Ministério da Saúde
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO JOELHO COM LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: ASSOCIAÇÃO ENTRE FATORES DIAGNÓSTICOS DE INSTABILIDADE ROTATÓRIA AUMENTADA E ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS

Tiago Carminatti

Rio de Janeiro
2023

MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO JOELHO COM LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: ASSOCIAÇÃO ENTRE FATORES DIAGNÓSTICOS DE INSTABILIDADE ROTATÓRIA AUMENTADA E ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS

Tiago Carminatti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências

Orientador (es): Professor Dr. Rodrigo Sattamini Pires e Albuquerque
Professor Dr. Eduardo Branco de Sousa

Rio de Janeiro
Janeiro
2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
INTO/BIBLIOTECA SÉRGIO EDUARDO VIANNA

C287a Carminatti, Tiago.
Avaliação morfológica do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior: associação entre fatores diagnósticos de instabilidade rotatória aumentada e alterações morfológicas / Tiago Carminatti. — 2023.
80f.

Orientadores: Rodrigo Sattamini Pires e Albuquerque e Eduardo Branco de Sousa.
Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) — Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, Rio de Janeiro, 2023.

1. Ligamento cruzado anterior. 2. Instabilidade rotatória. 3. Menisco lateral. 4. Lateral femoral notch sign. 5. Slope tibial. 6 Razão femoral condilar lateral. 7. Ortopedia. I. Albuquerque, Rodrigo Sattamini Pires; Sousa, Eduardo Branco de, orient. II. Título.

NLM WE 870

MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO JOELHO COM LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: ASSOCIAÇÃO ENTRE FATORES DIAGNÓSTICOS DE INSTABILIDADE ROTATÓRIA AUMENTADA E ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS

Tiago Carminatti

Banca examinadora:

Professora Dra. Ana Carolina Leal (INTO)

Professor Dr. Márcio Schiefer de Sá Carvalho (INTO/UFRJ)

Professor Dr. Zartur José Barcelos Menegassi (UFRJ)

Professor Dr. Marcelo Bezerra Mathias (UFF)

Professora Dra. Jamila Alessandra Perini (INTO)

Rio de Janeiro
Janeiro
2023

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Rodrigo Sattamini Pires e Albuquerque e Eduardo Branco de Sousa, pela atenção, dedicação e conhecimento compartilhados.

Ao Istituto Ortopedico Rizzoli e aos colegas ortopedistas do referido centro pela acolhida no *fellowship* realizado e inspiração na idealização do projeto.

Ao Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, ao Centro de Atenção Especializada do Joelho do INTO e ao Hospital São Vicente de Paulo pelo estímulo constante ao conhecimento e crescimento profissional.

Ao programa de Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por promover a chance da realização desta importante etapa profissional.

Aos meus pais Mario e Vera, meu irmão Moisés, familiares, amigos e, principalmente, esposa Paula e filho Giuseppe (desde o período na barriga da mãe e, principalmente, após sua chegada em Abril) pela paciência, compreensão, apoio e ajuda incondicional.

RESUMO

CARMINATTI, Tiago. Avaliação morfológica do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior: associação entre fatores diagnósticos de instabilidade rotatória aumentada e alterações morfológicas. Rio de Janeiro, 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) – Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, Ministério da Saúde, 2023.

A instabilidade rotatória do joelho decorrente da lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) é tema de ampla discussão. Suas causas e consequências, assim como a persistência deste fenômeno, mesmo após o tratamento cirúrgico nos pacientes com indicação de reconstrução do LCA, ainda não são totalmente compreendidas. Alterações morfológicas têm sido associadas a tal fenômeno, como alteração da esfericidade femoral, profundidade do côndilo femoral lateral e *slope* tibial aumentados, além da presença de lesão meniscal lateral e do *lateral femoral notch sign* (LNS). Este estudo objetiva investigar a existência de variáveis e fatores preditores significativamente associados à instabilidade rotatória do joelho em pacientes com lesão do LCA. Da amostra total de 173 joelhos em 170 pacientes submetidos à reconstrução primária do LCA no Hospital São Vicente de Paulo, Rio de Janeiro, Brasil, foram selecionados, após aplicação dos critérios de exclusão, 74 joelhos de 73 pacientes. Nestes, foram mensurados com uso de ressonância magnética: Índice Femoral Condilar Lateral (IFCL), Razão Femoral Condilar Lateral (RFCL), Razão Femoral Condilar Lateral Altura/Profundidade (RFCL A/P), LNS e *slope* tibial. Tais medidas foram correlacionadas com fatores diagnósticos de instabilidade rotatória (identificação de lesão do menisco lateral e avaliação qualitativa e quantitativa do LNS). A profundidade do LNS ≥2mm mostrou duas associações relevantes. Primeiro, observou-se que a chance de apresentar lesão no menisco lateral é 5x maior para LNS ≥2mm quando comparado ao grupo sem lesão meniscal (p=0,03). A associação entre o IFCL e LNS mostrou relevância (p=0,02). O grupo LNS ≥2mm teve 36,4% dos pacientes com IFCL <0,7, enquanto no grupo LNS ausente foi de apenas 7,7%. Houve associação positiva nesta análise, apontando que a chance de ter LNS ≥2mm é quase 7x maior para pacientes classificados com IFCL <0,7 (côndilo femoral lateral não esférico) quando comparado ao grupo LNS ausente (OR=6,9 - IC95%: 1,3-37,6). Além disso, as medianas de RFCL A/P diminuídas foram associadas a valores diminuídos de IFCL (p=0,04), mostrando que fêmures não esféricos (IFCL diminuído) podem apresentar associação com fêmures profundos (RFCL A/P diminuído). Lesão meniscal lateral, LNS ≥2mm e morfologia do fêmur alterada (elíptico e profundo) podem ser considerados como fatores de risco para instabilidade rotatória aumentada do joelho com lesão do LCA. Nossos resultados sugerem que o formato femoral possa ser incluído como fator preditivo para instabilidade rotatória aumentada do joelho, e, por conseguinte, como novo critério para reconstrução do ligamento ântero-lateral.

Palavras-chave: Ligamento cruzado anterior. Instabilidade rotatória. Menisco lateral. *Lateral femoral notch sign*. *Slope* tibial. Índice femoral condilar lateral. Razão femoral condilar lateral. Razão femoral condilar lateral altura/profundidade.

ABSTRACT

CARMINATTI, Tiago. Morphological evaluation of the knee with anterior cruciate ligament injury: association between diagnostic factors of increased rotational alteration and morphological changes. Rio de Janeiro, 2022. Master Thesis. (Master's Degree in Applied Sciences to the Musculoskeletal System) - National Institute of Traumatology and Orthopedics Jamil Haddad, Ministry of Health, 2023.

Rotational instability of the knee resulting from anterior cruciate ligament (ACL) injury is a topic of extensive discussion. Its causes and consequences, as well as the persistence of this phenomenon, even after surgical treatment in patients with indication for ACL reconstruction, are still not fully understood. Morphological changes have been associated with this phenomenon, such as changes in femoral sphericity, increased lateral femoral condyle depth and increased tibial slope, in addition to the presence of lateral meniscal injury and lateral femoral notch sign (LNS). This study aims to investigate the existence of variables and predictors significantly associated with rotational instability of the knee in patients with ACL injuries. From the total sample of 173 knees in 170 patients who underwent primary ACL reconstruction at Hospital São Vicente de Paulo, Rio de Janeiro, Brazil, 74 knees of 73 patients were selected after applying the exclusion criteria. In these, the following were measured using magnetic resonance imaging: Lateral Femoral Condyle Index (LFCI), Lateral Femoral Condyle Ratio (LFCR), Lateral Femoral Condyle Height/Depth Ratio (LFCR H/D), LNS and tibial slope. Such measurements were correlated with diagnostic factors of rotational instability (identification of lateral meniscus injury and qualitative and quantitative assessment of the SLN). LNS depth ≥2mm showed two relevant associations. First, it was observed that the chance of having a lateral meniscus injury is 5x greater for LNS ≥2mm when compared to the group without meniscal injury (p=0.03). The association between LFCI and LNS showed relevance (p=0.02). The LNS ≥2mm group had 36.4% of patients with LFCI <0.7, while in the absent LNS group it was only 7.7%. There was a positive association in this analysis, indicating that the chance of having LNS ≥2mm is almost 7x higher for patients classified with LFCI <0.7 (non-spherical lateral femoral condyle) when compared to the absent LNS group (OR=6.9 - 95%CI: 1.3-37.6). In addition, decreased medians of LFCR H/D were associated with decreased LFCI values (p=0.04), showing that non-spherical femurs (decreased LFCI) may be associated with deep femurs (decreased LFCR H/D. Lateral meniscal injury, SNL ≥2mm and altered femoral morphology (elliptical and deep) can be considered as risk factors for increased rotational instability of the knee with ACL injury. Our results suggest that the femoral shape can be included as a predictive factor for increased rotatory instability of the knee, and, therefore, as a new criterion for reconstruction of the anterolateral ligament.

Keywords: Anterior cruciate ligament. Rotational instability. Lateral meniscus. Lateral femoral notch sign. Tibial slope. Lateral femoral condylar index. Lateral femoral condylar ratio. Lateral femoral condylar height/depth ratio.

SUMÁRIO

RESUMO ..... **V**

ABSTRACT ..... **VI**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS ..... **IX**

LISTA DE FIGURAS ..... **X**

LISTA DE QUADROS E TABELAS ..... **XII**

1 INTRODUÇÃO **1**

1.1 Lesão do ligamento cruzado anterior **1**
1.1.1 Anatomia do ligamento cruzado anterior 1
1.1.2 Conceitos e epidemiologia 4
1.1.3 Diagnóstico 6
1.1.4 Classificação da instabilidade rotatória 8
1.1.5 Tratamento 11

1.2 Alterações morfológicas associadas à instabilidade rotatória do joelho **14**
1.2.1 Menisco lateral 14
1.2.2 *Slope* tibial 17
1.2.3 Fêmur 19
1.2.3.1 *Lateral femoral notch sign* 19
1.2.3.2 Índice femoral condilar lateral 21
1.2.3.3 Razão femoral condilar lateral 24
1.2.3.4 Razão femoral condilar lateral altura/profundidade 26

1.3 Relação entre instabilidade rotatória e alterações morfológicas combinadas **27**

2 JUSTIFICATIVA **29**

3 OBJETIVOS **31**

3.1 Objetivo Principal **31**

3.2 Objetivos Específicos **31**

4 METODOLOGIA **32**

4.1 Desenho do estudo **32**

4.2 População de estudo **32**
4.2.1 Critérios de inclusão 32
4.2.2 Critérios de exclusão 33

4.3 Coleta de dados **33**
4.3.1 Seleção dos pacientes 33

4.3.2 Avaliação por imagem 33
4.3.2.1 *Slope* tibial 34
4.3.2.2 *Lateral femoral notch sign* 35
4.3.2.3 Índice femoral condilar lateral 37
4.3.2.4 Razão femoral condilar lateral 38
4.3.2.5 Razão femoral condilar lateral altura/profundidade 39

4.4 Análise estatística 40

4.5 Tamanho amostral 41

5 RESULTADOS 42

5.1 População de estudo 42

5.2 Frequências e valores médios 43

5.3 Menisco lateral 44
5.3.1 Lesão do menisco lateral e LNS ≥ 2mm 45

5.4 LNS 46
5.4.1 LNS ≥ 2mm e lFCL diminuído 47
5.4.2 LNS ≥ 2mm e RFCL A/P 47

5.5 lFCL 48

5.6 RFCL e RFCL A/P 49

5.7 LNS ≥ 2mm e lesão do menisco lateral associadas 49

5.8 *Slope* tibial 50

6 DISCUSSÃO 51

7 CONCLUSÃO 61

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62

ANEXO A. PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO INSTITUTO NACIONAL DE TRÁUMATO - ORTOPEDIA / INTO / SAS / MS – RJ 68

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM	Anteromedial
IC	Intervalo de Confiança
IFCL	Índice Femoral Condilar Lateral
INTO	Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia
JCI	*Joint Commission International* (Comissão Conjunta Internacional)
LAL	Ligamento Ântero-Lateral
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
LCM	Ligamento Colateral Medial
LCP	Ligamento Cruzado Posterior
LNS	*Lateral Femoral Notch Sign* (Sinal da Incisura Femoral Lateral)
ML	Menisco Lateral
MM	Menisco Medial
OR	*Odds ratio* (Razão de chances)
PL	Posterolateral
PT	Tendão Patelar
RFCL	Razão Femoral Condilar Lateral
RFCL A/P	Razão Femoral Condilar Lateral Altura/Profundidade
TL	Ligamento Transverso
°	Graus Celsius

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão anterior do ligamento cruzado anterior (LCA) em uma peça anatômica de joelho direito..... 2

Figura 2: Imagem de tomografia computadorizada de fêmur distal no plano sagital com reconstrução tridimensional. 2

Figura 3: Foto de peça anatômica mostrando aspecto medial do côndilo femoral lateral de joelho esquerdo, evidenciando área de inserção do ligamento cruzado anterior (LCA). 3

Figura 4: Manobra de *pivot shift*. 7

Figura 5: Lesão do ligamento cruzado anterior na ressonância magnética. 8

Figura 6: Teste de *pivot shift* com avaliação quantitativa computadorizada. 10

Figura 7: Manobra de *pivot shift* usando sistema de rastreamento eletromagnético. 11

Figura 8: Fluxograma com indicações para reconstrução combinada dos ligamentos cruzado anterior e ântero-lateral. 13

Figura 9: Anatomia dos meniscos. 15

Figura 10: Reconstrução do LCA associada a reinserção da raiz do menisco lateral.... 16

Figura 11: Método de avaliação do *slope* tibial lateral usando imagens de ressonância magnética em ponderação T1 no plano sagital. 18

Figura 12: Desenho anatômico representando a impactação responsável pelo *lateral femoral notch sign* no côndilo femoral lateral após episódio de instabilidade rotatória do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior. 19

Figura 13: *Lateral femoral notch sign* visualizado em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1 (a) e sua representação intra-operatória por visualização artroscópica do côndilo femoral lateral com depressão evidente 20

Figura 14: Medida da profundidade do *lateral femoral notch sign* em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1. 21

Figura 15: Medição do índice femoral condilar lateral (IFCL). 22

Figura 16: Exemplos de índice femoral condilar lateral (IFCL) normal (A) e diminuído (B)..... 23

Figura 17: Medição da razão femoral condilar lateral (RFCL) em uma radiografia lateral de um joelho esquerdo. 25

Figura 18: Medição da razão femoral condilar lateral altura/profundidade (RFCL A/P) 26

Figura 19: Esquema ilustrativo representando a articulação do joelho normal e com instabilidade aumentada. **27**
Figura 20: Imagens de ressonância magnética disponíveis para avaliação. **34**
Figura 21: Medição do *slope* tibial. **35**
Figura 22: Imagem diagnóstica do *lateral femoral notch sign* em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1. ..... **36**
Figura 23: Medida da profundidade do *lateral femoral notch sign* em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1. ..... **36**
Figura 24: Medição do índice femoral condilar lateral (IFCL) em imagem sagital T1 de ressonância magnética. **37**
Figura 25: Medição da razão femoral condilar lateral (RFCL) em imagem sagital T1 de ressonância magnética. **39**
Figura 26: Medição da razão femoral condilar lateral altura/profundidade (RFCL A/P) utilizando imagem de ressonância magnética no plano sagital T1. ..... **40**
Figura 27 : Fluxograma da seleção dos pacientes **42**
Figura 28: Gráfico Boxplot correlacionando valores das medianas de RFCL A/P com grupos LNS estratificados pela profundidade.. ..... **48**
Figura 29: Gráfico de intervalo correlacionando valores das médias de RFCL A/P com grupos LNS estratificados pela profundidade. **48**

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1: Características gerais da amostra 41
Tabela 2: Frequência (%) das variáveis femorotibiais na população de estudo. 42
Tabela 3: Valores médios das variáveis femorotibiais na população de estudo. 42
Tabela 4: Comparação de variáveis entre grupos sem e com lesão do menisco lateral. . 43
Tabela 5: Comparação de variáveis entre grupos estratificados pela profundidade do LNS. 44
Tabela 6: Comparação de variáveis entre grupos estratificados pela profundidade do LNS. 45
Tabela 7: Comparação de variáveis entre grupos IFCL maior ou igual à 0,7, e menor que 0,7. 47
Tabela 8: Comparação dos parâmetros morfológicos entre grupo com lesão combinada do menisco lateral e LNS maior ou igual a dois milímetros, e grupo sem essa associação. 48

1 INTRODUÇÃO

1.1 Lesão do ligamento cruzado anterior

1.1.1 Anatomia do ligamento cruzado anterior

O ligamento cruzado anterior (LCA) é um tecido formado principalmente por colágeno do tipo I. Origina-se do platô tibial, especificamente, em formato de C, anterior e entre as eminências intercondilares (ŚMIGIELSKI et al., 2016). Dentro da articulação cursa posteriormente para se fixar à porção posteromedial do côndilo femoral lateral **(Figura 1)**. Possui dois feixes, anteromedial e posterolateral, nomeados por suas inserções relativas na tíbia. No fêmur, a crista intercondilar lateral (também chamada de crista do residente) e a crista bifurcada lateral podem ser usados para identificar os pontos de fixação precisos para ambos os feixes no côndilo femoral lateral. Os dois locais de fixação dos feixes do LCA são separados pela crista bifurcada lateral, logo posterior à crista intercondilar lateral **(Figuras 2 e 3)**. Estudos anatômicos do LCA e seus dois feixes mostraram que o seu comprimento varia de 31 a 38 mm e sua largura de 10 a 12 mm, enquanto os feixes anteromedial e posterolateral variam de 6 a 7 mm e 5 a 6 mm de largura, respectivamente (HASSEBROCK et al., 2020).

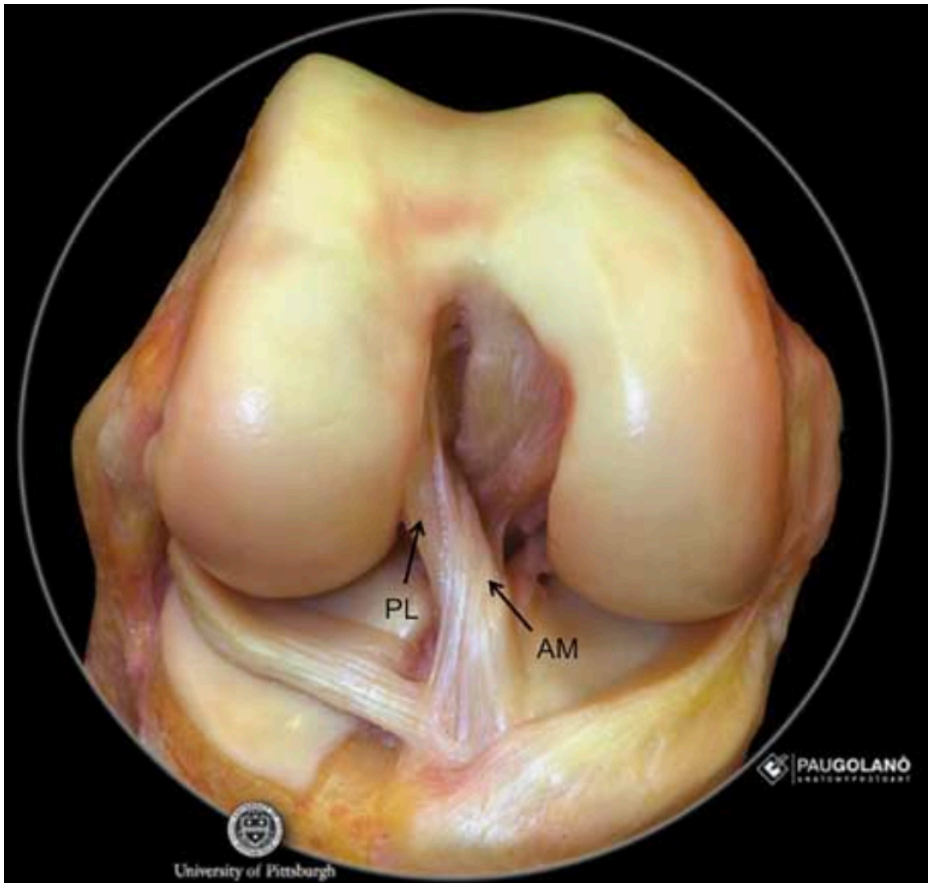


Figura 1: Visão anterior do ligamento cruzado anterior (LCA) em uma peça anatômica de joelho direito. Observa-se os feixes anteromedial (AM) e posterolateral (PL) do LCA. **(HASSEBROCK et al., 2020)**

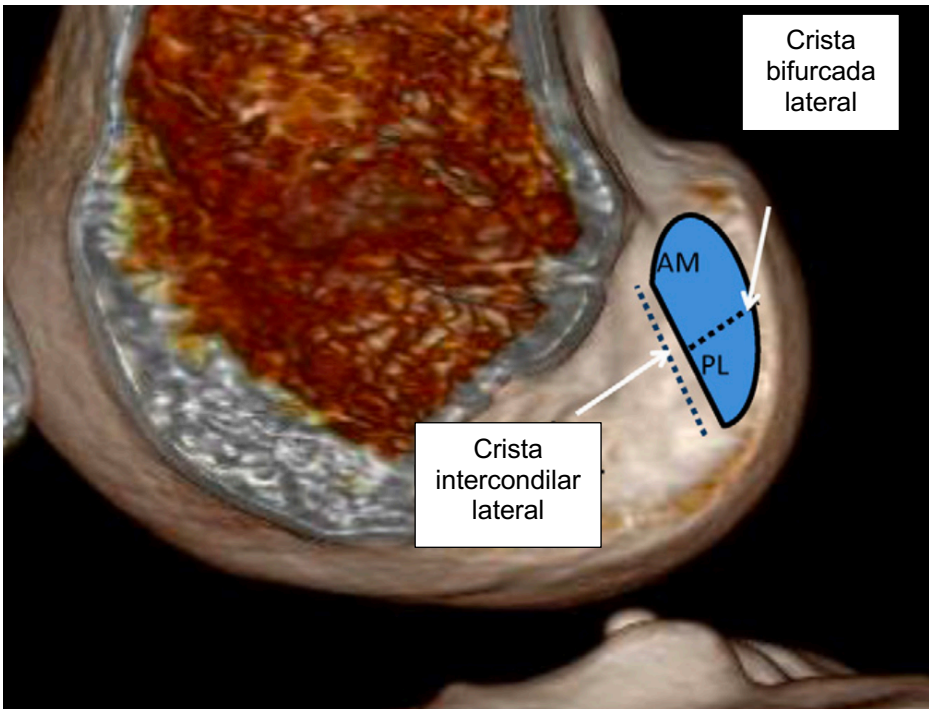


Figura 2: Imagem de tomografia computadorizada da porção distal do fêmur no plano sagital com reconstrução tridimensional. Inserção femoral do ligamento cruzado anterior (LCA). Feixes anteromedial (AM) e posterolateral (PL), divididos pela crista bifurcada lateral (linha tracejada horizontal preta). Crista intercondilar lateral (crista do residente, linha tracejada vertical azul) delimitando a inserção do LCA. **(CHAMBAT, 2013)**

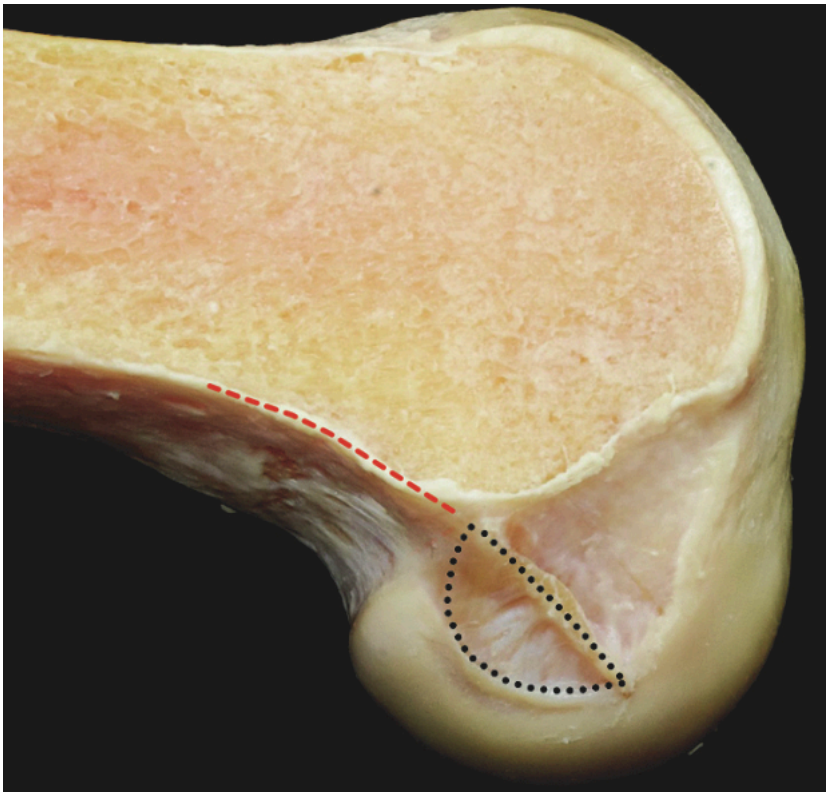


Figura 3:Foto de peça anatômica mostrando aspecto medial do côndilo femoral lateral de joelho esquerdo, evidenciando área de inserção do ligamento cruzado anterior (LCA). A fixação femoral do LCA é visualizada (pontos pretos) com o formato crescente da inserção femoral do LCA estendendo-se da crista intercondilar (crista do residente) até a margem articular posterior do côndilo femoral lateral; linha tracejada vermelha correspondendo ao córtex femoral posterior. **(ŚMIGIELSKI et al., 2016)**

O LCA possui grande importância na biomecânica do joelho, fornecendo estabilidade anteroposterior do joelho. A translação anterior é controlada pelo feixe posterolateral (PL) entre 0◦ e 30◦ de flexão e, a partir disso até maiores graus de flexão, pelo feixe anteromedial (AM). Há também uma clara contribuição para a estabilidade rotacional. O seccionamento do LCA desloca o centro de rotação do joelho medialmente, aumentando a amplitude de rotação interna que, associada à translação anterior, induz o fenômeno do ressalto na rotação interna, típico da ruptura do LCA. Dentro da estrutura do LCA, o feixe PL tem maior importância nas rotações, devido à sua posição lateral na tíbia (CHAMBAT, 2013).

O conhecimento do posicionamento anatômico das inserções ligamentares é essencial para o correto planejamento cirúrgico, estando diretamente relacionado aos resultados pós-operatórios (ŚMIGIELSKI et al., 2016).

1.1.2 Conceitos e epidemiologia

O número de lesões do LCA nos Estados Unidos é estimado entre 80.000 e 250.000 ao ano. Por ser importante estabilizador da translação anterior e rotacional do joelho, a reconstrução do LCA é uma das cirurgias ortopédicas mais realizadas no mundo, com uma estimativa de 129.000 a 200.000 reconstruções do LCA ao ano somente nos Estados Unidos, e 400.000 ao redor do mundo (PEREIRA et al., 2021). O custo direto de uma reconstrução do LCA, no mesmo país, é de pelo menos $11.900, resultando em um custo anual de aproximadamente um bilhão de dólares para os sistemas de saúde. Portanto, o tratamento eficiente e custo-efetivo das lesões do LCA é de grande importância (MORREY, 2011; PEREIRA et al., 2021; PRIMEAU et al., 2021).

Tipicamente, a lesão ocorre com mecanismo de valgo do joelho com rotação externa e pé fixo ao solo, sendo portanto mais frequente em esportes com mudança de direção constante, como futebol por exemplo (KAEDING; LÉGER-ST-JEAN; MAGNUSSEN, 2017). Mais recentemente, estudos epidemiológicos mostraram que atletas do sexo feminino têm um risco 2,1 a 3,4 vezes maior de lesão do LCA (KAEDING; LÉGER-ST-JEAN; MAGNUSSEN, 2017).

Apesar dos avanços nos métodos diagnósticos, técnicas cirúrgicas e protocolos de reabilitação, estima-se que os resultados ainda estão longe do esperado. Através de escores funcionais validados aplicados em pacientes reabilitados após a reconstrução do LCA, demonstrou-se função cotidiana normal em aproximadamente 90% dos casos (FELLER e WEBSTER, 2013). Em atletas, a taxa de retorno ao esporte de alto rendimento, no mesmo nível pré-lesão, foi de aproximadamente 55 a 89% (ARDERN et al., 2014; GANS et al., 2018). A porcentagem de reruptura do LCA relatada em diferentes estudos varia de 1 a 20% dos casos (GANS et al., 2018; KAMATH et al., 2014; LIND; MENHERT; PEDERSEN, 2009; MORREY, 2012; ŚMIGIELSKI et al., 2016; WEBSTER; FELLER, 2016). A instabilidade rotacional é o principal sintoma após a lesão inicial, em casos de falha ou ruptura do enxerto

no pós-operatório (LIAN et al., 2020). Mesmo pacientes com LCA reconstruído, sem reruptura, podem continuar queixando-se de instabilidade ao realizarem movimentos rotacionais e ter exame clínico com *pivot shift* positivo, apesar de boa estabilidade anteroposterior e enxerto íntegro (JACQUET et al., 2021).

A instabilidade rotatória do joelho decorrente da lesão do LCA é alvo de ampla discussão na literatura ortopédica atual (AHLDÉN et al., 2013; BATTY et al., 2021; LIAN et al., 2020; PIVOT STUDY GROUP et al., 2018). As causas e consequências dessa instabilidade aumentada, assim como a persistência deste fenômeno, mesmo após o tratamento cirúrgico nos pacientes com indicação de reconstrução do LCA, ainda não são totalmente compreendidas. Em joelhos com lesão do LCA, são estudados diversos fatores associados à instabilidade rotatória aumentada, que poderiam justificar as dúvidas presentes na literatura vigente, tais como lesões concomitantes do menisco lateral (FEUCHT et al., 2015; FRANK et al., 2017; KEENE et al., 1993; NOVARETTI et al., 2020; PIVOT STUDY GROUP et al., 2018), da banda iliotibial e fibras de Kaplan adjacentes (GEESLIN et al., 2018a, 2018b; GODIN et al., 2017), do ligamento ântero-lateral (ALC CONSENSUS GROUP et al., 2019; CHAHLA et al., 2016, 2018; GEESLIN et al., 2018a, 2018b; GODIN et al., 2017; SLETTE et al., 2016; SONNERY-COTTET et al., 2015, 2016, 2017; SPENCER et al., 2015) e mais recentemente alterações morfológicas da região distal do fêmur, como LNS (BERTHOLD et al., 2021; GARTH; GRECO; HOUSE, 2000; HERBST et al., 2015; LUCIDI et al., 2021), alteração da esfericidade e raio anteroposterior condilar femoral lateral aumentado (GRASSI et al., 2019a; HODEL et al., 2019; PFEIFFER et al., 2019), e da tíbia proximal com *slope* tibial aumentado (AKOTO et al., 2020; DEJOUR et al., 2015, 2019; FEUCHT et al., 2013; GRASSI et al., 2019a, 2019b; IMHOFF et al., 2019; SONG et al., 2020; SONNERY-COTTET et al., 2014)

A interação e contribuição de todos os restritores, sejam eles primários (LCA) ou secundários (ligamentos extra articulares, meniscos, banda iliotibial e cápsula ântero-lateral)

ainda não é totalmente compreendida (AHLDÉN et al., 2013). Todavia, é de extrema importância o entendimento de como todos estes fatores se relacionam na gênese da estabilidade adequada do joelho nos cenários pré e pós reconstrução do LCA.

1.1.3 Diagnóstico

O paciente geralmente procura atendimento médico após trauma torsional, queixando-se de episódios de dor e/ou instabilidade no joelho. O mecanismo mais comumente envolvido com a lesão do LCA é o de valgo com rotação externa do joelho, porém outros como hiperextensão ou varo também podem acarretar este quadro. Clinicamente pode apresentar derrame, dor à palpação e instabilidade nas manobras de Lachman, gaveta anterior e *pivot shift* (KAEDING; LÉGER-ST-JEAN; MAGNUSSEN, 2017).

Os testes de Lachman e gaveta anterior avaliam a estabilidade translacional anteroposterior, enquanto o método clínico mais específico para diagnóstico, e que melhor avalia quantitativamente a instabilidade rotatória do joelho com lesão do LCA, é o teste do *pivot shift* **(Figura 4)**. Esta é uma manobra complexa, passiva e mutliplanar, realizada da extensão para a flexão, com a perna do paciente rodada internamente e aplicado estresse em valgo no joelho. Encontra-se positiva quando ocorre subluxação e redução entre 20 e 30 graus de flexo-extensão do joelho. Avalia-se um componente translacional (subluxação anterior do platô tibial lateral seguida da sua pronta redução) e outro rotacional (rotação da tíbia em relação ao fêmur) (AHLDÉN et al., 2013; TANAKA et al., 2012; THE PIVOT STUDY GROUP et al., 2018).



Figura 4: Manobra de *pivot shift*. Examinador aplica força em valgo no joelho do paciente com perna rodada internamente, partindo da extensão para a flexão. **(Arquivo pessoal)**

A suspeita diagnóstica clínica, por fim, é confirmada com o exame de imagem. Em qualquer trauma do joelho, as radiografias são sempre indicadas como um primeiro passo para descartar fraturas e lesões associadas. As fraturas de eminência intercondilar tibial visíveis na radiografia são consideradas equivalentes ósseos a uma lesão do LCA, e a fratura de Segond, fratura de avulsão da cápsula lateral do côndilo tibial, é patognomônica de uma lesão da LCA. Todavia, na maioria dos casos as radiografias simples são normais. A modalidade de imagem diagnóstica mais útil e padrão ouro para o diagnóstico de lesão do LCA **(Figura 5)** é a ressonância magnética. Para melhorar a precisão deste exame, além da aquisição das tradicionais imagens nos planos coronais, sagitais e axiais, imagens sagitais oblíquas adicionais permitem a visualização do comprimento total do LCA, conferindo maior sensibilidade ao exame (KAEDING; LÉGER-ST-JEAN; MAGNUSSEN, 2017).

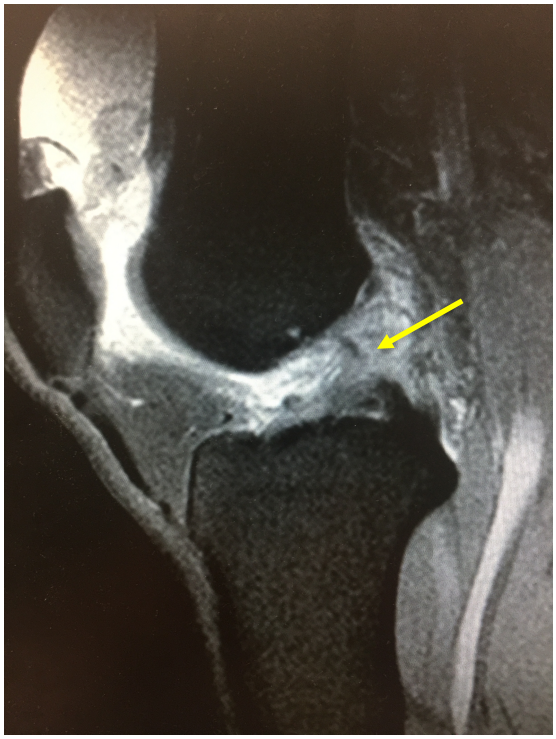


Figura 5: Lesão do ligamento cruzado anterior na ressonância magnética. Evidenciada descontinuidade (seta amarela) das fibras do ligamento cruzado anterior em imagem de ressonância magnética na ponderação T2 e plano sagital. **(Arquivo pessoal)**

1.1.4 Classificação da instabilidade rotatória

Padronizar a quantificação da instabilidade rotatória tem sido amplo objeto de estudo. Clinicamente, a magnitude desta instabilidade pode ser graduada pela aferição da sensibilidade subjetiva do solavanco proporcionado pela pronta redução da subluxação tibial durante o teste de *pivot shift*, portanto, de modo examinador dependente. Quando não há lesão, o teste é negativo. Quando há lesão do LCA, o teste pode ser classificado em três graus: deslizamento (grau I), *clunk* (grau II) ou redução grosseira (grau III) (MUSAHL et al., 2010), sendo este último a instabilidade rotatória de mais alto grau. Um *pivot shift* grau I geralmente representa uma lesão isolada do LCA, enquanto que grau II ou superior geralmente indicam lesão concomitante aos restritores secundários, mais comumente lesão meniscal (MUSAHL et al., 2012). Em contraste com outros testes para a instabilidade articular do joelho (por exemplo, Lachman), a graduação do *pivot shift* mostrou correlação com a existência de instabilidade

funcional relatada pelo paciente, com os resultados clínicos subsequentes à lesão e a taxa de desenvolvimento de osteoartrite, sendo mais comum piores resultados clínicos e maiores taxas de osteoartrite em pacientes com graus mais elevados no teste de *pivot shift* (TANAKA et al., 2012).

Além da experiência e habilidade do médico em realizar o exame, outros fatores podem falsear o diagnóstico e quantificação da instabilidade rotatória, como resistência pela contração muscular do paciente, presença de lesão meniscal em alça de balde, cicatrização do coto do LCA rompido sobre o ligamento cruzado posterior (LCP) íntegro ou a lesão associada do ligamento colateral medial (LCM), na qual a ausência do batente proporcionado pelo LCM rompido gera negatividade do teste (TANAKA et al., 2012).

Frouxidão ligamentar, sexo masculino, lesão meniscal medial ou lateral do terço posterior, inclinação tibial posterior aumentada e cronicidade da lesão foram associados a um *pivot shift* de alto grau em pacientes com lesão repetida do LCA. O efeito da inclinação tibial pode ser acentuado pela presença de lesão meniscal, reforçando a necessidade de preservação meniscal (BATTY et al., 2021).

Como as translações do compartimento lateral são um determinante fundamental da magnitude do *pivot shift*, não é de surpreender que um aumento no grau do *pivot shift* em joelho com lesão do LCA tenha sido observado em joelhos com lesões das estruturas laterais, tais como o menisco lateral, cápsula ântero-lateral, ligamento ântero-lateral e banda iliotibial. A anatomia do compartimento lateral alterada, incluindo um *slope* tibial aumentado, também demonstrou contribuir para o aumento do *pivot shift* (TANAKA et al., 2012).

As avaliações quantitativas da instabilidade rotatória com o uso de análise computadorizada têm sido propostas para dar maior precisão à interpretação e graduação do *pivot shift* (AHLDÉN et al., 2013; HELFER et al., 2020; MUSAHL et al., 2010; PFEIFFER et al., 2019; ZAFFAGNINI et al., 2013), porém ainda são de uso restrito no meio ortopédico

devido a demanda de instrumental específico de alto custo. De acordo com resultados de estudos pregressos, foi proposta a categorização do *pivot shift* em graus alto, intermediário e baixo, baseados na translação anterior do compartimento lateral ou na aceleração da redução da tíbia durante o fenômeno do *pivot shift* (BERRUTO et al., 2013; HOSHINO et al., 2013; LOPOMO et al., 2012; MUSAHL et al., 2012).

Com este tipo de análise computadorizada do teste de *pivot shift* **(Figuras 6 e 7)**, recentemente demonstrou-se que joelhos com *lateral femoral notch sign* maior que 2 milímetros (LUCIDI et al., 2021), lesão do menisco lateral (FRANK et al., 2017; HOSHINO et al., 2019), translação anteroposterior comparativa ao lado contralateral maior que seis milímetros (HELFER et al., 2020) ou hiperextensão com côndilo femoral lateral diminuído (SAITA et al., 2019) apresentam instabilidade rotatória aumentada.

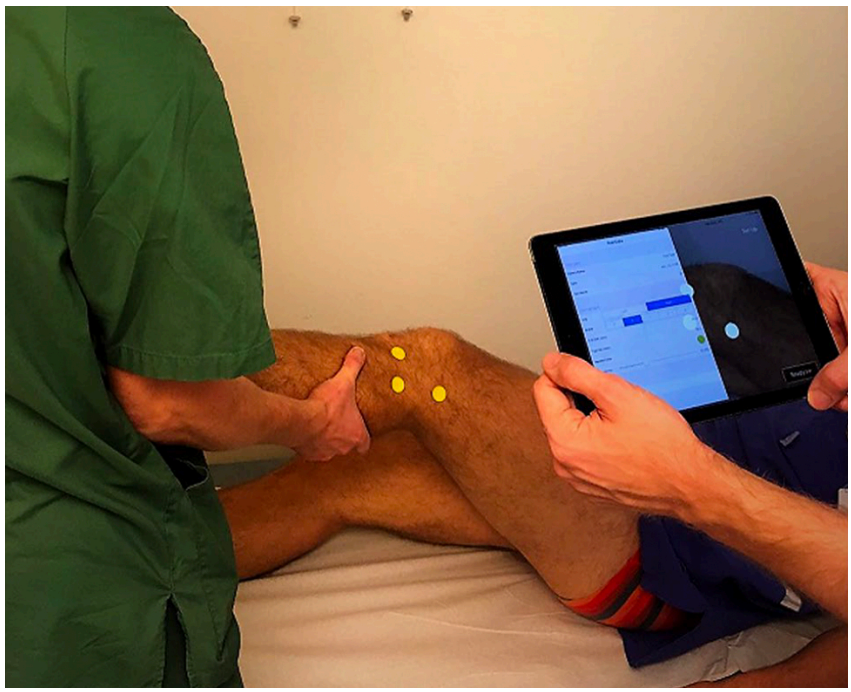


Figura 6: Teste de *pivot shift* com avaliação quantitativa computadorizada. O examinador realiza a manobra do *pivot shift* de modo usual, sendo registrada e quantificada de modo computadorizado. Um sensor inercial, medindo a aceleração articular, e um sistema de análise de imagens, medindo a translação do compartimento lateral da tíbia, aferem as velocidades de rotação da tíbia e do fenômeno de subluxação tibial, gerando os resultados estudados. **(THE PIVOT STUDY GROUP et al., 2018)**



Figura 7: Manobra de *pivot shift* usando sistema de rastreamento eletromagnético. O examinador realiza a manobra do *pivot shift* de modo usual, sendo registrada e quantificada com sensores eletromagnéticos. Em casos de instabilidade rotatória, aumento da translação tibial anterior é detectado na fase de subluxação do *pivot shift*, enquanto um aumento da aceleração tibial é observado na fase de redução. **(HORVATH et al., 2020)**

1.1.5 Tratamento

A lesão do LCA pode ser tratada de modo conservador ou cirúrgico. Esta decisão terapêutica é multifatorial, sendo dependente principalmente da demanda do paciente, além de outros fatores, como idade, tipo de esporte praticado, grau de equilíbrio muscular, presença de lesões associadas e percentual do LCA acometido (CHAMBAT, 2013). Nos casos indicados, o tratamento cirúrgico consiste na reconstrução do LCA através do uso de enxertos, realização de túneis ósseos no fêmur e tíbia, preferencialmente em suas localizações anatômicas, e fixação dos enxertos nesses túneis (CHAMBAT et al., 2013). A técnica cirúrgica escolhida, desde o posicionamento dos túneis até a escolha do enxerto, esteve em constante discussão ao longo das últimas décadas. Atualmente, há uma tendência ao posicionamento mais anatômico do túnel femoral, de modo mais horizontalizado ao realizado previamente, com intuito de reproduzir mais fielmente a inserção anatômica do ligamento e diminuir as chances de instabilidade

rotatória residual pós reconstrução e, consequentemente, o risco de reruptura do ligamento (CHAMBAT, 2013; CHAMBAT et al., 2013; ŚMIGIELSKI et al., 2016).

A instabilidade rotatória de alto grau do joelho prediz aumento nas chances de falha e consequente revisão da reconstrução do LCA, e/ou ruptura do LCA contralateral dentro de seis anos pós reconstrução do LCA, além de estar associada a piores resultados clínicos nos escores validados de atividade de Marx, IKDC e KOOS-QOL e (MAGNUSSEN et al., 2018). Assim, torna-se premente o reconhecimento de fatores preditores desta condição para melhor tratamento e aconselhamento do paciente.

Como visto previamente, a partir do *pivot shift* grau II, o cirurgião deve suspeitar de lesões concomitantes. Uma ruptura meniscal, por exemplo, deve ser reparada, pois sua integridade contribuirá para a eliminação do excesso de instabilidade rotatória do joelho (LAPRADE et al., 2014). Todavia, em um cenário em que um paciente apresenta *pivot shift* grau II e nenhuma lesão concomitante de menisco ou ligamento colateral, a causa dessa instabilidade rotatória aumentada pode ser justificada por uma lesão da cápsula, frouxidão ligamentar generalizada ou anormalidades morfológicas subjacentes (MUSAHL et al., 2012). Nesses casos pode ser indicada uma tenodese lateral concomitante (ZAFFAGNINI et al., 2012).

Estudos anatômicos, biomecânicos e clínicos demonstram que a reconstrução do LCA associada à reconstrução do ligamento ântero-lateral ou à tenodese lateral podem diminuir significativamente as taxas de relesões e de instabilidade rotacional pós-operatória (ALC CONSENSUS GROUP et al., 2019; CHAHLA et al., 2018; GEESLIN et al., 2018a; GETGOOD et al., 2020; SLETTE et al., 2016; SONNERY-COTTET et al., 2015, 2016, 2017; SPENCER et al., 2015; ZAFFAGNINI et al., 2012). Mecanicamente, o LAL resiste à rotação interna da tíbia em ângulos de flexão do joelho aumentados, com papel mínimo na estabilidade anteroposterior (CHAHLA et al., 2018) e afeta o resultado do *pivot shift* em joelhos com lesão do LCA (SONNERY-COTTET et al., 2017).

Atualmente, recomenda-se a reconstrução do LAL associada à reconstrução do LCA **(Figura 8)** nos pacientes com lesão de LCA com indicação cirúrgica associados a: fatores relacionados à história do paciente como rotura contralateral ou revisões de reconstrução do LCA; fatores clínicos ou de imagem como *pivot shift* de alto grau (graus 2 e 3), *lateral femoral notch sign* profundo, fratura de Segond e diferença contralateral de Lachman maior que sete milímetros; e fatores relacionados ao perfil do paciente, como estarem sujeitos a esportes com mudança de direção de alta intensidade, hiperfrouxidão ligamentar e idade menor que 25 anos (SONNERY-COTTET et al., 2016, 2017).

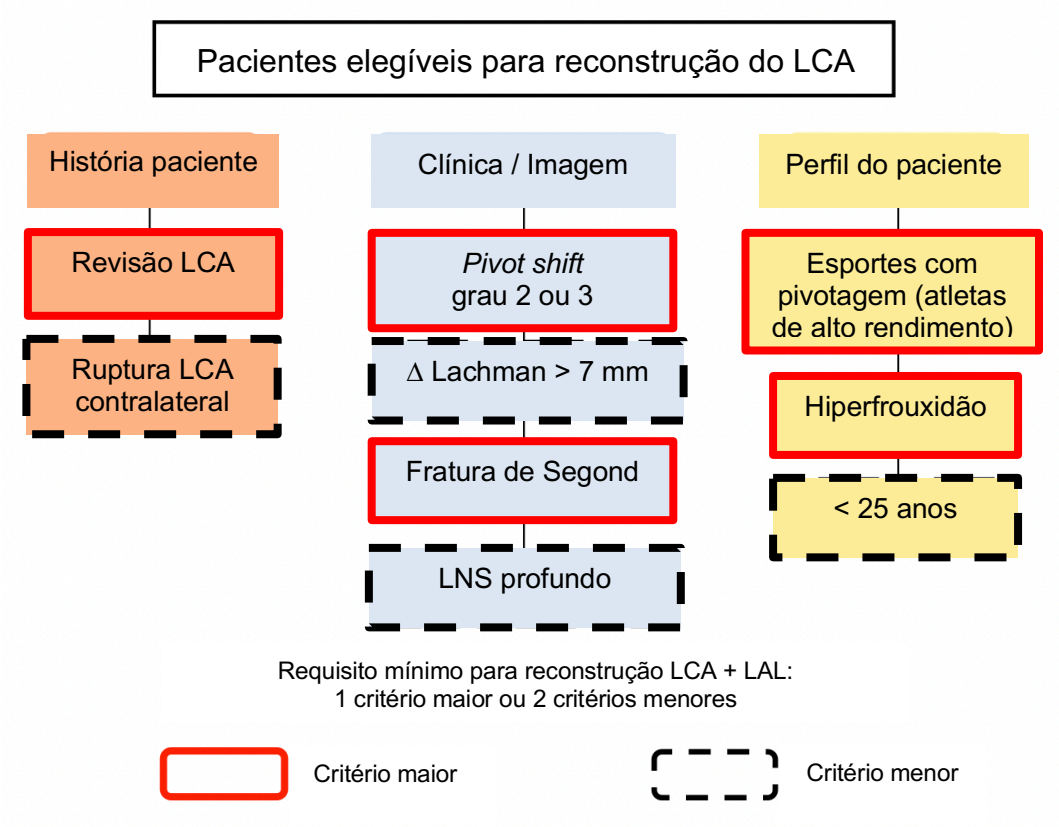


Figura 8: Fluxograma com indicações para reconstrução combinada dos ligamentos cruzado anterior (LCA) e ântero-lateral (LAL). Pacientes com indicação para reconstrução do LCA que possuem um critério maior (em vermelho) ou dois menores (em preto tracejado) possuem indicação de reconstrução associada do LAL associada à reconstrução do LCA. **(SONNERY-COTTET et al., 2017)**

Outras alterações morfológicas tibiais (aumento do *slope* tibial) ou femorais (côndilo femoral lateral profundo ou com alteração da esfericidade) recentemente descritas (GRASSI et al., 2019a; HODEL et al., 2019; PFEIFFER et al., 2019) como influenciadoras na estabilidade rotacional do joelho não são tidas ainda como fatores elegíveis para reconstrução do LAL,

mesmo em indicações mais abrangentes como a citada acima.

1.2 Alterações morfológicas associadas à instabilidade rotatória do joelho

1.2.1 Menisco lateral

O menisco lateral funciona como restritor rotacional secundário ao LCA. Os meniscos são estruturas fibrocartilaginosas compostas por uma rede de fibras de colágeno interpostas com proteoglicanos, glicoproteína e água. O colágeno mais abundante é o tipo 1, com proporções menores e variáveis de colágenos 2, 3, 5 e 6. A disposição das fibras colágenas se dá de modo circunferencial em sua periferia e radial em sua parte central. As fibras circunferenciais periféricas suportam melhor as forças de compressão axiais, enquanto as radiais suportam de modo mais eficaz as forças de cisalhamento. A vascularização ocorre no sentido da periferia até o centro, dividindo o menisco em 3 zonas, de acordo com o aporte de suprimento sanguíneo em cada uma delas, indo desde a camada mais vascularizada, vermelho-vermelha (periférica), passando pela vermelho-branca até a parte mais central e menos vascularizada, conhecida como branca-branca. Esse conceito é de extrema importância, pois o prognóstico do reparo meniscal por sutura é diretamente proporcional ao maior aporte sanguíneo do tecido meniscal (ARNOCZKY; WARREN, 1982; CHAHLA et al., 2021). Seu formato é quase circular, com largura aproximadamente uniforme de anterior para posterior. Ambos os cornos do menisco lateral são fixados na tíbia. A inserção do corno anterior do menisco lateral situa-se anterior à eminência intercondilar e adjacente ao amplo local de inserção do LCA. O corno posterior do menisco lateral insere-se posteriormente à tubérculo intercondilar lateral e imediatamente anterior à inserção do corno posterior do menisco medial, possuindo região com descontinuidade de inserção tibial, mais móvel, no hiato do poplíteo (FOX et al., 2015; FOX; BEDI; RODEO, 2012) **(Figura 9)**.

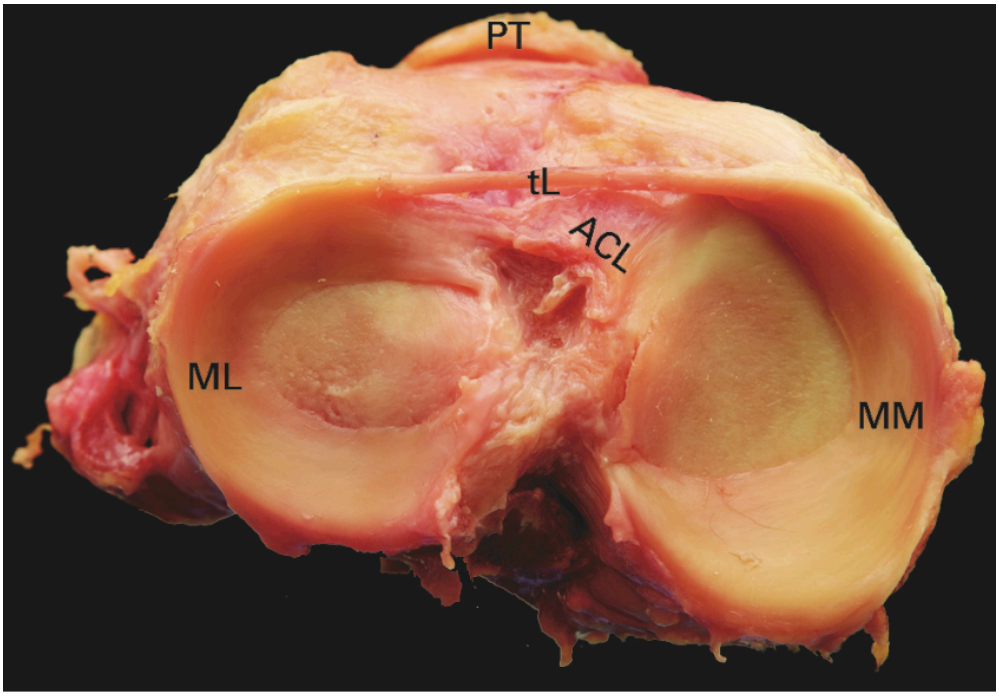


Figura 9: Anatomia dos meniscos. Foto com visão axial de articulação do joelho esquerdo em cadáver, o fêmur foi removido. ML, menisco lateral ; MM, menisco medial ; ACL, ligamento cruzado anterior ; tL, ligamento transverso ; PT, tendão patelar. Observa-se o formato em O do menisco lateral e suas inserções nas raízes meniscais. **(ŚMIGIELSKI et al., 2016)**

A ressonância magnética é o exame de imagem padrão ouro para o diagnóstico das lesões meniscais. Apesar das melhorias tecnológicas e extensa pesquisa durante as últimas décadas, a sensibilidade para diagnosticar lesões meniscais laterais permaneceu consistentemente menor do que para lesões meniscais mediais (DE SMET; MUKHERJEE, 2008). As rupturas do menisco lateral são mais propensas a serem negligenciadas no exame de imagem se a ruptura envolver apenas um terço do menisco ou estiver no corno posterior (DE SMET; MUKHERJEE, 2008). O negligenciamento dessa lesão, principalmente da sua raiz posterior, ou o tratamento cirúrgico com meniscectomia ao invés da preservação meniscal com sutura ou reinserção da raiz **(Figura 10)**, por exemplo, podem ser causas de instabilidade residual mesmo após reconstrução do LCA (FRANK et al., 2017). A meniscectomia de 1/3 ou 2/3 do menisco lateral tem impacto negativo biomecânico, mesmo com LCA intacto (NOVARETTI et al., 2020).

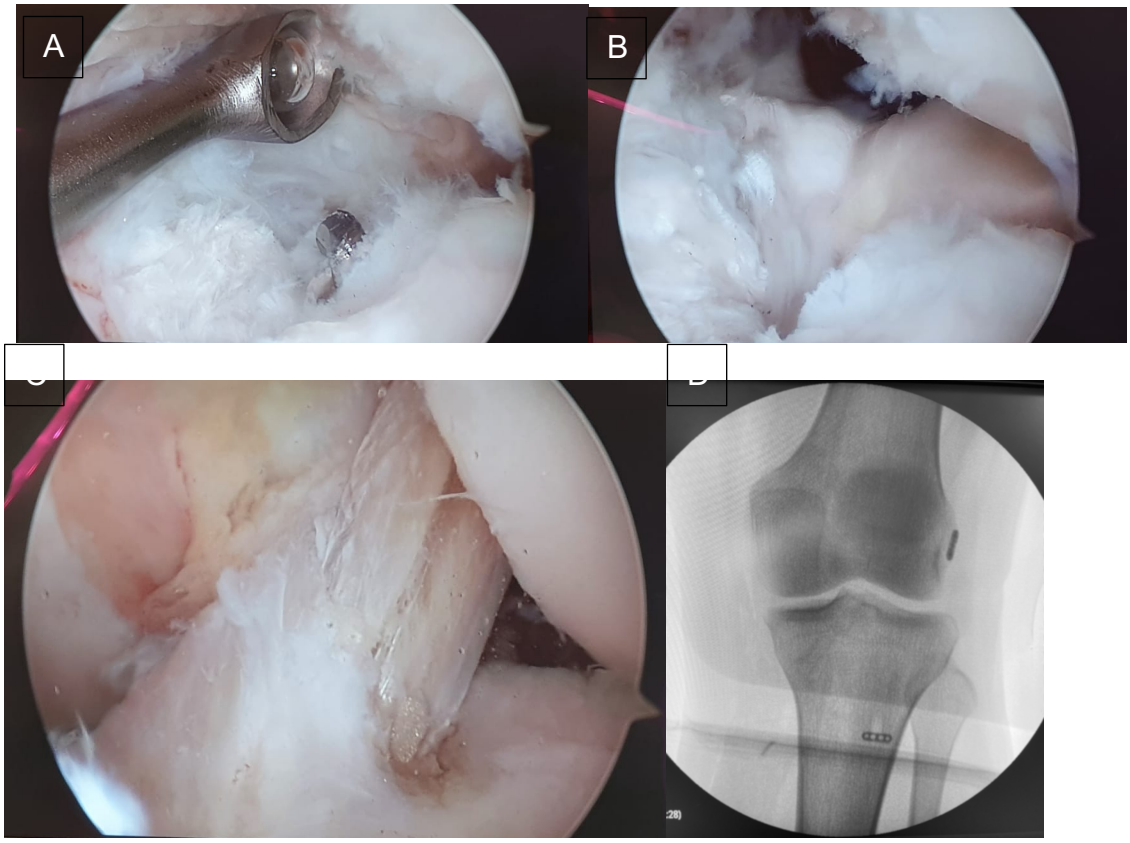


Figura 10: Reconstrução do LCA associada a reinserção da raiz do menisco lateral. A : raiz meniscal lateral desinserida, fio guia metálico no ponto se inserção tibial desejado ; B : raiz meniscal lateral reparada e reinserida na tíbia ; C : LCA reconstruído com enxerto quádruplo de flexores e preservação de coto do LCA remanescente ; D : imagem fluoroscópica intra operatória de contrôle, LCA e raiz meniscal femoral fixadas. **(Arquivo pessoal)**

A relação entre a presença de lesão do menisco lateral e o aumento da instabilidade rotatória é motivo de estudo, sendo consenso que lesões de LCA associadas à lesão do menisco lateral apresentam alto índice de instabilidade rotatória de alto grau (GRASSI et al., 2019a; HOSHINO et al., 2019; PIVOT STUDY GROUP et al., 2018).

Encontrou-se associação significativa quanto à presença de lesão do menisco lateral e profundidade do LNS (BERTHOLD et al., 2021; HERBST et al., 2015; KANAKAMEDALA et al., 2018), sendo ambos fatores também relacionados ao aumento da instabilidade rotacional do joelho.

O reparo meniscal lateral mostrou-se mais efetivo do que a tenodese extra articular associada a reconstrução do LCA para diminuir a incidência do *pivot shift* residual no período

pós-operatório (JACQUET et al., 2021). Ademais, as chances de risco de lesão condral aumentam aproximadamente 1% a cada mês a partir do momento da lesão, sendo que joelhos com lesão meniscal possuem o dobro de chances de apresentar lesão de cartilagem (FRANK et al., 2017).

1.2.2 *Slope* tibial

A morfologia óssea da articulação do joelho provou ter influência na estabilidade articular, sendo fator preditivo de instabilidade aumentada. Com relação à tíbia, a inclinação posterior tibial lateral (*slope* tibial) corresponde ao ângulo formado entre a linha perpendicular ao longo eixo da diáfise da tíbia e uma linha tangente aos pontos mais superiores das porções anterior e posterior da face articular superior da tíbia **(Figura 11)**, sendo normal entre 7º a 10º (CHRISTENSEN et al., 2015; DEPHILLIPO et al., 2019; HASHEMI et al., 2008).

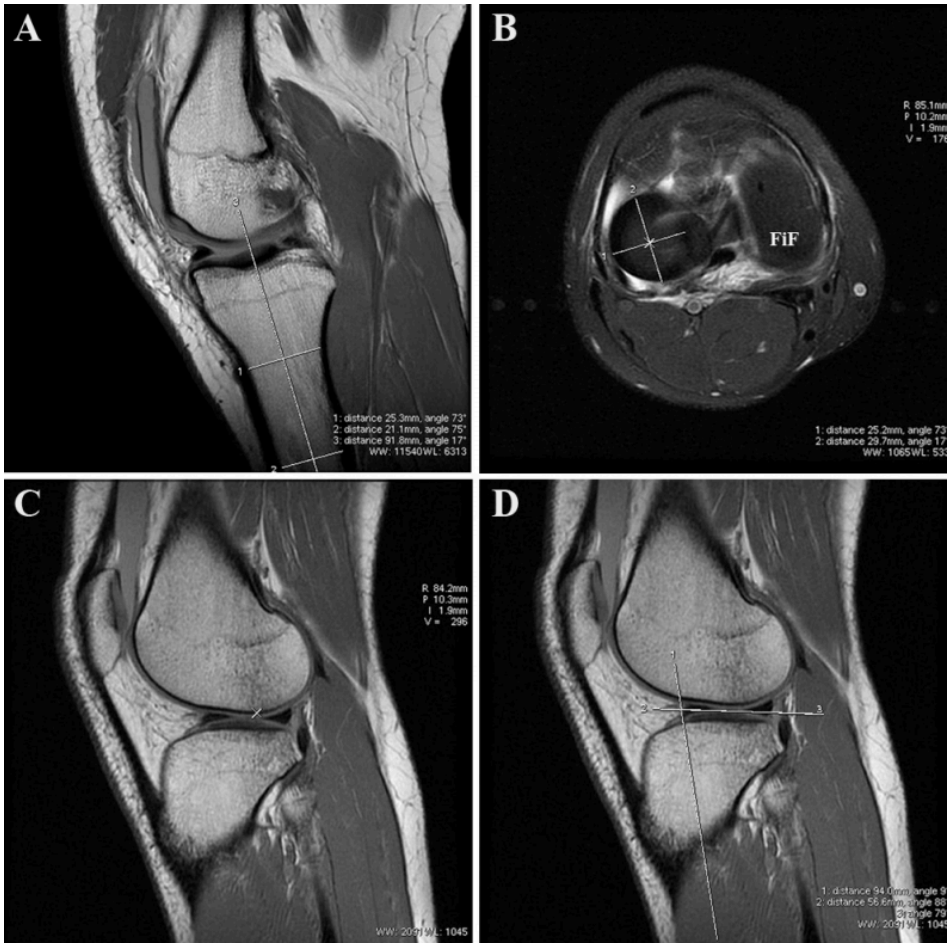


Figura 11: Método de avaliação do slope tibial lateral usando imagens de ressonância magnética em ponderação T1 no plano sagital. (a) O eixo anatômico da tíbia é determinado ; (B) o centro do côndilo tibial lateral é determinado no plano axial; (C) um ponto colocado no centro do côndilo tibial lateral na vista axial gera o plano sagital correlacionado ; e (d) o eixo anatômico é copiado, e o *slope* é medido através do ângulo entre o eixo anatômico da tíbia e a linha tangente aos pontos mais superiores das porções anterior e posterior da face articular superior da tíbia. **(CHRISTENSEN et al., 2015)**

O presença de *slope* tibial aumentado possui relação direta com maior risco de lesão primária do LCA, aumento da instabilidade em joelho com lesão do LCA (FEUCHT et al., 2013, 2015) e falha precoce da reconstrução do LCA (CHRISTENSEN et al., 2015; FEUCHT et al., 2013; GRASSI et al., 2019a; IMHOFF et al., 2019; SONG et al., 2020; SONNERY-COTTET et al., 2014).

Correções cirúrgicas de inclinações tibiais posteriores com valores maiores que 12º tem sido propostas para diminuição de instabilidade, servindo como fator protetor em revisões de reconstruções do LCA (AKOTO et al., 2020; DEJOUR et al., 2015, 2019; DEPHILLIPO et al.,

2019; IMHOFF et al., 2019; SONNERY-COTTET et al., 2014). Indicações mais agressivas propõem osteotomia deflexora, para redução do *slope* tibial, inclusive em reconstruções primárias de LCA com *slope* tibial acima de 13º (SONG et al., 2020).

1.2.3 Fêmur

1.2.3.1 *Lateral femoral notch sign*

O *lateral femoral notch sign* corresponde a uma depressão osteocondral no côndilo femoral lateral **(Figuras 12 e 13)** (KANAKAMEDALA et al., 2018; LODEWIJKS et al., 2019; LUCIDI et al., 2021).

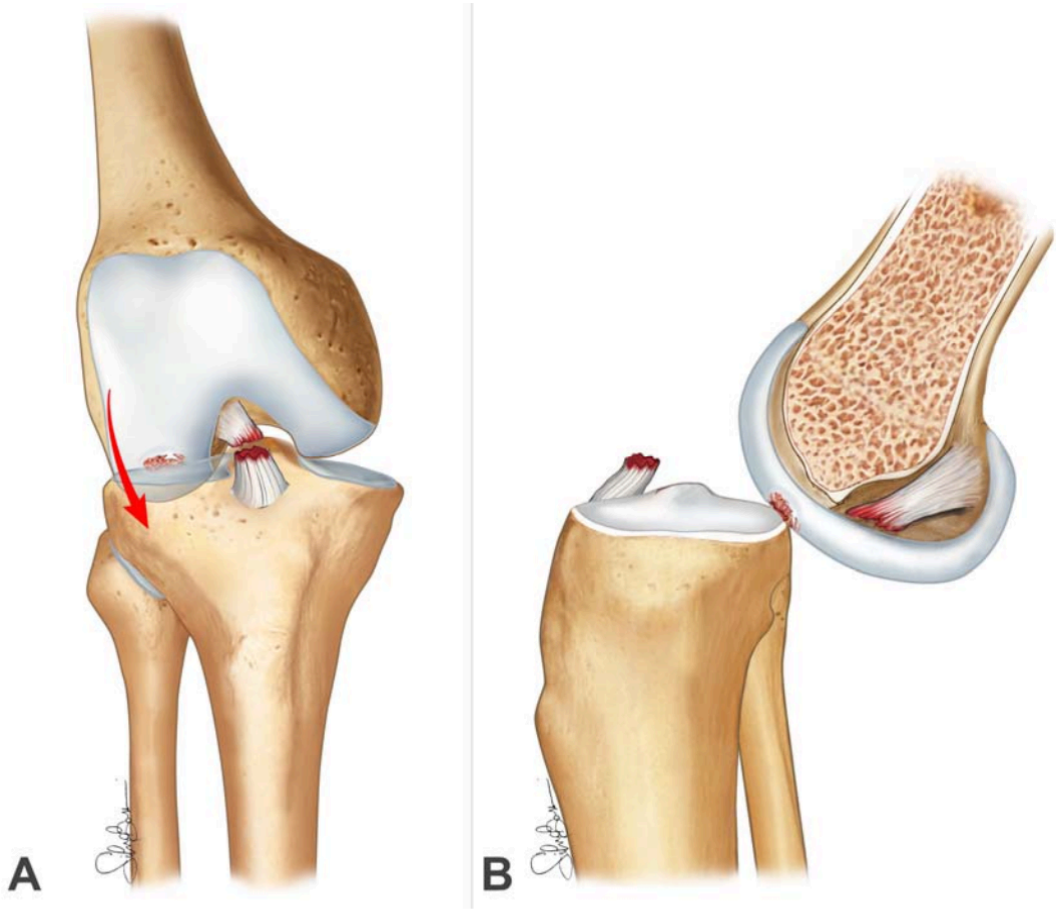


Figura 12: Desenho anatômico representando a impactação responsável pelo *lateral femoral notch sign*. Este achado aparece no côndilo femoral lateral após episódio de instabilidade rotatória do joelho com lesão do ligamento cruzado anterior. **(LUCIDI et al., 2021)**

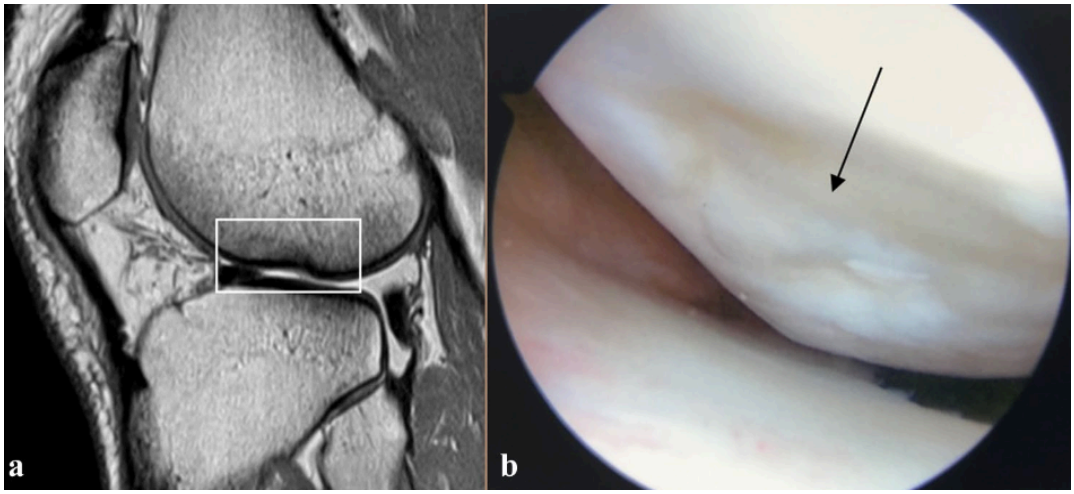


Figura 13: ***Lateral femoral notch sign.*** Visualizado em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1 (a) e sua representação intra-operatória por visualização artroscópica do côndilo femoral lateral com depressão evidente (b). **(KANAKAMEDALA et al., 2018)**

Ainda é discutível se sua gênese se dá após único trauma agudo ou múltiplos episódios crônicos de instabilidade rotatória do joelho. Inicialmente foi diagnosticado através de radiografias em perfil (COBBY; SCHWEITZER; RESNICK, 1992; GARTH; GRECO; HOUSE, 2000; HERBST et al., 2015), porém atualmente é mais comumente identificado e quantificado na imagem do plano sagital da ponderação T1 da ressonância magnética (GRASSI et al., 2019a; HOFFELNER et al., 2015; KANAKAMEDALA et al., 2018; LUCIDI et al., 2021). Sua profundidade é medida em milímetros **(Figura 14)** através da intersecção de uma linha reta entre os bordos mais anterior e posterior da lesão osteocondral e outra perpendicular partindo desta até a porção mais profunda da lesão (BERTHOLD et al., 2021).

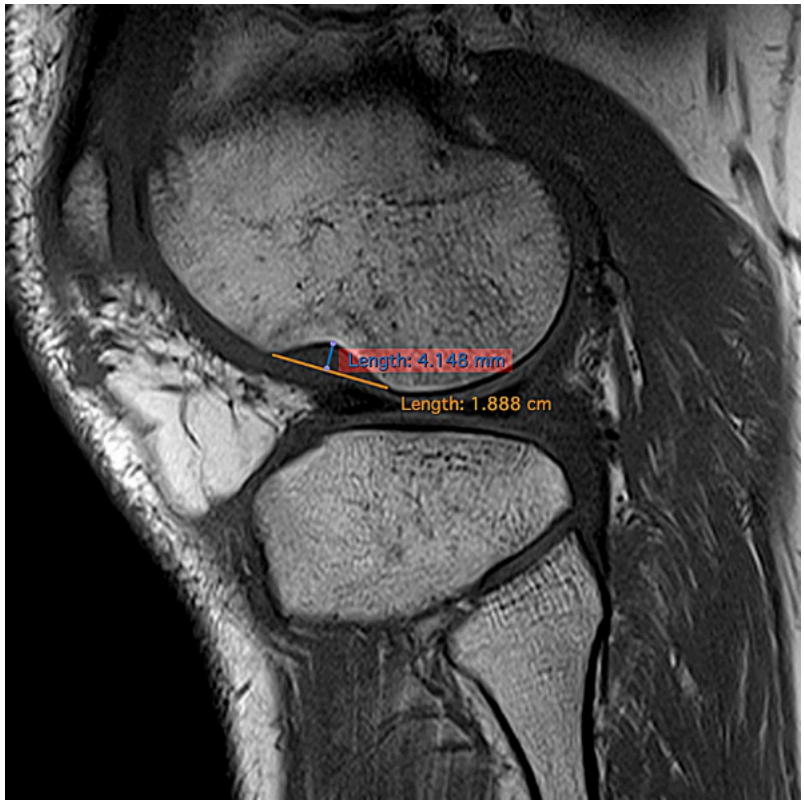


Figura 14: Medida da profundidade do *lateral femoral notch sign* em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1. O *lateral femoral notch sign* corresponde, em milímetros, à distância entre maior profundidade da depressão e a linha tangenciando os bordos anterior e posterior da lesão. **(BERTHOLD et al., 2021)**

Valores de profundidade maiores que um milímetro possuem alto valor preditivo positivo para lesão do LCA (LODEWIJKS et al., 2019). A incidência deste sinal, principalmente quando maior que dois milímetros, é relacionada à presença de instabilidade rotatória aumentada (LUCIDI et al., 2021) ou lesão do menisco lateral (GARTH; GRECO; HOUSE, 2000; HERBST et al., 2015; KANAKAMEDALA et al., 2018), mais especificamente na sua raiz posterior (BERTHOLD et al., 2021).

1.2.3.2 Índice femoral condilar lateral

A assimetria dos compartimentos medial e lateral contribui significativamente para a biomecânica femorotibial, sendo relatada como relevante fator de risco para a lesão do LCA. O papel da esfericidade do côndilo femoral lateral tem sido estudado como fator de risco para

ruptura ou reruptura do LCA. Alterações na esfericidade femoral podem estar associadas com mecanismo exacerbado de instabilidade rotatória por alterar o raio de flexão do joelho durante o arco de movimento (HODEL et al., 2019).

O índice femoral condilar lateral é um método recentemente descrito que estima a esfericidade do côndilo femoral lateral **(Figuras 15 e 16)**. São avaliadas imagens de ressonância magnética no plano médio sagital do côndilo femoral lateral. O valor do índice corresponde à divisão do diâmetro do círculo de flexão (medido com referência na borda posterior do côndilo femoral lateral) pelo diâmetro do círculo de extensão (medido com referência na borda anterior do côndilo femoral lateral) (HODEL et al., 2019).

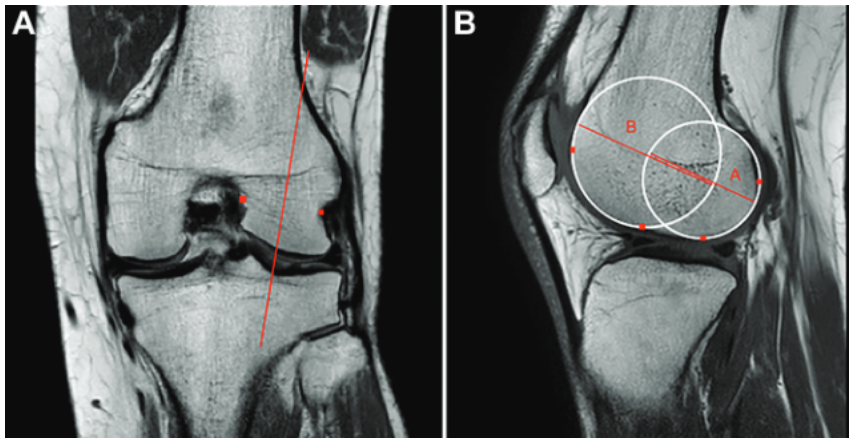


Figura 15: Medição do índice femoral condilar lateral (IFCL). (A) Inicialmente, o plano médio do côndilo femoral lateral deve ser definido no nível em que o sulco popliteo é mais proeminente no plano coronal (ressonância magnética ponderada em T1). (B) Na imagem do plano correspondente sagital (ressonância magnética ponderada em T1), as curvaturas de extensão e de flexão do côndilo femoral lateral devem ser respectivamente medidas por um círculo. Para este fim, o círculo de extensão (b) mais adequado é medido compreendendo a borda do osso subcondral das 6 horas (mais inferior) e às 9 horas (mais anterior), e o círculo de flexão (a) respectivamente, 6 horas (mais inferior) e 3 horas (mais posterior) O diâmetro do círculo de flexão foi dividido pelo diâmetro do círculo de extensão para calcular o IFCL da seguinte forma: IFCL = a / b. **(HODEL et al., 2019)**

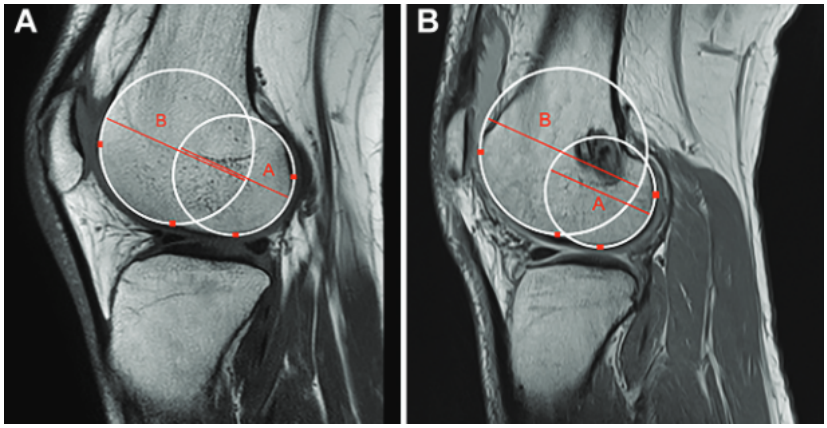


Figura 16: Exemplos de índice femoral condilar lateral (IFCL) normal (A) e diminuído (B). IFCL diminuído denota alteração da esfericidade do côndilo femoral lateral e consequente instabilidade do joelho. **(HODEL et al., 2019)**

IFCL diminuído, com valor abaixo de 0,7, indica um raio de flexão (posterior) diminuído, denotando alteração da esfericidade do fêmur distal. Até o presente momento, sabe-se que o seu valor diminuído está associado a risco aumentado de lesão do LCA, sendo significativamente menor nos joelhos com rerrupturas do LCA e rupturas primárias do LCA do que no grupo controle (HODEL et al., 2019). Portanto, há consequente associação com instabilidade rotatória do joelho, representando fator de risco preditivo positivo para lesão primária ou reruptura do LCA. Essa assimetria, com formato femoral não esférico, alteraria o raio de convexidade e rolamento do fêmur sobre a tíbia, gerando maior instabilidade, associada a um maior deslizamento da parte anterior achatada (não esférica) do côndilo sobre o platô tibial lateral convexo, com mecanismo de pivotagem mais exuberante. Em suma, IFCL mais alto mostra um raio anterior (extensão) mais congruente em comparação com o raio de flexão (posterior), enquanto, inversamente, um IFCL diminuído descreve um côndilo anterior mais proeminente em comparação com o raio de flexão (HODEL et al., 2019).

Outra razão potencial para a associação da diminuição do IFCL em pacientes com rupturas ou rerupturas do LCA pode ser explicada pelo aumento da tensão do LCA nativo ou do novo ligamento reconstruído, em virtude da morfologia óssea do fêmur distal alterada e consequente mau posicionamento do ligamento nativo ou do enxerto utilizado na reconstrução (HODEL et al., 2019).

1.2.3.3 Razão femoral condilar lateral

A profundidade condilar lateral aumentada influencia a estabilidade do joelho (FRIDÉN et al., 1993; GRASSI et al., 2019a; KIM; PARK; WON, 2021; LI et al., 2021; PFEIFFER et al., 2019). Pacientes com lesão do LCA e profundidade posterior do côndilo femoral lateral aumentada apresentam maior instabilidade rotatória do joelho. Este resultado foi obtido após avaliação, em 57 pacientes, da correlação da razão femoral condilar lateral (RFCL) e mensuração quantitativa computadorizada da translação anterior do compartimento anterior durante teste do *pivot shift*. A RFCL é avaliada originalmente na radiografia em perfil do joelho **(Figura 17)** com técnica adequada traçando-se a intersecção de uma linha através do longo eixo da diáfise femoral (reta que encontra dois pontos médios da diáfise femoral separados por cinco centímetros entre si) e outra do eixo condilar femoral (reta que encontra os pontos mais anterior e posterior do côndilo femoral lateral). A distância entre o ponto de intersecção destas linhas e o ponto mais posterior do côndilo femoral lateral dividido pelo total do eixo condilar lateral determina a RFCL (PFEIFFER et al., 2019).

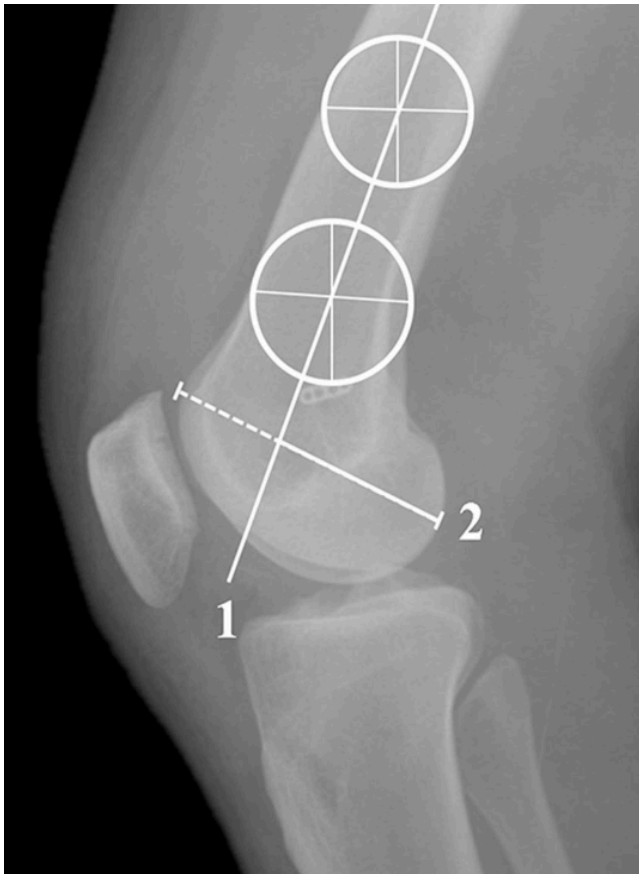


Figura 17: Medição da RFCL em uma radiografia lateral de um joelho esquerdo. O longo eixo femoral (linha 1) foi determinado por uma linha através do centro de dois círculos centrados no eixo femoral. O eixo do côndilo femoral (linha 2) foi determinado por uma linha entre os pontos mais posterior e anterior do côndilo lateral. A distância da interseção dessas linhas para a extremidade posterior do côndilo foi dividida pelo comprimento total anteroposterior do côndilo. **(PFEIFFER et al., 2019)**

O aumento do RFCL está associado a um côndilo de formato mais ovalado e com côndilo femoral de diâmetro aumentado. Este formato pode alterar a mecânica do joelho pela mudança no raio de excursão femoral durante a flexo-extensão. Além disso, pode também modificar as tensões das estruturas estabilizadores laterais como banda iliotibial, fibras de Kaplan e ligamento colateral lateral. Com menor tensionamento em ângulos baixos de flexão do joelho, ocorre maior instabilidade das estruturas laterais e prejuízo ao suporte estabilizador secundário do LCA. Em resumo, maior profundidade do côndilo femoral lateral determina maior RFCL, associada a maior instabilidade rotatória (PFEIFFER et al., 2019). Ano passado, novos estudos identificaram a associação do RFCL com lesões em rampa no corno posterior do menisco medial (KIM; PARK; WON, 2021) e maior risco de lesão do LCA, com mecanismo de trauma sem contato, em população asiática (LI et al., 2021).

1.2.3.4 Razão femoral condilar lateral altura/profundidade

A razão femoral condilar lateral altura/profundidade (RFCL A/P) é mais uma ferramenta recentemente descrita para avaliação da presença de maior profundidade femoral condilar lateral. Esta alteração foi associada a joelhos com múltiplas lesões de LCA (GRASSI et al., 2019a). Nela realiza-se medição, por imagens no plano sagital T1 de ressonância magnética, da proporcionalidade entre altura e profundidade do côndilo femoral lateral, através da razão destes dois valores **(Figura 18)**.

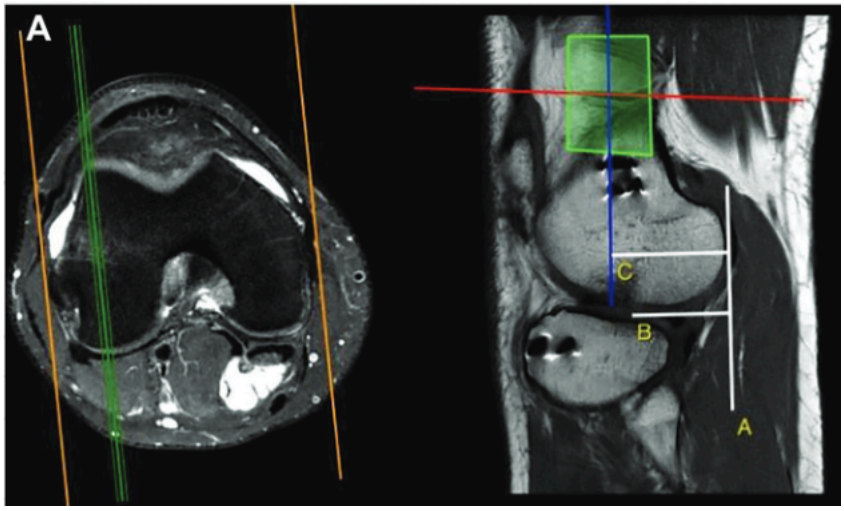


Figura 18: Medição do RFCL A/P. Utiliza-se como referência inicial o plano axial de imagem de ressonância magnética na qual o côndilo femoral lateral apresenta maior profundidade (figura da esquerda). A seguir, a imagem correspondente no plano sagital da ponderação T2 é usado para realizar a medição da razão estudada. Traça-se o eixo anatômico femoral. Em seguida, traça-se uma linha paralela a este eixo, tangenciando a borda posterior do côndilo femoral lateral. A distância entre as duas linhas, na altura de maior profundidade do côndilo, corresponde à profundidade estudada (linha C). Uma última linha, paralela à linha C, é traçada tangenciando distalmente o limite distal do côndilo femoral lateral (linha B). A distância entre as linhas B e C corresponde à altura avaliada. A RFCL A/P é definida pela razão entre altura condilar (distância da linha B à linha C) e a profundidade condilar (linha C). **(GRASSI et al., 2019a)**

O efeito deletério de um côndilo femoral lateral mais profundo se dá pela mudança nas interações tibiofemorais, responsável por alterações mecânicas da marcha e carga, além de comprimento e anisometria aumentadas das estruturas ântero-laterais, estabilizadoras dos movimentos rotatórios do joelho (PFEIFFER et al., 2019).

1.3 Relação entre instabilidade rotatória e alterações morfológicas combinadas

Alterações morfológicas do formato femoral e tibial atuam modificando a estabilidade e a biomecânica articular do joelho. O melhor entendimento da inter-relação de todos estes fatores clínicos e morfológicos através do estudo pré-operatório de joelhos com lesão do ligamento cruzado anterior pode auxiliar na identificação de pacientes com instabilidade rotatória aumentada, os quais podem se beneficiar de um planejamento cirúrgico diferenciado. A reconstrução do LAL ou tenodese extra articular demonstrou diminuir taxa de ruptura e instabilidade rotatória em joelhos submetidos a reconstrução do LCA (SONNERY-COTTET et al., 2015).

Um joelho com *slope* tibial posterior acentuado, subluxação tibial anterior aumentada, grande profundidade do côndilo femoral lateral e deficiência meniscal **(Figura 19)** representa o pior cenário para a reconstrução do ligamento cruzado anterior, sendo encontrados em pacientes com reruptura do LCA (GRASSI et al., 2019a).

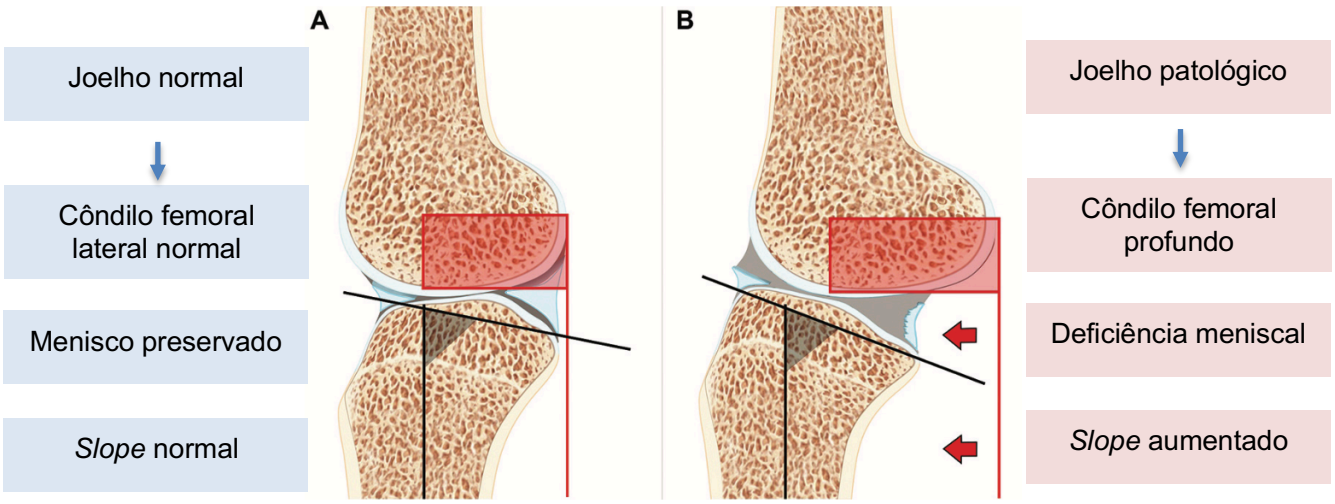


Figura 19: Esquema ilustrativo representando a articulação do joelho normal e com instabilidade aumentada. (A) Vista sagital de um joelho mostrando uma anatomia normal. (B) Um joelho com *slope* tibial acentuado, subluxação tibial anterior aumentada, grande profundidade do côndilo femoral lateral e deficiência meniscal representa o pior cenário. **(GRASSI et al., 2019a)**

Pacientes com um IFCL diminuído somados a aumento de *slope* tibial lateral estão em maior risco de ruptura ou reruptura do LCA. Isso corrobora a hipótese de um aumento do *pivot*

shift em pacientes com lesão do LCA devido à influência da morfologia óssea tibial e femoral do compartimento lateral (HODEL et al., 2019).

Portanto, a anatomia tibiofemoral deve ser avaliada no planejamento cirúrgico de reconstruções do ligamento cruzado anterior para identificar pacientes de alto risco e possivelmente prevenir ou orientar sobre mecanismos de falha.

Apesar de tamanha relevância do assunto, dada a alta incidência de lesões do LCA e dos inúmeros estudos sobre a morfologia do joelho, não há até o presente momento estudo que correlacione, em joelhos de pacientes com lesão do LCA tratados cirurgicamente, os parâmetros de avaliação de alterações morfológicas propostos recentemente na literatura (IFCL, RFCL, RFCL A/P e *slope* tibial) com sinais de instabilidade rotatória aumentada em imagens de ressonância magnética (lesão do menisco lateral e avaliação qualitativa e quantitativa do LNS) em uma mesma população.

2 JUSTIFICATIVA

As causas da instabilidade rotatória aumentada do joelho após lesão e/ou reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) ainda não são totalmente compreendidas. Recentemente, tem sido proposta a associação desta instabilidade com lesões concomitantes do menisco lateral e alterações morfológicas femorotibiais (*slope* tibial aumentado, *lateral femoral notch sign*, perda da esfericidade condilar femoral lateral e raio anteroposterior condilar femoral lateral aumentado). Apesar da relevância do tema, não há na literatura estudo que correlacione, em joelhos com lesão do LCA, os fatores de risco morfológicos propostos recentemente (IFCL, RFCL, RFCL A/P e *slope* tibial) com sinais de instabilidade rotatória aumentada em imagens de ressonância magnética (lesão do menisco lateral e avaliação qualitativa e quantitativa do LNS) em uma mesma população. Entende-se que seja possível, apenas com o estudo padrão das imagens de ressonância magnética pré-operatórias, encontrar dados sugestivos de instabilidade rotatória elevada em pacientes com lesão do LCA através do diagnóstico de alterações morfológicas femorotibiais. Este estudo se propõe a identificar a significância de alterações morfológicas que possam auxiliar no diagnóstico de joelhos com predisposição a instabilidade rotatória aumentada sem depender apenas da avaliação examinador dependente (*pivot shift*), através do estudo da associação entre estas alterações morfológicas e sinais de instabilidade rotatória aumentada descritos na literatura recentemente (lesão do menisco lateral e *lateral femoral notch sign* profundo). Através do melhor entendimento dos fatores causais da instabilidade rotatória e a significância estatística de suas relações, pode-se suscitar alterações no planejamento cirúrgico para diminuir o risco de falhas, como associação de tenodese lateral extra-articular ou reconstrução do LAL à reconstrução do LCA, orientar melhor o paciente sobre os riscos envolvidos no cenário pós-operatório e por fim diminuir o risco de recidivas. Tais medidas, beneficiam o profissional médico ortopedista em sua área de atuação a ter

melhores resultados clínicos, com menores taxas de complicação e maior satisfação do paciente. Já para o paciente e o Sistema Único de Saúde, melhor planejamento pré-operatório se traduz em menores taxas de complicações, além de economia de tempo de afastamento das atividades laborais, do custo total de tratamento e de gastos ao sistema com novas internações para revisões de falhas cirúrgicas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Principal

Avaliar a existência de associação entre fatores diagnósticos da instabilidade rotatória aumentada (lesão do menisco lateral ou LNS ≥ 2mm) e alterações morfológicas do joelho em pacientes com lesão do LCA através da análise de imagens de ressonância magnética.

3.2 Objetivos Específicos

Em pacientes com lesão do LCA:

- Estimar a frequência de lesões do menisco lateral e de alterações morfológicas femorotibiais.
- Investigar a associação entre o fator LNS ≥ 2mm e lesão do menisco lateral.
- Investigar a associação entre o fator LNS ≥ 2mm e alterações morfológicas femorotibiais (IFCL diminuído, RFCL aumentado, RFCL A/P diminuído ou *slope* tibial aumentado).
- Investigar a associação entre lesão do menisco lateral e alterações morfológicas femorotibiais (IFCL diminuído, RFCL aumentado, RFCL A/P diminuído ou *slope* tibial aumentado).
- Investigar a associação entre as alterações morfológicas (IFCL diminuído, RFCL aumentado, RFCL A/P diminuído e *slope* tibial aumentado).

4 METODOLOGIA

4.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo observacional, com corte transversal, no qual os participantes de pesquisa fazem parte de um banco de dados do Hospital São Vicente de Paulo, Rio de Janeiro, Brasil, centro hospitalar acreditado pela *Joint Commission International* (JCI). Foi assinado termo de anuência pela direção da referida unidade hospitalar autorizando a realização da pesquisa e o acesso aos sistemas informatizados.

4.2 População de estudo

O estudo obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Nacional de Tráumato - Ortopedia / INTO / SAS / MS – RJ, CAAE 36294820.9.0000.5273 (Anexo A).

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido teve sua aplicação dispensada por se tratar de estudo retrospectivo com consulta em prontuário eletrônico dos dados dos participantes, sem identificação das suas informações pessoais. O sigilo dos participantes foi respeitado, sem identificação dos mesmos na pesquisa, respeitando o disposto na resolução CNS nº 466/12.

4.2.1 Critérios de inclusão

A amostra inicial do estudo foi constituída por participantes submetidos à reconstrução do LCA no Centro de Cirurgia do Joelho do Hospital São Vicente de Paulo.

Foram selecionados os participantes da pesquisa que tivessem avaliação por imagem de ressonância magnética do joelho operado realizada no Hospital São Vicente de Paulo, com as técnicas padronizadas do Serviço de Radiologia do referido hospital, com idade entre 15 e 60 anos, de ambos os sexos, submetidos à reconstrução do LCA lesionado com enxerto de tendão patelar ou tendões flexores, entre 2012 e 2021 pela equipe de Cirurgia do Joelho do Hospital São Vicente de Paulo, composta de cirurgiões de joelho pertencentes à Sociedade Brasileira de Cirurgia do Joelho.

4.2.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos da amostra aqueles que apresentaram uma ou mais das seguintes condições: diagnóstico de infecção articular vigente, desvio de eixo com indicação de correção cirúrgica (seguindo indicações referidas na literatura, como por exemplo, deformidade em valgo maior que 12º ou deformidade em varo assimétrico maior que 5º), revisão de reconstrução do ligamento cruzado anterior, fratura ao nível do joelho, instabilidade patelar ou lesão concomitante dos ligamentos cruzado posterior ou colaterais.

4.3 Coleta de dados

4.3.1 Seleção dos pacientes

Foi realizada busca em banco de dados hospitalar de pacientes submetidos a reconstrução do LCA entre 2012 e 2021, através do prontuário eletrônico da instituição (Tasy Philips ® - Amsterdam, Países Baixos). Foram analisados os mapas cirúrgicos de todos os cirurgiões de joelho do grupo, no período citado, a procura de pacientes submetidos a reconstrução do LCA. Em seguida foi avaliado o banco de dados de todos estes pacientes a procura de imagens diagnósticas por ressonância magnética que tivessem sido realizadas no Hospital São Vicente de Paulo.

Informações clínicas (exame físico, idade, sexo e lateralidade), de exames de imagem, intraoperatórias e de intercorrências pós-operatórias foram tabuladas em planilha eletrônica (programa Microsoft® Excel - Microsoft - Washington, EUA).

4.3.2 Avaliação por imagem

Foram analisados exames de ressonância magnética de joelho, realizados entre 2012 e 2021, de modo retrospectivo, através de banco de imagens eletrônico (Tasy Philips ® - Amsterdam, Países Baixos) do Hospital São Vicente de Paulo. A aquisição das imagens dos pacientes com lesão do LCA se deu no cenário pré operatório, em aparelho de ressonância magnética (Intera Philips ® - Amsterdam, Países Baixos) de 1,5 Tesla, com técnica padronizada em posição de decúbito dorsal, compreendendo imagens sequenciais em três planos (sagital,

coronal e axial) com espaçamento mínimo de três milímetros entre as imagens **(Figura 20)**.

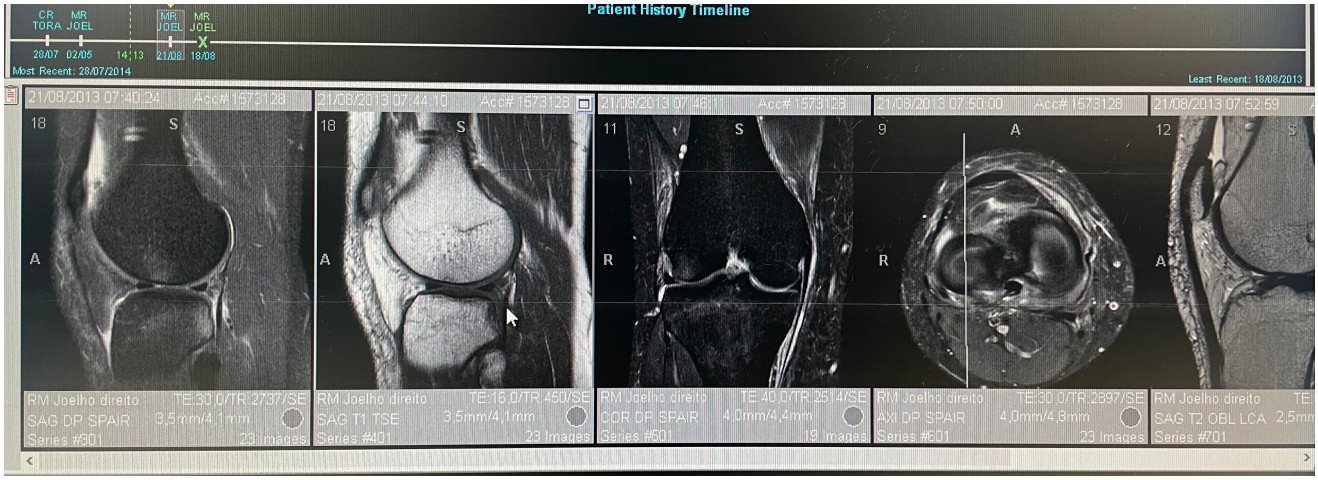


Figura 20: Imagens de ressonância magnética disponíveis para avaliação. Imagens de ressonância (da esquerda para a direita) nos planos sagital T2, sagital T1, coronal T2, axial T2 e sagital oblíquo. **(Arquivo pessoal)**

As medições de LNS, *slope* tibial, RFCL, RFCL A/P, IFCL e avaliação data do exame, presença de lesões ligamentares, meniscais e osteocondrais foram realizadas por médico cirurgião ortopedista especialista em cirurgia do joelho, familiarizado com os parâmetros avaliados. Foi utilizado software eletrônico (Philips IntelliSpace PACS - Philips ® - Amsterdam, Países Baixos), com análise das imagens sagitais em T1 com a referida correspondência dos planos axiais e coronais de modo simultâneo, como indicado pela referência base (CHRISTENSEN et al., 2015; GRASSI et al., 2019a; HODEL et al., 2019; LUCIDI et al., 2021; PFEIFFER et al., 2019) de cada parâmetro observado no estudo.

4.3.2.1 *Slope* tibial

O *slope* tibial corresponde à inclinação tibial posterior no plano sagital, sendo normal entre valores de sete a dez graus (DEJOUR et al., 2015; DEPHILLIPO et al., 2019). Corresponde ao ângulo formado entre a linha perpendicular ao longo eixo da diáfise da tíbia e uma linha tangente aos pontos mais superiores das porções anterior e posterior da superfície do côndilo tibial (CHRISTENSEN et al., 2015; HASHEMI et al., 2008).

Sua medição possui variações na literatura, mas no presente estudo foi realizada seguindo protocolo definido por avaliação de imagem no plano sagital T1 da ressonância magnética da seguinte forma: (A) o eixo anatômico da tíbia foi determinado; (B) determinou-se o centro do côndilo tibial lateral; (C) um ponto colocado no centro do côndilo tibial lateral no plano axial gerou a correlação com o plano sagital; e (D) o eixo anatômico foi copiado e o

slope tibial medido, correspondendo ao ângulo formado entre a linha perpendicular ao longo eixo da diáfise da tíbia e uma linha tangente aos pontos mais superiores das porções anterior e posterior da superfície do côndilo tibial lateral **(Figura 21)** (CHRISTENSEN et al., 2015). Graus elevados de slope são fatores preditores de instabilidade do joelho (AKOTO et al., 2020; CHRISTENSEN et al., 2015; DEJOUR et al., 2015, 2019; DEPHILLIPO et al., 2019; FEUCHT et al., 2013; GRASSI et al., 2019a, 2019b; HOHMANN et al., 2010; IMHOFF et al., 2019; LUCIDI et al., 2021; SONG et al., 2020; SONNERY-COTTET et al., 2014).

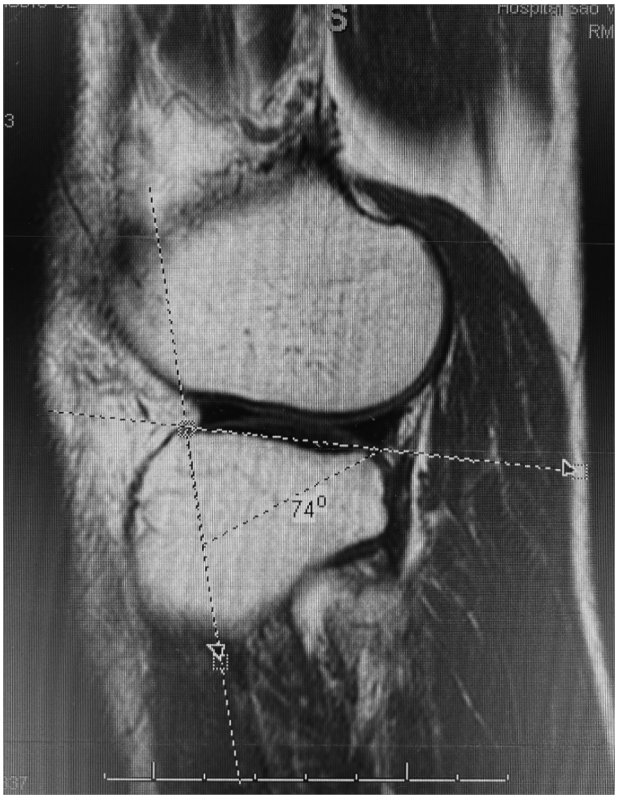


Figura 21: Medição do *slope* tibial. Após correspondência prévia no plano axial do plano central do platô tibial lateral, visualiza-se imagem no plano sagital da ponderação T1, ângulo entre eixo longo da diáfise e a superfície articular. **(Arquivo pessoal)**

4.3.2.2 *Lateral femoral notch sign*

A presença do *lateral femoral notch sign* foi diagnosticada em imagem no plano sagital T1 da ressonância magnética **(Figura 22)** e a profundidade medida em milímetros através da intersecção de uma linha reta entre os bordos mais anterior e posterior da lesão osteocondral e outra perpendicular partindo desta até a porção mais profunda da lesão **(Figura 23)** (BERTHOLD et al., 2021; GRASSI et al., 2019a; HOFFELNER et al., 2015; KANAKAMEDALA et al., 2018; LUCIDI et al., 2021).



Figura 22: Imagem diagnóstica do *lateral femoral notch sign* em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1. (Arquivo pessoal)

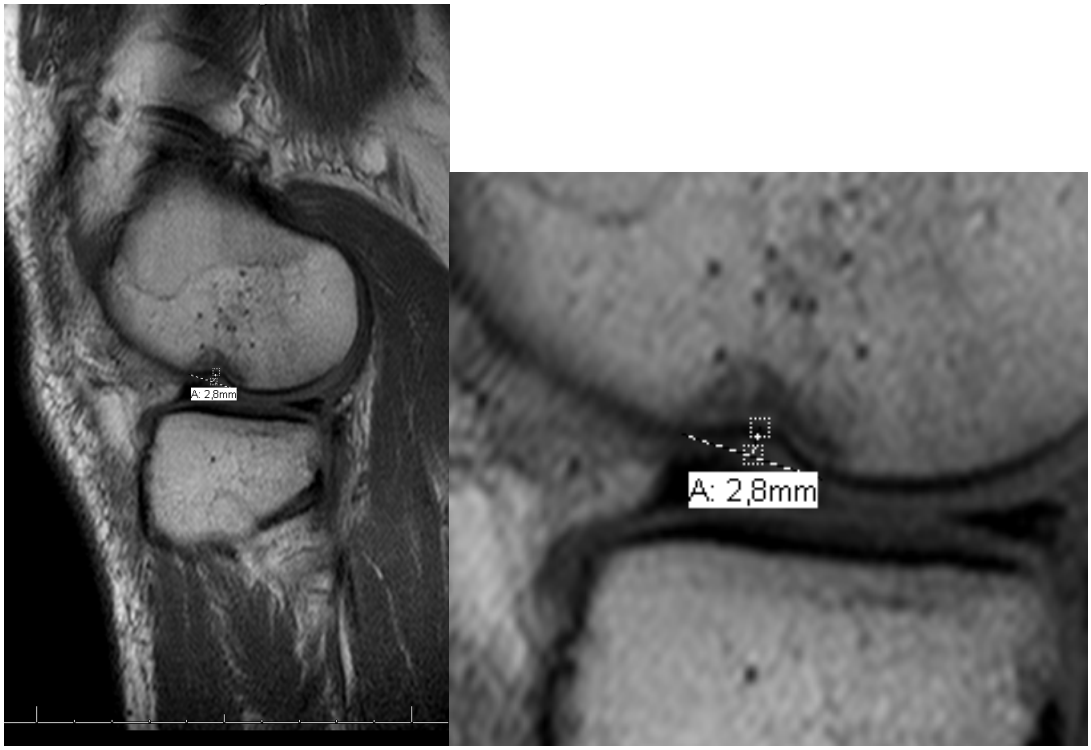


Figura 23: Medida da profundidade do *lateral femoral notch sign* em imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1. O *lateral femoral notch sign* corresponde, em milímetros, à distância entre maior profundidade da depressão e a linha tangenciando os bordos anterior e posterior da lesão. À direita imagem ampliada mostrando a medição realizada. **(Arquivo pessoal)**

4.3.2.3 Índice femoral condilar lateral

O índice femoral condilar lateral estima a esfericidade do côndilo femoral lateral, sendo medido no plano médio sagital do côndilo femoral lateral. Este é definido como o plano sagital T1 cuja correspondência no plano coronal T1 apresenta o sulco do tendão poplíteo de modo mais proeminente. Definida a imagem do plano sagital exato, realizou-se a estimativa das curvaturas de flexão e extensão pela determinação de círculos correspondentes. O círculo de extensão (B) é determinado pela esfericidade que melhor se encaixa na curvatura do osso subcondral anterior, passando pelos pontos de seis horas (distal) e nove horas (anterior). De modo análogo, o círculo de flexão (A) é determinado pela esfericidade que melhor se encaixa na curvatura do osso subcondral posterior, passando pelos pontos de seis horas (distal) e três horas (posterior) (HODEL et al., 2019). O IFCL é determinado pela divisão do diâmetro do círculo de flexão (A) pelo diâmetro do círculo de extensão (B), ou seja, A/B **(Figura 24)**.

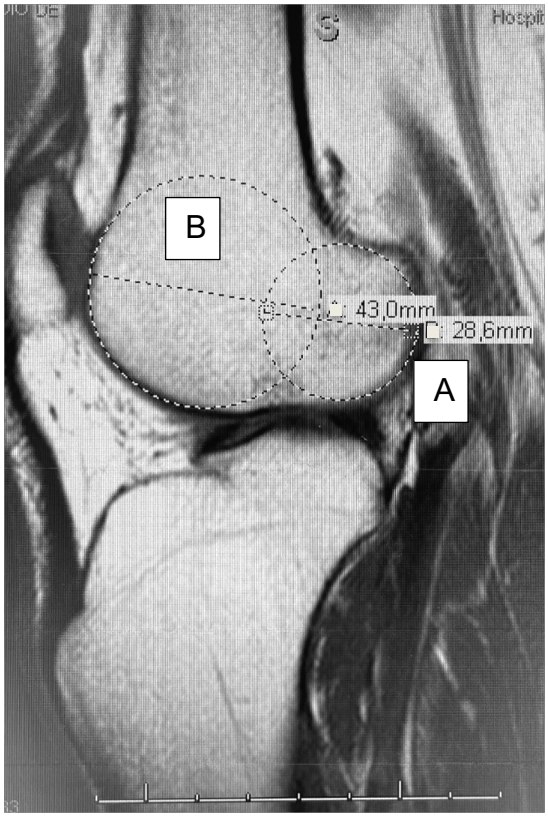


Figura 24: Medição do índice femoral condilar lateral (IFCL) em imagem sagital T1 de ressonância magnética. Utilizando imagem de ressonância magnética no plano sagital da ponderação T1, realiza-se aferição dos diâmetros dos círculos de extensão (anterior, B) e flexão (posterior, A) para determinação do IFCL. **(Arquivo pessoal)**

4.3.2.4 Razão femoral condilar lateral

As razões femorais condilar lateral (RFCL) e condilar lateral altura/profundidade (RFCL A/P) avaliam a profundidade condilar femoral posterior. A RFCL é avaliada originalmente na radiografia em perfil do joelho com técnica adequada traçando-se a intersecção de uma linha através do longo eixo da diáfise femoral (reta que encontra dois pontos médios da diáfise femoral separados por cinco centímetros entre si) e outra do eixo condilar femoral (reta que encontra os pontos mais anterior e posterior do côndilo femoral lateral) (PFEIFFER et al., 2019). A distância entre o ponto de intersecção destas linhas e o ponto mais posterior do côndilo femoral lateral dividido pelo total do eixo condilar lateral determina a RFCL **(Figura 25)**. Para padronização do estudo e avaliação apenas de imagens em T1 da ressonância magnética de todos os parâmetros estudados, foi utilizado método modificado de avaliação, respeitando os mesmo parâmetros anatômicos, através de imagens no plano sagital com maior diâmetro condilar lateral anteroposterior projetado no eixo longo da diáfise femoral, de modo análogo à avaliação radiográfica da razão altura e profundidade femoral condilar lateral (FRIDÉN et al., 1993) modificada para avaliação por ressonância magnética (GRASSI et al., 2019a).

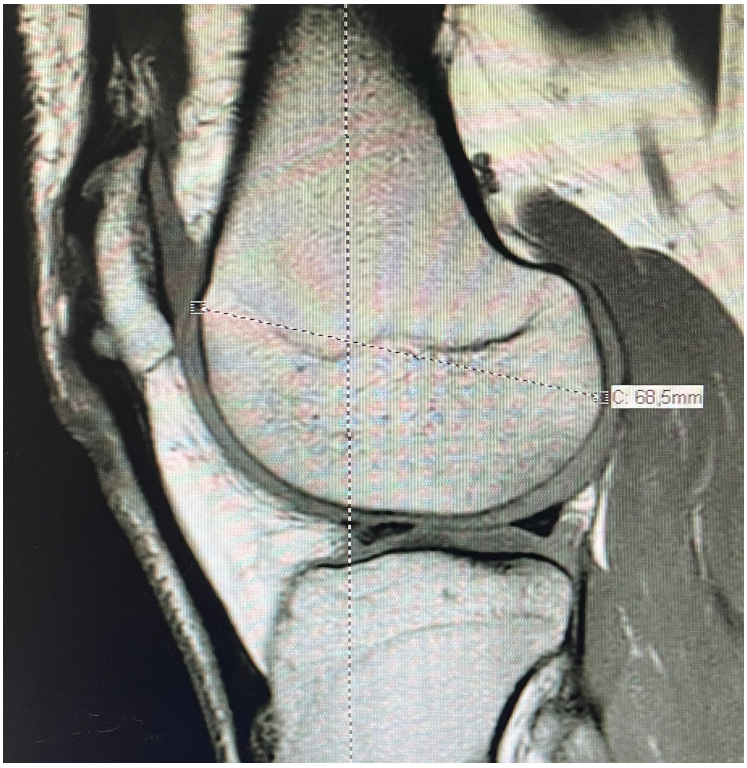


Figura 25: Medição da razão femoral condilar lateral (RFCL) em imagem sagital T1 de ressonância magnética. O longo eixo femoral (linha vertical) foi determinado por uma linha através do centro do eixo femoral. O eixo do côndilo femoral (linha horizontal) foi determinado por uma linha entre os pontos mais posterior e anterior do côndilo lateral. A distância da interseção dessas linhas para a extremidade posterior do côndilo foi dividida pelo comprimento total anteroposterior do côndilo. **(Arquivo pessoal)**

4.3.2.5 Razão femoral condilar lateral altura/profundidade

A profundidade condilar lateral também foi avaliada pela medida da RFCL A/P, utilizando modificação para ressonância magnética (GRASSI et al., 2019a) do método original radiográfico (FRIDÉN et al., 1993). Após identificação da porção subcondral mais posterior do côndilo femoral lateral nas imagens do plano axial, realiza-se a projeção deste plano para o sagital T1 **(Figura 26)**. O eixo femoral foi identificado e uma linha tangente ao côndilo e paralela ao eixo femoral, é desenhada (linha A). A linha perpendicular conectando a linha A com o eixo femoral é definida como a profundidade condilar femoral lateral (linha C). Uma linha tangencial à porção mais distal do côndilo femoral lateral e perpendicular ao eixo femoral é traçada (linha B). A distância entre as linhas C e B foi medida como a altura condilar femoral lateral. A razão entre altura e profundidade é obtida originando o valor da RFCL A/P **(Figura 26)**. Valores tendendo a um aproximam-se de um formato esférico, enquanto valores tendendo a zero aproximam-se de um formato mais elíptico com côndilo femoral lateral mais profundo (GRASSI et al., 2019a).

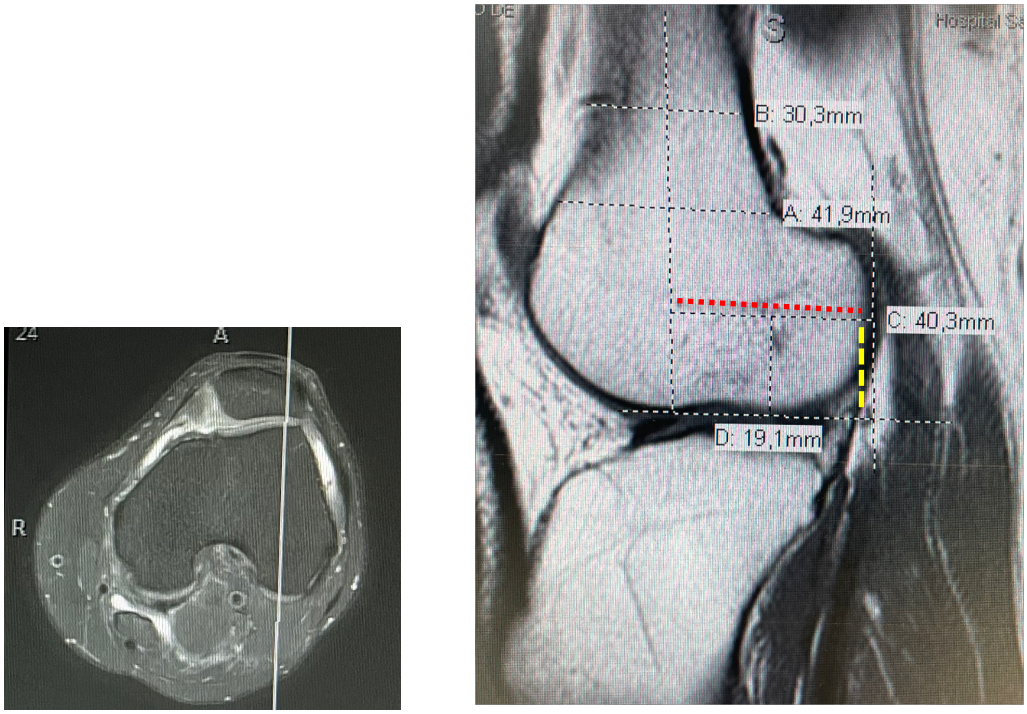


Figura 26: Medição da razão femoral condilar lateral altura/profundidade (RFCL A/P) utilizando imagem de ressonância magnética no plano sagital T1. Inicialmente, utiliza-se como referência o plano axial T2 de imagem de ressonância magnética na qual o côndilo femoral lateral apresenta maior profundidade (figura da esquerda). A seguir, a imagem correspondente no plano sagital da ponderação T1 é usado para realizar a medição da razão estudada (figura da direita). Traça-se o eixo anatômico femoral (linha vertical preta tracejada). Em seguida, traça-se uma linha paralela a este eixo, tangenciando a borda posterior do côndilo femoral lateral. A distância entre as duas linhas, na altura de maior profundidade do côndilo, corresponde à profundidade estudada (linha vermelha tracejada). Uma última linha paralela é traçada tangenciando distalmente o limite distal do côndilo femoral lateral. A distância entre as linhas da profundidade (linha vermelha tracejada) e a linha distal tangenciando o côndilo femoral lateral em sua porção mais distal corresponde à altura avaliada (linha amarela tracejada). A RFCL A/P é definida pela razão entre altura condilar (linha amarela tracejada) e a profundidade condilar (linha vermelha tracejada). **(Arquivo pessoal)**

4.4 Análise estatística

A LNS foi estratificada de duas formas distintas para avaliar a relevância estatística entre as diferentes faixas de profundidade do LNS e a presença ou ausência da lesão do menisco lateral. LNS, *slope* e IFCL foram separados em grupos de acordo com valores de corte associados a maior instabilidade, segundo estudos prévios. RFCL e RFCL A/P foram analisados de acordo com valores médios e sua distribuição, visto que não apresentam um valor de anormalidade fixo descrito na literatura.

Para análise das variáveis quantitativas contínuas avaliou-se a normalidade de distribuição dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. As variáveis quantitativas foram apresentadas por meio de medidas de tendência central (média e mediana) e por medidas de variabilidade (desvio-padrão, percentil^{25} e percentil^{75}). Foram avaliadas por análise de variância

(ANOVA) de uma via, quando apresentaram distribuição normal, ou pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, quando não apresentaram distribuição normal. Para comparações de medianas foi usado o teste Mann Whitney.

As variáveis categóricas foram expressas por meio de frequências absolutas e relativas (percentuais), sendo comparadas pelo teste Qui-quadrado ($\chi 2$) ou pelo teste exato de Fisher (quando necessário), observando se houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados. Para mensurar a magnitude de associação entre as variáveis categórica selecionadas, foi realizada uma regressão logística não condicional, obtendo assim as Razões de Chance (*Odds Ratio*) e seus respectivos intervalos de confiança.

A fim de melhorar a visualização dos resultados, foram construídos gráficos (dispersão e box-plot) de acordo com as variáveis analisadas. Para todas as análises foram consideradas estatisticamente significativas aquelas que apresentaram um grau de confiabilidade de 95% ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas e gráficos foram elaborados através do *software IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM, Chicago, IL, USA).*

4.5 Tamanho amostral

Considerando literatura recente sobre o tema (GANS et al., 2018), com uma taxa de ruptura de ligamento cruzado de joelho entre 60-70 por 100 mil pessoas-ano, com erro amostral de 2%, nível de confiança de 95% e poder de estudo de 80%, foi calculado um tamanho amostral mínimo de 72 participantes.

5 RESULTADOS

5.1 População de estudo

Ao todo foram encontrados 173 joelhos de 170 pacientes com lesão de LCA e submetidos a reconstrução ligamentar no Hospital São Vicente de Paulo. Destes, 99 foram excluídos: quatro por terem sido submetidos a reconstrução multiligamentar, um submetido a revisão de reconstrução de LCA e 94 não realizaram a ressonância magnética no referido hospital. Permaneceram no estudo 74 joelhos de 73 pacientes, sendo 13 mulheres e 60 homens **(Figura 27)**. Um paciente masculino teve lesão bilateral avaliada no estudo. A amostra foi representada principalmente por homens, adultos jovens e distribuição igual com relação à lateralidade (**Tabela 1)**.

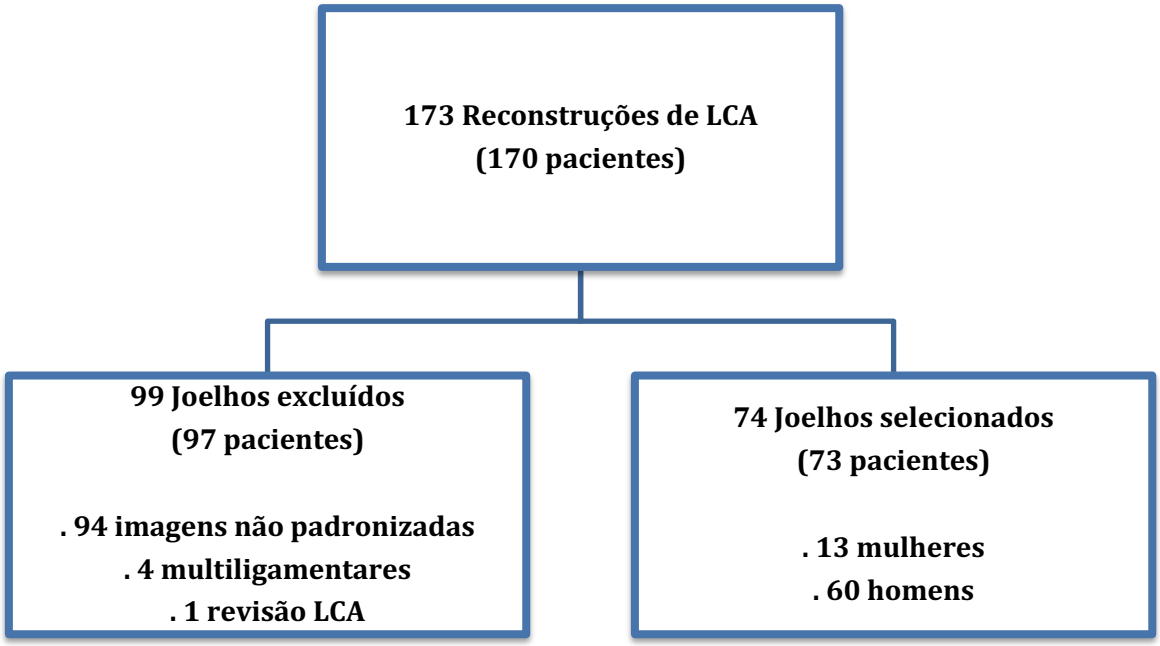


Figura 27 : Fluxograma da seleção dos pacientes

Tabela 1: Características gerais da amostra.

Variáveis selecionadas	Frequência n (%)
Sexo (n=73)	
Feminino	13 (17,8)
Masculino	60 (82,2)
Idade (n=73)	
≤ 20 anos	4 (5,5)
21 - 30	34 (46,6)
31 - 40	20 (27,4)
41 - 50	10 (13,7)
> 50	5 (6,8)
Lateralidade (n=73)	
Esquerda	36 (49,3)
Direita	36 (49,3)
Bilateral	1 (1,4)

5.2 Frequências e valores médios

Baseado em literatura relativa a cada parâmetro, foram assumidos os valores de corte associados a maior incidência de instabilidade rotatória ou relesão, sendo eles LNS maior ou igual a dois milímetros, *slope* tibial maior que 12 graus e IFCL menor que 0,7. Estes pontos de corte, além da presença ou ausência de lesão do menisco lateral, foram aplicados para comparação entre os grupos nas avaliações subsequentes. Foram analisadas as frequências das variáveis estudadas **(Tabela 2)**, além dos valores médios **(Tabela 3)** na população estudada.

Tabela 2: Frequência (%) das variáveis femorotibiais na população de estudo.

Variáveis avaliadas	n=74 joelhos (%)
LNS	
Ausente	39 (52,7)
0<x<2 mm	24 (32,4)
≥2 mm	11 (14,9)
Menisco lateral	
Sem lesão	49 (66,3)
Com lesão	25 (33,7)
Slope tibial	
≤12 graus	61 (82,5)
>12 graus	13 (17,5)
IFCL	
≥0,7	60 (81,1)
<0,7	14 (18,9)

Tabela 3: Valores médios das variáveis femorotibiais na população de estudo.

Variáveis avaliadas	n=74 joelhos
Slope tibial	
Média (DP)	9,38 (2,85)
Mediana (P_{25}-P_{75})	9,0 (8,0-11,0)
IFCL	
Média (DP)	0,76 (0,07)
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,75 (0,72-0,82)
RFCL	
Média (DP)	0,61 (0,04)
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,61 (0,59-0,64)
RFCL A/P	
Média (DP)	0,49 (0,04)
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,49 (0,46-0,51)

5.3 Menisco lateral

Foram comparadas as frequências das variáveis relativas aos parâmetros anatômicos entre os grupos com e sem lesão do menisco lateral.

A comparação entre os grupos com e sem lesão meniscal **(Tabela 4)** quanto a valores de *slope* tibial, IFCL, RFCL e RFCL A/P não apresentou relevância, diferente do ocorrido na relação LNS e lesão meniscal lateral (p=0,03).

Tabela 4: Comparação de variáveis entre grupos sem e com lesão do menisco lateral.

Variáveis avaliadas	Sem lesão ML n=49 (%)	Com lesão ML n=25 (%)	p valor
LNS			
Ausente	29 (59,2)	10 (40,0)	0,07
0<x<2 mm	16 (32,7)	8 (32,0)	
≥2 mm	4 (8,2)	7 (28,0)	
LNS			
Ausente	29 (87,9)	10 (58,8)	**0,03**
≥2 mm	4 (12,1)	7 (32,0)	
Slope tibial			
≤12 graus	39 (79,6)	22 (88,0)	0,52
>12 graus	10 (20,4)	3 (12,0)	
IFCL			
≥0,7	40 (81,6)	20 (80,0)	0,89
<0,7	9 (18,4)	5 (20,0)	
RFCL			
Média (DP)	0,61 (0,04)	0,62 (0,04)	0,52
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,61 (0,59 – 0,64)	0,62 (0,60-0,64)	0,72
RFCL A/P			
Média (DP)	0,49 (0,04)	0,49 (0,05)	0,89
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,49 (0,46 – 0,51)	0,49 (0,46 – 0,51)	1,00

Teste Qui-quadrado: comparação entre percentuais (LNS, IFCL, Slope tibial)
Teste Mann Whitney: comparação médias/medianas (RFCL, RFCL A/P)

5.3.1 Lesão do menisco lateral e LNS ≥ 2mm

A comparação entre os grupos com e sem lesão do menisco lateral quanto à ausência ou presença de LNS maior ou igual a dois milímetros apresentou diferença significativa (p=0,03), havendo associação entre presença de lesão do menisco lateral e LNS maior ou igual a dois milímetros. O grupo com lesão meniscal apresentou 32% (n=7) dos pacientes com LNS maior ou igual a dois milímetros, enquanto o grupo sem lesão apenas 12,1% (n=4). Ao calcular a estimativa de risco (*Odds Ratio* - OR), foi observado que a chance de apresentar lesão no menisco lateral é 5x maior para LNS igual ou superior a dois milímetros (OR=5,1 - IC95%: 1,2-21,1).

Vale destacar que quando realizada a estratificação do LNS em três grupos, o grupo com valores maiores que zero e menores que dois milímetros apresentou diferenças similares com relação a presença ou ausência de lesão do menisco lateral, apesar de não apresentarem significância estatística (p=0,07) como a comparação prévia (p=0,03).

5.4 LNS

Além da análise entre as diferentes profundidades do LNS e presença ou ausência de lesão meniscal lateral descritas acima, também foram analisadas as diferenças entre LNS e os demais parâmetros. Para tal, o LNS foi estratificado de duas formas **(Tabelas 5 e 6)**, apresentando resultados similares. Em ambas, não houve diferença significativa na comparação dos grupos de LNS quanto aos valores de *slope* tibial, RFCL e RFCL A/P, porém houve na relação entre LNS maior ou igual a dois milímetros com IFCL diminuído.

Tabela 5: Comparação de variáveis entre grupos estratificados pela profundidade do LNS.

Variáveis avaliadas	LNS ausente n=39 (%)	LNS 0<x<2 n=24 (%)	LNS ≥2 n=11 (%)	p valor
Slope tibial				
≤12 graus	31 (79,5)	20 (83,3)	10 (90,9)	0,67
>12 graus	8 (20,5)	4 (16,7)	1 (9,1)	
IFCL				
≥0,7	36 (92,3)	17 (70,8)	7 (63,6)	**0,03**
<0,7	3 (7,7)	7 (29,2)	4 (36,4)	
RFCL				
Média (DP)	0,62 (0,05)	0,61 (0,03)	0,60 (0,04)	0,76
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,62 (0,60 – 0,64)	0,61 (0,60 – 0,62)	0,62 (0,59 – 0,63)	0,68
RFCL A/P				
Média (DP)	0,49 (0,04)	0,49 (0,05)	0,47 (0,05)	0,63
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,49 (0,47 – 0,52)	0,49 (0,46 – 0,51)	0,46 (0,44 – 0,50)	0,54

Teste Qui-quadrado: comparação entre percentuais (IFCL, Slope tibial)
Teste Mann Whitney: comparação médias/medianas (RFCL, RFCL A/P)

Tabela 6: Comparação de variáveis entre grupos estratificados pela profundidade do LNS.

Variáveis avaliadas	LNS ausente n=39 (%)	LNS ≥2 n=11 (%)	p valor
Slope tibial			
≤12 graus	31 (79,5)	10 (90,9)	0,38
>12 graus	8 (20,5)	1 (9,1)	
IFCL			
≥0,7	36 (92,3)	7 (63,6)	**0,02**
<0,7	3 (7,7)	4 (36,4)	
RFCL			
Média (DP)	0,62 (0,05)	0,60 (0,04)	0,68
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,62 (0,60 – 0,64)	0,62 (0,59 – 0,63)	0,76
RFCL A/P			
Média (DP)	0,49 (0,04)	0,47 (0,05)	0,34
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,49 (0,47 – 0,52)	0,46 (0,44 – 0,50)	0,22

Teste Qui-quadrado: comparação entre percentuais (IFCL, Slope tibial)
Teste Mann Whitney: comparação médias/medianas (RFCL, RFCL A/P)

5.4.1 LNS ≥ 2mm e IFCL diminuído

Foi possível observar associação significativa ao avaliar IFCL e LNS (p=0,02), havendo associação entre os grupos com IFCL diminuído e LNS aumentado. O grupo LNS maior ou igual a dois milímetros teve 36,4% (n=4) dos pacientes com IFCL <0,7, enquanto no grupo LNS ausente foi de apenas 7,7% (n=3). Houve associação positiva nesta análise, apontando que a chance de ter LNS maior ou igual a dois milímetros é quase 7x maior para pacientes classificados com IFCL <0,7 quando comparado ao grupo LNS ausente (OR=6,9 - IC95%: 1,3-37,6).

5.4.2 LNS ≥ 2mm e RFCL A/P

Apesar de não apresentar relevância estatística (p=0,22), há uma tendência à associação entre LNS maior ou igual a dois milímetros e RFCL A/P diminuído, sendo possível observar valores menores de RFCL A/P no grupo LNS maior ou igual a dois milímetros **(Figuras 28 e 29)**.

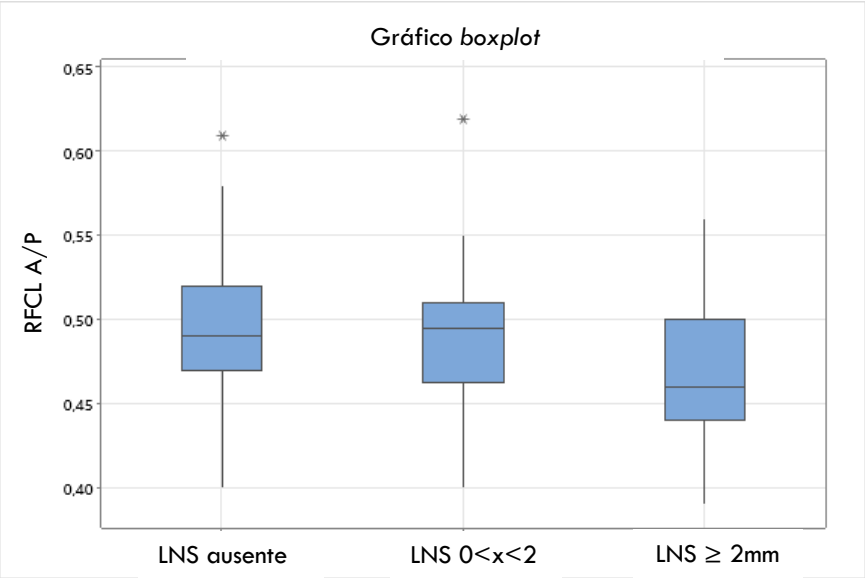


Figura 28: Gráfico *Boxplot* correlacionando valores das medianas de RFCL A/P com grupos LNS estratificados pela profundidade. Grupo LNS ≥2mm com tendência a valores diminuídos de RFCL A/P. Grupos LNS ausente, LNS 0<x<2 e LNS ≥ 2mm**.**

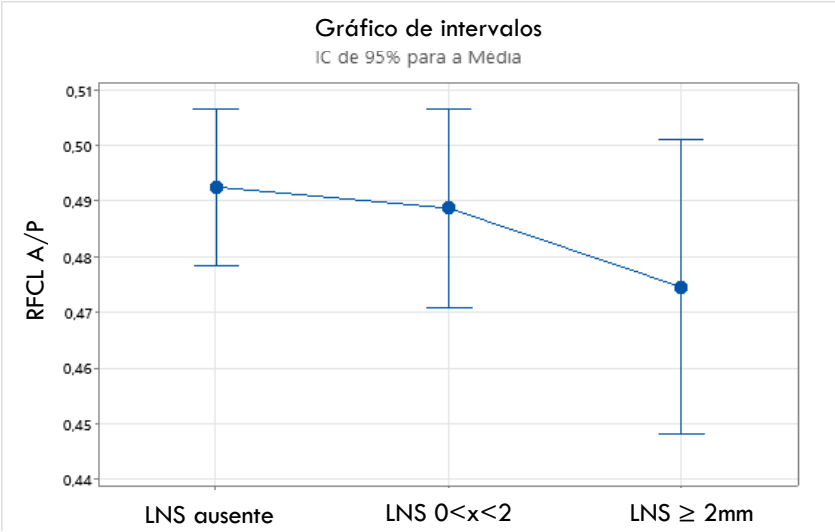


Figura 29: Gráfico de intervalo correlacionando valores das médias de RFCL A/P com grupos LNS estratificados pela profundidade. Gráfico de intervalos de confiança (IC) com grupo LNS ≥2mm tendendo a valores diminuídos de RFCL A/P. Grupos LNS ausente, LNS 0<x<2 e LNS ≥ 2mm.

5.5 IFCL

Ao usar o teste não paramétrico (*Mann Whittney*), as diferenças das medianas de RFCL A/P foram significativas entre os grupos IFCL (p=0,04). Para *slope* tibial, médias de RFCL e RFCL A/P, e medianas de RFCL não houve diferença significativa **(Tabela 7)**.

Tabela 7: Comparação de variáveis entre grupos IFCL maior ou igual à 0,7, e menor que 0,7.

Variáveis avaliadas	IFCL ≥0,7 n=43 (%)	IFCL <0,7 n=7 (%)	p valor
Slope tibial			
≤12 graus	35 (81,4)	6 (85,7)	0,88
>12 graus	8 (18,6)	1 (14,3)	
RFCL			
Média (DP)	0,61 (0,04)	0,61 (0,03)	0,99
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,61 (0,60 – 0,64)	0,61 (0,58 – 0,64)	0,79
RFCL A/P			
Média (DP)	0,49 (0,04)	0,47 (0,05)	0,20
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,49 (0,47 – 0,52)	0,47 (0,43 – 0,49)	**0,04**

Teste Qui-quadrado: comparação entre percentuais (Slope tibial)
Teste Mann Whitney: comparação médias/medianas (RFCL, RFCL A/P)

5.6 RFCL e RFCL A/P

Os resultados relevantes quanto a estes parâmetros foram citadas em tópicos prévios, sendo eles: a tendência discreta à associação entre LNS ≥2mm e RFCL A/P diminuído e significante associação entre mediana de RFCL A/P com valor diminuído e IFCL diminuído.

5.7 LNS ≥ 2mm e lesão do menisco lateral associadas

Comparando grupo com LNS maior ou igual a dois milímetros e lesão do menisco lateral combinadas, com grupo de pacientes que apresentavam apenas uma ou nenhuma das alterações, encontrou-se diferença significante (p=0,03) com relação aos valores das medianas de RFCL A/P, através do teste não paramétrico de *Mann Whittney* **(Tabela 8)**.

Tabela 8: Comparação dos parâmetros morfológicos entre grupo com lesão combinada do menisco lateral e LNS maior ou igual a dois milímetros, e grupo sem essa associação.

Variáveis avaliadas	Grupo 01* n=67 (%)	Grupo 02** n=7 (%)	p valor
Slope tibial			
≤12 graus	55 (82,1)	6 (85,7)	
>12 graus	12 (17,9)	1 (14,3)	0,81
IFCL			
≥0,7	54 (80,6)	6 (85,7)	
<0,7	13 (19,4)	1 (14,3)	0,74
RFCL			
Média (DP)	0,61 (0,04)	0,60 (0,04)	0,30
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,61 (0,60-0,64)	0,61 (0,57-0,64)	0,59
RFCL A/P			
Média (DP)	0,49 (0,04)	0,47 (0,05)	0,29
Mediana (P_{25}-P_{75})	0,49 (0,47-0,51)	0,46 (0,43-0,49)	**0,03**

*Grupo 01: Sem associação de lesão do menisco lateral & LNS ≥2 mm
**Grupo 02: Com lesão do menisco lateral & LNS ≥2 mm

Teste Qui-quadrado: comparação entre percentuais (IFCL, Slope tibial)
Teste Mann Whitney: comparação médias/medianas (RFCL, RFCL A/P)

5.8 *Slope* tibial

A comparação entre os grupos com *slope* tibial maior ou igual a 12 e menor que 12, quanto aos valores de IFCL, RFCL, RFCL A/P, presença ou ausência de lesão do menisco lateral ou LNS, não apresentou diferença significativa em nenhum dos parâmetros estudados.

6 DISCUSSÃO

Nosso estudo encontrou associação significativa entre alguns parâmetros morfológicos femorotibiais (IFCL e RFCL A/P) na imagem de ressonância magnética e as alterações diagnósticas de instabilidade rotatória aumentada, confirmando a hipótese inicial de que alterações morfológicas na imagem de ressonância magnética possuem associação com a instabilidade rotatória aumentada em joelhos de pacientes com lesão do LCA.

Até o presente momento, esse é o primeiro estudo a correlacionar, em joelhos de pacientes com lesão do LCA, os parâmetros de avaliação de alterações morfológicas propostos recentemente na literatura mundial (IFCL, RFCL, RFCL A/P e *slope* tibial) e dados indicativos de instabilidade rotatória aumentada (identificação de lesão do menisco lateral e avaliação qualitativa e quantitativa do LNS).

O primeiro achado de instabilidade rotatória aumentada comparado aos demais parâmetros morfológicos estudados foi a lesão do menisco lateral. A incidência de lesão do menisco lateral no presente estudo foi de 33,7%. Os diagnósticos foram realizados por imagens de ressonância magnética. Comparando com a literatura, a incidência de lesão meniscal lateral encontrada no nosso estudo situou-se em faixa intermediária, sendo grande a variabilidade relatada destes valores, de 17% (GRANAN et al., 2009), 29,8% (KANAKAMEDALA et al., 2018), 34,6 % (HOSHINO et al., 2019) até 60% (DE SMET; MUKHERJEE, 2008) em populações com lesão do LCA. Especificamente, a lesão de sua raiz posterior apresenta incidência de 8 a 14% (FEUCHT et al., 2015; FRANK et al., 2017). Essa variabilidade pode ser explicada pelo fato de que a taxa de negligenciamento do diagnóstico apenas por imagem pode chegar a dois terços dos casos (KRYCH et al., 2018; LAPRADE et al., 2015; LAUNDRE et al., 2009)

Encontramos que a chance de apresentar lesão no menisco lateral é cinco vezes maior para pacientes com LNS ≥2mm, após avaliação da maior presença de lesão do menisco lateral no grupo com LNS ≥2mm (p=0,03). Este dado é relevante, pois foi possível correlacionar essa associação não somente ao diagnóstico da presença do LNS, mas também à sua profundidade aumentada (≥2mm). O grupo com profundidade entre 0<x<2 milímetros também apresentou associação com lesão do menisco lateral, porém sem significância estatística (p=0,07). Esta associação entre lesão do menisco lateral e LNS >2mm foi encontrada em poucos estudos até o presente momento (BERTHOLD et al., 2021; HERBST et al., 2015; KANAKAMEDALA et al., 2018). Estudo recente (KANAKAMEDALA et al., 2018) utilizou imagens de radiografias e ressonância magnética de 84 pacientes com lesão do LCA, diferente do nosso estudo pois utilizamos apenas ressonâncias, concluindo que pacientes com lesão concomitante do menisco lateral tinham associação significativa a uma profundidade de LNS >2mm. Usando metodologia similar ao artigo acima, outro trabalho utilizou radiografias simples laterais e imagens de ressonância magnética sagital de 500 pacientes com lesões agudas e confirmadas artroscopicamente do LCA. Os autores avaliaram retrospectivamente profundidade, comprimento e posição do LNS, concluindo que um LNS >2mm correlaciona-se com a ocorrência de rupturas do menisco lateral (HERBST et al., 2015). Um terceiro estudo, de modo similar ao nosso por utilizar imagens apenas de ressonância magnética, avaliou 115 pacientes com lesão do LCA, demonstrando que a presença de LNS na ressonância magnética pré-operatória pode ser preditiva para lesão da raiz posterior do menisco lateral. Como o LNS ocorre em quase 40% dos pacientes com lesões combinadas do LCA e raiz meniscal, e a identificação por imagem da lesão da raiz meniscal lateral não é sempre acurada, concluíram que o LNS pode ser um achado secundário útil no diagnóstico precoce de lesões meniscais, evitando erros diagnósticos e facilitando a tomada de decisão cirúrgica, com consequentes melhores resultados clínicos (BERTHOLD et al., 2021). Há sentido lógico na associação entre LNS mais profundo

com lesão do menisco lateral pois ambos estão envolvidos com a instabilidade rotatória aumentada no joelho com lesão do LCA. Há de se compreender em estudos futuros como estas duas alterações interagem entre si, e com alterações morfológicas femorotibiais (*slope* tibial aumentado, alteração da esfericidade ou formato mais aprofundado condilar femoral lateral). Até o presente momento, não há estudos que avaliem como todos esses fatores atuam em conjunto, principalmente para esclarecer se são efeitos da instabilidade rotatória aumentada ou causas deste fenômeno.

Esta associação entre LNS ≥2mm e lesão meniscal lateral (p=0,03) corrobora a definição de que o LNS >2mm é preditor pré-operatório de instabilidade rotatória de alto grau em joelhos com lesão do LCA. Essa conclusão se deu após avaliação quantitativa cinemática intra-operatória, do teste de *pivot shift* de 90 pacientes submetidos a reconstrução do LCA (LUCIDI et al., 2021). Todavia, no estudo citado não foi avaliada a associação com outros parâmetros morfológicos, como fizemos. Esse achado contrasta com estudo prévio (KANAKAMEDALA et al., 2018), na qual não houve correlações significativas entre a profundidade do LNS, avaliada em radiografia ou ressonância magnética, e translação do compartimento lateral ipsilateral ou aceleração tibial durante um teste quantitativo de *pivot shift*. Esta diferença de resultados pode ser explicada por divergências metodológicas entre ambos. Primeiro, no estudo mais antigo, e que não comprovou associação, foram analisados 64 casos, relatando seis casos com LNS mais profundos do que dois milímetros, enquanto no estudo mais recente foram incluídos 90 casos, dos quais dez apresentavam LNS profundo (maior que dois milímetros). É possível que o estudo mais recente tenha conseguido identificar diferenças significativas graças a uma coorte maior de pacientes e um número maior com LNS mais profundo. Além disso, o *pivot shift* foi quantificado com diferentes ferramentas: KANAKAMADELA et al., 2018 usaram o acelerômetro triaxial e software de análise de imagem baseado em sensores cutâneos e *tablet,* enquanto que no trabalho de LUCIDI et al., 2021, a análise biomecânica foi realizada

com sistema de navegação cirúrgica, o qual é considerada o padrão ouro para a quantificação biomecânica intra-operatória porque pode superar o efeito tampão da pele ocorrido na aferição por sensores cutâneos. Por fim, escolheram uma configuração de análise diferente, realizando uma correlação direta entre a profundidade do LNS e a quantidade de frouxidão. Como observado no estudo mais recente, apenas os pacientes com LNS mais profundo que dois milímetros apresentaram frouxidão aumentada, portanto, uma análise sem essa estratificação de dados não poderia dar os mesmos resultados nos dois estudos.

Identificamos que a chance de ter LNS ≥2mm é quase sete vezes maior para pacientes com IFCL <0,7 comparado ao grupo LNS ausente (p=0,02), após análise das profundidades do LNS com alterações morfológicas femorotibiais (IFCL <0,7, RFCL aumentado, RFCL A/P diminuído, *slope* tibial > 12 graus). Não há relato de investigação similar até o momento, e tal associação permite estabelecer o raciocínio que um fêmur com alteração da esfericidade, parâmetro inferido pelo valor de IFCL <0,7 (HODEL et al., 2019), está associado a critério de instabilidade rotatória aumentada (LNS ≥2mm), podendo, portanto, ser considerado também um fator preditor de instabilidade rotatória de alto grau.

Os valores de RFCL e RFCL A/P, resumidamente, avaliam a presença de côndilo femoral lateral mais profundo, porém com métodos diferentes e relações numéricas opostas. Não há na literatura estudo que procure correlacionar entre si esses dois métodos de avaliação, sendo utilizado sempre apenas um deles (FRIDÉN et al., 1993; GRASSI et al., 2019a; KIM; PARK; WON, 2021; LI et al., 2021; PFEIFFER et al., 2019). No RFCL, um fêmur mais aprofundado possui valor da razão aumentado, pois o numerador da razão corresponde a porção posterior ao eixo femoral. Já no RFCL A/P, um fêmur mais aprofundado apresentará valor diminuído, pois o denominador da razão é quem corresponde a profundidade, portanto se profundidade maior que altura, os valores finais tendem a ficar menores. Por não apresentar um

valor de corte fixo na literatura, tanto os valores de RFCL, quanto de RFCL A/P foram avaliados quanto as suas médias e medianas, não sendo possível separar em grupos definidos como os outros parâmetros do estudo. Mesmo assim, o RFCL A/P apresentou associações relevantes em sua análise. Apesar de não ter sido estatisticamente significante, foram observados valores menores de RFCL A/P no grupo LNS ≥2mm (média com p=0,34 e mediana com p=0,22). Esta relação similar com pouca força estatística entre RFCL A/P diminuído e instabilidade aumentada foi relatada em estudo (GRASSI et al., 2019a) com avaliação de 3 grupos pacientes: lesão primária, falha única de reconstrução de LCA e múltiplas falhas. Os autores deste artigo avaliaram a relevância da morfologia do côndilo lateral do fêmur, encontrando valores diminuídos de RFCL A/P associados a pacientes que apresentaram múltiplas falhas do LCA. Em termos práticos, um côndilo femoral lateral com maior profundidade em relação à sua altura poderia estar associado à recorrência da falência do LCA (GRASSI et al., 2019a). Outro estudo avaliando o RFCL em radiografias, diferente do nosso pois analisamos apenas ressonâncias magnéticas, encontrou maior profundidade do côndilo femoral em pacientes com lesão bilateral do LCA comparado a pacientes com reconstrução do LCA unilateral (PFEIFFER et al., 2019). A ausência de relevância estatística nas nossas associações citadas neste parágrafo suscita a idéia que a profundidade do côndilo lateral pode ser um fator de risco secundário para falha do LCA, especialmente para múltiplos episódios, e por isso mesmo uma associação sutil como a encontrada no presente estudo pode ter efeitos relevantes na prática, quando associada a outros fatores.

Outra associação com relevância que encontramos (p=0,04) foi entre IFCL diminuído (côndilo femoral não esférico) e a mediana de RFCL A/P diminuída (côndilo femoral lateral profundo). Essa relação não é relatada em outros estudos e poderia indicar uma interessante associação entre estes dois parâmetros de avaliação da morfologia femoral, visto que encontramos, em paralelo, associação significativa entre IFCL e critério de instabilidade

rotatória exacerbada (LNS ≥2mm). Caso confirmado em mais estudos, este possível padrão combinado de alteração morfológica femoral poderia ser útil na triagem pré-operatória de joelhos com morfologia alterada. Mecanicamente, o efeito prejudicial de um côndilo femoral lateral mais profundo (traduzido por RFCL aumentado ou RFCL A/P diminuído), pode ser explicado devido a uma interação tibiofemoral alterada. O deslocamento posterior aumentado do côndilo femoral lateral pode levar a uma forma mais oval e não isométrica do fêmur, gerando consequente alteração da marcha e mecânica de carga com diminuição da área de contato entre o fêmur e a tíbia, além de aumentar o comprimento e anisometria das estruturas estabilizadoras ântero-laterais (ligamento ântero-lateral, ligamento colateral lateral, banda iliotibial, banda iliotibial, fibras de *Kaplan*) (PFEIFFER et al., 2019). Paradoxalmente, estudo com avaliação de radiografias em perfil de 100 pacientes com lesão do LCA não tratados cirurgicamente, mostrou associação de formatos mais esféricos com pacientes que apresentaram instabilidade clínica, e foram consequentemente tratados cirurgicamente (FRIDÉN et al., 1993). Este resultado contraditório pode ser explicado pois não havia avaliação de outros fatores associados a instabilidade como presença de lesão meniscal ou outros fatores morfológicos. As conclusões e medições usadas no estudo também foram diferentes das utilizadas em estudos subsequentes, prejudicando a capacidade de traçar comparações relevantes. Sabe-se que o LAL e as fibras de *Kaplan* apresentam atuação destacada na estabilidade rotatória, pois restringem a rotação interna no joelho com lesão do LCA, havendo atuação comparativa mais destacada para as fibras de *Kaplan* em maiores graus de flexão (GEESLIN et al., 2018a, 2018b; GODIN et al., 2017). A influência de um côndilo femoral lateral ovalado pode ter maior impacto justamente por alterar a tensão nativa dessas estruturas estabilizadoras extra-articulares, principalmente em graus maiores de flexão, na qual encontram-se sob menor tensão e realizando menor ação. A consequência clínica dessa instabilidade aumentada foi estudada recentemente sendo

demonstrado que aumento do RFCL é fator de risco para lesão em rampa na zona vermelho-vermelha do menisco medial (KIM; PARK; WON, 2021) e lesão do LCA (LI et al., 2021).

Finalmente, a última associação significante encontrada nas avaliações corresponde ao valor da mediana de RFCL A/P diminuída no grupo que apresentava lesão do menisco lateral combinada a LNS ≥2mm. Não há investigação igual na literatura, e pode ser interpretada como associação de um fêmur com maior profundidade (anatomia alterada da normalidade) com dois fatores associados a instabilidade rotatória aumentada, podendo haver relação de causa efeito implícita.

Sobre o *slope* tibial, o estudo atual não demonstrou associação significativa entre ele e qualquer parâmetro avaliado, apesar de 17,5% dos pacientes apresentarem *slope* aumentado. O aumento dos seus valores, mais precisamente acima de 12 graus, tem sido associado a maior taxa de reruptura e, por isso, foi usado como parâmetro de corte entre os grupos. Todavia, a ausência de associação com fatores indicativos de instabilidade rotatória (lesão menisco lateral e LNS ≥2mm) possui similaridade na literatura, visto que recentemente demonstrou-se que o *slope* tibial aumenta significativamente a translação anterior tibial de modo estático e dinâmico em joelhos com lesão do LCA, mas não foi associado a alterações no *pivot shift* (DEJOUR et al., 2019). A não associação com IFCL, RFCL e RFCL A/P pode ser explicada pois estes analisam parâmetros de alteração no formato femoral, e, portanto, não necessariamente um joelho teria de apresentar alteração combinada do fêmur e da tíbia. Apesar disso, o *slope* tibial tem sido motivo de amplo debate nos últimos anos, sendo cada vez mais ampliada sua indicação cirúrgica de correção de valores exacerbados em revisões de reconstrução do LCA (AKOTO et al., 2020; BATTY et al., 2021; CHRISTENSEN et al., 2015; DEJOUR et al., 2015, 2019; DEPHILLIPO et al., 2019; FEUCHT et al., 2013; GRASSI et al., 2019b; HOHMANN et al., 2010; IMHOFF et al., 2019; SONG et al., 2020). Outra consideração comparativa do nosso

estudo com a literatura se refere ao método de avaliação, visto que avaliamos o *slope* tibial segundo sua inclinação óssea. Estudos recentes têm proposto o uso da inclinação tibial referenciada pelos aspectos anterior e posterior do menisco lateral ("*slope* meniscal"), o qual seria mecanicamente mais fidedigno do que as medições ósseas (FEUCHT et al., 2013).

Entende-se que a gênese da instabilidade rotatória do joelho é multifatorial. Um ou mais fatores somados podem potencializar o teste do *pivot shift,* aumentar a instabilidade clínica pós-operatória ou mesmo aumentar o número de relesões. O intuito do trabalho foi analisar as relações dos parâmetros de avaliação da morfologia do joelho em pacientes com lesão do LCA, a procura de achados significantes sobre as relações entre presença de alterações morfológicas e instabilidade rotatória aumentada do joelho. Não temos o objetivo de, apenas com este estudo, elucidar todas as questões e dar peso exato a todos os componentes desta complexa equação.

O estudo foi pautado em análises de imagem e estatística, dando menos peso a fatores sujeitos a viés de aferição, como o relato médico de descrições de atos cirúrgicos e exames físicos retrospectivos disponíveis no levantamento de dados inicial. Por isso, apesar de averiguado que 90,5% dos casos apresentaram *pivot shift* positivo e 100% a gaveta anterior positiva, estes dados não foram utilizados nas análises do estudo. O uso de avaliações quantitativas do *pivot shift* seria uma alternativa interessante, porém não exequível neste estudo*,* tanto por seu caráter retrospectivo, quanto pela falta aparelhagem de alto custo para tal aferição, além da impossibilidade de confiar plenamente nos relatos clínicos, dada a heterogeneidade das avaliações realizadas por diferentes cirurgiões e o caráter extremamente examinador dependente do teste de *pivot*, nos fazendo, portanto, optar por essa decisão metodológica. Da mesma forma, os resultados clínicos de relesão e complicações foram averiguados no levantamento de dados inicial, porém não aprofundados quanto às suas análises nessa dissertação, visto que o desenho do estudo não contemplava estas avaliações, podendo ser alvo

de um outro projeto. A avaliação por único observador, cirurgião de joelho, das medidas aferidas no estudo, foi validada de modo similar recentemente (CHRISTENSEN et al., 2015; GRASSI et al., 2019a; LUCIDI et al., 2021; PFEIFFER et al., 2019)

Por outro lado, há pontos positivos que cabem menção. Trata-se de um estudo com número de amostra (74 joelhos) respeitando o cálculo amostral de 72 pacientes, e compatível com literatura base das avaliações morfológicas citadas no estudo, a qual variou de 67 a 90 pacientes (GRASSI et al., 2019a; HODEL et al., 2019; LUCIDI et al., 2021; PFEIFFER et al., 2019). Todos os exames de ressonância magnética foram realizados com a mesma técnica de aquisição, no mesmo hospital, diferente da maioria dos estudos citados, nos quais foram utilizadas imagens multicêntricas, adquiridas em aparelhos, métodos de imagem e protocolos diversos. É o único estudo na literatura que em uma mesma população avaliou LNS estratificada por profundidade, IFCL, RFCL, RFCL A/P, *slope* tibial e presença de lesão do menisco lateral, tendo encontrado de modo significativo as associações abaixo:

. Critério de instabilidade rotatória elevada (LNS ≥2mm) e:

- Côndilos femorais não esféricos (IFCL <0,7) (p 0,02)

- Lesão do menisco lateral (p 0,03)

. Critérios de instabilidade rotatória elevada (LNS ≥2mm + lesão menisco lateral) e:

- Côndilos femorais laterais profundos (RFCL A/P diminuído) (p 0,03)

. Alterações morfológicas entre si:

- Côndilo femoral não esférico (IFCL diminuído) e a mediana de RFCL A/P diminuída (côndilo femoral lateral profundo) (p 0,04)

Através das associações encontradas neste estudo entre sinais de instabilidade rotatória aumentada e parâmetros indicativos de alteração morfológica femoral (alteração da esfericidade e côndilo femoral lateral mais aprofundado), levanta-se para discussão a questão sobre a possibilidade da inclusão do formato femoral como fator preditivo para instabilidade rotatória, e por conseguinte, como novo critério para reconstrução do ligamento ântero-lateral. A adição de uma reconstrução extra-articular a uma reconstrução de LCA intra-articular reduziu a incidência de instabilidade rotatória persistente de 40% para 25%, e a incidência de falha do enxerto de 11% para 4% (GETGOOD et al., 2020). Em uma coorte semelhante, houve redução no risco de falha do enxerto de 2,5 vezes com o procedimento extra articular em comparação com enxertos de tendão patelar e de 3,1 vezes com enxerto quadruplicado de isquiotibiais (SONNERY-COTTET et al., 2015). Essa reconstrução tem como principal objetivo diminuir a instabilidade rotatória residual, sendo ainda tema de debate sua indicação precisa, apesar de inúmeros artigos indicando critérios menores e maiores (ALC CONSENSUS GROUP et al., 2019; SONNERY-COTTET et al., 2015, 2017).

7 CONCLUSÃO

Alterações morfológicas na imagem de ressonância magnética possuem associação com a instabilidade rotatória aumentada em joelhos de pacientes com lesão do LCA. De modo significativo houve associação entre: IFCL <0,7 (côndilos femorais laterais não esféricos) e LNS ≥2mm (critério de instabilidade rotatória elevada), LNS ≥2mm e lesão do menisco lateral (ambos critérios de instabilidade rotatória elevada), alterações morfológicas IFCL <0,7 (côndilo femoral não esférico) e a mediana de RFCL A/P diminuída (côndilo femoral lateral profundo) e, por fim, LNS ≥2mm e lesão do menisco lateral concomitantes com mediana de RFCL A/P diminuído (côndilo femoral lateral profundo).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHLDÉN, M. et al. Rotatory Knee Laxity. **Clinics in Sports Medicine**, v. 32, n. 1, p. 37–46, jan. 2013.

AKOTO, R. et al. Slope-Correction Osteotomy with Lateral Extra-articular Tenodesis and Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Is Highly Effective in Treating High-Grade Anterior Knee Laxity. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 14, p. 3478–3485, dez. 2020.

ALC CONSENSUS GROUP et al. The anterolateral complex of the knee: results from the International ALC Consensus Group Meeting. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, n. 1, p. 166–176, jan. 2019.

ARDERN, C. L. et al. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 21, p. 1543–1552, nov. 2014.

ARNOCZKY, S. P.; WARREN, R. F. Microvasculature of the human meniscus. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 10, n. 2, p. 90–95, mar. 1982.

BATTY, L. M. et al. Association of Ligamentous Laxity, Male Sex, Chronicity, Meniscal Injury, and Posterior Tibial Slope With a High-Grade Preoperative Pivot Shift: A Post Hoc Analysis of the STABILITY Study. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 4, p. 232596712110000, 1 abr. 2021.

BERRUTO, M. et al. Is triaxial accelerometer reliable in the evaluation and grading of knee pivot-shift phenomenon? **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 21, n. 4, p. 981–985, abr. 2013.

BERTHOLD, D. P. et al. High prevalence of a deep lateral femoral notch sign in patients with anterior cruciate ligament (ACL) and concomitant posterior root tears of the lateral meniscus. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 29, n. 4, p. 1018–1024, abr. 2021.

CHAHLA, J. et al. Anterolateral Ligament Reconstruction Technique: An Anatomic-Based Approach. **Arthroscopy Techniques**, v. 5, n. 3, p. e453–e457, jun. 2016.

CHAHLA, J. et al. Biomechanical Proof for the Existence of the Anterolateral Ligament. **Clinics in Sports Medicine**, v. 37, n. 1, p. 33–40, jan. 2018.

CHAHLA, J. et al. Assessing the Resident Progenitor Cell Population and the Vascularity of the Adult Human Meniscus. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 37, n. 1, p. 252–265, jan. 2021.

CHAMBAT, P. ACL tear. **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, v. 99, n. 1, p. S43–S52, fev. 2013.

CHAMBAT, P. et al. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years. **International Orthopaedics**, v. 37, n. 2, p. 181–186, fev. 2013.

CHRISTENSEN, J. J. et al. Lateral Tibial Posterior Slope Is Increased in Patients With Early Graft Failure After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 2510–2514, out. 2015.

COBBY, M. J.; SCHWEITZER, M. E.; RESNICK, D. The deep lateral femoral notch: an indirect sign of a torn anterior cruciate ligament. **Radiology**, v. 184, n. 3, p. 855–858, set. 1992.

DE SMET, A. A.; MUKHERJEE, R. Clinical, MRI, and Arthroscopic Findings Associated with Failure to Diagnose a Lateral Meniscal Tear on Knee MRI. **American Journal of Roentgenology**, v. 190, n. 1, p. 22–26, jan. 2008.

DEJOUR, D. et al. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces

good knee stability and prevents graft rupture. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 23, n. 10, p. 2846–2852, out. 2015.
DEJOUR, D. et al. Preoperative laxity in ACL-deficient knees increases with posterior tibial slope and medial meniscal tears. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, n. 2, p. 564–572, fev. 2019.
DEPHILLIPO, N. N. et al. Anterior Closing Wedge Proximal Tibial Osteotomy for Slope Correction in Failed ACL Reconstructions. **Arthroscopy Techniques**, v. 8, n. 5, p. e451–e457, maio 2019.
FELLER, J.; WEBSTER, K. E. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. **International Orthopaedics**, v. 37, n. 2, p. 285–290, fev. 2013.
FEUCHT, M. J. et al. The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 21, n. 1, p. 134–145, jan. 2013.
FEUCHT, M. J. et al. Risk factors for posterior lateral meniscus root tears in anterior cruciate ligament injuries. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 23, n. 1, p. 140–145, jan. 2015.
FOX, A. J. S. et al. The human meniscus: A review of anatomy, function, injury, and advances in treatment: The Meniscus: Anatomy, Function, Injury and Treatment. **Clinical Anatomy**, v. 28, n. 2, p. 269–287, mar. 2015.
FOX, A. J. S.; BEDI, A.; RODEO, S. A. The Basic Science of Human Knee Menisci: Structure, Composition, and Function. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, v. 4, n. 4, p. 340–351, jul. 2012.
FRANK, J. M. et al. Lateral Meniscus Posterior Root and Meniscofemoral Ligaments as Stabilizing Structures in the ACL-Deficient Knee: A Biomechanical Study. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 6, p. 232596711769575, 1 jun. 2017.
FRIDÉN, T. et al. Effect of femoral condyle configuration on disability after an anterior cruciate ligament rupture: 100 patients followed for 5 years. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 64, n. 5, p. 571–574, jan. 1993.
GANS, I. et al. Epidemiology of Recurrent Anterior Cruciate Ligament Injuries in National Collegiate Athletic Association Sports: The Injury Surveillance Program, 2004-2014. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 6, p. 232596711877782, 1 jun. 2018.
GARTH, W. P.; GRECO, J.; HOUSE, M. A. The Lateral Notch Sign Associated with Acute Anterior Cruciate Ligament Disruption. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 1, p. 68–73, jan. 2000.
GEESLIN, A. G. et al. Anterolateral Knee Extra-articular Stabilizers: A Robotic Study Comparing Anterolateral Ligament Reconstruction and Modified Lemaire Lateral Extra-articular Tenodesis. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 3, p. 607–616, mar. 2018a.
GEESLIN, A. G. et al. Anterolateral Knee Extra-articular Stabilizers: A Robotic Sectioning Study of the Anterolateral Ligament and Distal Iliotibial Band Kaplan Fibers. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 1352–1361, maio 2018b.
GETGOOD, A. M. J. et al. Lateral Extra-articular Tenodesis Reduces Failure of Hamstring Tendon Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: 2-Year Outcomes From the STABILITY Study Randomized Clinical Trial. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 285–297, fev. 2020.
GODIN, J. A. et al. A Comprehensive Reanalysis of the Distal Iliotibial Band: Quantitative Anatomy, Radiographic Markers, and Biomechanical Properties. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 11, p. 2595–2603, set. 2017.
GRANAN, L.-P. et al. Timing of Anterior Cruciate Ligament Reconstructive Surgery and Risk of Cartilage Lesions and Meniscal Tears: A Cohort Study Based on the Norwegian

National Knee Ligament Registry. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 5, p. 955–961, maio 2009.
GRASSI, A. et al. Steep Posterior Tibial Slope, Anterior Tibial Subluxation, Deep Posterior Lateral Femoral Condyle, and Meniscal Deficiency Are Common Findings in Multiple Anterior Cruciate Ligament Failures: An MRI Case-Control Study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 2, p. 285–295, fev. 2019a.
GRASSI, A. et al. Patients With Failed Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Have an Increased Posterior Lateral Tibial Plateau Slope: A Case-Controlled Study. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 35, n. 4, p. 1172–1182, abr. 2019b.
HASHEMI, J. et al. The Geometry of the Tibial Plateau and Its Influence on the Biomechanics of the Tibiofemoral Joint: **The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume**, v. 90, n. 12, p. 2724–2734, dez. 2008.
HASSEBROCK, J. D. et al. Knee Ligament Anatomy and Biomechanics. **Sports Medicine and Arthroscopy Review**, v. 28, n. 3, p. 80–86, set. 2020.
HELFER, L. et al. Triaxial accelerometer evaluation is correlated with IKDC grade of pivot shift. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 28, n. 2, p. 381–388, fev. 2020.
HERBST, E. et al. The lateral femoral notch sign following ACL injury: frequency, morphology and relation to meniscal injury and sports activity. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 23, n. 8, p. 2250–2258, ago. 2015.
HODEL, S. et al. Introducing the Lateral Femoral Condyle Index as a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injury. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 10, p. 2420–2426, ago. 2019.
HOFFELNER, T. et al. Segmentation of the lateral femoral notch sign with MRI using a new measurement technique. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 16, n. 1, p. 217, dez. 2015.
HOHMANN, E. et al. Does Posterior Tibial Slope Influence Knee Functionality in the Anterior Cruciate Ligament–Deficient and Anterior Cruciate Ligament–Reconstructed Knee? **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 26, n. 11, p. 1496–1502, nov. 2010.
HOSHINO, Y. et al. Quantitative evaluation of the pivot shift by image analysis using the iPad. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 21, n. 4, p. 975–980, abr. 2013.
HOSHINO, Y. et al. The concomitant lateral meniscus injury increased the pivot shift in the anterior cruciate ligament-injured knee. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, n. 2, p. 646–651, fev. 2019.
IMHOFF, F. B. et al. Slope-reducing tibial osteotomy decreases ACL-graft forces and anterior tibial translation under axial load. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, n. 10, p. 3381–3389, out. 2019.
JACQUET, C. et al. Incidence and Risk Factors for Residual High-Grade Pivot Shift After ACL Reconstruction With or Without a Lateral Extra-articular Tenodesis. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 5, p. 232596712110035, 1 maio 2021.
KAEDING, C. C.; LÉGER-ST-JEAN, B.; MAGNUSSEN, R. A. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. **Clinics in Sports Medicine**, v. 36, n. 1, p. 1–8, jan. 2017.
KAMATH, G. V. et al. Anterior Cruciate Ligament Injury, Return to Play, and Reinjury in the Elite Collegiate Athlete: Analysis of an NCAA Division I Cohort. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 7, p. 1638–1643, jul. 2014.
KANAKAMEDALA, A. C. et al. Lateral femoral notch depth is not associated with increased rotatory instability in ACL-injured knees: a quantitative pivot shift analysis. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 26, n. 5, p. 1399–1405, maio 2018.
KEENE, G. C. R. et al. The natural history of meniscal tears in anterior cruciate ligament insufficiency. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 5, p. 672–679, set. 1993.

KIM, S. H.; PARK, Y.-B.; WON, Y.-S. An Increased Lateral Femoral Condyle Ratio Is an Important Risk Factor for a Medial Meniscus Ramp Lesion Including Red-Red Zone Tear. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 37, n. 10, p. 3159–3165, out. 2021.
KRYCH, A. J. et al. High Rate of Missed Lateral Meniscus Posterior Root Tears on Preoperative Magnetic Resonance Imaging. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 4, p. 232596711876572, 1 abr. 2018.
LAPRADE, C. M. et al. Altered Tibiofemoral Contact Mechanics Due to Lateral Meniscus Posterior Horn Root Avulsions and Radial Tears Can Be Restored with in Situ Pull-Out Suture Repairs. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 96, n. 6, p. 471–479, 19 mar. 2014.
LAPRADE, R. F. et al. Diagnostic accuracy of 3.0 T magnetic resonance imaging for the detection of meniscus posterior root pathology. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 23, n. 1, p. 152–157, jan. 2015.
LAUNDRE, B. J. et al. MRI Accuracy for Tears of the Posterior Horn of the Lateral Meniscus in Patients With Acute Anterior Cruciate Ligament Injury and the Clinical Relevance of Missed Tears. **American Journal of Roentgenology**, v. 193, n. 2, p. 515–523, ago. 2009.
LI, K. et al. Increased lateral femoral condyle ratio is associated with greater risk of ALC injury in non-contact anterior cruciate ligament injury. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 29, n. 9, p. 3077–3084, set. 2021.
LIAN, J. et al. Rotatory Knee Laxity Exists on a Continuum in Anterior Cruciate Ligament Injury. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 102, n. 3, p. 213–220, 5 fev. 2020.
LIND, M.; MENHERT, F.; PEDERSEN, A. B. The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 year follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 17, n. 2, p. 117–124, fev. 2009.
LODEWIJKS, P. C. A. M. et al. The lateral femoral notch sign: a reliable diagnostic measurement in acute anterior cruciate ligament injury. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, n. 2, p. 659–664, fev. 2019.
LOPOMO, N. et al. An original clinical methodology for non-invasive assessment of pivot-shift test. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering**, v. 15, n. 12, p. 1323–1328, dez. 2012.
LUCIDI, G. A. et al. The Lateral Femoral Notch Sign Is Correlated With Increased Rotatory Laxity After Anterior Cruciate Ligament Injury: Pivot Shift Quantification With A Surgical Navigation System. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 3, p. 649–655, mar. 2021.
MAGNUSSEN, R. A. et al. Effect of High-Grade Preoperative Knee Laxity on 6-Year Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Outcomes. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 12, p. 2865–2872, out. 2018.
MORREY, B. F. Cost-Effectiveness of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Preliminary Comparison of Single-Bundle and Double-Bundle Techniques. **Yearbook of Orthopedics**, v. 2011, p. 222–223, jan. 2011.
MORREY, B. F. Clinical Results and Risk Factors for Reinjury 15Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Study of Hamstring and Patellar Tendon Grafts. **Yearbook of Orthopedics**, v. 2012, p. 284–287, jan. 2012.
MUSAHL, V. et al. Mechanized pivot shift test achieves greater accuracy than manual pivot shift test. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 18, n. 9, p. 1208–1213, set. 2010.
MUSAHL, V. et al. Rotatory knee laxity tests and the pivot shift as tools for ACL treatment algorithm. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 20, n. 4, p. 793–800, abr.

2012.
NOVARETTI, J. V. et al. Partial Lateral Meniscectomy Affects Knee Stability Even in Anterior Cruciate Ligament-Intact Knees. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 102, n. 7, p. 567–573, 1 abr. 2020.
PEREIRA, V. L. et al. Tibial-graft fixation methods on anterior cruciate ligament reconstructions: a literature review. **Knee Surgery & Related Research**, v. 33, n. 1, p. 7, dez. 2021.
PFEIFFER, T. R. et al. Distal femur morphology affects rotatory knee instability in patients with anterior cruciate ligament ruptures. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, n. 5, p. 1514–1519, maio 2019.
PIVOT STUDY GROUP et al. High-grade rotatory knee laxity may be predictable in ACL injuries. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 26, n. 12, p. 3762–3769, dez. 2018.
PRIMEAU, C. A. et al. Health Economic Evaluations of Hip and Knee Interventions in Orthopaedic Sports Medicine: A Systematic Review and Quality Assessment. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 3, p. 232596712098724, 1 mar. 2021.
SAITA, Y. et al. Knee hyperextension and a small lateral condyle are associated with greater quantified antero-lateral rotatory instability in the patients with a complete anterior cruciate ligament (ACL) rupture. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, n. 3, p. 868–874, mar. 2019.
SLETTE, E. L. et al. Biomechanical Results of Lateral Extra-articular Tenodesis Procedures of the Knee: A Systematic Review. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 32, n. 12, p. 2592–2611, dez. 2016.
ŚMIGIELSKI, R. et al. The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. **The Bone & Joint Journal**, v. 98-B, n. 8, p. 1020–1026, ago. 2016.
SONG, G. et al. Slope-Reducing Tibial Osteotomy Combined With Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Produces Improved Knee Stability in Patients With Steep Posterior Tibial Slope, Excessive Anterior Tibial Subluxation in Extension, and Chronic Meniscal Posterior Horn Tears. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 14, p. 3486–3494, dez. 2020.
SONNERY-COTTET, B. et al. Proximal Tibial Anterior Closing Wedge Osteotomy in Repeat Revision of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 8, p. 1873–1880, ago. 2014.
SONNERY-COTTET, B. et al. Outcome of a Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction Technique With a Minimum 2-Year Follow-up. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 7, p. 1598–1605, jul. 2015.
SONNERY-COTTET, B. et al. The Involvement of the Anterolateral Ligament in Rotational Control of the Knee. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 5, p. 1209–1214, maio 2016.
SONNERY-COTTET, B. et al. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament - deficient knee. **Journal of Orthopaedics and Traumatology**, v. 18, n. 2, p. 91–106, jun. 2017.
SPENCER, L. et al. Biomechanical Analysis of Simulated Clinical Testing and Reconstruction of the Anterolateral Ligament of the Knee. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 9, p. 2189–2197, set. 2015.
TANAKA, M. et al. What does it take to have a high-grade pivot shift? **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 20, n. 4, p. 737–742, abr. 2012.
THE PIVOT STUDY GROUP et al. Correlation between quantitative pivot shift and generalized joint laxity: a prospective multicenter study of ACL ruptures. **Knee Surgery,**

Sports Traumatology, Arthroscopy, v. 26, n. 8, p. 2362–2370, ago. 2018.
WEBSTER, K. E.; FELLER, J. A. Exploring the High Reinjury Rate in Younger Patients Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 11, p. 2827–2832, nov. 2016.
ZAFFAGNINI, S. et al. Anatomic double-bundle and over-the-top single-bundle with additional extra-articular tenodesis: an in vivo quantitative assessment of knee laxity in two different ACL reconstructions. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 20, n. 1, p. 153–159, jan. 2012.
ZAFFAGNINI, S. et al. Innovative Technology for Knee Laxity Evaluation. **Clinics in Sports Medicine**, v. 32, n. 1, p. 61–70, jan. 2013.

ANEXO A. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Nacional de Tráumato - Ortopedia / INTO / SAS / MS – RJ

INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD - INTO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DO JOELHO COM INSTABILIDADE ROTATÓRIA E LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Pesquisador: Tiago Carminatti

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 36294820.9.0000.5273

Instituição Proponente: Instituto Nacional de Tráumato - Ortopedia / INTO / SAS/ MS - RJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.270.993

Apresentação do Projeto:

Apresentado adequadamente, de acordo com a proposta apresentada na seleção do mestrado.

Trata-se de um estudo retrospectivos que "...propõe a encontrar diferença na incidência das alterações morfológicas recentemente descritas na literatura (slope tibial aumentado, RFCL, RFCL A/P e IFCL) em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior associada a sinais de instabilidade rotatória como lesão do menisco lateral ou LNS (secundariamente estratificando nos subgrupos menor ou maior que 2 mm de profundidade)."

Objetivo da Pesquisa:

"Investigar a existência de variáveis e fatores preditores (significativamente associados) à instabilidade rotatória do joelho em pacientes com lesão do LCA."

Apresentado de modo claro. Uma quantidade de objetivos específicos (07), onde 04 se referem unicamente a "INVESTIGAR A ASSOCIAÇÃO".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos éticos relacionados a realização a pesquisa são baixos.

Os benefícios relacionados a realização da pesquisa são relevantes para a proposta de tratamento de pacientes que venham a apresentar esse processo de adoecimento no futuro.

Endereço: Avenida Brasil, nº 500
Bairro: São Cristóvão **CEP:** 20.940-070
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2134-5000 **Fax:** (21)2134-5228 **E-mail:** cep.into@into.saude.gov.br