA;

Analisar a eficácia das intervenções para diminuir a IMA.

3. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma revisão de literatura com levantamento de artigos que abordaram tratamentos para a IMA após reconstrução de LCA. A pesquisa foi realizada no período de março a outubro de 2022, nas seguintes bases de dados: Pubmed, PEDro e BVS. Foram utilizados os seguintes descritores: “arthrogenic muscle inhibition”, “anterior cruciate ligament reconstruction”, “physiotherapy” e seus respectivos na língua portuguesa.

3.1. Critérios de inclusão e exclusão

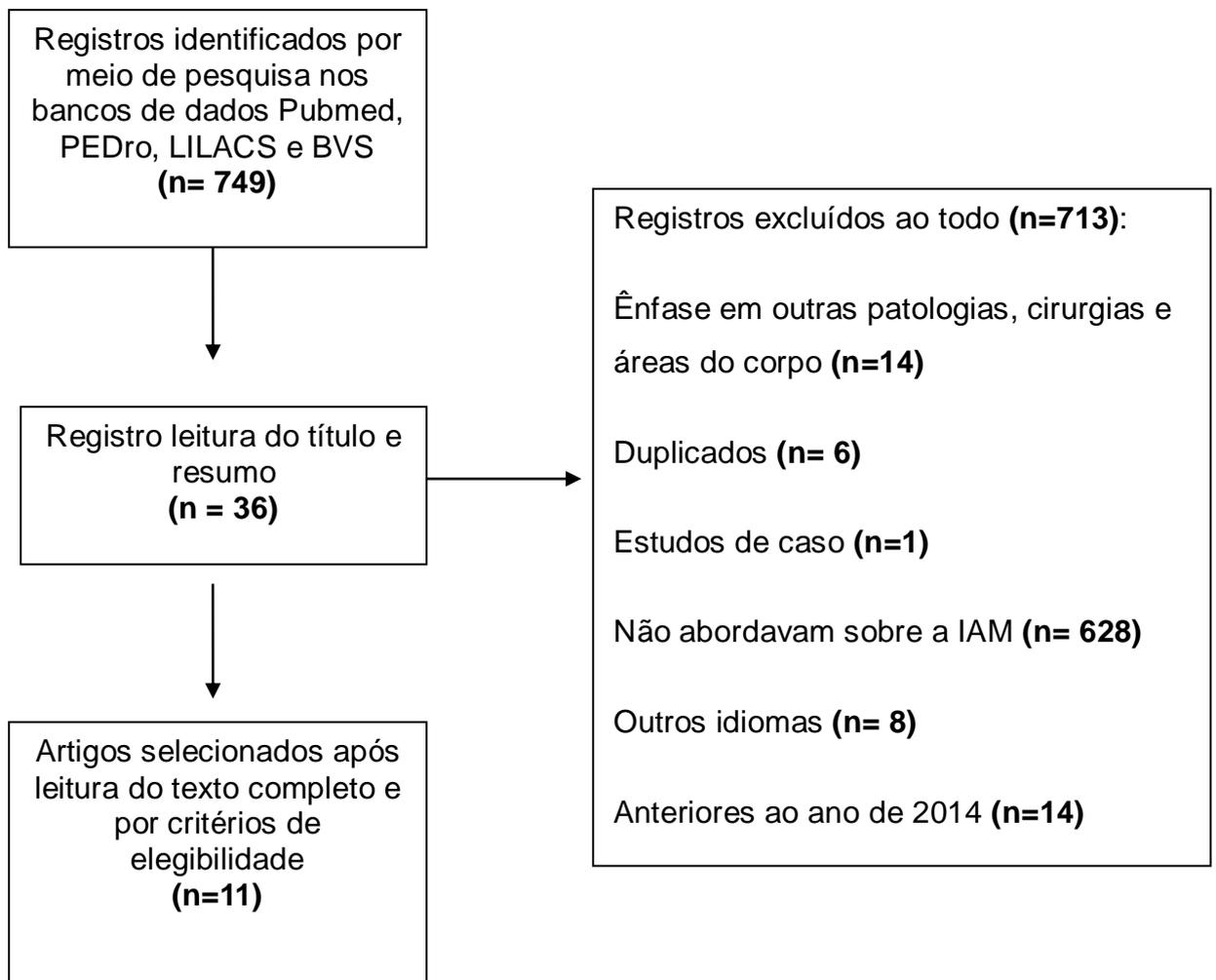
Inclusão: foram incluídos ensaios clínicos randomizados e artigos nos idiomas português e inglês que abordem intervenções fisioterapêuticas para a melhora da IMA.

Exclusão: foram excluídos da amostra de resultados artigos anteriores ao ano de 2014, com ênfase em outras patologias, cirurgias e áreas do corpo, não abordem sobre a IMA, duplicados e estudos de caso.

4. RESULTADOS

A pesquisa identificou 749 referências de possível elegibilidade quando realizada a busca com os descritores citados anteriormente. A triagem inicial excluiu 713 artigos, após realizar filtragem dos critérios não aplicáveis, restando apenas 36 para leitura de texto completo. Após a leitura do texto completo foi realizada revisão dos critérios de elegibilidade que resultou na seleção final de 11 artigos (figura 1). Os resultados foram descritos no quadro 1.

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa



Quadro 1 – Informações sobre métodos, intervenção, variáveis e seus principais resultados na diminuição da IAM do quadríceps

Autor/Ano	Amostra	Duração	Intervenção	Variáveis analisadas	Resultados
Hart et al ¹⁴ . 2014	30	4 sessões	Grupo 1: crioterapia; Grupo 2: exercícios; Grupo 3: crioterapia e exercícios	Reflexo de Hoffman, torque de contração isométrica voluntária máxima normalizada e taxa de ativação central.	O grupo 3 apresentou aumento torque de contração isométrica voluntária máxima em comparação com os grupos 1 e 2. Não houve alterações nas outras variáveis.
Lepley et al ¹⁵ . 2014	46	24 sessões	Grupo 1: NMES e exercícios excêntricos Grupo 2: NMES somente; Grupo 3: reabilitação padrão; Grupo 4: Exercícios excêntricos; Grupo controle.	Ativação e força do quadríceps	Os grupos 1 e 4 recuperaram melhor a força que o grupo que os grupos 2 e 3 e tinham valores de força semelhantes aos indivíduos saudáveis no retorno ao esporte.

NMES – Estimulação elétrica neuromuscular

Continuação – Quadro 1 - Informações sobre métodos, intervenção, variáveis e seus principais resultados na diminuição da IAM do quadríceps

Autor/Ano	Amostra	Duração	Intervenção	Variáveis analisadas	Resultados
Oliveira et al ¹⁶ . 2014	45	1 sessão	Grupo 1: Kinesio Taping Grupo 2: grupo placebo Grupo 3: grupo controle	Pico de torque/peso corporal, potencial muscular, amplitude de deslocamento ântero-posterior e latero-lateral do centro amplitude de ativação muscular.	Não houve alterações significativas em nenhum dos grupos.
Norte et al ¹⁷ . 2015	30	1 sessão	Grupo 1: Ultrassom terapêutico Grupo 2: grupo placebo	Reflexo de Hoffman e pico de resposta motora	Após 20 minutos o grupo do ultrassom demonstrou média significativamente maior e alteração na razão H/M (reflexo de Hoffman e resposta motora) que o grupo placebo.

Continuação – Quadro 1 - Informações sobre métodos, intervenção, variáveis e seus principais resultados na diminuição da IAM do quadríceps

Autor/Ano	Amostra	Duração	Intervenção	Variáveis analisadas	Resultados
Kim et al ¹⁸ . 2017	16	2 sessões	Grupo 1: Kinesio Taping Grupo 2: Grupo placebo	Reflexo H, razão de ativação central e torque de extensão do joelho durante a contração isométrica voluntária máxima	Não houve alterações significativas em nenhum dos grupos.
Lowe et al ¹⁹ . 2017	18	1 sessão	Grupo 1: fadiga dos isquiotibiais (Pós reconstrução do LCA) Grupo 2: fadiga dos isquiotibiais (sem história prévia de lesão)	Razão de ativação central	O grupo de reconstrução do LCA apresentou maior razão de ativação central do quadríceps pós-fadigado que pré-fadiga, enquanto o grupo controle não apresentou diferenças significativas pré e pós-fadiga.

LCA – Ligamento cruzado anterior

Continuação – Quadro 1 - Informações sobre métodos, intervenção, variáveis e seus principais resultados na diminuição da IAM do quadríceps

Autor/Ano	Amostra	Duração	Intervenção	Variáveis analisadas	Resultados
Konishi et al ²⁰ . 2017	12	1 sessão	Grupo 1: TENS Grupo 2: grupo placebo	Torque voluntário máximo	A diferença entre as condições sem TENS e TENS foi significativa..
Zult et al ²¹ . 2018	43	52 sessões	Grupo 1: reabilitação padrão e educação cruzada Grupo 2: reabilitação padrão	Ativação voluntária e controle de força do quadríceps, propriocepção do joelho e equilíbrio.	Ambas as pernas melhoraram o controle de força e o equilíbrio dinâmico após 26 semanas. A propriocepção na articulação do joelho e o equilíbrio estático permaneceram inalterados.

Continuação – Quadro 1 - Informações sobre métodos, intervenção, variáveis e seus principais resultados na diminuição da IAM do quadríceps

Autor/Ano	Amostra	Duração	Intervenção	Variáveis analisadas	Resultados
Yu et al ²² . 2020	16	1 sessão	Grupo 1: fadiga dos isquiotibiais induzida por vibração (Pós reconstrução do LCA) Grupo 2: fadiga dos isquiotibiais induzida por vibração (sem história prévia de lesão)	Força dos isquiotibiais e quadríceps, razão de ativação central de quadríceps e coativação isquiotibiais/quadríceps	O protocolo aumentou a razão de ativação central do quadríceps e diminuiu significativamente a coativação dos isquiotibiais durante a extensão do joelho no grupo de reconstrução do LCA.
Tang et al ²³ . 2020	40	1 sessão	Grupo 1: estimulação elétrica de baixa intensidade (pós reconstrução do LCA) Grupo 2: estimulação elétrica de baixa intensidade (sem histórico de lesão)	Nível de ativação voluntária, potencial evocado motor, inibição intracortical de curto intervalo e facilitação intracortical.	Após a estimulação elétrica o nível de ativação voluntária do quadríceps aumentou e a inibição intracortical de curto intervalo – facilitação intracortical foi modulado apenas nas pernas com lesão, mas não nas saudáveis

LCA – Ligamento cruzado anterior

Continuação – Quadro 1 - Informações sobre métodos, intervenção, variáveis e seus principais resultados na diminuição da IAM do quadríceps

Autor/Ano	Amostra	Duração	Intervenção	Variáveis analisadas	Resultados
Curran et al ²⁴ . 2020	34	16 sessões	Grupo 1: Exercícios excêntricos; Grupo 2: exercícios concêntricos Grupo 3: exercícios excêntricos combinados com o treinamento de restrição de fluxo sanguíneo Grupo 4: exercícios concêntricos combinados com treinamento de restrição de fluxo sanguíneo	Pico de torque isométrico e isocinético e ativação do quadríceps e volume do reto femoral.	Não houve alterações significativas em nenhum dos grupos.

5. DISCUSSÃO

O presente estudo encontrou as seguintes intervenções para a diminuição da IMA.

4.1. Crioterapia

A crioterapia é uma técnica que se utiliza da aplicação do frio para controle da dor e diminuição de inchaço²⁵.

Hart et al.¹⁴, teve como objetivo no seu estudo comparar o reflexo H do quadríceps, o CIVM, CAR e resultados autorrelatados em pacientes em reconstrução do LCA. Os participantes foram distribuídos em 3 grupos: grupo 1 que recebeu somente a crioterapia, grupo 2 somente exercícios e grupo 3 crioterapia seguida de exercícios. A ativação do quadríceps foi medida no início e no final do período de intervenção, assim como o reflexo de H. Todos passaram por 4 sessões supervisionadas e tratamento caseiros diárias no período de 2 semanas e foram solicitados a preencher um registro para tratamentos caseiros que incluía os nomes de exercício, números de séries e repetições concluídas. Para os grupos 1 e 3 realizarem a crioterapia, 2 bolsas com aproximadamente 1,5L de gelos picado cada, foram aplicadas nas faces anterior e posterior da articulação do joelho e fixadas com bandagem elástica por 20 minutos. Para realizar o tratamento em casa, foram instruídos a realizar uma vez ao dia e receberam sacos de gelo e envoltórios elásticos junto com o registro de tratamento. Os grupos 2 e 3 realizaram alongamentos dos músculos dos membros inferiores, exercícios de fortalecimento progressivo e treinamento de equilíbrio. As sessões supervisionadas duraram cerca de 1 hora e consistia em um aquecimento geral de alongamento, exercícios de cadeia cinética aberta com resistência e exercícios de fortalecimento de quadríceps e isquiotibiais em cadeia cinética fechada. O número de repetições e resistência foram sendo aumentados conforme apropriado pelo examinador não cego.

Hart et al.¹⁴, menciona que três participantes perderam 1 sessão (dois do grupo 2 e uma do grupo 3) e quatro relataram perder 2 dias de tratamento em casa.

E como resultado que o uso da crioterapia seguida de exercícios resultou em maiores ganhos de força do que as intervenções isoladas.

4.2. Estimulação elétrica

A estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) é uma modalidade terapêutica usada para controlar a dor por meio de estimulação dos nervos sensoriais²⁰. A estimulação elétrica neuromuscular (NMES) é uma técnica de ativação neural, com objetivo de obter contrações musculares utilizando baixos níveis de corrente²⁶.

O estudo de Lepley et al.¹⁵, teve como objetivo avaliar a eficácia de uma intervenção combinada de NMES e exercício excêntricos para melhorar a recuperação da ativação do quadríceps e força após a reconstrução do LCA. Os participantes foram colocados 4 grupos de intervenção e 1 grupo controle com dez participantes saudáveis. O grupo 1 recebeu NMES e exercícios excêntricos (N&E), grupo 2 somente NMES, grupo 3 a reabilitação padrão e o grupo 4 somente exercícios excêntricos. Os grupos 1 e 2 receberam a intervenção duas vezes por semana durante seis semanas após a reconstrução. Para aplicação da terapia, os pacientes foram posicionados em um dinamômetro Biodex (Biodex System 3) com os quadris fletidos a 90°, joelho do LCA a 60° e as costas apoiadas. Eletrodos estimuladores autoadesivos (7x13cm) foram colocados sobre o vasto lateral proximalmente e o vasto medial distalmente. O Intellect Legend XT foi configurado para fornecer uma corrente alternada de 2500 HZ, modulada a 75 rajadas por segundo, com um tempo de aceleração de 2 segundos, seguido por um período de descanso de 50 segundos. Os participantes foram encorajados a suportar o estímulo no nível máximo de tolerância e a relaxar enquanto a NMES era aplicada para evitar a contração voluntária do quadríceps e cocontração dos isquiotibiais. Dez contrações isométricas foram eliciadas durante cada sessão.

Os grupos 1 e 4 receberam exercício excêntrico duas vezes por semana durante seis semanas, começando seis semanas após a reconstrução do LCA. Para realizar o exercício, os pacientes posicionados em um BLAST! Leg Press (versão 1.2) com a amplitude de movimento do joelho reconstruída do LCA limitada a

aproximadamente 20 a 60° de flexão do joelho, seguindo diretrizes estabelecidas por Gerber et al. Quando posicionados os pacientes realizaram um teste de aquecimento que consiste em uma série de dez ações isocinéticas concêntricas e excêntricas do quadríceps com o membro reconstruído. Após o aquecimento eles realizaram dez ações isocinéticas concêntricas do quadríceps com o membro do LCA. No total, completaram quatro séries de dez ações excêntricas com dois minutos de descanso entre cada série. Durante as ações excêntricas os participantes foram encorajados a treinar com uma intensidade igual a 60% de sua excêntrica em uma repetição máxima (registrada no início de cada semana).

Segundo Lepley et al.¹⁵, a terapia de exercícios excêntricos foi o fator determinante por trás das melhorias da ativação do quadríceps. Parecendo assim ser uma terapia eficaz e capaz de combater a IMA auxiliando na restauração da força do quadríceps, melhor do que a NMES isolada. Pois o exercício excêntrico é capaz de melhorar a ativação do quadríceps através do recrutamento seletivo de fibras musculares do tipo II. Dado que as fibras do tipo II são inibidas seletivamente após reconstrução e parece plausível que possam melhorar a capacidade de recrutar as porções inibidas, resultando em melhor ativação e maior produção de força.

O estudo ilustrou que a terapia apenas com NMES produziu mudança na ativação do quadríceps semelhante ao grupo de reabilitação padrão. E o mesmo sustenta que existem discordâncias na literatura sobre o NMES em parte é devido ao equipamento utilizado.

.Konishi et al.²⁰, teve como objetivo examinar o efeito do TENS de curto prazo sobre a fraqueza muscular do quadríceps induzida temporariamente por um período de 20 minutos de vibração no tendão patelar. A CVM excêntrica foi medida utilizando um Biodex System 3, antes e após a intervenção. Após as medidas basais um estímulo vibratório foi aplicado por 20 minutos, as medidas foram coletadas novamente depois. Para aplicar o TENS uma corrente pulsátil vífásica contínua (150Hz, 150 µs) foi fornecida por um Trio300. A intensidade foi ajustada para a configuração tolerada mais alta, que permanecesse confortável sem causar alguma ativação do músculo quadríceps. A mesma intensidade de vibração elétrica foi

reproduzida imediatamente após a estimulação de vibração e foi mantida constante durante a medição da CVM excêntrica pós-vibração sob a condição do TENS. Foram utilizados 2 eletrodos autoadesivos de 2x2 polegadas. A estimulação vibratória foi aplicada na porção média do tendão infrapatelar usando um Hit Masser, com a frequência de 50Hz, deslocamento de 1,5 mm, força de 30N por 20 minutos.

Konishi et al.²⁰, observou que a estimulação reduziu temporariamente a ativação voluntária do quadríceps enquanto exerciam um CVM. E que houve alterações significativas na atividade eletromiográfica no vasto medial e vasto lateral durante o TENS porém não no reto femoral.

Tang et al.²³, teve como objetivo investigar a diferença da função de facilitação/inibição cortical entre indivíduos com e sem lesão de LCA e estudar o efeito da ES na ativação voluntária. Os participantes foram divididos em dois grupos, sendo o grupo 1 do LCA e grupo 2 grupo controle com indivíduos sem história prévia de lesão. As variáveis foram medidas antes e após a intervenção. A ativação voluntária foi avaliada estimulando o nervo sensorial na intensidade supramaxima antes e durante a CVM do quadríceps para provocar contração em repouso não potencializada, contração interpolada e contração de repouso não potencializada. O potencial evocado motor do vasto medial, vasto lateral e reto femoral foram eliciados por TMS (Magstim 200), usando uma bobina de cone duplo. Os intervalos de interestimulação foram de 2 e 3 ms para medir a inibição intracortical de curto intervalo e 10,13 e 16 ms para medir a facilitação intracortical. Após as medidas, todos receberam 30 minutos de ES com dois estimuladores portáteis (estimulador multifuncional TRIO-300), o grupo 1 na perna com lesão, grupo na perna dominante, para ativar o vasto medial, vasto lateral e reto femoral. Três pares de eletrodos de superfície (4x5cm) foram colocados ao longo do ventre muscular. Foi utilizado uma frequência de estimulação de 25 Hz e duração de pulso de 200 μ s. O tempo de ligar e desligar foram de 1 segundo. A intensidade foi ajustada acima do limiar sensorial e 1,2 vezes a intensidade mínima para produzir a contração muscular, além de ser ajustada independentemente para cada músculo.

Tang et al.²³, em seus resultados mostrou que após 30 minutos de ES no músculo quadríceps o grupo um aumentou a ativação voluntária e a facilitação intracortical e a inibição intracortical de curto intervalo se aproximaram dos valores normais, porém não tiveram alterações no grupo 2.

4.3. KinesioTaping

A kinesio taping (KT) é uma bandagem elástica, feita em tecido de algodão com ventilação que permite ventilação e resistência à água, podendo se alongar até 150% do seu tamanho original¹⁶.

O estudo de Oliveira et al.¹⁶, teve como objetivo investigar os efeitos imediatos do KT no desempenho neuromuscular do quadríceps femoral e equilíbrio em indivíduos submetidos à reconstrução do LCA. Os participantes foram divididos em 3 grupos: grupo controle (GC), grupo placebo (GP) e grupo KT (GKT). Inicialmente todos os participantes fizeram um aquecimento e dez minutos em uma bicicleta ergométrica com carga de 20W e assento ajustado à altura do trocânter maior. Após a avaliação inicial, os participantes foram submetidos ao protocolo. O GC permaneceu em repouso por 10 minutos enquanto o GTK foi aplicado por um segundo avaliador. A pele foi raspada, seguida da aplicação nos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial no sentido longitudinal, de proximal para distal. A âncora proximal foi aplicada ao reto femoral 5 cm abaixo da espinha ilíaca ântero-superior e âncora distal à borda superior da patela. No vasto lateral as âncoras proximal e distal foram fixadas no trocânter maior do fêmur e na borda lateral da patela, respectivamente. No músculo vasto medial foi aplicada a âncora proximal no terço médio da região medial da coxa e a distal na borda medial da patela. Para os três músculos as âncoras foram aplicadas com 0% de tensão e a zona terapêutica (região entre as âncoras) seguiu sobre o ventre dos músculos com uma tensão de 50% e joelho em flexão máxima. No grupo placebo o KT foi aplicado da mesma forma que no KTG, mas sem tensão. Ao final do protocolo os participantes foram imediatamente submetidos à avaliação final, idêntica a inicial, exceto pelos testes de familiarização que antecedem a avaliação isocinética. O mesmo revela que não houve diferenças inter e intragrupo.

No estudo de Kim et al.¹⁸, como objetivo foi determinar os efeitos da KT na ativação do quadríceps e na contração isométrica voluntária máxima (CIVM) em pacientes com inibição do quadríceps. Os participantes foram divididos em dois grupos: grupo 1 KT e grupo 2 placebo. Eles foram avaliados apenas no início e na conclusão do estudo (24h e 48h após a remoção da fita). O reflexo H e as respostas motoras foram obtidas através de um módulo estimulador e foram registradas por meio de eletrodos de eletromiografia de superfície. O dinamômetro Biodex System 3 foi usado para medir o torque isométrico de extensão do joelho. Para CAR, um estimulador GRASS com uma unidade de isolamento. Para as intervenções de taping, o grupo 1 recebeu a fita Kinesio preta, enquanto o grupo 2 foi tratado com fita não elástica e ambos eram semelhantes em largura e foram cortados no comprimento da espinha ilíaca antero-inferior (EII) até a tuberosidade da tíbia. O teste de reflexo foi feito com os participantes em decúbito dorsal com o joelho e o quadril envolvidos em flexão de aproximadamente 15°. Eles foram instruídos a se concentrar em uma marca no teto e colocar os braços ao lado com as palmas voltadas para cima e as mãos abertas. Todos receberam fones de ouvidos com sons consistentes em forma de onda na tentativa de reduzir a variabilidade nas medidas. Um eletrodo de disco estimulador de 8 mm foi colocado sobre o nervo femoral com um eletrodo dispersivo colocado na parte posterior da coxa e um par de eletrodos de registro foi colocado sobre o vasto medial com o eletrodo terra colocado acima do maléolo medial. Um estímulo de onda quadrada de 1 ms foi administrado ao nervo femoral em intensidades crescentes em incrementos de 0,2 V até que o reflexo H máximo (H-máx) fosse observado, com um intervalo de 12 segundos entre os estímulos para evitar uma potencial depressão pós-ativação. Após o H-máx, a intensidade do estímulo aumentou em 1 V para detectar a resposta motora máxima (M-max). Foram realizadas três tentativas de medidas em quatro pontos de tempo: pré, imediatamente pós, 20 minutos pós gravação e 24 e 48h após a remoção da fita. Para realizar o CAR os participantes foram colocados em uma posição sentada com o quadril flexionado a aproximadamente 85° e o joelho flexionado a 90° em um dinamômetro. A perna de teste foi presa ao braço da alavanca com a almofada 2 cm acima do maléolo medial. Dois eletrodos de estimulação retangulares de 8 a 14 cm foram colocados sobre o quadríceps medial distalmente e lateral proximalmente e fixados com uma bandagem elástica. Todos puderam praticar a contração isométrica

voluntária do joelho com um aumento gradual na intensidade. Para o teste, a CIVM do quadríceps foi realizada durante 5 segundos. Após observarem um platô no torque, estímulos elétricos foram administrados para evocar a contração supramaxima durante a CIVM. Três tentativas foram registradas com um intervalo de 60 segundos entre elas. A aplicação da fita foi realizada sobre o reto femoral, com a pele raspada e limpa com álcool isopropílico. Os participantes estavam em decúbito dorsal em uma mesa em decúbito dorsal com o joelho da aplicação totalmente flexionado e o outro em extensão. A fita foi ancorada ao EHS e 6 cm distalmente sem tensão e aplicada ao longo da linha do reto femoral com aproximadamente 25% da tensão. Na ponta do polo superior da patela a fita foi cortada formando um “Y” inverso, contornando o joelho e ancorando na tuberosidade da tíbia sem tensão.

Kim et al.¹⁸, descreve que não houve diferenças em nenhuma das variáveis analisadas e nos dois estudos analisados os outros mencionam que os estudos entram em conflito com outros que mencionam a melhora da função com a KT.

4.4. Ultrassom terapêutico

O ultrassom terapêutico é uma modalidade clínica que utiliza propriedades mecânicas para estimular os tecidos¹⁷.

O objetivo de Norte et al.¹⁷, investigar os efeitos do ultrassom não térmico na excitabilidade do reflexo espinhal do quadríceps em sujeitos com lesão no joelho. Os participantes foram alocados em dois grupos, com o grupo 1 recebendo o ultrassom e o grupo 2 um simulado. O CAR foi registrado utilizando um dinamômetro Biodex system 3 e o reflexo H com a eletromiografia do vasto medial. As medidas da linha de base foram obtidas no membro no envolvido antes do membro envolvido (linha de base 1), antes de administrar a intervenção foram medidas novamente imediatamente após a linha de base 1 (linha de base 2). As medidas registradas imediatamente após a intervenção e 20 minutos após a intervenção foram primeiro no membro envolvido e depois no outro. O ultrassom não térmico utilizado possuía um transdutor com área de superfície de 5,0 cm, razão de não uniformidade de feixe de 2,7:1 e área de radiação efetiva de 4,1cm². O gel de transmissão à temperatura

ambiente foi usado como agente de acoplamento. Os parâmetros utilizados no grupo 1 foram: frequência de 1MHz, intensidade de 0,3W/cm² e ciclo de trabalho 100% e grupo 2: frequência de 0MHz, intensidade de 0,3W/cm², ambos aplicados no joelho anteromedial. O transdutor foi movido manualmente a uma taxa estimada de 4cm/s sobre uma área delimitada por um modelo personalizado com o dobro do tamanho da área de superfície do transdutor com duração de 17 minutos.

O autor relata que até 20 minutos após a intervenção nenhuma mudança atingiu alguma significância, além de ser de baixa magnitude em cada intervalo de teste, somente após que houve uma facilitação da excitabilidade do quadríceps e uma mudança excitatória na razão H/M depois do ultrassom e uma mudança inibitória no simulado.

4.5. Fadiga dos isquiotibiais

A fadiga muscular é a incapacidade de manter uma saída de força desejada, modifica a excitabilidade muscular e altera a resposta reflexa¹⁹.

Dois autores utilizaram o método de fadiga dos isquiotibiais para melhorar a função do quadríceps, com semelhantes divisões de grupos, um grupo com reconstrução do LCA e um grupo controle sem história prévia de lesão. Além do tamanho da amostra ser parecida.

Lowe et al.¹⁹, procurou determinar se a fadiga induzida dos isquiotibiais pode representar uma estratégia de reabilitação para aliviar a IMA do quadríceps, associada ao deslocamento do movimento articular (joelho para quadril) e efeitos adversos a longo prazo. Eles mediram a IMA através do CAR antes e após a indução a fadiga, comparando a força produzida pela quadríceps de uma CVM e a força de uma contração interpolada que estimulou eletricamente o nervo totalmente o músculo. O protocolo de indução a fadiga foi ministrado com um aquecimento de 5 minutos entre 70 e 80 rotações por minuto com baixa resistência no cicloergômetro, após realizaram agachamentos temporizados a uma altura de aproximadamente 0,45 metros do chão em uma taxa de um agachamento a cada 2 segundos, até que a classificação de esforço percebido (RPE) dos participantes fosse 15 de 20, ou

“difícil”. Além da frequência cardíaca também foi monitorada. Os participantes foram considerados fadigados quando o RPE atingiu 15 e a frequência cardíaca foi de aproximadamente 150bpm. O número médio de agachamentos do grupo após reconstrução do LCA foi de 134 e do grupo controle de 153.

O estudo mostrou que o grupo de reconstrução teve um aumento significativo no CAR pós versus pré-fadiga, demonstrando que a fadiga induzida trouxe mais recrutamento muscular. Porém não teve nenhum achado entre os participantes do grupo controle.

Yu et al.²², teve como objetivo em seu estudo identificar uma estratégia de reabilitação para aliviar a IMA modificando os sinais sensoriais envolvidos na superexcitação dos isquiotibiais e inibição do quadríceps. A IMA do quadríceps foi medida pelo CAR com técnica de explosão sobreposta. A força foi medida através de uma célula com carga. A coativação dos isquiotibiais/quadríceps foi quantificado por um sistema de eletromiografia sem fio e foi medida como a quantidade de ativação dos isquiotibiais durante uma CIVM de quadríceps. Todas as variáveis foram medidas antes e após a intervenção, com 3 tentativas coletadas em cada. Os participantes estavam sentados com o quadril fletido e os isquiotibiais posicionados diretamente na plataforma vibratória. A vibração foi ministrada por 10 minutos, a 30Hz com amplitude de 6 mm usando o Thumper Versa Pro Massager. E obtiveram como resultado o aumento do CAR e a diminuição da coativação do isquiotibiais/quadríceps no grupo pós-reconstrução de LCA.

4.6. Educação cruzada

A educação cruzada é o aumento da força muscular no lado não treinado após o treinamento de resistência do músculo no membro contralateral, foi utilizada no estudo de Zult et al.²¹, que teve como objetivo investigar se a educação cruzada, em conjunto com a reabilitação padrão aceleraria a recuperação da força e função do quadríceps até a 26 semana pós cirurgia. Os participantes foram randomizados em dois grupos que receberam a reabilitação, com diferença no grupo 1 que também recebeu a intervenção. Nas 4 primeiras semanas após a reconstrução, o

protocolo teve como objetivo reduzir a inflamação e o inchaço, restaurar a extensão total do joelho e facilitar a atividade do quadríceps. Entre 4 e 12 semanas, fortalecimento dos músculos do quadríceps e isquiotibiais com treinamento de resistência, melhorar equilíbrio e estabilidade do núcleo. Entre 12 e 24 semanas, exercícios mais avançados de equilíbrio e estabilidade, treinamento de resistência com foco em hipertrofia, corrida com mudança de direção mínima e saltos bipodais. De 24 a 36 semanas foram incorporadas corridas com exercício de agilidade, saltos unipodais e treinamento de força focado na redução dos déficits de força. Além do grupo 1 ter realizado exercício no leg press e extensão do joelho com a perna não lesionada em máquinas de ginástica com foco na parte concêntrica do exercício. Os dois exercícios foram realizados em três séries de 8-12 repetições cada, com 1-2 minutos de descanso entre cada série. E foram realizados em todas as sessões da 1-12 semanas. As variáveis foram analisadas em ambas as pernas 29 ± 23 dias antes da cirurgia e em 5, 12, e 26 semanas após.

Para medir a CVM foi utilizado um dinamômetro isocinético a 65° . A ativação do quadríceps foi medida através do CAR, porém onze pacientes relataram a estimulação elétrica como desagradável e, portanto não foram testados. O controle de força foi através de uma tarefa de correspondência de alvo definido para 20% CVM para ensaios isométricos e 40% para ensaios dinâmicos. A propriocepção do joelho medida com uma tarefa de reposicionamento articular em quatro posições alvo randomizados de flexão do joelho (15° , 30° , 45° , 60°). O equilíbrio foi estado de modo estático e dinâmico, de modo estático foi o equilíbrio em pé unipodal de olhos abertos e olhos fechados e de modo dinâmico utilizando o teste Star-excursion balance (Gribble et al., 2003), que foi realizado no sentido horário e a linha de partida determinada aleatoriamente.

Zult et al.²¹, obteve em seus resultados uma melhora das funções neuromusculares do em relação ao pré-operatório, porém a educação cruzada não melhorou ainda mais esses resultados. Em relação ao CAR, o efeito foi negativo em 12 semanas após a cirurgia e diminuiu o índice de simetria do membro para força máxima em 5 e 12 semanas. A precisão e a variabilidade da força melhoraram em ambas as pernas em 12 e 26 semanas. Já a propriocepção e o equilíbrio estático

não tiveram diferenças, enquanto o equilíbrio dinâmico mostrou alguma melhora, que pode ser devido aos treinamentos que realizaram como parte da reabilitação.

4.7. Treinamento de restrição de fluxo sanguíneo

O BRFT é uma técnica de fortalecimento muscular onde um torniquete é aplicado na parte proximal do músculo a ser treinado, com objetivo de comprimir as estruturas vasculares durante o exercício²⁴.

O objetivo de Curran et al.²⁴, analisar os efeitos os efeitos do BRFT em conjuntos de exercícios concêntricos ou excêntricos de alta intensidade na força e ativação do quadríceps. Os testes foram realizados em quatro momentos: pré-operatório, pré-intervenção, pós-intervenção e retorno a atividade. A ativação do quadríceps por meio de um dinamômetro Biodex System 3 e a força através do torque máximo de extensão após 5 repetições máximas. Todos os participantes foram submetidos à reabilitação padrão, nas 4 primeiras semanas focadas em diminuir a dor e o edema, recuperar amplitude de movimento, melhorar o controle do músculo quadríceps e alcançar o peso total. De 4 a 8 semanas o foco foi em aumentar a força do quadríceps, isquiotibiais e musculatura do quadril, equilíbrio unipodal e transição para o exercício funcional, com a fase final visando maximizar a força, atividade funcional e um programa de agilidade (saltos, corridas, etc.). Todos independente do grupo realizaram o fortalecimento muscular utilizando um leg press unipodal, no BLAST! Sistema Leg Press. Sentados no BLAST! Com as costas apoiadas firmemente no encosto do banco, com o membro cirúrgico em 60° de flexão de joelho e pé na placa do pé de modo que o quadril, joelho e tornozelo ficassem alinhados. A amplitude de movimento definida para 60 a 20° de flexão. Realizaram 3 repetições de extensão de joelho de repetição máxima apenas concêntricas com 2 minutos de descanso entre cada. Foram realizadas no primeiro dia da intervenção e uma vez por semana. Após todos realizaram 5 séries de 10 repetições no leg press unipodal com 2 minutos de descanso. Para os participantes designados a exercícios excêntricos a intensidade excêntrica foi ajustada 70% da repetição máxima e a intensidade concêntrica para 20%. Para os participantes com exercícios concêntricos a intensidade concêntrica foi de 70% e a excêntrica de 20%.

O BRFT foi aplicado durante a realização do leg press nos participantes dos grupos 3 e 4, por meio de um Easi-Fit Torniquet Cuff aplicado proximalmente no quadríceps do membro cirúrgico. Em decúbito dorsal em uma mesa de tratamento, relaxados, foi usado o Sistema de Torniquete Personalizado PTS para avaliar 80% da oclusão total do membro. Foi aplicado o BRFT em conjunto com o leg press, onde os manguitos do torniquete eram inflados antes de realizar cada série e desinflados durante o período de descanso. Não foram obtidas alterações significativas em nenhum dos grupos como resultados. Assim não se justifica a utilização do BRFT em conjunto com exercícios para melhora da IMA.

4.8. Discussão geral

Alguns pontos devem ser levantados em relação a todos os artigos, o primeiro deles é sobre o números de sessões e tempo de intervenção e tamanho da amostra, com exceção dos estudos de Curran et al., Lepley et al. e Zult et al., todos tiveram um numero muito baixo, o que pode refletir em seus resultados, levantando a questão se eles são realmente ou não eficazes. O que também não se pode dizer sobre essas intervenções a longo prazo, se trazem ou não uma melhora da IMA.

Outro ponto a se pensar é sobre os resultados em si, que poderiam ser resultados clínicos também e não só medidos. Mostrando em como isso muda perspectivamente ao dia-dia, na funcionalidade desse paciente.

Na utilização do TENS e da crioterapia por não serem focadas em excitabilidade motora e sim em analgesia, até inflamação no caso da crioterapia, sugere que ambas como modalidades desinibitórias não necessariamente irão beneficiar o paciente além do controle da dor.

6. CONCLUSÃO

As evidências encontradas demonstram que há diferentes tipos de intervenções propostas. Em sua maior parte, os grupos intervencionais realizaram terapias combinadas. Os efeitos das intervenções foram avaliados com diferentes variáveis além do número de sessões serem diferentes.

Por essas razões, parece não haver um consenso quanto à melhor técnica para acelerar o processo de recuperação e ganho de força do quadríceps nos indivíduos pós-reconstrução do LCA.

7. REFERÊNCIAS

1. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies. *Curr Sports Med Rep.* 2014; 13(3):186-91.
2. de Sa D, Shanmugaraj A, Weidman M, Peterson DC, Simunovic N, Musahl V, Ayeni OR. All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction-A Systematic Review of Techniques, Outcomes, and Complications. *J Knee Surg.* 2018; 31(9):895-904.
3. Lin KM, Boyle C, Marom N, Marx RG. Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2020; 28(2):41-48.
4. Thomas AC, Wojtys EM, Brandon C, Palmieri-Smith RM. Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sci Med Sport.* 2016;19(1):7-11.
5. Pinto FG, Thaunat M, Daggett M, Kajetanek C, Marques T, Guimares T, Quelard B, Sonnery-Cottet B. Hamstring Contracture After ACL Reconstruction Is Associated With an Increased Risk of Cyclops Syndrome. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(1):2325967116684121.
6. Lewek M, Rudolph K, Axe M, Snyder-Mackler L. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17(1):56-63.
7. Felson DT, Niu J, McClennan C, Sack B, Aliabadi P, Hunter DJ, Guermazi A, Englund M. Knee buckling: prevalence, risk factors, and associated limitations in function. *Ann Intern Med.* 2007; 147(8):534-40.
8. Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe P, Keays AC. The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res.* 2003;21(2):231-7.
9. Urbach D, Nebelung W, Weiler HT, Awiszus F. Bilateral deficit of voluntary quadriceps muscle activation after unilateral ACL tear. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(12):1691-6.
10. Rice DA, McNair PJ. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. *Semin Arthritis Rheum.* 2010;40(3):250-66.

11. Alnahdi AH, Zeni JA, Snyder-Mackler L. Muscle impairments in patients with knee osteoarthritis. *Sports Health*. 2012;4(4):284-92.
12. Hopkins JT, Ingersoll CD. Arthrogenic muscle inhibition: a limiting factor in joint rehabilitation. *J Sport Rehabil*. 2000;9:135–59.
13. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Quelard B, Daggett M, Borade A, Ouanezar H, Thaunat M, Blakeney WG. Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. *Br J Sports Med*. 2019;53(5):289-298.
14. Hart JM, Kuenze CM, Diduch DR, Ingersoll CD. Quadriceps muscle function after rehabilitation with cryotherapy in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train*. 2014;49(6):733-9.
15. Lepley LK, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. *Knee*. 2015;22(3):270-7.
16. Oliveira AK, Borges DT, Lins CA, Cavalcanti RL, Macedo LB, Brasileiro JS. Immediate effects of Kinesio Taping(®) on neuromuscular performance of quadriceps and balance in individuals submitted to anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized clinical trial. *J Sci Med Sport*. 2016;19(1):2-6.
17. Norte GE, Saliba SA, Hart JM. Immediate Effects of Therapeutic Ultrasound on Quadriceps Spinal Reflex Excitability in Patients With Knee Injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96(9):1591-8.
18. Kim KM, Davis B, Hertel J, Hart J. Effects of Kinesio taping in patients with quadriceps inhibition: A randomized, single-blinded study. *Phys Ther Sport*. 2017; 24:67-73.
19. Lowe T, Dong XN. The Use of Hamstring Fatigue to Reduce Quadriceps Inhibition After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Percept Mot Skills*. 2018;125(1):81-92.
20. Konishi Y, McNair PJ, Rice DA. TENS Alleviates Muscle Weakness Attributable to Attenuation of Ia Afferents. *Int J Sports Med*. 2017;38(3):253-257.
21. Zult T, Gokeler A, van Raay JJAM, Brouwer RW, Zijdewind I, Farthing JP, Hortobágyi T. Cross-education does not accelerate the rehabilitation of neuromuscular functions after ACL reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Eur J Appl Physiol*. 2018;118(8):1609-1623.

22. Yu S, Lowe T, Griffin L, Dong XN. Single bout of vibration-induced hamstrings fatigue reduces quadriceps inhibition and coactivation of knee muscles after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2020;55:102464.
23. Tang WT, Hsu MJ, Huang YM, Hsu YT, Chuang LL, Chang YJ. Low-Intensity Electrical Stimulation to Improve the Neurological Aspect of Weakness in Individuals with Chronic Anterior Cruciate Ligament Lesion. *Biomed Res Int.* 2020; 2020:7436274.
24. Curran MT, Bedi A, Mendias CL, Wojtys EM, Kujawa MV, Palmieri-Smith RM. Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med.* 2020;48(4):825-837.
25. Algafly AA, George KP. The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *Br J Sports Med.* 2007;41(6):365-9; discussion 369.
26. Castro, Maria Claudia Ferrari de e Cliquet Jr., Alberto Estimulação elétrica neuromuscular e estimulação eletrotáctil na restauração artificial da preensão e da propriocepção em tetraplégicos. *Acta Ortopédica Brasileira [online].* 2001, v. 9, n. 3.