

Efeitos do treinamento neuromuscular na propriocepção após reconstrução do ligamento cruzado anterior: Uma revisão sistemática

Effects of neuromuscular training on proprioception after reconstruction of the anterior cruciate ligament: A systematic review

Efectos del entrenamiento neuromuscular sobre la propiocepción tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: Una revisión sistemática

Recebido: 08/01/2024 | Revisado: 15/01/2024 | Aceitado: 16/01/2024 | Publicado: 19/01/2024

Bruna Maiara de Brito Tavares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0655-6929>
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Brasil
E-mail: maiarbt10@gmail.com

Leonardo dos Reis França

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0394-6785>
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Brasil
E-mail: leoreisfranc@gmail.com

Ludmilla Karen Brandão Lima de Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4033-9642>
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Brasil
E-mail: ludmillakaren2@hotmail.com

Manoel Campos de Carvalho Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5587-5598>
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Brasil
E-mail: netomanoelfisioufpi@gmail.com

Maria Clara Siqueira Torres Borges

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8502-0024>
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Brasil
E-mail: Marialstb@gmail.com

Ana Júlia dos Santos Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7596-6398>
Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Brasil
E-mail: anajulia@ufpi.edu.br

Resumo

Objetivo: Analisar os efeitos do treinamento neuromuscular na propriocepção após reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA). Métodos: Revisão sistemática, descrita com base no fluxograma PRISMA, incluindo ensaios clínicos randomizados em português, inglês ou espanhol, publicados entre 2012 a 2023, utilizando a estratégia PICO. Foram encontrados 706 artigos, por meio das bases de dados Pubmed, Embase, Web of Science, Science Direct, Scopus e Cochrane Library. Para avaliar a qualidade dos ensaios clínicos randomizados foi utilizado a Escala PEDro. Resultados: Os estudos realizaram diferentes treinamentos com variados recursos, utilizando variáveis de senso de posição articular (JPS), controle postural e equilíbrio para avaliar os efeitos proprioceptivos dos treinos. Os grupos comparativos realizaram reabilitação convencional ou eram saudáveis. Em um estudo o senso de posição articular não apresentou diferença significativa entre o lado operado e não operado, porém houve diferença significativa entre os lados operados. Os treinamentos proprioceptivo aquático e baseado em terra comparados com grupo que realizou a terapia convencional, apresentaram melhora proprioceptiva. A comparação do grupo de treinamento de equilíbrio com pessoas saudáveis apresentou melhora parcial nos índices de estabilidade dinâmica. Exercícios cruzado de equilíbrio mostrou melhora no equilíbrio estático e dinâmico. A terapia de vibração de corpo inteiro não apresentou melhora no senso de posição articular, porém mostrou melhora no equilíbrio postural. Considerações finais: Foi possível identificar que os diferentes tipos de treinamento demonstraram efeitos positivos com melhora significativa em desfechos como o senso de posição articular, o controle postural, o equilíbrio estático e o equilíbrio dinâmico, após a RCLA.

Palavras-chave: Propriocepção; Ligamento cruzado anterior; Reabilitação.

Abstract

Objective: To analyze the effects of neuromuscular training on proprioception after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR). Methods: Systematic review, described based on the PRISMA flowchart, including randomized clinical trials in Portuguese, English or Spanish, published between 2012 and 2023, using the PICO strategy. 706 articles were found through the Pubmed, Embase, Web of Science, Science Direct, Scopus and Cochrane Library databases. To

assess the quality of randomized clinical trials, the PEDro Scale was used. Results: The studies carried out different training sessions with varied resources, using variables such as joint position sense (JPS), postural control and balance to evaluate the proprioceptive effects of the training. The comparison groups underwent conventional rehabilitation or were healthy. In one study, joint position sense did not show a significant difference between the operated and non-operated sides, but there was a significant difference between the operated sides. Aquatic and land-based proprioceptive training compared to the group that performed conventional therapy showed proprioceptive improvement. The comparison of the balance training group with healthy people showed a partial improvement in dynamic stability indices. Cross balance exercises showed improvement in static and dynamic balance. Whole body vibration therapy did not show an improvement in joint position sense, but it did show an improvement in postural balance. Final considerations: It was possible to identify that the different types of training demonstrated positive effects with significant improvement in outcomes such as joint position sense, postural control, static balance and dynamic balance, after ACLR.

Keywords: Proprioception; Anterior cruciate ligament; Rehabilitation.

Resumen

Objetivo: Analizar los efectos del entrenamiento neuromuscular sobre la propiocepción después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). Métodos: Revisión sistemática, descrita con base en el diagrama de flujo PRISMA, que incluye ensayos clínicos aleatorios en portugués, inglés o español, publicados entre 2012 y 2023, utilizando la estrategia PICO. Se encontraron 706 artículos a través de las bases de datos Pubmed, Embase, Web of Science, Science Direct, Scopus y Cochrane Library. Para evaluar la calidad de los ensayos clínicos aleatorios se utilizó la Escala PEDro. Resultados: Los estudios realizaron diferentes sesiones de entrenamiento con variados recursos, utilizando variables como el sentido de la posición articular (JPS), el control postural y el equilibrio para evaluar los efectos propioceptivos del entrenamiento. Los grupos de comparación se sometieron a rehabilitación convencional o estaban sanos. En un estudio, el sentido de la posición de las articulaciones no mostró una diferencia significativa entre los lados operados y no operados, pero sí hubo una diferencia significativa entre los lados operados. El entrenamiento propioceptivo acuático y terrestre en comparación con el grupo que realizó la terapia convencional mostró una mejora propioceptiva. La comparación del grupo de entrenamiento del equilibrio con personas sanas mostró una mejora parcial en los índices de estabilidad dinámica. Los ejercicios de equilibrio cruzado mostraron una mejora en el equilibrio estático y dinámico. La terapia de vibración de todo el cuerpo no mostró una mejora en la sensación de posición de las articulaciones, pero sí una mejora en el equilibrio postural. Consideraciones finales: Se pudo identificar que los diferentes tipos de entrenamiento demostraron efectos positivos con una mejora significativa en resultados como la posición de las articulaciones, sentido, control postural, equilibrio estático y equilibrio dinámico, después de ACLR.

Palabras clave: Propriocepción; Ligamento cruzado anterior; Rehabilitación.

1. Introdução

O ligamento cruzado anterior (LCA) é um dos principais estabilizadores do joelho, sua lesão é uma das mais comuns e por prejudicar a estabilidade da articulação do joelho, precisa passar por um processo de reconstrução. A lesão do LCA é marcada por 50% de todas que afetam o joelho, a estimativa a cada ano nos Estados Unidos é de mais de 200 mil e na Europa é aproximadamente 500 mil por ano. O índice de reconstrução do ligamento cruzado anterior (RCLA) aumentou em cerca de 60% nos últimos 20 anos (Hu, et al., 2023).

Alguns pesquisadores acreditam que a RCLA é método que mais se destaca quando se diz respeito a lesão completa de LCA, porém, 30% das lesões secundárias são expostas após 15 anos de reconstrução. Isso pode estar ligado a propriocepção, uma vez que há prejuízos na estabilidade articular, na amplitude de movimento e na função proprioceptiva, podendo levar ao risco de uma nova lesão ou ao desenvolvimento de osteoartrite, comprometendo assim a função da articulação do joelho. Mesmo depois do processo cirúrgico os indivíduos ainda denotam sintomas, principalmente relacionados ao tempo de reação lento, instabilidade, diminuição da coordenação e controle do equilíbrio dinâmico (Yixuan, et al., 2023).

A propriocepção é capaz de englobar informações, com base nas vias diretas eferentes e aferentes do sistema somatossensorial, que mantem a consciência das posições dos segmentos, articulações, tendões e regulam os reflexos e tônus (Meibodi, et al., 2021; Ghaderi, et al., 2020). Pessoas submetidas a RCLA apresentam déficits persistentes, principalmente quando se trata da propriocepção. A probabilidade de uma re-lesão e uma doença degenerativa é aumentada quando a deficiência proprioceptiva tende a ser reflexos posturais fora da normalidade e instabilidade articular reflexa (Ma, et al., 2020). A diminuição da propriocepção pode durar até 6 meses ou mesmo 4 anos após a reconstrução (Fu, et al., 2013).

Há um número significativo de mecanorreceptores (MRC) no LCA, que são receptores sensoriais de propriocepção imprescindíveis para o planejamento motor e feedback, quando acontece a ruptura completa das fibras do ligamento, acaba prejudicando e causando perda dos MRC, provocando desordem no controle neuromuscular (Liu, et al., 2021). Apesar da perda dos MRC, outros mecanorreceptores criam uma ativação muscular compensatória, favorecendo a estabilização da articulação. Os padrões neuromusculares compensatórios podem ser compostos e otimizados por meio de treinamentos proprioceptivos e neuromusculares, por esse motivo exercícios proprioceptivos e de equilíbrio bem definidos dentro de um programa de reabilitação tem sido usado no manejo clínico, sendo vistos como uma maneira segura de exercícios após a RCLA (Akbari, et al., 2016).

O treino neuromuscular é definido como melhoramento do treinamento com respostas motoras inconscientes, estimulando ambos os sinais aferentes e mecanismos centrais responsáveis por o controle articular dinâmico e o treinamento sensorio-motor, visando melhorar a função do Sistema Nervoso Central (SNC) na regulação do movimento, a fim de alcançar padrões de disparo adequados para manter a estabilidade articular. Existem diversas maneiras de desafiar a propriocepção, o próprio movimento ativo do joelho irá em qualquer caso estimular os proprioceptores, o que, por sua vez, altera as demandas do SNC. O ambiente de realização de programas de treinamento com exercícios para melhorar a propriocepção podem ser diferentes, incluindo um treinamento no solo, assim como um treinamento na água. No ambiente aquático, a informação sensorial é bastante modificada em comparação com situações mais comuns em terra. O sistema somatossensorial tem menos influência no movimento na água do que em terra, além disso, a microgravidade da água perturba as informações somatossensoriais e proprioceptivas (Arumugam, et al., 2021; Counil, 2015).

Além disso, existem diferentes maneiras de desafiar a propriocepção, por exemplo, uma superfície instável pode desafiar os MRC do joelho, a visão pode ser obstruída ou a posição da cabeça pode ser alterada para perturbar a visão e informações vestibulares ou o foco pode ser deslocado para influenciar fontes de processamento cognitivo, assim como, a vibração pode ser usada para alterar entrada de fusos musculares. Estudos que exploram os efeitos do treinamento neuromuscular sobre a propriocepção combinam diferentes exercícios e várias medidas de resultados que impedem isolar os efeitos de um exercício específico de propriocepção (Arumugam, et al., 2021).

Um programa de reabilitação bem estabelecido é necessário, principalmente no quesito da recuperação de diversos aspectos que influenciam nos resultados funcionais, como a propriocepção, e que irão levar o indivíduo ao retorno das suas atividades diárias e esportes. Porém, apesar dos diversos programas de reabilitação após RLCA apresentarem uma variedade de objetivos terapêuticos com intuito de promover um retorno seguro às atividades realizadas antes da lesão, a propriocepção deveria ser exposta como um ponto de atenção quanto ao seu papel nas fases da reabilitação, tendo em vista as repercussões da perda da função proprioceptiva após a reconstrução desse ligamento. Dessa maneira, o objetivo desse estudo foi analisar os efeitos do treinamento neuromuscular na propriocepção após reconstrução do ligamento cruzado anterior.

2. Métodos

Desenho do estudo

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática. Conforme o Manual Cochrane, uma revisão sistemática busca reunir todas as evidências empíricas que atendem a critérios que respondam a uma questão de pesquisa, através de métodos explícitos e sistemáticos, que são designados com propósito de atenuar vieses, concedendo resultados mais fundamentados, a partir dos quais podem contemplar conclusões e deliberações. A sua estrutura divide-se em seis etapas diferentes, no qual compreende: 1) desenvolver uma questão de pesquisa clara e específica, 2) formular um protocolo para identificar trabalhos relevantes, 3) aplicar o protocolo para pesquisar e gerar uma lista abrangente de todos os estudos relevantes, 4) utilizar os critérios

de seleção para selecionar os estudos que serão incluídos na análise, 5) avaliar a qualidade dos estudos incluídos e extrair os dados e 6) sintetizar e redigir o manuscrito (Donato, et al., 2019; Jennifer & Sophie, 2023).

Descrita com base nas recomendações do “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA), no qual consisti em uma diretriz de relato projetada para lidar com a má comunicação de revisões sistemáticas, que sugere uma lista de verificação de 27 itens e um fluxograma de quatro fases (Page, et al., 2021; Moher et al., 2010).

Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos no estudo artigos científicos de livre acesso disponíveis em português, inglês e espanhol, publicados no período de 2012 a 2023, ensaios clínicos randomizados relacionados a reabilitação após reconstrução do LCA, em que foi avaliada a propriocepção e um dos grupos realizou na reabilitação o treinamento neuromuscular. Foram excluídos artigos duplicados.

Estratégia de busca

Esta revisão sistemática foi guiada com base na seguinte pergunta de investigação: Programas de treinamento neuromuscular promovem melhora da propriocepção após reconstrução do LCA? A PICO (P – population; I – intervention; C – comparison; O – outcomes) foi utilizada como base para formular a pergunta de investigação e para a seleção de descritores e palavras-chaves, e estes foram combinados por meio do operador booleano AND. Foram utilizados os seguintes descritores e palavras-chaves: Anterior Cruciate Ligament, Rehabilitation, Proprioception e Postoperative. A busca foi realizada nas seguintes bases de dados, Pubmed, Cochrane Library, Science Direct, Embase, Web of Science e Scopus, com limitação quanto ao tipo de estudo, idioma inglês, português e espanhol e ano de publicação entre 2012 a 2023, conforme o Quadro 1. Os elementos de acordo com a estratégia PICO para essa Revisão sistemática foram: (P) Sujeitos que realizaram reconstrução de Ligamento Cruzado Anterior; (I) Treinamento neuromuscular; (C) Grupo com treinamento neuromuscular ou sem treinamento neuromuscular (O) Melhora da propriocepção. A busca foi realizada por dois autores de forma independente e no final foi debatido sobre os artigos.

Quadro 1 - Estratégias de busca utilizadas nas bases de dados.

Base de dados/ Biblioteca Online	Estratégias de busca
MEDLINE/Pubmed	(anterior Cruciate Ligament) AND (rehabilitation) AND (proprioception). Filtros- Tipo de estudo: Ensaio clínico; Ano de publicação:2012-2023; Idioma: Inglês, Português e Espanhol.
Cochrane Library	(anterior cruciate ligament) AND (postoperative) AND (proprioception) Filtros- Ano de publicação: 2012-2023.
Embase	('anterior cruciate ligament'/exp OR 'anterior cruciate ligament' OR (anterior AND cruciate AND ('ligament'/exp OR ligament))) AND ('rehabilitation'/exp OR rehabilitation) AND ('proprioception'/exp OR proprioception) AND [2012-2023]/py AND ([english]/lim OR [portuguese]/lim OR [spanish]/lim)
Scopus	(((TITLE-ABS-KEY (anterior AND cruciate AND ligament) AND TITLE-ABS-KEY (rehabilitation) AND TITLE-ABS-KEY (proprioception)) AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2023) AND (clinical AND trial)
Science Direct	("anterior Cruciate Ligament") AND ("rehabilitation") AND ("proprioception"). Filtros- Tipo de estudo: artigo de pesquisa; Ano de publicação: 2012-2023.
Web of Science	Anterior CruciateLigament AND (Rehabilitation) (Todos os campos) AND Rehabilitation (Todos os campos) AND proprioception (Todos os campos) and Artigo (Tipos de documento) and Clinical Trial (Pesquisa em todos os campos)

Fonte: Autores.

Seleção dos artigos

Primeiramente, os artigos foram exportados para a ferramenta Mendeley Desktop para a exclusão de trabalhos duplicados, em seguida foi feita a análise dos títulos e subsequente a leitura dos resumos. Logo depois, foi realizada a leitura na íntegra dos artigos que foram selecionados pelo título e resumo, para verificar a elegibilidade. Seguidamente, foram incluídos os artigos.

Análise metodológica

A qualidade metodológica dos estudos selecionados foram avaliados por meio da escala PEDro, a qual é composta pelos 11 itens seguintes: 1) Especificação dos critérios de elegibilidade; 2) Alocação aleatória; 3) Alocação secreta; 4) Similaridade dos grupos na fase inicial ou basal; 5) Cegamento dos sujeitos; 6) Cegamento do terapeuta; 7) Cegamento do avaliador; 8) Medida de pelo menos um desfecho primário em 85% dos sujeitos alocados; 9) Análise da intenção de tratar; 10) Comparação entre grupos de pelo menos um desfecho primário; 11) Relato de medidas de variabilidade e estimativa dos parâmetros de pelo menos uma variável primária, conforme mostrado no Quadro 2. O resultado da escala é uma pontuação, de 1 a 10. O item 1 não deve ser contabilizado para a pontuação final. A qualidade metodológica dos ensaios clínicos tem as seguintes considerações: Ruim (< 4); Razoável (4-5); Bom (6-8) ou Excelente (9-10).

Quadro 2 - Escores PEDro dos estudos incluídos.

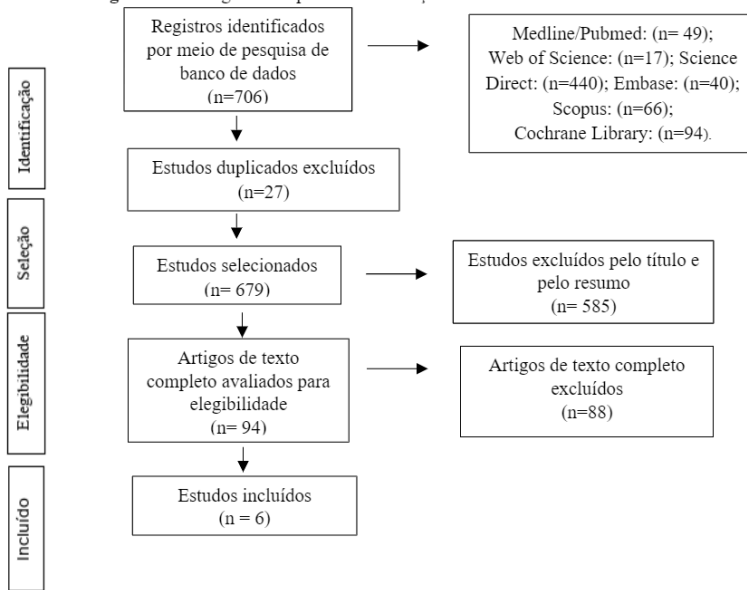
Autores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
FU C. L.A., et al. 2013	S	S	S	S	N	N	S	N	S	S	S	7
AKBARI A., et al. 2015	S	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	5
KAYA D., et al. 2019	S	S	S	S	N	S	S	N	S	S	S	8
HAUJOJ E., et al. 2021	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
HAUJOJ E., et al. 2021	S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
KARIMIASHNI M., et al., 2023	S	S	S	N	S	N	S	S	S	S	S	8

Legenda: S- Sim; N- Não. Fonte: Autoria própria (2023).

3. Resultados

A partir das estratégias de buscas foram realizadas as pesquisas e foi possível identificar 706 artigos nas bases de dados, onde 27 foram excluídos por serem duplicados. Em seguida, 679 artigos foram selecionados para verificação de títulos e resumos, com o objetivo de enquadrar quais as pesquisas preenchiam os critérios de elegibilidade estabelecidos, destes, 585 foram excluídos. Após a leitura de título, resumo e artigo completo, foram selecionados 6 artigos para análise metodológica e os riscos de vieses para a síntese qualitativa. Esse processo de seleção dos artigos utilizados no estudo está apresentado na Figura 1 em forma de fluxograma de acordo com a recomendação PRISMA.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos estudos de acordo com o PRISMA



Fonte: Autoria própria (2023).

As características obtidas por meio da leitura dos artigos estão demonstradas nos quadros 3 e 4, sendo organizados com as seguintes informações: Quadro 3 - autores/ano, objetivos, desenho da população, tipos de enxertos e instrumentos de avaliação; Quadro 4- autores/ano, grupos, intervenções, resultados e conclusão.

O ano de publicação dos estudos variou de 2013 a 2023. Quanto ao desenho da população, houve variação entre 30 a 48 participantes, compreendendo adultos do gênero masculino e feminino, entre 14 a 55 anos de idade. Na maioria dos estudos o enxerto foi o do tendão isquiotibiais, com exceção de um que utilizou aloenxerto de tendão tibial anterior e um dos estudos não mencionou o enxerto. Dos estudos, três avaliaram senso de posição articular, dois o controle postural e um o equilíbrio, desses, quatro iniciaram no pós-cirúrgico imediato, sendo um deles acrescentado exercícios neuromusculares apenas na 3ª e 4ª semana, dois estudos iniciaram o pós somente depois de 1 mês. Os desfechos analisados, relacionados com a propriocepção, foram: o senso de posição articular, controle postural e equilíbrio, como está apresentado no Quadro 3. Além disso, também foram analisadas a força, dor e capacidade funcional.

Quadro 3 - Autores, objetivos, desenho da população, tipos de enxerto e instrumentos de avaliação.

Autores e anos	Objetivos	Desenho da população	Tipos de enxerto	Instrumentos de avaliação
FU C. L. A., et al (2013)	Investigar o efeito precoce da terapia de vibração de corpo inteiro (WBVT) no controle neuromuscular após a reconstrução do ligamento cruzado anterior.	48 participantes. Grupo de terapia de vibração de corpo inteiro: 24, sendo 18 do gênero masculino e 6 do feminino. Idade: 23.3 ± 5.2; Grupo referência: 24, sendo 14 do gênero masculino e 10 do feminino. Idade: 25.2 ± 7.3.	Tendão dos Isquiotibiais	Biodex Medical Systems; Biodex Stability System; Cybex NORM; Testes de salto simples e triplo; Shuttle Run e Carioca test; Artrômetro KT-1000 (MEDmetricCorp, San Diego, Califórnia).
AKBARIA, et al (2016)	Avaliar o efeito de exercícios de equilíbrio nos índices de estabilidade postural em indivíduos com reconstrução do ligamento cruzado anterior.	48 participantes, todos do gênero masculino. Grupo de treinamento de equilíbrio –participantes que tiveram o LCA reconstruído:24. Idade: 22.33±11.03; Grupo controle –adultos saudáveis sem lesão no joelho: 24. Idade: 20.33±10.9.	Não foi mencionado	Biodex Balance System.
KAYA D, et al. (2019)	Determinar os efeitos dos exercícios de controle motor da extremidade inferior na propriocepção do joelho, força muscular e nível funcional em pacientes com reconstrução do ligamento cruzado anterior (RCLA).	57 participantes sedentários, do gênero masculino. Grupo I - exercícios de controle motor neuromuscular e programa padrão de reabilitação:17. Idade: 29.35 ± 9.71; Grupo II - programa padrão de reabilitação:15. Idade: 31.60 ± 8.45.	Aloenxerto de tendão tibial anterior.	Senso de Posição Articular (Joint Position Sense - JPS); Teste Pivot Shift; Teste Gaveta anterior; Teste Estresse em valgo; Teste de Salto Unipodal; Testes de força muscular do Joelho Biodex® System.
HAUJOJ E, et al. (2021)	Avaliar a eficácia da adição do treinamento proprioceptivo aquático inovador ao protocolo convencional de reabilitação acelerada em terra na função do joelho e senso de posição articular em atletas do sexo masculino após RLCA.	38 atletas participantes do gênero masculino. Grupo Terapia Convencional (CT): 19 Idade: 24.68 ± 3.78; Grupo Hidroterapia (HT):19. Idade: 23.79 ± 3.04.	Tendão dos isquiotibiais.	Senso de Posição Articular (Joint Position Sense - JPS); Biodex Medical Systems (System 3 Pro™, Nova York, EUA); Escala Visual Analógica (Visual Analog Scale - VAS).
HAUJOJ E, et al. (2021)	Investigar a eficácia da incorporação de treinamento proprioceptivo inovador baseado em terra no protocolo convencional de reabilitação acelerada no senso de posição articular e função do joelho em atletas do sexo masculino após RLCA.	30 atletas do gênero masculino. Grupo terapia convencional (CT):15. Idade: 24.33 ± 3.68; Grupo de treinamento de propriocepção (PT):15. Idade: 23.14 ± 3.03.	Tendão dos Isquiotibiais	Senso de Posição Articular (Joint Position Sense- JPS); Escala Visual Analógica (Visual Analog Scale VAS); Questionário do International Knee Documentation Committee (IKDC).
KARIMJASH NIM, et al. (2023)	Investigar os efeitos de um exercício cruzado de 8 semanas no equilíbrio e na função do joelho após RLCA.	30 atletas do gênero masculino. Grupo de intervenção: 15. Idade: 27,8 ±4,76; Grupo controle: 15. Idade: 27,2 ±4,48.	Aloenxerto do tendão patelar	Teste de equilíbrio de excursão estelar (SEBT); Teste de equilíbrio de postura de cegonha; Sistema de pontuação de erros de equilíbrio (BESS); Questionário de Lysholm; Escala visual analógica (VAS).

Fonte: Autoria própria (2023).

Dentre os estudos selecionados apenas um tinha um grupo de comparação em que não foi realizado qualquer exercício para melhora da propriocepção, mas vale destacar que eram sujeitos saudáveis. Grande parte dos estudos iniciaram a reabilitação imediatamente após a RCLA. Os treinamentos realizados foram diferentes entre os estudos, variando quanto aos recursos utilizados, como pranchas, rolos de espuma, equipamentos de vibração do corpo inteiro e ao ambiente de realização, como treinamentos na água e no solo, além da dosagem

da execução, variando em volume, frequência e tempo de realização. Outros exercícios faziam parte da terapia convencional como por exemplo: exercícios de fortalecimento, treino de marcha e exercícios pliométricos, conforme detalhado no Quadro 4.

Quadro 4 - Autores, grupos, intervenções, resultados e conclusão.

Autores e anos	Grupos	Intervenções	Resultados e conclusão
FU C. L. A., et al (2013)	Grupo Referência Grupo de Terapia de vibração de corpo inteiro	Programa de reabilitação convencional iniciado 1 mês após a cirurgia para ambos os grupos por 6 meses: crioterapia, magneto terapia, estimulação elétrica neuromuscular, exercício de mobilização, exercício de alongamento, exercício de fortalecimento, treinamento proprioceptivo, exercício de equilíbrio, treinamento funcional, reeducação da marcha e exercício domiciliar. Grupo de Referência: Programa de reabilitação convencional. Grupo de Terapia de vibração de corpo inteiro: Programa de reabilitação convencional e terapia de vibração de corpo inteiro com 2 sessões por semana/ Total de 16 sessões. Terapia de vibração do corpo inteiro: realizada no Fitvibe Excel Pro (modelo 332015, GymnaUniphy NV, Bilzen, Bélgica); as placas vibratórias operaram na direção vertical; a frequência foi ajustada com um passo de 5 Hz, e as faixas de frequência de vibração foram de 20 a 60 Hz; a amplitude foi definida como alta (4 mm) ou baixa (2 mm).	Não houve diferença significativa em nenhuma característica do paciente e medições pré-teste entre o grupo de referência e o grupo vibração. Senso de posição articular: Não houve diferença significativa entre os 2 grupos com o teste realizado para o membro reconstruído a 60° de flexão do joelho (P geral =0,08) e 30° de flexão do joelho (P geral = 0,057) e o membro normal a 60° de flexão do joelho (P geral = 0,638) e 30° de flexão do joelho (P geral = 0,510) ao longo de 6 meses de reabilitação. Controle postural: Foi melhor em todas as direções com os testes realizados com os olhos abertos do que com os olhos fechados, e o grupo WBVT teve melhor controle postural em ambas as condições de teste após a cirurgia. Não houve diferença significativa no índice de estabilidade geral (OSI) (P geral = 0,921), índice de estabilidade ântero-posterior (API) (P geral = 0,780) e índice de estabilidade médio-lateral (MLI) (P geral = 0,108) para testes realizados com os olhos abertos, mas o grupo WBVT teve desempenho significativamente melhor do que o grupo de referência no OSI (P geral = 0,013), API (P geral=0,001) e MLI (P geral = 0,002) para testes realizados com os olhos fechados entre o início e 6 meses de pós-operatório. Observou-se que o controle postural melhorou significativamente no grupo WBVT para o OSI (post hoc P=0,001), API (post hoc P = 0,001) e MLI (post hoc P = 0,001) 3 meses após a reabilitação, mas diminuiu significativamente no API (post hoc P =0,03) para o grupo de referência. A terapia de vibração de corpo inteiro precoce foi um método de treinamento eficaz sem comprometer a amplitude de movimento (ADM) e a estabilidade do joelho, que melhorou o controle postural, desempenho isocinético, salto unipodal e corrida de varivm, mas não o senso de posição articular do joelho, salto triplo e carroca.
AKBARI A., et al (2016)	Grupo de Treinamento de equilíbrio Grupo Controle	Grupo de Treinamento de equilíbrio: 1 mês após a cirurgia os sujeitos foram treinados com programa de reabilitação de treinamento de equilíbrio por 30 minutos, 6 dias na semana, durante 12 sessões. Os exercícios incluíram: Apoio unipodal com os olhos fechados e abertos, exercícios de step-up: anterior, lateral, posterior para a perna envolvida e não envolvida. Grupo Controle: eram sujeitos saudáveis, portanto, não receberam intervenção	Estabilidade estática: Os índices de estabilidade estática não mudaram após o treinamento e não houve diferenças significativas antes e após o treinamento de equilíbrio (p>0,05). Estabilidade dinâmica: Embora os índices de estabilidade dinâmica tenham diminuído, não houve diferenças nos índices de estabilidade dinâmica antes e após o treinamento de equilíbrio (p>0,05) e nem entre os grupos (p>0,05). Grupo controle: Os índices de estabilidade estática e dinâmica não se alteraram e não houve diferenças significativas em ambos os índices (p>0,05). Esses resultados suportam que o exercício de equilíbrio pode melhorar parcialmente os índices de estabilidade dinâmica no estágio inicial da reabilitação da reconstrução do LCA. Os resultados deste estudo sugerem que os exercícios de equilíbrio devem fazer parte do programa de reabilitação após a reconstrução do LCA.
KAYA D., et al. (2019)	G1: Exercícios de controle motor neuromuscular GII: Programa	Todos os pacientes foram submetidos a um programa de reabilitação padrão desde o primeiro dia até o final da segunda semana após RLCA e realizaram exercícios em casa. O progresso da reabilitação foi determinado pelo nível funcional dos pacientes. No primeiro dia após a cirurgia, todos os pacientes foram submetidos ao programa de	Senso de posição articular: Não houve diferença no senso de posição da articulação do joelho aos 15°, 45°, e 75° entre os lados operado e não operado em ambos os grupos (p>0,05). Houve diferenças significativas no senso de posição articular em 75°, 45°, e 15° entre os lados operados dos pacientes (p<0,05) em ambos os grupos.

	padrão de reabilitação.	<p>reabilitação padrão e mobilização tolerada com suporte de peso com muletas, o movimento do joelho foi ajustado para extensão/flexão de 0°-90° desde o primeiro dia após a cirurgia até a terceira semana e restrições, como exercícios ativos de extensão terminal do joelho foram abolidos após a 6ª semana. Correr foi recomendado na 13ª semana e agilidade e treinamento esportivo na 18ª semana. Exercícios de pliométria e agilidade foram iniciados da 20ª a 24ª semana. O retorno ao esporte não foi permitido antes de nove meses após a cirurgia.</p> <p>GI: 1º ao 3º dia - Mobilização: suporte de peso tolerado, mobilização com muletas. Exercícios em isometria de quadríceps com toalha embaixo do calcanhar, SLR anterior com extensão total do joelho (com pesos no tornozelo). 3º dia a 3ª Semana - Amplitude de movimento: flexão de 0 a 90°. Mobilização: suporte de peso tolerado mobilização sem muletas. Exercícios em isometria de quadríceps com toalha embaixo do calcanhar, SLR anterior com extensão total do joelho (com pesos no tornozelo). 3ª a 6ª semana - Amplitude de movimento: flexão de 0 a 120°. Mobilização: tolerada até suporte total de peso e mobilização com joelheira. Exercícios de postura unipodal, alcance da perna e exercícios de equilíbrio de alcance para os braços, estocadas (todas as direções), step-up (todas as direções) do outro lado dos pacientes e agachamento bilateral. 6ª a 12ª semana - Exercícios em postura unipodal, alcance da perna e exercícios de equilíbrio de alcance para os braços, estocadas (todas as direções), step-up (todas as direções), step-down (todas as direções), agachamento unilateral, toques de calcanhar (todas as direções) e no lado operado dos pacientes foi feita ponte pélvica unipodal, durante a posição atlética. 12ª a 24ª semana - Exercícios: Dead lift com uma perna esticada, agachamento sumô, os pesos foram adicionados a todos os exercícios. Foi adicionado exercícios especiais de escada: a escada com degrau de 18 cm de altura e 30 cm de profundidade.</p> <p>GII: Realizou o programa padrão de reabilitação até a 24ª semana.</p>	<p>O programa de exercícios de controle neuromuscular mostrou-se mais eficaz em reduzir a diferença de força, enquanto o programa padrão foi mais eficaz em reduzir a diferença de resistência entre os joelhos operados e os demais, além disso o estudo revelou que os exercícios de controle neuromuscular também devem ser usados para melhorar o senso de propriocepção do joelho após o RLCA.</p>
HAUJOJ E, et al. (2021)	<p>CT: Grupo terapia convencional em terra</p> <p>HT: Grupo Treinamento proprioceptivo aquático</p>	<p>Todos os sujeitos iniciaram treinamentos convencionais semelhantes por sete semanas de acordo com o protocolo acelerado de reabilitação terrestre, a partir do dia 1 pós-operatório até o dia de recrutamento. Na semana sete, os sujeitos foram randomizados em dois grupos de reabilitação.</p> <p>Grupo CT: continuou a receber três sessões semanais de 60-75 min de sessões de terapia convencional, incluindo fortalecimento, caminhada e treinamento neuromuscular por seis semanas.</p> <p>Grupo HT: recebeu a mesma terapia convencional, além do treinamento proprioceptivo aquático inovador. Todos os sujeitos deste grupo foram submetidos a duas sessões semanais de 45-60 min de exercícios aquáticos inovadores de propriocepção por seis semanas. Cada sessão de treinamento proprioceptivo consistia em três partes: aquecimento, protocolo e relaxamento. Protocolo: Apoio bipodal no rolo de espuma; Apoio unipodal em rolo de espuma; Apoio unipodal com balanço de perna em rolo de espuma (Variando entre olho aberto e fechado). Rolar caminhando para frente no rolo de espuma; Apoio unipodal em rolo de espuma e arremesso da bola; Rolar avançando no rolo de espuma e arremessando a bola.</p>	<p>Não houve diferenças significativas em relação as características antropométricas antes das intervenções ($p > 0,05$).</p> <p>Senso de posição articular: as variáveis foram utilizadas para cálculo dos erros absoluto (AE), erro constante (CE) e erro variável (VE).</p> <p>Com base nos resultados, houve uma diferença significativa nos erros absolutos (AE) e erros variáveis (VE), entre os dois grupos ($P < 0,001$). Não foram detectadas diferenças significativas no erro constante (CE), ambos os grupos apresentaram uma diferença significativa em termos de AE, VE, após a intervenção ($P < 0,05$). As alterações percentuais após a intervenção para AE (69,19%), VE (68,20%), CE (65,20%), foram maiores no grupo HT, em comparação com o grupo CT.</p> <p>O treinamento proprioceptivo aquático inovador mais o protocolo acelerado de terapia convencional resultaram na melhoria da eficiência da propriocepção em indivíduos com RLCA.</p>
HAUJOJ E, et al. (2021)	<p>CT: Grupo Terapia Convencional</p> <p>PT: Grupo</p>	<p>Todos os sujeitos iniciaram protocolos de reabilitação convencionais semelhantes de acordo com o protocolo de reabilitação terrestre acelerada por nove semanas, começando de dia 1 pós-operatório até o dia do recrutamento. Na semana 9, os sujeitos foram randomizados em dois grupos de reabilitação.</p> <p>Grupo CT: continuou a receber reabilitação convencional, incluindo fortalecimento,</p>	<p>Senso de posição articular: as variáveis foram utilizadas para cálculo dos erros absoluto (AE), erro constante (CE) e erro variável (VE).</p> <p>Houve diferenças significativas em erros absolutos (AE) e erros variáveis (VE) entre os dois grupos ($P < 0,001$). Nenhuma diferença significativa foi encontrada em ambos os grupos antes e depois da intervenção em CE ($P > 0,05$). Ambos os grupos apresentaram mudanças</p>

	<p>Treinamento Proprioceptivo</p>	<p>caminhada e treinamento neuromuscular (60 - 75 min, três sessões por semana, por seis semanas).</p> <p>Grupo PT: recebeu a mesma reabilitação convencional, além do treinamento proprioceptivo inovador. Todos os sujeitos foram submetidos a duas sessões por semana de exercícios inovadores de propriocepção por 45 - 60 min por seis semanas. Cada sessão de treinamento proprioceptivo consistia em três partes: aquecimento, protocolo e desaquecimento.</p> <p>Protocolo: Postura unipodal com olhos abertos e olhos fechados; Postura unipodal com balanço da perna com olhos abertos e olhos fechados; Agachamento unipodal com olhos abertos e olhos fechados; Posição de duas pernas em um rolo de espuma com os olhos abertos e olhos fechados; Posição unipodal em um rolo de espuma com os olhos abertos e olhos fechados; Agachamento de duas pernas em um rolo de espuma com os olhos abertos e olhos fechados; Postura unipodal com balanço da perna em um rolo de espuma com os olhos abertos e olhos fechados; Rolar andando para frente no rolo; Rolar andando para trás em um rolo de espuma; Postura de duas pernas sobre um rolo de espuma e arremesso da bola.</p>	<p>significativas em termos de AE, VE após a intervenção (P < 0,05). As alterações percentuais após a intervenção para AE (70,19%), VE (69,22%), CE (66,20%), foram maiores no grupo PT do que no grupo CT.</p> <p>A avaliação da propriocepção mostrou diferenças significativas entre os dois grupos após a intervenção em relação às variáveis do senso de posição articular.</p> <p>Treinamento proprioceptivo inovador baseado em terra mais o protocolo convencional de reabilitação acelerada fornece a melhoria da eficiência da propriocepção do joelho em indivíduos com RLCA. Assim, este estudo enfatiza a importância de projetar exercícios especiais de propriocepção para melhorar uma função específica, em vez de realizar exercícios em geral.</p>
<p>KARIMJASHNI M, et al (2023)</p>	<p>Grupo Intervenção</p> <p>Grupo Controle</p>	<p>Ambos os grupos receberam fisioterapia de rotina imediatamente após a RLCA durante 8 semanas. Grupo Intervenção: realizou treinamento cruzado com exercícios de equilíbrio do joelho não cirúrgico, além dos tratamentos convencionais de fisioterapia. Os exercícios neuromusculares do joelho não cirúrgico no grupo de intervenção começaram na primeira semana e continuaram 4 dias por semana durante 8 semanas. Cada sessão durou 30 minutos. Exercícios neuromusculares do joelho não cirúrgico: Primeira semana - o paciente foi solicitado a ficar em pé sobre a perna não cirúrgica em uma superfície estável com os olhos abertos e manter o equilíbrio por 30 segundos sem colocar o outro pé no chão. Em seguida, foi solicitado ao paciente que mantivesse a posição com os olhos fechados por mais 30 segundos. Segunda semana - os pacientes realizaram os exercícios de membros superiores com bola e TheraBand mantendo o equilíbrio na superfície estável. Exemplos: o paciente foi solicitado a lançar a bola em diferentes direções, mantendo o equilíbrio na superfície estável, como também realizando técnicas de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) usando um TheraBand ou quando o paciente estava em pé apoiado na perna do joelho não cirúrgico, realizou mini agachamento. Terceira e quarta semanas: foi utilizada uma espuma como superfície instável e o paciente foi solicitado a manter o equilíbrio nessas superfícies como nos exercícios anteriores, com os olhos abertos e fechados e progrediu com exercícios para membros superiores. Quinta até oitava semana: foram utilizadas superfícies mais instáveis, como prancha oscilante e progrediu com os exercícios de membros superiores. A progressão dos exercícios de equilíbrio com os exercícios de membros superiores foi individualizada.</p>	<p>Equilíbrio: As habilidades de equilíbrio basal, exceto a direção posterolateral do SEBT, foram comparáveis entre os grupos. Durante o período de intervenção, entre pré-operatório e 9 semanas de pós-operatório, foi observado uma melhora intragrupo no grupo de tratamento em SEBT (anterior [IC 95%, -14,6 a -6,69], posterior [IC 95%, -16,89 a -8,10], medial [IC 95%, -9,22 a -0,85], anterolateral [IC 95%, 9,89 a 0,75], posteromedial [IC 95%, -12,53 a -6,49], posterolateral [IC 95%, -16,59 a -7,15] e pontuação composta [IC 95%, -11,14 a -4,39]). Além disso, houve melhorias estatisticamente significativas dentro do grupo no BESS (postura única em superfície firme [95% IC, 1,07 a 3,45] e superfície de espuma [IC 95%, 3,81 a 6,85], tandem postura em superfície firme [IC 95%, 0,24 a 1,88] e superfície de espuma [IC 95%, 0,66 a 3,86]), teste de cegonha (IC 95%, -12,52 a 1,38) e pontuação. A comparação entre grupos mostrou diferenças significativas em termos do SEBT, BESS e teste de cegonha.</p> <p>Grupo intervenção: SEBT - foi eficaz no aumento do equilíbrio dinâmico na região anterior (P < .001), posterior (P < .001), posteromedial (P = .01) e posterolateral (P = .007) instruções e pontuação composta (P = .006). O número de erros teve uma redução significativamente maior no grupo de intervenção em comparação com o grupo de controle em 4 posturas de posições do BESS –incluindo postura única em superfície firme (P < 0,001), superfície de espuma (P < 0,001), apoio em tandem superfície firme (P = 0,03), superfície de espuma (P < 0,001). Grupo Controle: Não houve diferença significativa nos resultados no grupo controle, exceto apoio único na superfície estável nos testes BESS que o número de erros diminuiu no pós-operatório (IC 95%, 0,36 a 2,16).</p> <p>Teste de equilíbrio da postura de cegonha no grupo de intervenção melhorou significativamente em comparação com o grupo controle (P = 0,044). A realização de exercícios cruzados de equilíbrio por 8 semanas melhorou o equilíbrio dinâmico e estático nos estágios iniciais da reabilitação após a RLCA, quando era muito cedo ou inadequado para equilibrar o treinamento da perna cirúrgica. Portanto, os resultados deste estudo podem ser potencialmente valiosos para os atuais protocolos de reabilitação para um indivíduo.</p>

Fonte: Autoria própria (2023).

4. Discussão

A presente revisão sistemática incluiu seis ensaios clínicos randomizados, com o objetivo de analisar os efeitos do treinamento neuromuscular na propriocepção após reconstrução do ligamento cruzado anterior. O ligamento cruzado anterior tem grande representatividade na manutenção da estabilidade do joelho, sendo aporte tanto para a funcionalidade quanto para a sintonia mecânica tibiofemorais lateral e medial, só que além da função mecânica, quatro tipos de receptores sensoriais (mecanorreceptores), os de adaptação lenta, adaptação rápida, inibitórios de adaptação lenta e os de dor, juntamente com os mecanorreceptores (MRC) de outras origens, geram informações proprioceptivas ao sistema nervoso central (SNC), no qual auxiliam na percepção do senso de posição articular (JPS). Na lesão do ligamento cruzado anterior os MRC, são acometidos e por isso a propriocepção está diminuída (Kim, et al., 2023; Yixuan, et al., 2023; Nagai, et al., 2018).

O controle do equilíbrio é a fundamentação de várias funções motoras, a dor acompanhada do trauma e da carga ineficiente irritam a biomecânica de todo o sistema. O comprometimento da propriocepção pode levar ao aumento da oscilação postural e, eminentemente, à perda do equilíbrio. Déficits significativos de estabilidade postural foram observados entre pacientes com RLCA em tarefas dinâmicas e estáticas, déficits esses que podem justificar maior risco de osteoartrite e novas lesões. Avaliar a estabilidade postural para o controle de equilíbrio no decorrer das condições dinâmicas e estáticas pode auxiliar no processo do planejamento de estratégias afim de alcançar a melhora na capacidade de equilíbrio do sujeito durante a reabilitação, desse modo, tratar o equilíbrio postural e a propriocepção permite que o paciente alcance maiores resultados e previna novas lesões, evitando uma circulação patológica (Wang, et al., 2023; Ma, et al., 2014; Molka, et al., 2015; Hu, et al., 2023).

Sabe-se que a propriocepção é acometida quando se tem a lesão do LCA, isso se deve ao fato da associação à lesão do menisco e também à perda de receptores sensoriais, o que significa que as fibras sensoriais localizadas no ligamento são destruídos após a lesão do LCA, deixando um vazio na entrada aferente normal do joelho para o sistema nervoso central. Isso equivale a uma lesão neurológica periférica como causa de déficits de propriocepção (Courtney, et al., 2018). A reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA) é recomendada pela instabilidade funcional resultante após a lesão, além disso, restaura a estabilidade do joelho, mas os déficits na força extensora do joelho, no controle neuromuscular e na propriocepção podem permanecer até dois anos após a cirurgia (Nagelli & Hewett, 2017; Kim, et al., 2023).

Fu, et al. (2013), em seu estudo o efeito da terapia de vibração de corpo inteiro no controle neuromuscular, ambos os grupos realizaram treino de equilíbrio com exercícios em postura unipodal, treinamento proprioceptivo tridimensional com treino em maior velocidade, treino de movimentação em etapas e em superfície instável, exercícios pliométricos suaves com salto, treinamento proprioceptivo avançado com exercícios de passos de alta velocidade, exercícios de desafio em superfície instável com uma perna. Apenas um grupo realizou terapia de vibração do corpo inteiro. Os resultados do estudo demonstram que o controle postural melhorou após a intervenção em ambos os grupos, porém o grupo de referência apresentou um resultado melhor quando realizado o teste com os olhos abertos, já o grupo de terapia de vibração de corpo inteiro melhorou tanto no teste realizado com os olhos abertos como com os olhos fechados. Não houve diferença significativa no teste de posição articular entre os dois grupos. O grupo de terapia de vibração de corpo inteiro apresentou melhor controle postural, salto unipodal e desempenho na corrida de vaivém.

Segundo o estudo mencionado anteriormente, o melhor controle postural no grupo terapia de vibração de corpo inteiro poderia ser causada pela melhora no desempenho muscular e adaptação neural. Estudos afirmam que após a reconstrução do LCA, os mecanorreceptores poderiam perder feedback ou diminuir a excitabilidade neuromuscular, pacientes submetidos ao treino de terapia de vibração de corpo inteiro tem uma proporção maior do recrutamento de motoneurônio, com isso ocorre a diminuição do limiar sensorial (Konish, et al., 2002; Rosenthal, et al., 2009).

O estudo de Akbari, et al. (2016), buscou avaliar o efeito de exercícios de equilíbrio nos índices de estabilidade postural,

randomizados em grupo de treinamento de equilíbrio e adultos saudáveis. Na comparação das variáveis dos índices de estabilidade antes e depois da intervenção do grupo equilíbrio, para a perna envolvida e não envolvida, não foram significativas as diferenças nos índices de estabilidade estático e dinâmico, apesar da diminuição nos índices de estabilidade dinâmica, o que sugere a melhora parcial por meio dos exercícios de equilíbrio no estágio inicial da reabilitação RLCA. Ao comparar os índices entre grupos, demonstrou-se também uma diferença não significativa. Segundo Brophy, et al. (2022) o processo cirúrgico correto concomitante a um programa de reabilitação adequado, com foco na restauração proprioceptiva do joelho se torna um fator relevante no processo de recuperação da estabilidade dos joelhos após a reconstrução, a estabilidade dinâmica nesse estudo melhorou significativamente em 3, 6, 9 e 12 meses, com melhora contínua até 24 meses, com um protocolo de reabilitação com exercícios de cadeia fechada para reconstruir a força, a coordenação, equilíbrio com progressão para atividades pliométricas, de corridas e esportivas específicas. Então, acredita-se que a melhora parcial apresentada no estudo de Akbari, et al. (2016), pode ter sido influenciada pelo tempo de intervenção, que foi de apenas 2 semanas, portanto apenas em um estágio inicial da reabilitação, e por esse motivo o programa foi limitado ao treino em apoio unipodal com os olhos fechados e abertos e exercícios de step-up: anterior, lateral, posterior. Enquanto que no estudo de Brophy, et al. (2022), a primeira avaliação após início da reabilitação aconteceu no terceiro mês, o que provavelmente permitiu que o programa de treinamento tivesse uma progressão maior nos exercícios de equilíbrio.

O estudo de Kaya, et al. (2019), avaliou os efeitos de exercícios de controle motor na força muscular, propriocepção e nível funcional após RLCA com aloenxerto do tendão tibial anterior, em 57 participantes. Nos desfechos analisados não houve diferença significativa, exceto para o senso de posição articular em 75°, 45°, e 15° entre os lados operados dos pacientes em ambos os grupos, onde o Grupo I, que realizou os exercícios de controle neuromuscular de membros inferiores adicionado à reabilitação padrão, foi encontrado melhor senso de posição do que o lado operatório dos pacientes do Grupo II, grupo que realizou apenas reabilitação padrão. Os resultados do sentido proprioceptivo poderiam ser explicados pelos exercícios específicos de controle neuromuscular do programa de treinamento, que foram projetados para controlar o alinhamento dos membros inferiores e ajudar na sustentação de peso durante as atividades funcionais. Esse resultado pode auxiliar na prática clínica, pois indica que um programa de treinamento neuromuscular com exercícios de postura unipodal, perna de alcance de equilíbrio e braço de alcance de equilíbrio, estocadas (todas as direções), step-up (todas as direções, step down (todas as direções), agachamento unipodal e bilateral, toques de calcanhar em caixa (todas as direções), ponte unipodal, exercícios com bola durante a posição atlética, levantamento terra com perna reta de perna única e agachamento sumô podem ser uma recomendação para melhorar o senso de posição articular.

Apenas um estudo incluído nesta revisão fez o treinamento no ambiente aquático. Hajouj, et al. (2021), incluíram um treinamento aquático inovador à terapia convencional. Nesse treinamento aquático foi realizada uma progressão entre olhos abertos e fechados, com apoio unipodal com e sem balanço de perna e agachamento unipodal. Outro estudo dos mesmos autores, avaliou os resultados do treinamento proprioceptivo realizado em solo e incorporado ao protocolo convencional. Vale destacar que em ambos os estudos o protocolo convencional foi um protocolo acelerado, iniciando no primeiro dia pós-operatório e o treinamento proprioceptivo iniciou na sétima semana apenas em um dos grupos de cada estudo.

Hajouj, et al. (2021), em seus dois estudos de treinamento proprioceptivo em solo e em ambiente aquático, demonstra que houve diminuição do déficit proprioceptivos após a intervenção do protocolo desenvolvido incorporado ao convencional. Houve melhora significativa em relação ao senso de posição articular dos participantes com reconstrução do ligamento cruzado anterior e isso ocorreu também ao comparar o grupo que recebeu o treinamento proprioceptivo com o grupo que recebeu apenas o protocolo de terapia convencional, nos dois estudos. Segundo os autores dos estudos, os resultados na melhora da propriocepção alcançados podem se dar por aspectos desde a pressão hidrostática da água, a qual promove a

estabilidade do corpo, que é imposta por uma ativação muscular contínua, até a utilização de superfície instável no solo, por meio do rolo de espuma, associado aos olhos abertos e fechados, já que a instabilidade gerada pela superfície aumenta o feedback sensorial e a consciência corporal, além de promover a coordenação neuromuscular

Meibodi, et al. (2021) defendem que reabilitação do equilíbrio deve ser ampliada com feedback visual, para que a propriocepção se torne mais precisa. Devido a uma suposta estratégia visual sensório-motora após lesão do LCA, um método de treinamento de feedback visual modificado pode diminuir a confiança visual e melhorar a função sensório-motor (Arumugam, et al., 2021). Hajouj, et al. (2021), em seu estudo de treinamento proprioceptivo inovador em solo, sugerem que a estimulação de outros sistemas de equilíbrio, em destaque o proprioceptivo, se dá com o treino de olhos fechados, promovendo maior consciência e uma cinesia satisfatória, a intervenção do estudo consistiu em uma progressão entre olho aberto e fechado em postura unipodal com e sem balanço de perna, postura unipodal com balanço de perna em rolo de espuma, agachamento unipodal, posição de duas pernas em rolo de espuma, posição unipodal em rolo de espuma e agachamento de duas pernas em um rolo de espuma com somente com olhos abertos. Cressey, et al. (2007), relatam que a superfície instável pode ser de valor em cenários em que os músculos ainda não são capazes de carga irrestrita através de uma amplitude completa de movimento (o que envolveria torques articulares significativos). Além disso, os olhos fechados geram estímulo no equilíbrio, para compensar a falta do sentido da visão o sistema proprioceptivo cria movimentos mais minuciosos.

O estudo de Karimijashni, et al. (2023), incluído na presente revisão, foi o único que realizou o treinamento cruzado com exercícios de equilíbrio, sendo solicitado na intervenção manter o equilíbrio em 30 s sem colocar o pé no chão, com o apoio da perna não cirúrgica com olhos abertos em superfície estável, em seguida manter a posição com os olhos fechados, progredindo depois superfície instável com a espuma afim de continuar a manter o equilíbrio com os olhos abertos e fechados. Nesse estudo foi demonstrado melhora no equilíbrio estático e dinâmico, já no estudo de Akbari, et al. (2016), que utilizou no treinamento de equilíbrio de apoio unipodal com os olhos fechados e abertos e exercícios de step-up: anterior, lateral, posterior para a perna envolvida e não envolvida, não demonstrou melhora nos índices de estabilidade estática e dinâmica.

Karimijashni, et al. (2023), em seu estudo sobre o efeito dos exercícios neuromusculares do joelho contralateral no equilíbrio estático e dinâmico, função do joelho e dor em atletas que foram submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior, mostra que os exercícios neuromusculares contralateral melhoraram o equilíbrio nas direções anterior, posterior, pósteromedial e pósterolateral no SEBT, a duração da permanência no teste de equilíbrio da cegonha e diminuição no número de erro na postura simples na superfície estável e instável. Já o grupo controle não apresentou melhora nesses desfechos na análise intragrupo. Ghaderi, et al. (2020), confirmou a sua hipótese de que os atletas no qual participaram do programa de treinamento neuromuscular, obtiveram melhor propriocepção comparado aos atletas que não, indicando assim que pode ser usado habitualmente no controle clínico. Segundo Mendonça, et al. (2021), estudos mostram melhorias inequívocas no sistema neural, respostas do membro não treinado após treinamento unilateral, ou seja, aumento da ativação do músculo agonista medida por registros eletromiográficos [EMG], diminuição da ativação do antagonista em relação ao agonista coativação e aumento da amplitude da onda V.

Em ambos os estudos de Hajouj, et al. (2021), a duração da intervenção foi de 6 semanas, tanto do treinamento na água como do solo realizados junto ao treinamento convencional, com frequência de 2 a 3 vezes por semana. Os estudos Akbari, et al. (2016) e Fu, et al. (2013), iniciaram o treinamento 1 mês após a cirurgia, já o estudo de Karimijashni, et al. (2023), menciona que início do treinamento foi imediatamente após a cirurgia. A duração da intervenção foi de 2 semanas no estudo de Akbari, et al. (2016), e de 8 semanas nos estudos de Fu, et al. (2013) e de Karimijashni, et al., (2023), quanto a frequência da intervenção foi de 6, 2 e 4 vezes por semana, respectivamente. Além disso, é importante destacar que não houve acompanhamento a longo prazo, nos cinco estudos mencionados anteriormente, esses avaliaram apenas antes e após o término da intervenção. Já o estudo

de Kaya, et al. (2019), teve duração de 9 meses, no primeiro dia após a cirurgia, todos os pacientes foram submetidos a um programa de reabilitação padrão, já a intervenção com os exercícios de controle neuromuscular foi iniciada na 3 a 4 semanas após, mas não relatou a frequência semanal, avaliando na 3ª e 6ª semana, 3º e 6º mês, 1 ano e meio e 2 anos após a cirurgia.

Apesar da melhora de aspectos como o senso de posição articular, o controle postural e a estabilidade, observada nos estudos, não é possível afirmar que os resultados obtidos em todos os estudos foram mantidos em longo prazo. Estudo de Brophy, et al. (2022), afirma que existe um grande risco de repetir a ruptura ligamentar no primeiro ano de cirurgia e que em torno de 2 anos após a cirurgia é o tempo necessário para alcançar a função basal e saúde das articulações. Portanto, acredita-se que avaliações de aspectos importantes para a realização das funções, como a propriocepção, são necessárias não apenas logo após encerrar um programa de tratamento, mas também no decorrer de um período de longo prazo para analisar melhor os efeitos dos programas de treinamento após a RLCA.

O presente estudo apresenta limitações. Não houve possibilidade de uma meta-análise pela diferença entre a população dos estudos, nos programas de treinamento, assim como nos desfechos analisados. Uma outra limitação foi a impossibilidade de avaliar os resultados dos programas de treinamento a longo prazo, já que a maioria dos estudos não realizou acompanhamento a longo prazo.

5. Considerações Finais

O presente estudo analisou ensaios clínicos randomizados com diferentes formas de realizar o treinamento neuromuscular após a reconstrução do ligamento cruzado anterior. Foi possível identificar que os diferentes tipos de treinamento demonstraram efeitos positivos com melhora em desfechos como o senso de posição articular, o controle postural, o equilíbrio estático e o equilíbrio dinâmico. Porém, vale ressaltar que houve estudo que não apresentou melhora no senso de posição articular em relação ao grupo controle, apesar de ter apresentado uma melhora no controle postural. Ainda assim, acredita-se que como foi possível observar melhora em desfechos relacionados com o mecanismo proprioceptivo, nos estudos incluídos nesta revisão sistemática, os treinamentos realizados podem contribuir para melhora da propriocepção de pacientes que realizaram a reconstrução do ligamento cruzado anterior.

Sugere-se a realização de mais ensaios clínicos randomizados que comparem e analisem métodos de treinamentos neuromusculares que utilizem ambientes e recursos diferentes, assim como os seus efeitos a longo prazo na propriocepção, possibilitando desta forma que novas revisões sistemáticas possam nortear a prática clínica com recomendações de nível de evidência forte.

Referências

- Arumugam, A., Björklund M., Mikko, S., & Häge, K. C. (2021). Efeitos do treinamento neuromuscular na propriocepção do joelho em indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior: uma revisão sistemática e síntese de evidências. *Bmj open*, 11, e049226. [10.1136/bmjopen-2021-049226](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-049226).
- Akbari, A., Mir, M., & Hosseinifar, M. (2016). Os efeitos do treinamento de equilíbrio na postura estática e dinâmica: Índices de estabilidade após reconstrução aguda do LCA. *Jornal Global de Ciências da Saúde*, 8(4). [http://dx.doi.org/10.5539/gjhs.v8n4p68](https://doi.org/10.5539/gjhs.v8n4p68).
- Brophy, R. H., Schäfer, K. A., Knapik, D. M., Motley, J., Hass, A., Matava, M. J., Wright, R. W & Smith, M. V (2022). Mudanças na estabilidade postural dinâmica após a reconstrução do LCA: resultados ao longo de 2 anos de acompanhamento. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(6), 23259671221098989 [10.1177/23259671221098989](https://doi.org/10.1177/23259671221098989).
- Counil, L., (2015). Dependência de campo e orientação da postura invertida na água. *Percept Mot Skills*. 120(1),15-24. [10.2466/30.PMS.120v14x6](https://doi.org/10.2466/30.PMS.120v14x6).
- Courtney, C. A., Atre, P., Foucher, K. C. & Alsouhibani, A. M (2018). Hypoesthesia after anterior cruciate ligament reconstruction: The relationship between proprioception and vibration perception deficits in individuals greater than one year post-surgery. *The Knee*, v.26, n.1, 194-200. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2018.10.014>.

- Cressey, M. E., West, A. C., Tiberio, P. D., Kraemer, J. W. & Maresh, M. C. (2007). Os efeitos de dez semanas de treinamento de superfície instável da parte inferior do corpo sobre marcadores de desempenho atlético. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 561–567.
- Donato, H. & Donato, M. (2019). Etapas na condução de uma revisão sistemática. *Revista Científica da Ordem dos Médicos*, 32(3):227-235. Doi:<https://doi.org/10.20344/amp.11923>.
- Fu, C. L. A., Yung, S. H. P., Law, K. Y. B., Leung, R. H. H., Lui, P. Y. P., Siu, H. K. S. & Chan, K. M. (2013). O efeito da terapia inicial de vibração de corpo inteiro no controle neuromuscular após a reconstrução do ligamento cruzado anterior: Um estudo controlado randomizado. *American Journal of Sports Medicine*, 41(4), 10.1177/0363546513476473.
- Ghaderi, M., Letafatkara, A., Almonroederb, T. G. & Keyhanic, S. (2020). O treinamento neuromuscular melhora a propriocepção do joelho em atletas com histórico de reconstrução do ligamento cruzado anterior: um ensaio clínico randomizado. *Clinical Biomechanics*, 80 ,10515. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105157>.
- Jennifer, L. & Sophie, D. (2023). Como escrever uma revisão sistemática. *The American Journal of Surgery*, 226,553-555. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2023.05.015>.
- Hajouj, E., Hadian, M. R., Mir, S. M., Tebebian, S. & Ghazi, S. (2021). Efeitos do treinamento proprioceptivo aquático inovador na propriocepção do joelho em atletas com reconstrução do ligamento cruzado anterior: um estudo controlado randomizado. *Archives of Bone and Joint Surgery*, 9(5),519-526. 10.22038/abjs.2020.50106.2485.
- Hajouj, E., Hadian, M. R., Mir, S. M., Tebebian, S. & Ghazi, S. (2021). Efeitos do treinamento proprioceptivo inovador baseado em terra no senso de posição e função da articulação do joelho em atletas com reconstrução do ligamento cruzado anterior: um estudo controlado randomizado. *Archives Neuroscience. In Press*.e111430. 10.5812/ans.111430.
- Hu, S., Ma, X., Ma, X., Sun, W., Zhou, Z., Chen, Y & Song, Q. (2023). Relação de força, cinestesia articular e sensação tátil plantar com estabilidade postural dinâmica e estática entre pacientes com reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Frontiers in Physiology*, 14:1112708. 10.3389/fphys.2023.1112708.
- Karimijashni, M., Sarvestani, F. K & Yoosefnejad M. K. (2023). O efeito dos exercícios neuromusculares do joelho contralateral no equilíbrio estático e dinâmico, função do joelho e dor em atletas que foi submetido à reconstrução do ligamento cruzado anterior: Um ensaio clínico randomizado, cego e controlado. *Journal de Reabilitação Esportiva*, 32 (5), 524-539. <https://doi.org/10.1123/jser.2021-0380>.
- Kaya, D., Deniz, H. G., Sayaca, C., Calik, M. & Doral, M. N. (2019). Efeitos dos exercícios de controle neuromuscular dos membros inferiores na propriocepção do joelho, força muscular e nível funcional em pacientes com reconstrução do LCA. *BioMed Research International*, 2019,1694695. Doi:<https://doi.org/10.1155/2019/1694695>.
- Kim, J. S., Choi, M. Y., Kong, D. H. H., J. K & Chung, K. S. (2023). A reconstrução do ligamento cruzado tem uma correlação significativa com o escore clínico pós-operatório, estabilidade e teste de desempenho funcional? *Clinicas em Cirurgia Ortopédica*, 15,402-409. <https://doi.org/10.4055/cios21218>.
- Konish, Y., Fukubayashi, T. & Takeshita D. (2002). Mecanismo de fraqueza muscular do quadríceps femoral em pacientes com reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Scand J Med Sci Sports*, 12(6),371-375.
- Liu, Y., Li, C., Ma, N., Qi, W., Gao, F., Hu, B., BaiqingZhang, Li, Z., Liu, Y. & Wei, M. (2021). Resultados proprioceptivos e clínicos após ligamento cruzado anterior preservado remanescente reconstrução: Avaliação com Mínimo Fatores de confusão. *Orthopaedic Surgery*, 14, 44–54. 10.1111/os.12763.
- Ma, J., Zhang, D., Zhao, T., Liu, X., Wang, J., Zheng, H. & Jin, S. (2020). Os efeitos do treinamento proprioceptivo na reabilitação da reconstrução do ligamento cruzado anterior: uma sistemática revisão e meta-análise. *Clinical Rehabilitation*, 35(4), 506-521. 10.1177/0269215520970737.
- Ma, Y., Deie, M., Iwaki, D., Aseada, M., Fujita, N., Adachi, N. & Ochi, M. (2014). Capacidade de equilíbrio e propriocepção após feixe único, aumento de feixe único e reconstrução do LCA de feixe duplo. *The Scientific World Journal*, e342012. <https://doi.org/10.1155/2014/342012>.
- Meibodi, M. K. E., Naghizad, J. & Shamsoddini, A. (2021). O efeito das intervenções de reabilitação do equilíbrio com e sem feedback visual sobre equilíbrio e propriocepção do joelho em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior: um ensaio clínico randomizado. *Sport Sciences for Health*, 18 (1), 125-129. <https://doi.org/10.1007/s11332-021-00782-3>.
- Mendonça, V. G., Chã, V. C., Teodósio, C., Gonçalves, D. A., Freitas, R. S., Homens, M. P & Correia P. P. (2021). Efeitos do treinamento contralateral do fluxo sanguíneo restrito de baixa intensidade e do treinamento de resistência unilateral de alta intensidade. *European Journal of Applied Physiology*, <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04708-2>.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2010). Itens de relato preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises: Uma declaração PRISMA. *Revista Internacional de Cirurgia*, 8,336-341. <https://doi.org/10.1016/j.ijcu.2010.02.007>.
- Molka, A. Z., Lisiński, P. & Huber, J. (2015) Exercícios de biofeedback visual para melhorar o controle do equilíbrio corporal após reconstrução do ligamento cruzado anterior. *The Society of Physical Therapy Science*, 27(7), 2357–2360.
- Nagai, T., Bates, N. A., Hewett, T. E. & Schilaty, N. D. (2018). Efeitos da vibração localizada na sensação de posição articular do joelho em indivíduos com reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Clinical Biomechanics*, 55, 40–44. 10.1016/j.clinbiomech.2018.04.011.
- Nagelli, C. V. & Hewett, T. E. (2017). O retorno ao esporte deve ser adiado para 2 anos após a reconstrução do ligamento cruzado anterior? Considerações Biológicas e Funcionais. *Esportes Med*, 47, 221-232. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0584-z>.
- Page, M. J., McKenzie, J., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Ghanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Wilson, E. M., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P. & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Research methods and reporting*. (372) 71. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>.

Rosenthal, M. D., Moore, J. H., Stoneman, P. D & DeBerardino, T. M (2009) Alterações na excitabilidade neuromuscular no vasto medial após reconstrução do ligante cruzado anterior. *Electrocygr Clinical Neurophysiology*, 49(1),43-51.

Wang, W., Li, X., Shi, R., Wang, C., Zhang, K., Ren, X. & Wei, H (2023). Mecanismos anormais de controle do equilíbrio durante o alcance dinâmico para frente e a posição em pé em pacientes com reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Frontiers in Physiology*, 14:1176222. 10.3389/fphys.2023.1176222.

Yixuan, Z., Ze, C., Longfei, L., Xipeng, W. & Wei, L (2023). Mudanças na propriocepção em diferentes momentos após lesão ou reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 18 (1), 547. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04044-5>.