Análise de propriocepção por estabilometria após a reconstrução do ligamento cruzado anterior: Um estudo prospectivo e longitudinal

Proprioception Analysis following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction using Stabilometry: A Prospective, Longitudinal Study

Oday Al-Dadah[1,2] Lee Shepstone[3] Simon T. Donell[3]

[1] Instituto de Pesquisa Clinica e Translacional, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade de Newcastle, Framlington Place, Newcastle-upon-Tyne, Reino Unido
[2] Departamento de Trauma e Cirurgia Ortopédica, South Tyneside Hospital, Harton Lane, South Shields, NE34 0PL, Reino Unido
[3] Escola de Medicina de Norwich, Universidade de East Anglia, Earlham Road, Norwich, NR4 7TJ, Reino Unido

Endereço para correspondência Oday Al-Dadah, MBChB, FRCS(Eng), MD, FRCS(Tr & Orth), Consultant Orthopaedic Surgeon and Honorary Clinical Senior Lecturer, Newcastle University, Translational and Clinical Research Institute, Framlington Place, Newcastle-upon-Tyne, Tyne and Wear NE2 4HH, United Kingdom (e-mail: odayaldadah@hotmail.com).

Rev Bras Ortop 2023;58(3):417–427.

Resumo

Objetivo Os métodos comumente usados para medir a propriocepção resultaram em relatos conflitantes sobre a propriocepção do joelho com ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) e a influência da reconstrução do LCA.

Métodos A propriocepção de 100 indivíduos (50 pacientes com ruptura unilateral do LCA confirmada à radiologia e artroscopia e 50 controles normais) foi avaliada por estabilometria postural dinâmica em apoio unipodal. A lassidão ligamentar do joelho instrumentado e suas pontuações de desfechos também foram medidas. Dos 50 pacientes do grupo LCA, 34 foram submetidos à reconstrução e reavaliados no período pós-operatório.

Resultados O grupo LCA apresentou deficiência proprioceptiva significativa em relação ao joelho contralateral ($p < 0{,}001$) e ao grupo controle ($p = 0{,}01$). A propriocepção do joelho melhorou de maneira significativa após a reconstrução do LCA em relação aos achados pré-operatórios ($p = 0{,}003$). Não houve correlação entre as medidas de lassidão ligamentar e as pontuações de desfechos. Além disso, observamos uma correlação significativa entre as pontuações de desfechos e as medidas de

Palavras-chave
- ligamento cruzado anterior
- mecanorreceptores
- propriocepção

recebido
13 de Março de 2022
aceito
12 de Setembro de 2022

DOI https://doi.org/10.1055/s-0042-1758360.
ISSN 0102-3616.

© 2023. Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. All rights reserved.
This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

propriocepção antes da cirurgia. Essa correlação não foi detectada no período pós-operatório. O teste pré-operatório de propriocepção teve correlação significativa (r = 0,46) com a propriocepção pós-operatória ($p = 0,006$).
Conclusão Os pacientes com ruptura do LCA apresentaram déficit proprioceptivo que melhorou após a reconstrução ligamentar. As pontuações de desfecho do joelho tiveram melhor correlação à propriocepção do que a lassidão ligamentar. A propriocepção pode ser uma medida objetiva superior à lassidão ligamentar na quantificação de déficits funcionais e desfechos do joelho em pacientes com ruptura do LCA.
Nível de Evidência III Estudo Terapêutico; Estudo de Caso-Controle Longitudinal Prospectivo.

Abstract

Objective The aim of this study was to assess knee proprioception using stabilometry in patients with an anterior cruciate ligament (ACL) rupture before and after reconstruction and correlate these findings with instrumented ligament laxity testing and clinical outcome measures.
Methods One hundred subjects (50 patients with radiologically and arthroscopically confirmed unilateral ACL rupture and 50 normal controls) were assessed with regards to proprioception using dynamic single-leg stance postural stabilometry. Instrumented knee ligament laxity and knee outcome scores were also measured. Of the 50 patients in the ACL group, 34 underwent reconstruction and were reassessed postoperatively.
Results There was a significant proprioceptive deficiency in the ACL group compared with their contralateral knee ($p < 0.001$) and to the control group ($p = 0.01$). There was a significant improvement in knee proprioception following ACL reconstruction compared to preoperative findings ($p = 0.003$). There was no correlation between ligament laxity measurements and outcome scores. A significant correlation was found preoperatively between outcome scores and proprioception measurements. This correlation was not found post-operatively. Pre-operative proprioception testing had a significant correlation (r = 0.46) with post-operative proprioception ($p = 0.006$).
Conclusion Patients with an ACL rupture had a proprioceptive deficit which improved following ligament reconstruction. Knee outcome scores had a better correlation with proprioception than ligament laxity. Proprioception may be a superior objective measure than ligament laxity in quantifying functional knee deficits and outcomes in patients with ACL ruptures.
Level of Evidence III Therapeutic Study; Prospective Longitudinal Case-Control Study.

Keywords
- anterior cruciate ligament
- mechanoreceptors
- proprioception
- stabilometry
- knee ligament laxity
- knee outcome scores

Introdução

O sistema nervoso central recebe estímulos coletivos de receptores periféricos localizados nas articulações, nos ligamentos, nos tendões, nos músculos e na pele.[1–4] O ligamento cruzado anterior (LCA) possui mecanorreceptores e terminações nervosas livres. Estas últimas são mais abundantes e atuam como nociceptores, respondendo à inflamação articular e aos estímulos dolorosos. Dentre os mecanorreceptores do LCA, estão os corpúsculos de Pacini (receptores de adaptação rápida ativados por compressão e que medeiam a cinestesia), as terminações de Ruffini e os órgãos tendinosos de Golgi (receptores de adaptação lenta ativados por estiramento e que medeiam a percepção de posicionamento articular).[4–6] Esses receptores sinalizam deformações nos ligamentos e na articulação do joelho que podem ser prejudiciais por meio de um *feedback* proprioceptivo que constitui a porção aferente do arco. Os reflexos protetores que conferem resistência aos movimentos lesivos, como a estabilização muscular reflexa, são desencadeados por respostas eferentes (lei de Hilton).[6]

Além de seu papel proprioceptivo, o LCA é o principal fator de restrição à translação anterior tibial e uma importante restrição secundária à rotação interna; assim, participa da cinemática normal do joelho.[7–10] A ruptura do LCA pode causar instabilidade mecânica e deslocamento patológico da tíbia em relação ao fêmur. Isso pode provocar instabilidade progressiva e levar ao desenvolvimento de roturas do menisco e artrite precoce.[11–13] A reconstrução do LCA pode restaurar a estabilidade mecânica do joelho. Depois da reconstrução, alguns

pacientes apresentam uma lassidão persistente ao exame clínico, mas, mesmo assim, retornam ao nível de atividade anterior à lesão. Outros pacientes apresentam joelhos clinicamente estáveis no período pós-operatório, mas continuam insatisfeitos e mantêm a sensação de instabilidade articular. O teste de propriocepção pode ser superior na quantificação do desfecho bem-sucedido após a reconstrução do LCA do que o teste clínico de lassidão ligamentar.

Este é um estudo longitudinal prospectivo que analisa a propriocepção do joelho por meio de estabilometria postural dinâmica com apoio unipodal. O objetivo primário do estudo foi a determinação da existência de um déficit proprioceptivo em pacientes com ruptura do LCA, seja em comparação ao joelho contralateral ou controles normais. O objetivo secundário foi a determinação da melhora após a reconstrução do LCA caso houvesse um déficit proprioceptivo pré-operatório. O objetivo terciário do estudo foi a avaliação de uma correlação entre a função proprioceptiva, o teste instrumentado de lassidão ligamentar e as medidas de desfechos clínicos.

Tabela 1 Dados demográficos dos pacientes

	Grupo LCA (n = 50)	Grupo controle (n = 50)
Idade média (anos) (DP)	30 (9)	25 (5)
Sexo masculino: feminino	36:14	35:15
Joelho acometido (direito: esquerdo)	24:26	—
Altura média (m) (DP)	1,72 (0,1)	1,75 (0,1)
Peso médio (kg) (DP)	78,1 (14,4)	76,1 (14,4)
IMC médio* (kg/m^2) (DP)	26,2 (3,8)	24,6 (3,4)

Abreviaturas: DP, desvio padrão; IMC, índice de massa corporal; LCA, ligamento cruzado anterior.

Materiais e Métodos

O comitê de ética em pesquisa e o comitê de governança de pesquisa aprovaram o estudo de forma integral. Todos os pacientes assinaram termos de consentimento livre e esclarecido para participação no estudo. Este estudo terapêutico é prospectivo, longitudinal e de caso controle e fez parte da tese de doutorado do primeiro autor.

Cem indivíduos foram recrutados para o estudo. A ►**Tabela 1** mostra seus dados demográficos em detalhes. O tempo médio da lesão até o exame clínico foi de 63 semanas (desvio padrão [DP] = 59) no grupo LCA. A ►**Fig. 1** mostra o mecanismo de lesão no grupo LCA. A ruptura do LCA foi diagnosticada com base na anamnese, exame clínico e ressonância magnética do joelho acometido em todos os pacientes desse grupo. O diagnóstico foi confirmado no momento da artroscopia do joelho. Os pacientes do grupo LCA apresentavam joelho contralateral normal confirmado pela anamnese e exame clínico. A ►**Fig. 2** ilustra o fluxo dos pacientes do grupo LCA ao longo do estudo. Quatro pacientes foram submetidos à intervenção cirúrgica tardia por motivos pessoais (como trabalho ou compromissos universitários). Um paciente foi recrutado para o grupo LCA e submetido a todas as avaliações, à exceção da análise de propriocepção, por indisponibilidade do equipamento no momento de sua

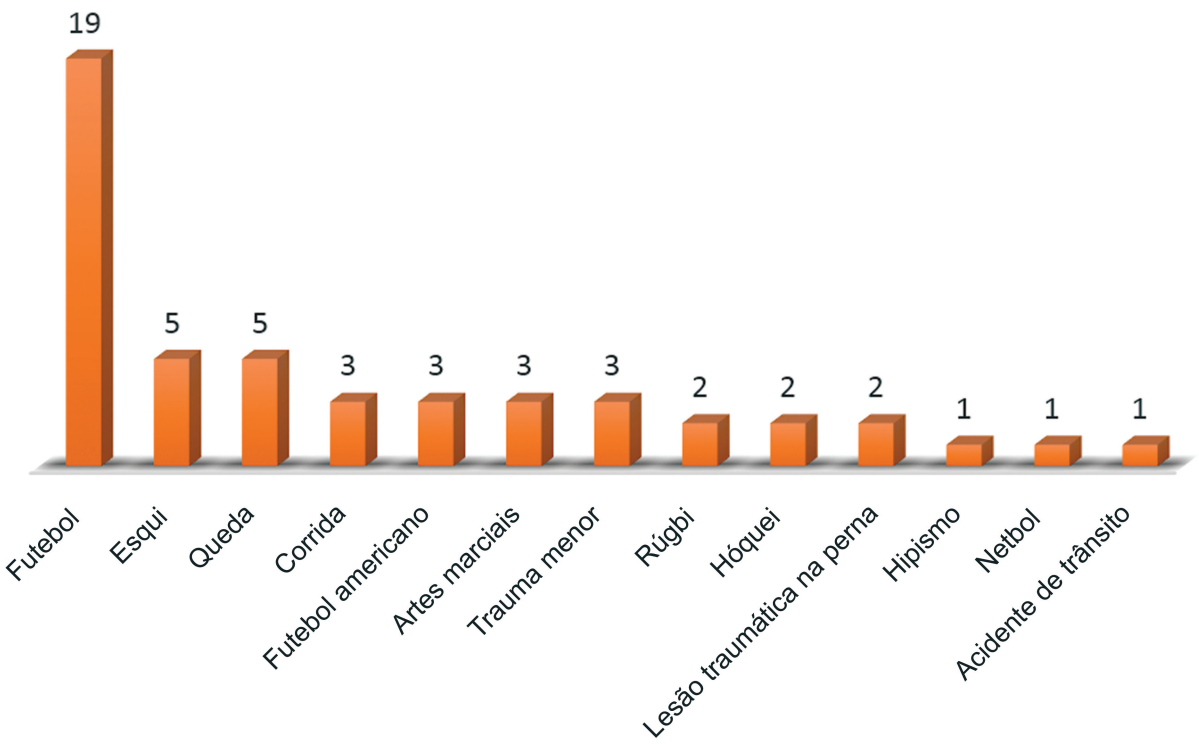

Fig. 1 Mecanismo de lesão do grupo LCA (n = 50).

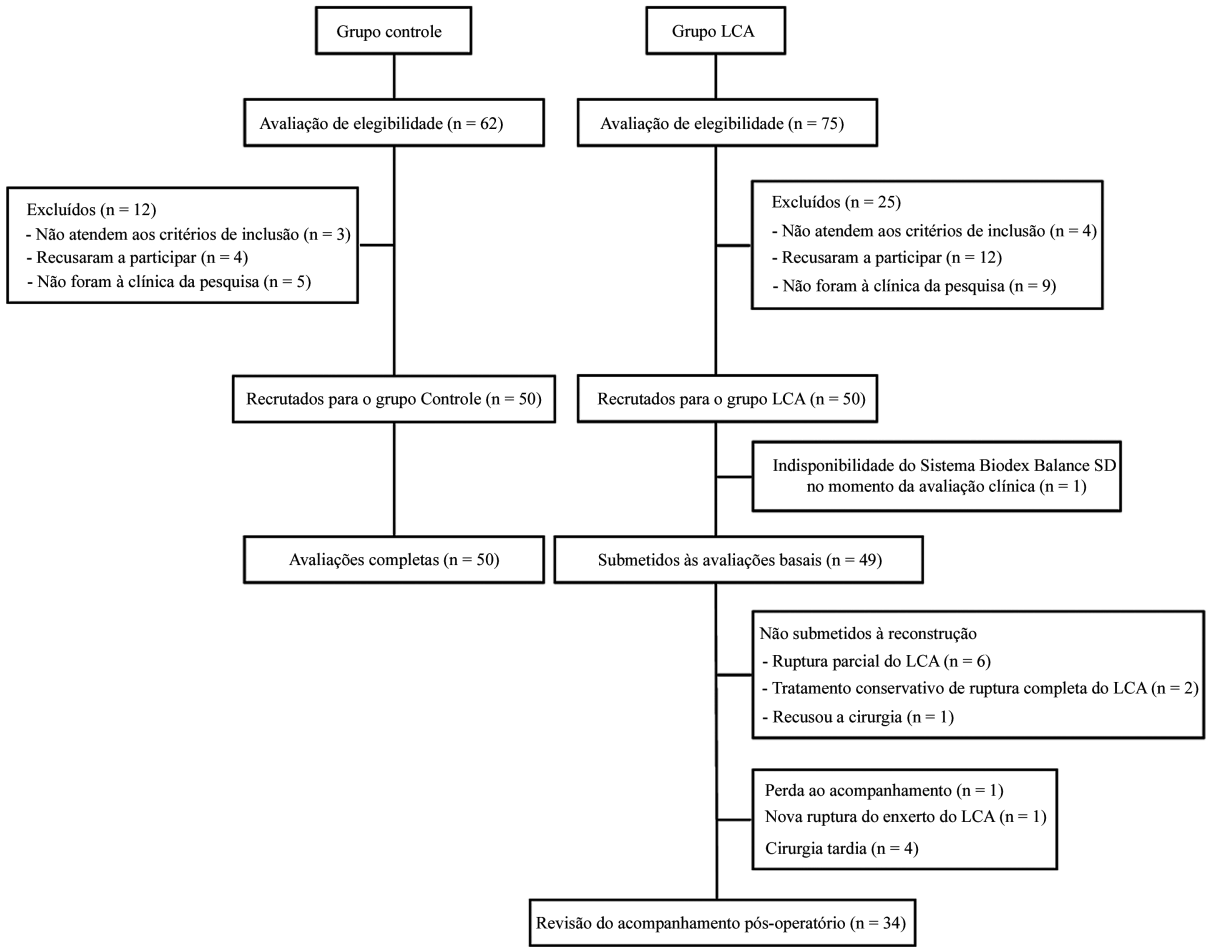

Fig. 2 Fluxo de pacientes durante o estudo. LCA, Ligamento cruzado anterior.

consulta. No entanto, os dados das demais avaliações foram incluídos nas seções relevantes. Dos 34 pacientes submetidos à reconstrução do LCA, 25 receberam um autoenxerto de osso do terço medial-tendão da patela-osso ipsilateral e 9 receberam um autoenxerto quádruplo isquiotibial ipsilateral. Dentre os pacientes do grupo LCA, no momento da cirurgia, 11 pacientes apresentavam uma lesão no menisco medial, 8 tinham uma lesão no menisco lateral e 11 apresentavam lesão no menisco medial e lateral. Todos os pacientes com lesões concomitantes no menisco foram também submetidos a uma meniscectomia parcial. Nenhum paciente apresentou lesões significativas na cartilagem articular. O tempo médio de acompanhamento foi de 14 semanas (DP = 4) após a cirurgia.

A ►**Fig. 2** ilustra o fluxo dos indivíduos dos grupos controle e LCA ao longo do estudo. Todos os participantes do grupo controle tinham joelhos normais confirmados à anamnese, exame clínico bilateral e ressonância magnética unilateral. Os dados desse grupo também foram usados como controles normais em outros estudos publicados.[14,15]

Os pacientes tinham entre 16 e 45 anos de idade. Os participantes com ruptura concomitante do ligamento cruzado posterior (LCP), ligamento colateral medial (LCM) ou ligamento colateral lateral (LCL) do joelho, histórico significativo de patologia em tornozelo ou quadril, sintomas relacionados à coluna lombar (inclusive radiculopatia em ambos os membros), doença neurológica ou vestibular, diabetes ou uso regular de analgésicos opiáceos foram excluídos do estudo. No grupo controle, os indivíduos com histórico significativo de patologia no joelho foram excluídos.

O artrômetro de joelho Rolimeter (Aircast Incorporated, Summit, NJ, Estados Unidos) foi usado para determinação quantitativa do deslocamento anterior da tíbia em relação ao fêmur de ambos os joelhos em ambos os grupos. O exame instrumentado manual máximo mediu a lassidão ligamentar com o teste de Lachman (joelho em 20° de flexão) e o teste de gaveta anterior (joelho em 90° de flexão) (►**Fig. 3**). O deslocamento anterior registrado (em mm) foi utilizado para análise estatística.

Todos os indivíduos de ambos os grupos foram avaliados pela pontuação de atividade de Tegner[16] e escore de joelho de Lysholm.[16]

O Sistema Biodex Balance SD (Biodex Medical Systems Incorporated, Shirley, NY, Estados Unidos) determinou a estabilidade postural de forma quantitativa (►**Fig. 4**). Seu uso foi validado para avaliação da estabilidade postural dinâmica unipodal.[17–19] A estabilometria é um método

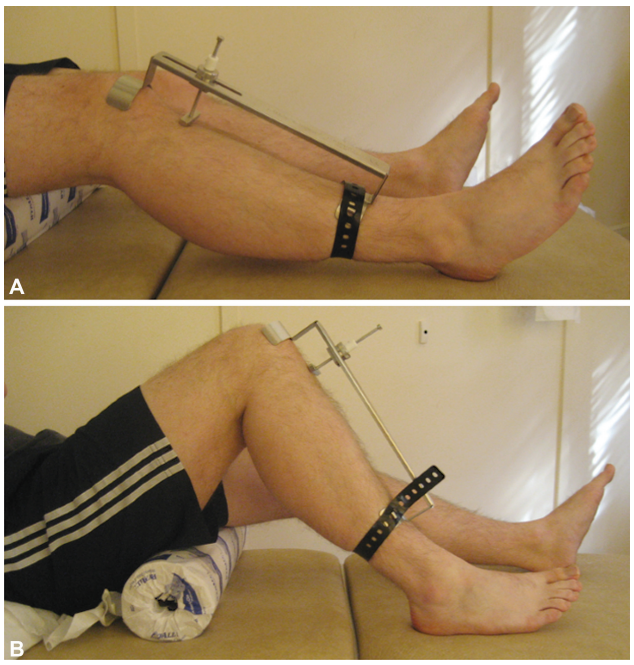

Fig. 3 O artrômetro de joelho Rolimeter (**A**) Teste de Lachman (**B**) Teste de gaveta anterior.

aceito para determinação da propriocepção no joelho com LCA acometido.[20,21] O Sistema Biodex Balance SD é formado por uma plataforma móvel multiaxial que calcula um índice geral de estabilidade (OSI, do inglês *overall stability index*). Uma pontuação baixa indica que o indivíduo tem boa estabilidade postural (e, portanto, boa propriocepção), e uma pontuação alta reflete a menor estabilidade e propriocepção. Os membros inferiores de todos os participantes (com os pés descalços) foram avaliados 3 vezes por 20 segundos em cada teste. Os resultados de cada membro foram calculados a partir da média dos três testes. O OSI médio foi utilizado como medida quantitativa da propriocepção à análise estatística.

Análise Estatística

Um cálculo de potência *post-hoc* foi derivado dos resultados da análise longitudinal do log (OSI) (desfecho primário) do joelho acometido de pacientes do grupo LCA, como detalhado na ►**Tabela 4**. O tamanho da amostra, de 34 indivíduos, baseado em um erro convencional de tipo I de 5%, uma diferença média intragrupo de 0,23 e um desvio-padrão intragrupo de 0,40, gerou um poder estatístico de 90,2%.

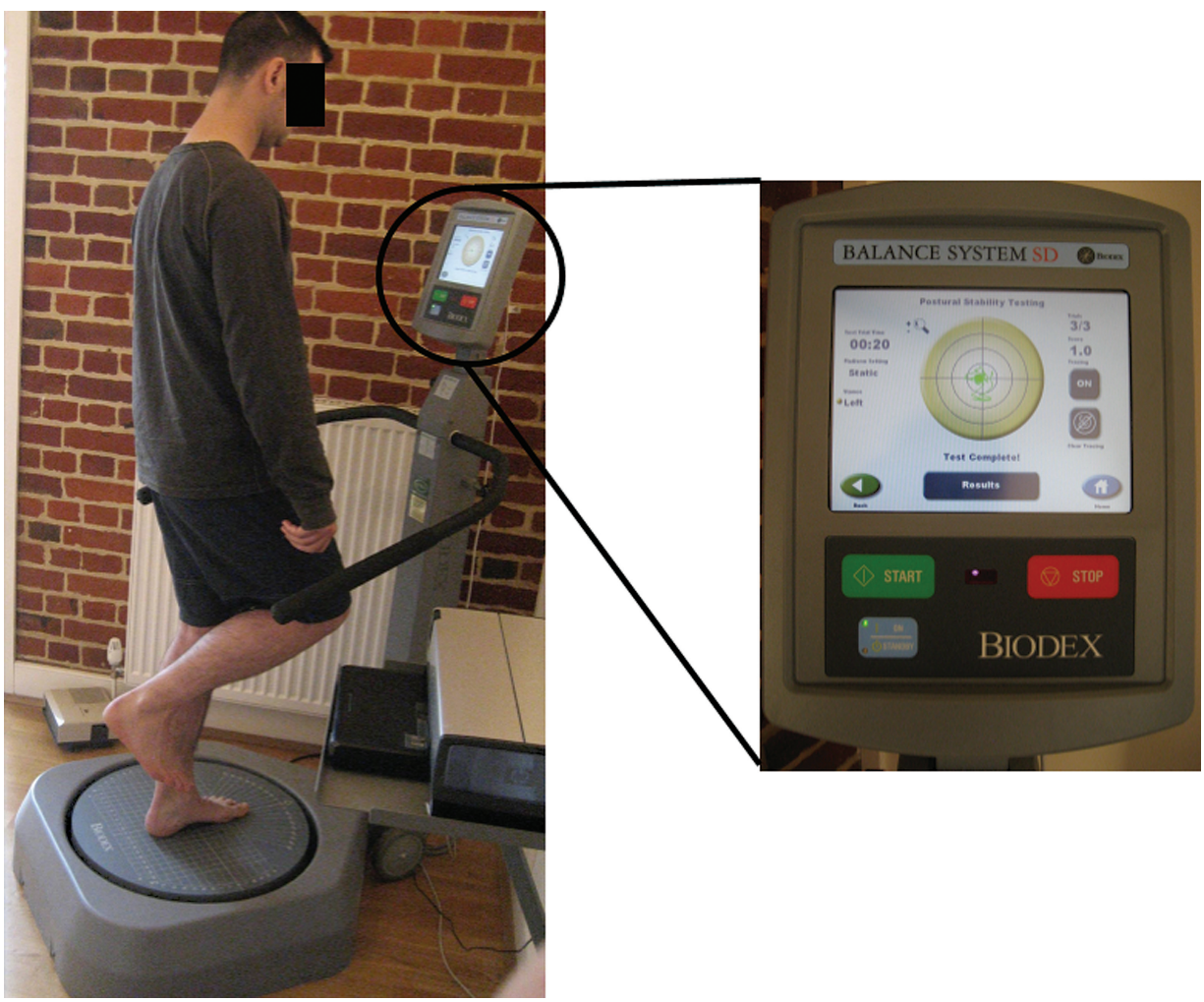

Fig. 4 Teste de estabilidade postural com apoio unipodal usando o Sistema Biodex Balance SD.

Todas as variáveis de ambos os grupos apresentaram distribuição normal (verificada por meio de histogramas plotados e do teste de Shapiro-Wilks), à exceção das medidas de OSI (distribuição assimétrica negativa). Os dados foram transformados em logaritmo natural e, na forma log (OSI), demonstraram distribuição normal, sendo assim usados nos cálculos estatísticos de acordo com os testes paramétricos apropriados. O nível de significância estatística foi estabelecido em $p < 0{,}05$. A análise estatística foi realizada em IBM SPSS para Windows versão 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, Estados Unidos). O cálculo de poder foi feito em *software* estatístico Minitab versão 19 (Minitab LLC, State College, PA, Estados Unidos).

Resultados

As ►**Figs. 5** e **6** ilustram as medidas instrumentadas de lassidão ligamentar com o teste de Lachman e o teste da gaveta anterior, respectivamente. A ►**Tabela 2** mostra os resultados de suas análises estatísticas. Não houve diferença significativa entre os joelhos direito e esquerdo do grupo controle no teste de Lachman ($p = 0{,}53$, intervalo de confiança [IC] de 95%, −0,50, 0,26) e no teste de gaveta anterior ($p = 0{,}32$, IC de 95%, −0,10, 0,30). Observamos uma diferença significativa em ambos os testes ao comparar o joelho acometido do grupo LCA no período pré-operatório ao joelho não acometido e ao grupo controle. Após a cirurgia, os joelhos acometidos do grupo LCA apresentaram melhora significativa em comparação aos achados pré-operatórios, mas ainda mantiveram uma diferença significativa em relação aos joelhos não acometidos e ao grupo controle.

A ►**Tabela 3** mostra as pontuações de desfecho do joelho do grupo LCA. Houve uma melhora significativa no pós-operatório tanto na pontuação de atividade de Tegner quanto no escore de Lysholm. Os escores de Tegner continuaram a apresentar diferença significativa antes da lesão e depois da cirurgia.

A ►**Tabela 4** mostra as medidas de propriocepção do grupo LCA e do grupo controle. A ►**Tabela 5** traz os resultados de suas análises estatísticas. Não houve diferença significativa entre os joelhos direito e esquerdo do grupo controle ($p = 0{,}42$, IC de 95%, −0,04, 0,10). Também não observamos diferença significativa nos joelhos não acometidos do grupo LCA entre os períodos pré e pós-operatórios ($p = 0{,}28$, IC de 95%, −0,05, 0,19). Os joelhos acometidos do grupo LCA apresentaram diferenças estatisticamente significativas no período pré-operatório em relação aos joelhos saudáveis e àqueles do grupo controle. Não houve diferença significativa entre os joelhos não acometidos do grupo LCA e do grupo controle. A propriocepção dos joelhos acometidos do grupo LCA melhorou de forma significativa em comparação aos achados pré-operatórios após a reconstrução do LCA e nenhuma diferença significativa foi observada entre os joelhos saudáveis ou do grupo controle.

A ►**Tabela 6** mostra os resultados da análise de correlação de Pearson entre os escores de desfecho do joelho, a estabilometria e as medidas de lassidão ligamentar dos joelhos acometidos do grupo LCA. No período pré-operatório, as medidas de propriocepção apresentaram uma correlação significativa (inversamente proporcional) aos dois escores. Pontuações mais altas (ou seja, melhor função) foram associadas a menores valores de log (OSI) (ou seja, boa propriocepção). Não houve correlação significativa entre as medidas

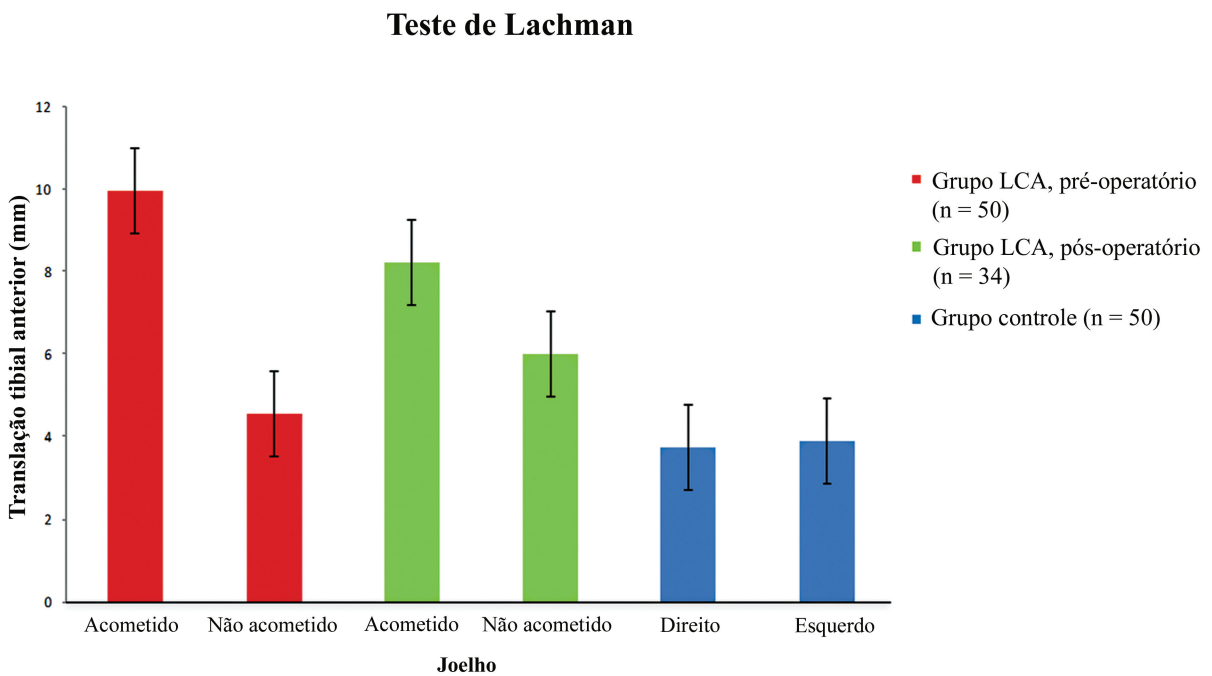

Fig. 5 Medida instrumentada da lassidão ligamentar no teste de Lachman, mostrando valores de média e erro-padrão. LCA, Ligamento cruzado anterior.

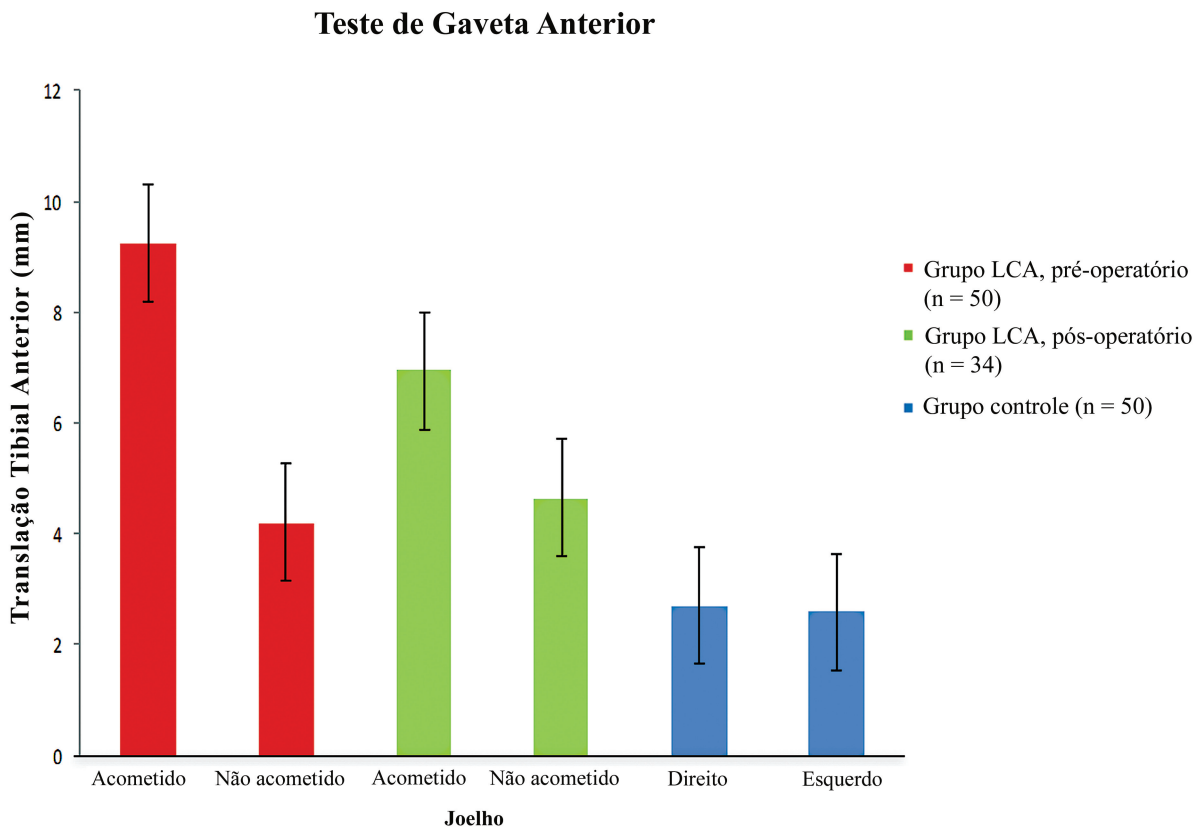

Fig. 6 Medida instrumentada da lassidão ligamentar no teste de gaveta anterior, mostrando valores de média e erro-padrão.

Tabela 2 Análise estatística das medidas instrumentadas de lassidão ligamentar

	Joelho não acometido[a]	Grupo controle[b]	Joelho acometido, pós-operatório[a]
	Valor de *p* (IC de 95%)	Valor de *p* (IC de 95%)	Valor de *p* (IC de 95%)
Lachman			
Joelho acometido, pré-operatório	< 0,001* (4,6, 6,2)	< 0,001* (5,2, 7,3)	< 0,001* (1,0, 2,5)
Joelho acometido, pós-operatório	< 0,001* (1,4, 3,1)	< 0,001* (3,7, 5,4)	—
Gaveta anterior			
Joelho acometido, pré-operatório	< 0,001* (4,3, 5,8)	< 0,001* (5,4, 7,8)	0,001* (0,9, 3,3)
Joelho acometido, pós-operatório.	< 0,001* (1,5, 3,1)	< 0,001* (3,4, 5,2)	—

Abreviatura: IC, Intervalo de confiança.
[a]Comparação intragrupo; teste *t* de Student pareado
[b]Comparação entre grupos; teste *t* de Student para amostras independentes
*Diferença estatística significativa em < 0,05

Tabela 3 Pontuações de desfecho no grupo LCA

	Pré-operatório	Pós-operatório	Valor de p[a] (IC de 95%)
	Média (DP)	Média (DP)	
Lysholm	71,7 (12,8)	85,3 (10,5)	< 0,001* (8,18–19,18)
Tegner	3,3 (1,2)	4,1 (0,2)	0,006* (0,23–1,28)
	Pré-lesão	Pós-operatório	
Tegner	6,7 (1,3)	4,1 (0,2)	< 0,001* (2,11–3,31)

Abreviaturas: DP, desvio padrão; IC, intervalo de confiança; LCA, ligamento cruzado anterior.
[a]Comparação intragrupo; teste *t* de Student pareado
*Diferença estatística significativa em < 0,05

Tabela 4 Média e desvio-padrão das medidas de estabilometria (log [OSI])

Grupo	Média (DP)
Grupo LCA, pré-operatório (n = 49)	
Joelho acometido	0,70 (0,45)
Joelho não acometido	0,46 (0,35)
Grupo LCA, pós-operatório (n = 34)	
Joelho acometido	0,47 (0,40)
Joelho não acometido	0,42 (0,39)
Grupo controle (n = 50)	
Joelho direito	0,49 (0,35)
Joelho esquerdo	0,52 (0,34)

Abreviaturas: DP, desvio padrão; LCA, ligamento cruzado anterior; OSI, índice geral de estabilidade.

de lassidão ligamentar e propriocepção. No pós-operatório, não observamos correlações estatisticamente significativas entre nenhuma dessas variáveis.

A ►**Fig. 7** ilustra o gráfico de dispersão das análises de correlação de Pearson para comparação das medidas de propriocepção pré e pós-operatórias dos joelhos acometidos do grupo LCA. Observamos uma correlação significativa (diretamente proporcional), demonstrando que baixos valores de log (OSI) antes da cirurgia estavam associados a baixos valores de log (OSI) depois do procedimento.

Discussão

Os resultados deste estudo mostram um déficit proprioceptivo significativo à estabilometria postural dinâmica em apoio unipodal em pacientes com ruptura do LCA em comparação ao joelho não acometido contralateral e a controles normais. A reconstrução do LCA melhorou significativamente a propriocepção e a deixou comparável à apresentada por controles normais. Não observamos diferenças significativas na propriocepção entre os joelhos não acometidos do grupo LCA e aqueles do grupo controle. As medidas de desfecho clínico mostraram melhor correlação à propriocepção do que o teste instrumentado de lassidão ligamentar.

Tabela 5 Análise estatística das medidas de estabilometria (log [OSI])

	Joelho não acometido[a]	Grupo controle[b]	Joelho acometido, pós-operatório[a]
	Valor de p (IC de 95%)	Valor de *p* (IC de 95%)	Valor de *p* (IC de 95%)
Joelho acometido, pré-operatório	< 0,001* (0,14, 0,34)	0,01* (0,05, 0,38)	0,003* (0,10, 0,42)
Joelho não acometido	—	0,73 (−0,16, 0,12)	—
Joelho acometido, pós-operatório	0,25 (−0,03, 0,13)	0,85 (−0,18, 0,15)	—

Abreviaturas: IC, Intervalo de confiança; OSI, índice geral de estabilidade.
[a]Comparação intragrupo; teste *t* de Student pareado
[b]Comparação entre grupos; teste *t* de Student para amostras independentes
*Diferença estatística significativa em < 0,05

Tabela 6 Correlações entre as pontuações de desfecho do joelho, estabilometria e medidas instrumentadas de lassidão ligamentar no grupo LCA

	Pré-operatório			*Pós*-operatório		
	Log (OSI)	Lachman	Gaveta anterior	Log (OSI)	Lachman	Gaveta anterior
	r / valor de *p*[a]	r / valor de *p*[a]	r / valor de *p*[a]	r / valor de *p*[a]	r / valor de *p*[a]	r / valor de *p*[a]
	IC de 95%	IC de 95%	IC de 95%	IC de 95%	IC de 95%	IC de 95%
Lachman	0,07 / 0,630	——	——	−0,24 / 0,180	——	——
	(−0,22, 0,34)			(−0,53, 0,11)		
Gaveta anterior	−0,07 / 0,640	——	——	0,09 / 0,620	——	——
	(−0,34, 0,22)			(−0,26, 0,42)		
Tegner	−0,42 / 0,003*	0,02 / 0,890	0,13 / 0,370	−0,12 / 0,500	−0,19 / 0,290	−0,15 / 0,420
	(−0,63, −0,16)	(−0,27, 0,30)	(−0,16, 0,40)	(−0,44, 0,23)	(−0,50, 0,16)	(−0,46, 0,20)
Lysholm	−0,35 / 0,016*	−0,25 / 0,090	−0,20 / 0,180	−0,09 / 0,610	−0,22 / 0,230	−0,02 / 0,920
	(−0,58, −0,07)	(−0,50, 0,04)	(−0,46, 0,09)	(−0,42, 0,26)	(−0,52, 0,13)	(−0,36, 0,32)

Abreviaturas: IC, intervalo de confiança; LCA, ligamento cruzado anterior; OSI, índice geral de estabilidade.
[a]Análise de correlação produto-momento de Pearson
*Diferença estatística significativa em < 0,05

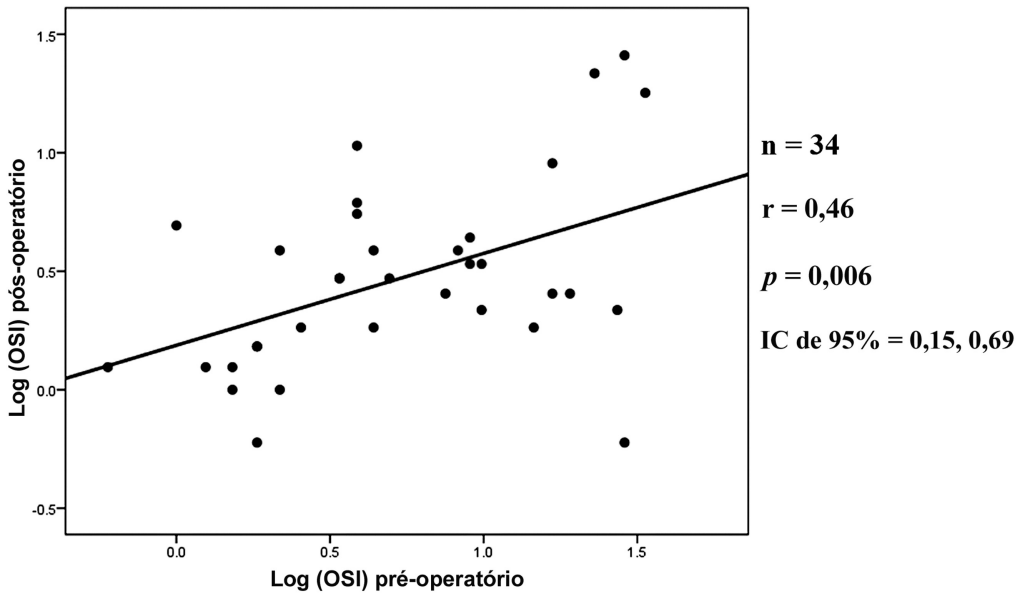

Fig. 7 Análise de correlação produto-momento de Pearson das medidas de propriocepção do joelho acometido do grupo LCA antes e depois da reconstrução. IC, Intervalo de confiança; OSI, índice geral de estabilidade.

Beard et al.[22] definiram a propriocepção em três componentes: percepção da posição articular (consciência estática da posição articular no espaço), cinestesia (detecção de movimento e aceleração articular) e a alça fechada eferente do reflexo que regula a rigidez muscular. As interações complexas entre as vias sensoriais aferentes e as vias motoras eferentes são coletivamente chamadas de sistema sensório-motor.[20] No presente estudo medimos a propriocepção por meio da estabilometria postural dinâmica unipodal, que avalia tanto as vias neuromusculares aferentes quanto eferentes.[23] A vantagem dessa técnica é a determinação da propriocepção enquanto os indivíduos se equilibram em posição vertical; além disso, é uma técnica mais dinâmica do que a percepção de posição articular (JPS) ou o limiar de detecção dos métodos de teste de movimento passivo (TDPM), em que os indivíduos estão sentados.

Neste estudo observamos uma melhora significativa da função proprioceptiva em uma média de 14 semanas (cerca de três meses) após a cirurgia. Em outros estudos, Iwasa et al.[24] mostraram que a recuperação da propriocepção não foi completa até 18 meses após a reconstrução. Fremerey et al.[2] relataram que a recuperação proprioceptiva ocorreu 6 meses após a cirurgia e Reider et al.[4] demonstraram uma melhora de TDPM em comparação a valores pré-operatórios já às 6 seis semanas depois da reconstrução. É improvável que, no presente estudo, a reinervação do enxerto explique, por si só, a melhora proprioceptiva 3 meses após a cirurgia. Uma explicação mais provável seria a restrição estática conferida pela reconstrução do LCA, o que melhoraria a relação anormal entre o fêmur e a tíbia (ou seja, a cinemática anômala) do joelho acometido. Isso, por sua vez, reduziria a estimulação nervosa anormal da cápsula articular e dos ligamentos restantes e das estruturas intra-articulares do joelho.[4,24]

Apesar da melhora significativa nas medidas de lassidão ligamentar após a reconstrução do LCA, ainda houve uma diferença significativa em comparação ao joelho não acometido contralateral e aos controles normais. O presente estudo observou uma melhora significativa de ambos os escores validados quando o grupo LCA foi reavaliado 3 meses após a cirurgia. No período pré-operatório, as medidas de propriocepção apresentaram uma correlação significativa aos dois escores. Não houve correlação significativa entre os resultados de propriocepção e as medidas instrumentadas de lassidão ligamentar. A lassidão ligamentar não teve correlação a nenhum dos escores de desfecho. Isso mostra que a propriocepção é uma medida objetiva melhor do comprometimento do joelho e da estabilidade funcional percebida do que o teste de lassidão ligamentar. Barrett[11] demonstrou que a propriocepção medida com testes de JPS é bem correlacionada ao desfecho funcional e à satisfação do paciente e mal correlacionada ao exame clínico do ligamento.

No entanto, a propriocepção pós-operatória não apresentou correlação significativa com qualquer um dos escores ou medidas de lassidão ligamentar. Isso pode ser explicado pelo fato que os escores questionam não apenas as atividades da vida diária que podem ser retomadas pelos pacientes de forma relativamente precoce após a cirurgia (como caminhar e voltar a trabalhar), mas também perguntam sobre corrida, aceleração, atividades com movimentos de corte e retorno completo a esportes competitivos. Após a reconstrução do LCA, os pacientes passam por um programa estruturado de reabilitação com aumento gradual dos níveis de atividade. De fato, o retorno total a esportes de contato é proibido até 9 meses após a cirurgia na instituição do anfitrião do estudo. Esses aspectos influenciam as respostas dos pacientes a determinados itens dos escores. Além disso,

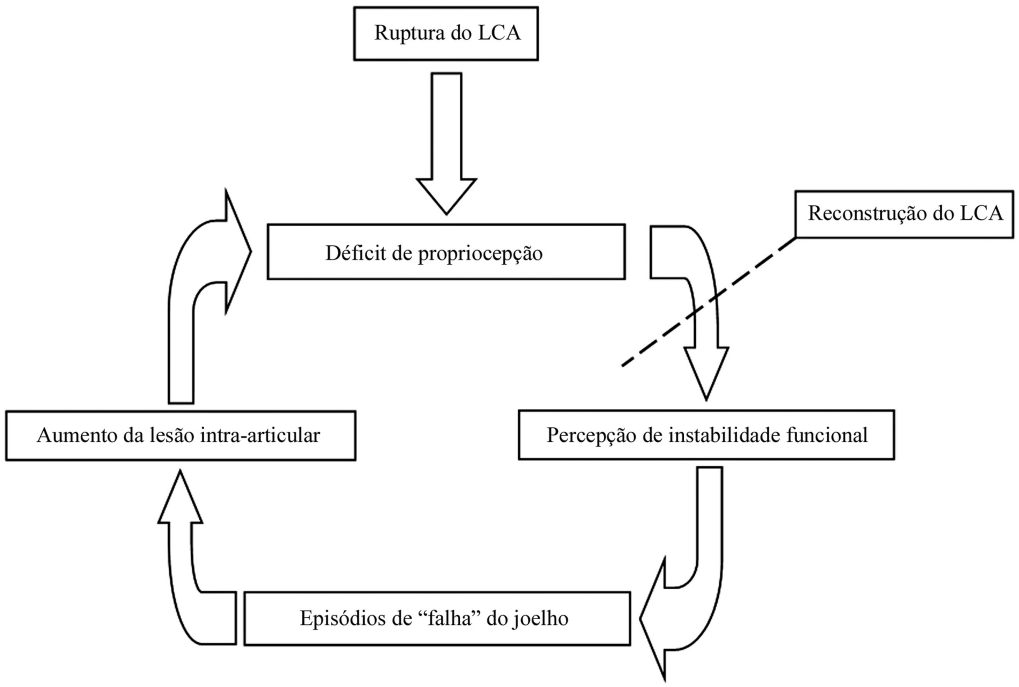

Fig. 8 O ciclo de lesão do joelho. A reconstrução do LCA do joelho visa melhorar a propriocepção e, assim, interromper o ciclo.

notamos uma diferença significativa entre o escore de atividade de Tegner antes da lesão e depois da cirurgia. Portanto, é possível que realmente exista uma correlação entre a propriocepção pós-operatória e os desfechos do joelho, mas as análises podem ter sido obscurecidas pelas restrições de atividade que foram impostas aos pacientes logo após a cirurgia. Uma análise de correlação realizada 9 meses ou mais após o procedimento pode gerar resultados diferentes.

Houve uma correlação significativa entre as medidas de propriocepção pré-operatória e pós-operatória. Essa relação pode ajudar o cirurgião a determinar quais pacientes com ruptura do LCA e bom nível de função proprioceptiva antes da cirurgia tenderão a um bom desfecho funcional após a reconstrução do ligamento. Por outro lado, um paciente com baixo nível de função proprioceptiva antes da cirurgia teria menor probabilidade de apresentar desfecho funcional pós-operatório tão bom. Pode-se também argumentar o contrário, pois pacientes com bom nível de propriocepção após a ruptura do LCA podem ser melhores candidatos ao tratamento conservador. Os estabilizadores secundários de seus joelhos podem ser suficientes para a evolução satisfatória com um programa estruturado de reabilitação para retorno ao nível pré-mórbido de atividade esportiva. Da mesma forma, pacientes com baixa acuidade pré-operatória de propriocepção podem precisar de cirurgia reconstrutora para proteger as demais estruturas intactas do joelho que são responsáveis pela estimulação proprioceptiva e evitar seu maior declínio. A ►**Fig. 8** resume o conceito de déficits proprioceptivos que causam mais lesões no joelho e o impacto da reconstrução do LCA na prevenção do maior declínio funcional.

Os pontos fracos deste estudo são o tempo de acompanhamento após a cirurgia (cerca de 3 meses) e o número de pacientes (16) do grupo LCA que não retornaram para a avaliação pós-operatória. Também é possível que o programa estruturado de reabilitação realizado pelos pacientes após a cirurgia tenha sido importante para a melhora proprioceptiva.

Conclusão

Este estudo mostrou um déficit proprioceptivo significativo medido por meio de estabilometria postural dinâmica unipodal em pacientes com ruptura do LCA que melhorou após a reconstrução ligamentar. A acuidade proprioceptiva do joelho contralateral não acometido foi semelhante à observada nos controles normais e, portanto, é um bom comparador da propriocepção. Os escores de desfecho do joelho apresentaram melhor correlação à análise de propriocepção do que as medidas instrumentadas de lassidão ligamentar.

Conflito de Interesses
Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

Suporte Financeiro
O estudo foi financiado pelo Gwen Fish Charity Trust, Norfolk and Norwich University Hospital Research Fund e Action Arthritis Charity Trust.

Referências

1 Beynnon BD, Ryder SH, Konradsen L, Johnson RJ, Johnson K, Renström PA. The effect of anterior cruciate ligament trauma and bracing on knee proprioception. Am J Sports Med 1999;27(02):150–155
2 Fremerey RW, Lobenhoffer P, Zeichen J, Skutek M, Bosch U, Tscherne H. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study. J Bone Joint Surg Br 2000;82(06):801–806
3 Grob KR, Kuster MS, Higgins SA, Lloyd DG, Yata H. Lack of correlation between different measurements of proprioception in the knee. J Bone Joint Surg Br 2002;84(04):614–618
4 Reider B, Arcand MA, Diehl LH, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 2003;19(01):2–12
5 Hogervorst T, Brand RA. Mechanoreceptors in joint function. J Bone Joint Surg Am 1998;80(09):1365–1378
6 Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. J Bone Joint Surg Am 1984;66(07):1072–1076
7 Barrack RL, Lund PJ, Munn BG, Wink C, Happel L. Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 1997;25(02):196–202
8 Borsa PA, Lephart SM, Irrgang JJ, Safran MR, Fu FH. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. Am J Sports Med 1997;25(03):336–340
9 Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006;14(03):204–213
10 Fu FH, Harner CD, Johnson DL, Miller MD, Woo SL. Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application. Instr Course Lect 1994;43:137–148
11 Barrett DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. J Bone Joint Surg Br 1991;73(05):833–837
12 Dejour H, Walch G, Deschamps G, Chambat P. [Arthrosis of the knee in chronic anterior laxity]. Rev Chir Orthop Repar Appar Mot 1987;73(03):157–170
13 Price JS, Till SH, Bickerstaff DR, Bayliss MT, Hollander AP. Degradation of cartilage type II collagen precedes the onset of osteoarthritis following anterior cruciate ligament rupture. Arthritis Rheum 1999;42(11):2390–2398
14 Al-Dadah O, Shepstone L, Donell ST. Proprioception following partial meniscectomy in stable knees. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2011;19(02):207–213
15 Al-Dadah O, Shepstone L, Donell ST. Proprioception deficiency in articular cartilage lesions of the knee. Knee Surg Relat Res 2020;32(01):25
16 Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop Relat Res 1985;(198):43–49
17 Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the biodex stability system. J Athl Train 1998;33(04):323–327
18 Schmitz R, Arnold B. Intertester and Intratester Reliability of a Dynamic Balance Protocol Using the Biodex Stability System. J Sport Rehabil 1998;7(02):95–101
19 Pincivero DM, Lephart SM, Henry T. Learning effects and reliability of the Biodex Stability System. J Athl Train 1995;30(S35):S35
20 Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. Clin Orthop Relat Res 2002;(402):76–94
21 Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. Sports Med 1998;25(03):149–155
22 Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, Dodd CA. Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery? J Bone Joint Surg Br 1993;75(02):311–315
23 Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, Fu FH. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. Am J Sports Med 1999;27(03):312–319
24 Iwasa J, Ochi M, Adachi N, Tobita M, Katsube K, Uchio Y. Proprioceptive improvement in knees with anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Orthop Relat Res 2000;(381):168–176