
BETINA BREMER HINCKEL

**Estudo anatômico, radiográfico e biomecânico dos
estabilizadores mediais da patela: ligamento patelofemoral
medial, ligamento patelotibial medial e ligamento
patelomeniscal medial**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em Ciências.

Programa de Ortopedia e Traumatologia
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Luis Camanho

**SÃO PAULO
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Hinckel, Betina Bremer

Estudo anatômico, radiográfico e biomecânico dos estabilizadores mediais da patela : ligamento patelofemoral medial, ligamento patelotibial medial e ligamento patelomeniscal medial / Betina Bremer Hinckel. -- São Paulo, 2016.

**Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.**

Programa de Ortopedia e Traumatologia.
Orientador: Gilberto Luís Camanho.

Descritores: 1.Cadáver 2.Joelho 3.Luxação patelar 4.Instabilidade articular 5.Dissecação 6.Ligamentos articulares/anatomia & histologia 7.Radiografia 8.Raio-x 9.Mecânica 10.Resistência a tração

USP/FM/DBD-232/16

DEDICATÓRIA

Aos meus pais José Nivaldo Hinckel e Gilvane Ruth Bremer Hinckel, pelo esforço e sacrifícios realizados para priorizar a melhor educação possível aos filhos. Acima disso, pelo exemplo de perseverança e superação para alcançar a excelência. Pelo esforço deles de trabalhar e estudar desde cedo, permitindo assim que eu pudesse focar na minha educação. Por me ensinarem a aprender e a buscar respostas para as minhas curiosidades. Por me ensinarem a fazer isso com ética e integridade, mesmo nos momentos mais difíceis. Por me ensinarem a amar e ser amada. Aos meus avós, Pedro Hinckel (in memoriam), Amida Hinckel, Guido Bremer (in memoriam) e Ruth Bremer que semearam nossas virtudes.

Aos meus irmãos Pedro Henrique Bremer Hinckel e Bruno César Bremer Hinckel pela companhia de uma vida toda. Pela cumplicidade e empatia que nossa convivência proporcionou. Pela admiração mútua e por todo o apoio pessoal e profissional.

Aos meus afilhados Cesar Benevides Hinckel e Isabela Benevides Hinckel por trazerem a mais pura alegria em seus sorrisos. E a minha cunhada, ou melhor, minha irmã, Marisol Benevides Hinckel, que além de cuidar dos nossos tesouros, nos ensina como ter uma vida mais leve.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Gilberto Luis Camanho, por me orientar nesta tese e na minha formação profissional. Seus ensinamentos se fazem presente diariamente na minha vida acadêmica e assistencial. Espero fazer o melhor proveito destes e contribuir com a difusão de seu legado. Por todo o apoio profissional e pessoal nas minhas empreitadas. Por torcer pelo meu sucesso e minha felicidade.

Aos Profs. Olavo Pires de Camargo, Tarcísio E. P. De Barros Filho e novamente Gilberto Luis Camanho por coordenar nossa instituição permitindo e estimulando o desenvolvimento de médicos jovens de forma justa e exemplar.

Aos colegas e amigos do Grupo de Joelho, Prof. José Ricardo Pécora, Prof. Arnaldo José Hernandez, Dra. Márcia Uchôa de Rezende, Dr. Roberto Freire da Mota e Albuquerque, Dr. Fábio Janson Angelini, Dr. Marco Kawamura Demange e Dr. Luis Eduardo Passarelli Tírico por me acompanharem desde o início na especialidade e terem me ensinado algo excepcionalmente valioso: meu ofício.

Ao amigo e colega Dr. Riccardo Gomes Gobbi pela parceria acadêmica e profissional dos últimos anos. Por propiciar a realização desta tese desde sua elaboração até sua realização prática. Por todo conhecimento que adquirimos juntos. Pela calma e tranquilidade que traz com sua presença.

Aos meus amigos e colegas que em tão pouco tempo me ensinaram e me apoiaram tanto: Dr. Andreas H. Gomoll, Dr. David Dejour, Dra. Elizabeth A. Arendt e Dr. Jack Farr.

Ao Dr. Jorge dos Santos Silva e ao Dr Kodi Kojima pela ajuda e orientação. Por serem exemplo de liderança na nossa instituição e despertar grande admiração.

Ao Dr. Renato José Mendonça Natalino pela análise histológica fundamental nesta tese.

À Srta. Tânia Fernanda Cardoso da Silva pela ajuda e assistência em todos os passos desta pesquisa.

Ao Cesar Augusto Martins Pereira, pelo desenvolvimento do programa utilizado na tese. Pelas horas extras para a realização desse trabalho. Pela prontidão em esclarecer minhas dúvidas e ajudar no que estava a seu alcance.

Ao Fernando Rosas Brito pela ajuda na edição das fotos dessa tese. Pela tranquilidade e pronta disponibilidade em fazê-lo, como em todos os outros projetos que colaborou. Pela preocupação em ajudar dentro de suas possibilidades mesmo que fora de sua função.

Pelo aluno da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo Bruno Seiki Kubota e pela residente do Instituto de Ortopedia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo Luciana Miyahira que ajudaram na realização do estudo anatômico e na análise radiográfica. Sua ajuda foi imprescindível.

As Sras. Tânia Borges e Rosana Moreno da Costa pelo apoio fundamental na secretaria de pós-graduação.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram a conseguir meus objetivos, mesmo quando isso trazia ausência. Muitos são especiais e sou grata a todos. Mas alguns são excepcionais, eternos, sempre estiveram ao meu lado e sempre vão estar. São minhas irmãs da vida: Barbara Rubim Alves, Debora Ariela Kalman, Denise Hatsumi de Freitas Yanasse Ortega e Fernanda Takaasi Gil. E as que a ortopedia inesperadamente me presenteou: Camila Cohen Kaleka, Danielle Tiemi Simão e Fernanda De Oliveira Nogueira Quintella

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação ou tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação: Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	OBJETIVOS.....	6
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3.1	Anatomia.....	8
3.2	Biomecânica.....	12
3.3	Aspectos clínicos.....	15
4	MÉTODOS.....	21
4.1	Desenho do estudo.....	21
4.2	Dissecção.....	22
4.3	Estudo anatômico.....	23
4.3.1	Macroscópico.....	23
4.3.2	Histológico.....	25
4.4	Análise radiográfica.....	26
4.5	Avaliação biomecânica.....	31
4.6	Análise estatística.....	35
5	RESULTADOS.....	37
5.1	Estudo anatômico.....	37
5.1.1	Macroscópico.....	37
5.1.2	Histológico.....	42
5.2	Análise radiográfica.....	43
5.3	Avaliação biomecânica.....	46

6	DISCUSSÃO.....	51
7	CONCLUSÃO.....	64
8	REFERENCIAS.....	67

ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS

%	Por cento
®	Marca registrada
DLRM	Deformação no Limite de Resistência Máxima
ELRM	Energia no Limite de Resistência Máxima
ERT	Energia até Ruptura Total
et al	E outros
FLRM	Força no Limite de Resistência Máxima
G	Grácil
HCFMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
IOT	Instituto de Ortopedia e Traumatologia
Kgf	Kilograma força
LCM	Ligamento Colateral Medial
LPFM	Ligamento Patelofemoral Medial
LPMM	Ligamento Patelomeniscal Medial
LPTM	Ligamento Patelotibial Medial
LRM	Limite de Resistência Máxima
Min	Minuto
mJ	mili Joule
Mm	Milímetro
N	Newtons

PF	PateloFemoral
RM	Ressonância Magnética
S	Segundo
ST	Semitendíneo
SVOC	Serviço de Verificação de Óbito da Capital
TAT	Tuberosidade Anterior da Tíbia
TAGT	Tuberosidade Anterior da Tíbia a Garganta da Tróclea

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados do estudo anatômico do ligamento patelofemoral medial e do comprimento da patela.....	39
Tabela 2	Resultados do estudo anatômico do ligamento patelotibial medial.....	40
Tabela 3	Resultados do estudo anatômico do ligamento patelomeniscal medial.....	41
Tabela 4	Análise radiográfica das inserções patelares do ligamento patelofemoral medial, do ligamento patelotibial medial e do ligamento patelomeniscal medial.....	44
Tabela 5	Análise radiográfica da inserção do ligamento patelotibial medial na tíbia.....	45
Tabela 6	Resultados da avaliação biomecânica do ligamento patelofemoral medial.....	47
Tabela 7	Resultados da avaliação biomecânica do ligamento patelotibial medial.....	48
Tabela 8	Correlação entre os parâmetros biomecânicos do ligamento patelofemoral medial e do ligamento patelotibial medial.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Aspecto anatômico dos ligamentos patelofemoral medial (LPFM), do ligamento patelotibial medial (LPTM) e do ligamento patelomeniscal medial (LPMM) ao final da dissecação (A, B)..... 23

Figura 2 Linhas de referência na patela e na tíbia na radiografia em perfil. Linha 1: cortical patelar posterior; Linha 2: borda proximal da patela; Linha 3: borda distal da patela; Linha 4: planalto tibial medial..... 28

Figura 3 Linhas de referência na tíbia na radiografia em ântero-posterior. Linha 5: planalto tibial; Linha 6: borda medial do planalto; Linha 7: borda medial da espinha medial..... 30

Figura 4 Posicionamento do côndilo femoral medial e da patela no teste do ligamento patelofemoral medial (A, B)..... 32

Figura 5 Posicionamento da tíbia e da patela no teste do ligamento patelotibial medial (A, B)..... 33

Figura 6 Gráfico força versus deformação de um teste de tração. LRM: limite de resistência máxima; ELRM: energia no limite de resistência máxima; DLRM: deformação no limite de resistência máxima; FLRM: força no limite de resistência máxima e Etotat: energia até a ruptura total; ΔF : variação de força entre dois pontos na região linear; ΔD : variação de deformação entre dois pontos na região linear..... 34

Figura 7 Corte histológico corado em hematoxilina & eosina. A -
ligamento patelofemoral medial. B - ligamento patelotibial
medial. C - ligamento patelomeniscal
medial..... 42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Restrição a translação patelar lateral e influência sobre a movimentação patelar dos estabilizadores ligamentares mediais.....	15
Quadro 2	Comparação dos resultados biomecânicos do ligamento patelofemoral medial desse estudo e da literatura.....	58
Quadro 3	Características biomecânicas dos principais enxertos utilizados para as reconstruções ligamentares no joelho.....	60

RESUMO

Hinckel BB. *Estudo anatômico, radiográfico e biomecânico dos estabilizadores mediais da patela: ligamento patelofemoral medial, ligamento patelotibial medial e ligamento patelomeniscal medial* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2016.

INTRODUÇÃO: Os ligamentos mediais responsáveis pela manutenção da estabilidade da articulação patelofemoral (PF) são o ligamento patelofemoral medial (LPFM), o ligamento patelotibial medial (LPTM) e o ligamento patelomeniscal medial (LPMM). Sobre o LPFM, existem vários estudos anatômicos, radiológicos, biomecânicos, e a evolução clínica de sua lesão e reconstrução; no entanto, pouco se sabe sobre o LPTM e o LPMM.

MÉTODOS: O LPFM, o LPTM e o LPMM foram dissecados em 9 joelhos. Todos os ligamentos foram enviados para avaliação histológica, corados pelo método de hematoxilina e eosina (HE), após o teste biomecânico. Foram medidos o comprimento e a largura bem como a relação das inserções com referências anatômicas (epicôndilo medial do fêmur, tubérculo dos adutores no fêmur, linha articular, tendão patelar e menisco medial). Esferas metálicas foram introduzidas nas inserções e radiografias em ântero-posterior (AP) e perfil (P) realizadas. Foram medidas as distâncias entre as inserções e as linhas de base (na tíbia, linha do planalto, borda medial do planalto e borda medial da espinha medial; e na patela, linha da cortical posterior e bordas proximal e distal da patela). Os ensaios de tração dos ligamentos foram executados em uma máquina de ensaios mecânicos KRATOS. **RESULTADOS:** Todos os materiais apresentaram tecido conjuntivo denso característico de tecido ligamentar. Com o estudo anatômico verificamos que o LPFM se encontrou na camada 2, com comprimento de 60,6 mm e largura de 15,3 mm no fêmur e 20,7 mm na patela. Inseriu-se entre o tubérculo dos adutores e o epicôndilo medial no fêmur e no pólo proximal da patela. O LPTM tinha um comprimento de 36,4 mm e largura de 7,1 mm. Sua inserção tibial se encontrou 13,7 mm distal a articulação e 11,6 mm medial ao tendão patelar formando um ângulo de 18,5° com este. A inserção na patela foi 3,6 mm proximal a sua borda distal. O LPMM se encontrou na camada 3 e seu comprimento foi de 33,7 mm e largura de 8,3 mm. Com uma inserção meniscal no corno anterior, 26,6 mm medial ao tendão patelar e formando ângulo com tendão patelar de 42,8°. Sobre os parâmetros radiográficos, a inserção tibial do LPTM se encontrou 9,4 mm, na incidência AP, e 13,5 mm, na incidência P, distal a articulação. Quanto ao posicionamento médio lateral a inserção se encontrou a 30% do comprimento do planalto de medial para lateral e na borda medial da espinha medial. A inserção patelar era 4,8 mm proximal a sua borda distal. Na análise biomecânica verificamos que o LPTM era mais rígido que o LPFM (médias de 17,0 N/mm versus 8,0 N/mm, respectivamente) e apresentou menor deformação no limite de resistência máxima (8,6 mm

versus 19,3 mm). **CONCLUSÃO:** Os ligamentos foram identificados em todos os joelhos. Os parâmetros anatômicos e radiográficos das inserções foram bem definidos. Os enxertos comumente utilizados para as reconstruções ligamentares do joelho são suficientes para a reconstrução do LPFM e do LPTM.

DESCRITORES: cadáver; joelho, luxação patelar; instabilidade articular; dissecação; ligamentos articulares/anatomia & histologia; radiografia; raio-x; mecânica; resistência a tração.

SUMMARY

Hinckel BB. *Anatomic, radiographic and biomechanical study of the medial patellar stabilizers: medial patellofemoral ligament, medial patellotibial ligament and medial patellomeniscal ligament* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2016.

INTRODUCTION: The medial ligaments responsible for maintaining the stability of the patellofemoral (PF) joint are the medial patellofemoral ligament (MPFL), the medial patellotibial ligament (MPTL) and the medial patellomeniscal ligament (MPML). There are several studies on the anatomical, imaging, and biomechanical characteristics of the MPFL, and clinical outcome of its injury and reconstruction; however, little is known about the MPTL and MPML. **METHODS:** The MPFL, MPTL and MPML were dissected in 9 knees. All ligaments underwent histological evaluation by hematoxylin eosin stain after the biomechanical test. The length and width and the insertions relationship with anatomical references (medial epicondyle of the femur, adductor tubercle of the femur, joint line, patellar tendon and medial meniscus) were measured. Steel balls were introduced at the insertions and radiographs in anteroposterior (AP) and profile (P) views were performed. The distance between the insertions to baselines were measured (in the tibia, the plateau line, the medial plateau border and the medial border of the medial tibial spine; and in the patella the posterior cortical line and the proximal and distal patellar borders). The tensile tests of the ligaments were performed on a mechanical testing machine KRATOS. **RESULTS:** All materials showed dense connective tissue characteristic of ligaments. With the anatomical study we found that the MPFL was in layer 2, it has length of 60.6 mm and width of 15.3 mm in the femur and 20.7 mm in the patella. Inserting between the adductor tubercle and the medial epicondyle on the femur and in the inferior pole of the patella. The MPTL was found in layer 2, its length was 36.4 mm and width of 7.1 mm. Its tibial insertion was found 13.7 mm distal to the joint line and 11.6 mm medial to the patellar tendon at an angle of 18,5° with it. On the patella it was 3.6 mm proximal to its distal border. The MPML was in layer 3 and its length was 33.7 mm and width of 8.3 mm. The meniscal insertion was in the anterior horn, 26.6 mm medial to the patellar tendon and a 42,8° angle with it. In regards to the radiographic parameters the tibial insertion of LPTM was 9.4 mm, in the AP, and 13.5 mm, in the P, distal to the joint line. The medial lateral position was at 30% from medial to lateral on the tibial plateau and on the medial edge of the medial spine. The patellar insertion was 4.8 mm proximal to the distal border of the patella. In the biomechanical analysis we verified that the MPTL was more rigid than the MPFL (average of 17.0 N / mm versus 8.0 N / mm, respectively) and showed less deformation in the maximum tensile strength (8.6 mm versus 19.3 mm). **CONCLUSION:** The ligaments were identified in all knees. The anatomical and radiographic insertion parameters were well

defined. The grafts commonly used for knee ligamentous reconstruction are sufficient for the reconstruction of the MPFL and MPTL.

DESCRIPTORS: cadaver; knee, patellar dislocation; joint instability; dissection; articular, ligaments/anatomy & histology; radiography; x-rays; mechanics; tensile strength.

1. INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A luxação lateral da patela é responsável por 2-3% de todas as lesões no joelho e é uma importante causa de hemartrose, principalmente em jovens^(1, 2).

Os ligamentos mediais responsáveis por manter a estabilidade da articulação patelofemoral (PF) contra a translação lateral da patela são o ligamento patelofemoral medial (LPFM), o ligamento patelotibial medial (LPTM) e o ligamento patelomeniscal medial (LPMM). O LPFM é considerado o principal restritor medial enquanto o LPTM e o LPMM são consideradas secundários⁽³⁻⁵⁾.

Existem vários estudos sobre a anatomia do LPFM⁽⁶⁻²⁴⁾, suas características radiológicas⁽²⁵⁻²⁷⁾, suas características biomecânicas^(4, 5, 9, 11, 14, 19, 28-37) e os desfechos clínicos de sua reconstrução cirúrgica⁽³⁸⁻⁶²⁾. No entanto, pouco se sabe sobre o LPTM e o LPMM^(3-5, 14, 25-27, 34, 63-84).

Atualmente, o tratamento cirúrgico da instabilidade patelar consiste na reconstrução do LPFM, combinada a procedimentos adjuvantes para melhorar o alinhamento e congruência da articulação patelofemoral em casos selecionados. Várias opções de enxertos são descritas para a reconstrução do LPFM com bons resultados^(8, 53, 57, 70, 85-87).

Apesar da reconstrução isolada do LPFM ter bons resultados clínicos e funcionais, uma revisão sistemática das complicações associadas a esse procedimento reporta uma taxa de complicação de 26,1%⁽⁸⁸⁾. Falha clínica,

que consiste em subluxação ou luxação, ocorre em 3,7% dos casos; anormalidades da história ou do exame físico, incluindo apreensão positiva, manutenção de hiper mobilidade patelar e/ou sensação episódica de instabilidade no joelho operado ocorre em 8,3% dos casos. Estas complicações totalizam 12% de persistência da instabilidade objetiva ou subjetiva⁽⁸⁸⁾. Falha do enxerto ou alongamento pode ocorrer, possivelmente devido ao aumento da tensão sobre o LPFM reconstruído quando os fatores de risco não são corrigidos.

Na busca de respostas para otimizar nossos resultados cirúrgicos, e entender melhor a anatomia complexa da articulação patelofemoral, alguns estudos recentes voltam a estudar o LPTM e o LPMM, negligenciados por muitos anos^(26, 34, 63-67, 78).

A maior parte das reconstruções isoladas ou combinadas descritas não são baseadas na anatomia para sua realização^(63-65, 67-71, 74, 77, 79, 80, 89, 90).

Para uma reconstrução anatômica é necessário que os pontos de suas origens sejam bem definidos. Os parâmetros radiográficos são importantes para aumentar a precisão da localização dos pontos de sua origem e inserção e para a realização de técnicas menos invasivas.

Cada ligamento possui características próprias que dependem da composição de suas fibras e da arquitetura destas. Por isso os resultados biomecânicos específicos para cada ligamento devem ser estudados. O conhecimento dessas propriedades biomecânicas é fundamental para o entendimento das lesões e instabilidades resultantes destas, bem como para a restauração da estabilidade através de reconstruções ligamentares. Para

avaliar qual o melhor enxerto para a reconstrução é preciso conhecer quais as propriedades de resistência a tensão suportadas pelo ligamento estudado e pelos enxertos disponíveis.

2. OBJETIVO

2 OBJETIVOS

Os objetivos desse trabalho foram:

- 2.1 Estudar a anatomia macroscópica e histológica do ligamento patelofemoral medial, do ligamento patelotibial medial e do ligamento patelomeniscal medial.

- 2.2 Analisar os parâmetros radiográficos das inserções do ligamento patelofemoral medial, do ligamento patelotibial medial e do ligamento patelomeniscal medial.

- 2.3 Avaliar as características biomecânicas estruturais do ligamento patelofemoral medial e do ligamento patelotibial medial.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Anatomia

Em 1957, Kaplan⁽⁷³⁾; descreve fibras que são consistentes com o LPFM sem nomeá-las como tal, esse ligamento foi posteriormente nomeado por Warren e Marshall⁽¹³⁾ em 1979. Neste estudo de 1979, são descritas estruturas semelhantes ao LPTM ou LPMM. Slocum et al.⁽⁷⁵⁾, em 1974 reconhecem o LPTM e o LPMM como uma estrutura única, descrevendo-os como uma faixa de reforço que surge a partir da margem inferior da patela, direcionando-se obliquamente para inferior e medial onde se insere no aspecto anteromedial da tíbia, com uma extensão para o menisco medial. Terry⁽⁷⁶⁾, em 1989, descreve o LPTM como uma condensação do retináculo medial que se origina inferior e medialmente na patela e se insere 1,5 centímetros distal à interlinha articular na face ântero-medial da tíbia. Terry também identifica o ligamento patelomeniscal lateral, mas não o LPMM.

Conlan et al.⁽⁵⁾ estudam 8 joelhos em 1993. O LPFM é localizado na camada 2, inserido na metade proximal na borda medial da patela e no tubérculo adutor no fêmur. Tem uma largura de 8 a 25 mm. O LPTM está localizado na camada 2. O LPMM está localizado na camada 3, inserido na porção ínfero-medial na patela e no menisco medial e ligamento coronário distalmente.

Desio et al.⁽⁴⁾ estudam 9 joelhos em 1998. O LPFM é inserido no pólo superior na borda medial da patela e no tubérculo adutor, epicôndilo medial e ligamento colateral medial (LCM) no fêmur. O LPTM é localizado na camada 1, inserido na porção medial da patela e 10 mm distal à linha articular na tíbia. O LPMM está inserido nos 2/3 inferiores da porção medial da patela e no corno anterior do menisco medial distalmente.

Tuxoe et al.⁽¹⁰⁾ estudam 39 joelhos em 2002. O LPFM é inserido nos 2/3 proximais da patela em sua borda medial e no tubérculo adutor no fêmur. O LPFM tem comprimento de 45 a 64 mm e largura de 10 a 30 mm. O LPTM não é mencionado. O LPMM é localizado na camada 3, inserido no pólo inferior na borda medial da patela, e no corno anterior do menisco medial distalmente. Possui uma inserções estreita na patela e inserção larga no menisco em todo o corno anterior.

Panagiotopoulos et al.⁽¹⁴⁾ estudam 8 joelhos em 2006. O LPFM é inserido no pólo superior na borda medial da patela e no epicôndilo medial ou LCM no fêmur. Tem comprimento de 45 a 50 mm e largura de 10 a 30 mm. O LPTM é inserido 15 a 20 mm distal a linha articular e 15 a 20 mm medial ao tendão patelar na tíbia, e no pólo inferior na borda medial da patela. Tem comprimento de 35 a 45 mm, largura de 4 a 6 mm. Tem uma orientação de 20° a 25° em relação ao tendão patelar e é um ligamento fino. O LPMM é inserido no pólo inferior na borda medial da patela e no menisco medial e cápsula medial distalmente. Tem comprimento de 20 a 25 mm e largura de 3 a 5 mm. Tem uma orientação de 15° a 30° em relação ao tendão patelar e é um ligamento redondo.

Phillipot et al.⁽⁸³⁾ estudam 23 joelhos em 2009. O LPFM é encontrado em todos os joelhos enquanto o LPTM e o LPMM é encontrado em apenas 11 joelhos (47%). O LPFM é encontrado na camada 2. Tem um comprimento de 24,4 mm na inserção patelar e 57,7 mm e largura de 12,2 mm na inserção femoral. O LPTM é encontrado na camada 3. Tem comprimento de 54,6 mm e largura de 21,8 mm. O LPMM é encontrado na camada 3. Tem 39,4 mm de comprimento e 9,6 mm de largura.

Baldwin⁽⁸²⁾ estuda 50 joelhos em 2009. A dissecação das estruturas mediais, feita em camadas, é descrita em detalhes com a identificação do LPTM na camada 2 e do LPMM na camada 3. Nenhuma avaliação quantitativa dos ligamentos é realizada nesse trabalho.

Em resumo as características do LPFM, LPTM e LPMM são:

- LPFM:

Camada 2

Comprimento: 45 - 64 mm

Largura: 8 - 30 mm

Inserção na patela: medial e superiormente

Inserção no fêmur: epicôndilo medial, tubérculo adutor e LCM

- LPTM:

Camadas 1 e 2

Comprimento: 35 - 60 mm

Largura: 4 - 26 mm

Inserção na patela: medial, no pólo inferior

Inserção na tíbia: 10 - 20 mm distal à linha articular e 15 - 20 mm medial ao tendão patelar

Orientação: 20 - 25 ° em relação ao tendão patelar

- LPMM:

Camada 3

Comprimento: 20 - 43 mm

Largura: 3 - 11 mm

Inserção na patela: pólo inferior

Inserção no menisco: corno anterior e ligamento coronário do menisco medial

Orientação: 15 - 30 ° em relação ao tendão patelar

A anatomia do LPTM e LPMM também é estudada em exames de RM^(25-27, 84).

O LPMM estende-se oblíqua e inferiormente desde a margem medial do pólo inferior da patela e se insere ao corno anterior do menisco medial e ligamento coronário⁽²⁵⁾ como uma banda de hiposinal na camada 3⁽²⁶⁾. O curso deste ligamento é visualizado nos planos axial e sagital^(25, 26). O LPTM insere-se na patela em sua porção ínfero-medial e na parte proximal do tendão patelar e na tíbia medial, imediatamente abaixo da linha de articular⁽³⁾, visualizado como uma estrutura muito fina dentro da camada 3⁽²⁶⁾. A inserção tibial do LPTM é melhor visualizada imediatamente abaixo da linha articular nas imagens axiais^(25, 27) no nível do planalto tibial⁽²⁶⁾. As

imagens sagitais são, adicionalmente, adequadas para a avaliação do LPTM⁽²⁶⁾.

Thawait et al adicionalmente relatam alguns casos com lesões isoladas na porção inferior do retináculo medial, correspondente aos LPTM e LPMM, sem luxação lateral da patela ou lesão do LPFM⁽²⁶⁾. Em sua experiência, esses ligamentos podem ser lesados em entorses do joelho, quando podem estar associados a lesão de menisco medial e ao estiramento meniscocapsular medial⁽²⁶⁾.

3.2 Biomecânica

O primeiro estudo biomecânico é publicado, em 1993, por Conlan et al.⁽⁵⁾, e estudos biomecânicos subsequentes seguem uma metodologia semelhante. Os ligamentos mediais e o retináculo medial são isolados e seccionados sequencialmente numa ordem predeterminada. A contribuição da estrutura a resistência à translação lateral da patela é determinada pela diferença de translação possível, antes e depois da secção sob a aplicação de uma força lateral linear. A sequência de secção dos ligamentos não é alterada na maioria dos ensaios, presumivelmente devido à consideração de que a ordem de secção é irrelevante para os resultados. No entanto, Hautamaa et al.⁽³⁾ observam algumas diferenças nos resultados com alteração da sequência de secção (LPFM - retináculo - LPTM+LPMM); e

sequência 2 (retináculo medial - LPTM+LPMM - LPFM). A contribuição do LFPM é mantida, no entanto, há grande variação nas contribuições do retináculo medial, do LPTM e do LPMM na resistência à translação lateral da patela. Uma explicação possível é que a estreita associação entre o retináculo medial, o LPTM e o LPMM influenciem os resultados.

Nos estudos de Conlan et al.⁽⁵⁾, Desio et al.⁽⁴⁾, Hautamaa et al.⁽³⁾ e Panagiotopoulos et al.⁽¹⁴⁾ os testes são realizados próximo a extensão total do joelho. Todos os autores concordam que o LFPM é o principal estabilizador contra a translação lateral da patela, contribuindo com 50 a 60% da resistência. A contribuição dos estabilizadores secundários (LPTM e LPMM) varia entre os esses estudos, de 0 a 24% para o LPTM, e de 8% a 38% para o LPMM. O LPTM e o LPMM conjuntamente contribuem com 20 a 40%^(3-5, 14). O retináculo medial contribui com 3% a 25%^(3-5, 14).

Ebied e El-Kholy⁽⁶⁷⁾ avaliam qualitativamente 5 joelhos. O estudo avalia a translação lateral da patela com o corte sequencial dos estabilizadores mediais, seguido do reparo dos ligamentos para o restauro da restrição à translação lateral. O primeiro teste é a secção do LFPM deixando o LPTM intacto; a subluxação lateral da patela é possível com o joelho em flexão entre 0° e 30°. O segundo é com a secção conjunta do LFPM e do LPTM, que permite o deslocamento completo da patela entre 0° e 60° de flexão do joelho. Com o reparo do LFPM, não é possível luxar a patela, mas a subluxação entre 0° e 10° persiste. O reparo do LPTM restaura parcialmente a estabilidade, com luxação a 0° e subluxação entre 0° e 15° de flexão. Os autores concluem que, embora o LPTM ofereça menor resistência a

translação lateral que o LPFM sua ausência pode resultar em aumento da translação patelar lateral.

Em 2012, Philippot et al.⁽³⁴⁾ avaliam a movimentação da patelar em um modelo de cadáver da extensão total a 90° de flexão. As aquisições são feitas sequencialmente em um joelho saudável, após secção da junção do vasto medial oblíquo (VMO) com o LPFM, seguida da secção isolada do LPFM, e após, a secção conjunta do LPTM e do LPMM. A contribuição, conjunta, do LPTM e LPMM contra a translação lateral aumenta de 26% em extensão, para 46% em 90° de flexão. Além disso, o LPTM e LPMM a 90° de flexão são responsáveis por 72% da manutenção da inclinação patelar normal e 92% da manutenção da rotação patelar normal¹. A contribuição isolada do LPTM e LPMM não é avaliada.

Para melhor compreensão desses dados da literatura é descrito um quadro comparativo com os estudos (**Quadro 1**).

¹ Inclinação patelar se refere à rotação no plano axial enquanto rotação se refere à rotação no plano coronal

Quadro 1 Restrição a translação patelar lateral e influência sobre a movimentação patelar dos estabilizadores ligamentares mediais

ESTUDO, ANO, NÚMERO DE JOELHOS E GRAU DE FLEXÃO	LPFM	LPTM	LPMM	RetM
Conlan ⁽⁵⁾ , 1993, 25 joelhos, discreta flexão ¹	53% +/- 15 (23 a 80%)	5% +/- 5.9 (0 a 21%)	22% +/- 9.5 (8 a 38%)	11% +/- 6.5 (0 a 24%)
Desio et al. ⁽⁴⁾ , 1998, 9 joelhos, 20° de flexão ¹	60% +/- 13 (41 a 80%)	3% +/- 3 (1 a 9%)	13% +/- 10 (4 a 35%)	3% +/- 4 (1 to 12%)
Hautamaa et al. ⁽³⁾ , 1998, 17 joelhos, 30° de flexão ¹	50 a 55%	0 a 20%	Não testado	5 a 25%
Panagiotopoulos et al. ⁽¹⁴⁾ , 2006, 8 joelhos, 20° a 30° de flexão ¹	50%	13%	24%	13%
Philippot et al. ⁽³⁴⁾ , 2012, 9 joelhos, 0 a 90° de flexão	- Translação patelar: Extensão: 72% Flexão: 53% - Inclinação patelar: Extensão: 76% Flexão: 28% - Rotação patelar: Extensão: 62% Flexão: 0%	- Translação patelar: Extensão: 26% Flexão: 46% - Inclinação patelar: Extensão: 28% Flexão: 72% - Rotação patelar: Extensão: 32% Flexão: 92%	Não testado	

LPFM: ligamento patelofemoral medial; LPTM: ligamento patelotibial medial; LPMM: ligamento patelomeniscal medial; RetM: retináculo medial; ¹: porcentagens se referem a translação patelar

3.3 Aspectos clínicos

Há evidências de que o restauro do LPTM ou LPMM através do reparo ou reconstrução tem benefícios clínicos^(63-67, 69-71, 78, 79, 89-91).

Um estudo avalia o reparo do LPMM. Garth et al.⁽⁷⁸⁾ avaliam 30 pacientes com lesão LPMM isolado com queixas de dor anterior no joelho e

falseio, que pioram durante a fase terminal da extensão com a carga do corpo sobre o membro. A lesão ou o aparecimento de sintomas está relacionada com atividades esportivas na maioria dos pacientes. O exame físico revela subluxação com força aplicada ao local de inserção do LPMM, distal e medial na patela, com uma direção lateral e ligeiramente proximal com o joelho em 0° a 10° de flexão; enquanto o teste de apreensão tradicional é normal. A lesão está associada a patela alta e ângulo do quadríceps (ângulo Q) aumentado, e não está associada a displasia troclear ou inclinação lateral da patela. Após falha da reabilitação, 23 pacientes são submetidos ao reparo do LPMM com bom sucesso clínico.

Estudos de casuísticas antigas relatam resultados de procedimentos que coincidem com a reconstrução do LPTM, de maneira isolada ou associada a outros procedimentos que não a reconstrução do LPFM, mesmo antes do reconhecimento destes ligamentos ou de sua importância^(72, 74, 77, 90). Alguns estudos mais recentes relatam a reconstrução do LPFM conjunta com o LPTM^(64, 66, 67, 69, 70, 91). Apenas um fundamenta sua descrição cirúrgica nas descrições anatômicas⁽⁹¹⁾.

Em 1922, Galeazzi⁽⁷²⁾ descreve uma tenodese patelar com tendão semitendinoso (representando uma reconstrução do LPTM) para o tratamento da instabilidade patelar que é também avaliada em outros 5 trabalhos, totalizando 153 pacientes^(65, 74, 77, 89, 90). A indicação mais frequente para o procedimento é a luxação recidivante em crianças. Relatórios de bons a excelentes resultados variam de 62% a 100%^(74, 77, 89, 90). Aulisa et al.⁽⁸⁹⁾, avaliam o procedimento em crianças com luxação

recidivante e, mostram uma correção da inclinação lateral da patela e da subluxação após a cirurgia. A correção estática da altura patelar é obtida, mas não se mantém durante a contração do quadríceps. Contrariamente, Grannatt et al.⁽⁶⁵⁾ relatam resultados não satisfatórios em 41% dos casos. A incidência de novos episódios de luxação ou subluxação recorrente varia entre 0% a 82%^(65, 74, 77, 89, 90).

A técnica de Galeazzi combinada com a liberação do retináculo lateral, realinhamento proximal de Insall (transferência medial e distal do músculo vasto medial) e procedimento de Roux-Goldthwait (transferência medial da metade lateral do tendão patelar) é descrita como procedimento “4 em 1” em 6 pacientes⁽⁷⁹⁾. A cirurgia é realizada em crianças menores de 7 anos de idade, com luxação habitual da patela, frouxidão ligamentar grave e displasia troclear, com alto grau de sucesso sem recidivas.

A transferência medial do terço medial do tendão patelar isolada é relatada por Rillmann et al.⁽⁸⁰⁾ e Zaffagnini et al.⁽⁶³⁾, totalizando 70 pacientes. Rillman et al. indicam o procedimento em casos de subluxação patelar ou luxação. No pós-operatório não são relatados novos episódios de luxação⁽⁸⁰⁾. Zaffagnini et al. indica o procedimento em casos de instabilidade patelar, traumática ou atraumática, sem melhora com tratamento de reabilitação por 3 meses. Quatro falhas (14%) são relatadas durante o seguimento⁽⁶³⁾.

Marcacci et al.⁽⁸¹⁾ associam o procedimento de Elmslie-Trillat modificado a transferência medial do terço medial do tendão patelar. Dos 18 pacientes nenhum paciente apresenta novo episódio de luxação após a

cirurgia, e 88% têm resultados clínicos satisfatórios.

A transferência medial do terço medial do tendão patelar é associada a liberação do retináculo lateral e ao avanço do músculo vasto medial no “procedimento de 3-em-1”^(68, 71). Myers et al.⁽⁷¹⁾ relatam 42 pacientes operados esqueleticamente maduros e imaturos. Ângulo Q > 25° é uma contra-indicação para este procedimento em pacientes com esqueleto maduro; quando a medialização da tuberosidade anterior da tíbia (TAT) é indicada. Taxa de recorrência da instabilidade é de 9,5% (quatro joelhos). Oliva et al.⁽⁶⁸⁾ relatam o mesmo procedimento em 25 crianças e adolescentes sem fatores de risco anatômicos excessivos com bons a excelentes resultados e apenas uma recorrência, traumática, da instabilidade.

A reconstrução combinada do LPFM e LPTM é relatada por 6 autores^(64, 66, 67, 69, 70, 91), totalizando 82 pacientes. Drez et al.⁽⁷⁰⁾ descrevem uma técnica com enxerto duplo de semitendinoso (ST) e grácil (G), para pacientes com luxação traumática durante atividade esportiva. Oitenta e sete por cento dos pacientes têm bons a excelentes resultados e 93% referem melhora com o procedimento. Com algumas pequenas variações de técnica, 4 autores usam o autoenxerto do tendão ST e/ou G mantendo sua inserção distal^(64, 66, 67, 69). Ebied e El-Kholy⁽⁶⁷⁾ relatam resultados do procedimento em adultos com pelo menos um episódio de luxação da patela ou subluxação, acrescentando a liberação do retináculo lateral ou medialização da TAT quando necessário, com bons resultados. Giordano et al.⁽⁶⁶⁾ utilizam o ST e G, indicando a cirurgia para crianças com luxação recidivante com fatores de

risco anatômicos excessivos (patela alta excessiva, ângulo Q > 15°, displasia troclear, TA-GT > 1,2 cm) e frouxidão ligamentar. Sobhy et al.⁽⁶⁴⁾ relatam o procedimento em adultos com luxação recidivante sem fatores de risco, obtendo 96,6% de pacientes satisfeitos. Uma alternativa técnica é descrita por Hinckel et al.^(91, 92), com o uso dos terços mediais do quadríceps e do tendão patelar para a reconstrução do LPFM e do LPTM, respectivamente, com a manutenção das inserções patelares e fixação com âncoras no fêmur (LPFM) e na tíbia (LPTM). Os resultados clínicos preliminares são considerados bons, com baixa taxa de complicações⁽⁹¹⁾. Nenhum paciente apresenta novo episódio de luxação da patela.

Assim, somando-se as diversas técnicas de reconstrução do LPTM, isoladas ou não, bons resultados são relatados em 18 estudos com um total de 396 pacientes.

4. MÉTODOS

4 MÉTODOS

4.1 Desenho do estudo

Foram utilizados 9 joelhos de cadáver do Serviço de Verificação de Óbito da Capital (SVOC) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP). A análise dos ligamentos foi realizada no IOT do HCFMUSP nos Laboratórios de Microcirurgia, Laboratório de Biomecânica e no Laboratório de Anatomia Patológica.

Todas as peças foram acondicionadas em sacos plásticos mantidos sob congelamento a -20°C ^(93, 94), até o momento dos ensaios. Os cadáveres foram descongelados em temperatura ambiente por 12 horas.

Foram incluídos 9 joelhos adultos. Foram excluídos os joelhos que apresentaram alteração anatômica decorrente de trauma, cirurgia prévia, doença tumoral, doença infecciosa ou doença degenerativa (incluindo osteoartrose) no joelho.

Foram dissecados e identificados o LPFM, o LPTM e o LPMM em todos os joelhos. Após a dissecação, cada etapa seguiu a metodologia especificada a seguir. A ordem das etapas foi: estudo anatômico macroscópico, análise radiográfica, avaliação biomecânica e estudo anatômico histológico.

4.2 Dissecção

As camadas 1, 2 e 3 descritas por Warren e Marshall foram utilizadas como referência durante a dissecção⁽¹³⁾. Uma via parapatelar lateral foi realizada para permitir a visualização interna dos tecidos mediais. A identificação dos ligamentos foi feita através de visualização e palpação superficial (externa a articulação) e profunda (interna a articulação). Inicialmente esta foi realizada com a camada 1 presente. Nas primeiras dissecções foi identificado que o LPFM, o LPTM e o LPMM se encontravam nas camadas mais profundas, camadas 2 e 3, e que era necessário separá-los cuidadosamente da camada 1, pois haviam pontos de aderências. Por isso a dissecção precoce entre as camadas 1 e 2 foi realizada nas demais peças facilitando a identificação dos ligamentos. Essa dissecção foi iniciada posteriormente, através de uma secção vertical posterior ao ligamento colateral medial, e continuada anteriormente progredindo, cautelosamente, das regiões onde as camadas eram menos aderidas àquelas onde eram mais aderidas. Nas áreas onde a camada 1 e a camada 2 estavam muito aderidas essa dissecção foi interrompida. A dissecção ao longo da borda inferior do músculo vasto medial foi realizada até a identificação da borda superior do LPFM. O LPTM e o LPMM foram identificados pela exploração da região entre a borda inferior do LPFM e a borda medial do tendão patelar. Após a melhor identificação e isolamento dos ligamentos, a camada

superficial 1 foi cuidadosamente retirada dos ligamentos. A aparência dos ligamentos após a dissecação se encontra na **Figura 1**.

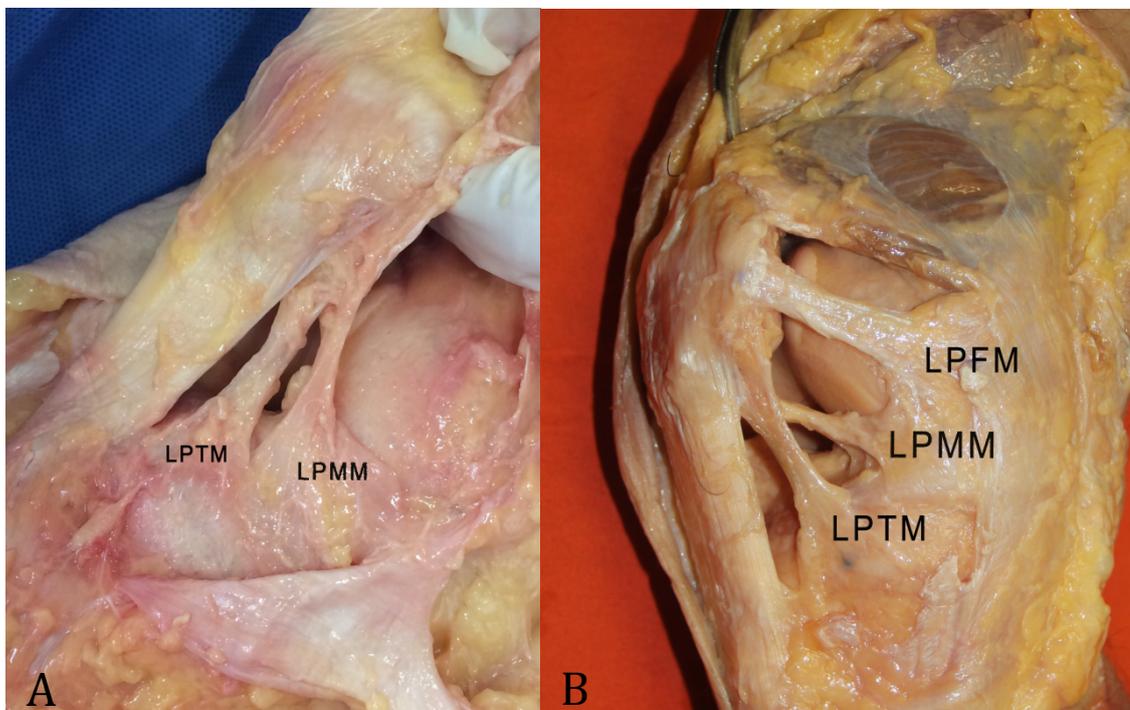


Figura 1 - Aspecto anatômico do ligamento patelofemoral medial (LPFM), do ligamento patelotibial medial (LPTM) e do ligamento patelomeniscal medial (LPMM) (A, B)

4.3 Estudo anatômico

4.3.1 Macroscópico

Após a identificação dos ligamentos foi realizado o estudo anatômico. Inicialmente o centro das inserções do LPFM, do LPTM e do LPMM foram

marcados com uma caneta marcadora. O centro foi definido pelo ponto médio entre as bordas proximal e distal e medial e lateral de cada inserção. As medidas foram realizadas com os ligamentos tensos através de uma tração proximal e lateral da patela. Para as medidas de distância foi utilizado o paquímetro digital (Mitutoyo®, resolução de 0,01 mm, repetitividade de 0,01 mm e exatidão de 0,02 mm). Para as medidas angulares foi utilizado um goniômetro comum. As seguintes medidas foram realizadas:

- Comprimento da patela: distância entre as bordas mais proximal e distal da patela.
- LPFM: comprimento (distância entre os centros das inserções patelar e femoral), largura da inserção patelar (distância entre os pontos mais proximal e distal desta inserção), largura da inserção femoral (distância entre os pontos mais proximal e distal desta inserção), inserção femoral (avaliada em relação ao epicôndilo femoral medial e o tubérculo dos adutores) e distância patelar (distância entre a borda superior da patela e o centro da inserção patelar).
- LPTM: comprimento (distância entre os centros das inserções patelar e tibial), largura (distância entre as bordas do ligamento na metade de seu comprimento), distância articular (distância entre a borda anterior da superfície articular da tibia e o centro da inserção tibial), distância do tendão do patelar (distância entre a borda medial do tendão patelar e o centro da inserção tibial), ângulo do tendão patelar (com o joelho em 90° de flexão, o ângulo formado entre o eixo do tendão patelar e o eixo do LPTM), distância patelar (distância entre a borda inferior da patela e o

centro da inserção patelar) e profundidade na patela (localização da inserção patelar, classificada nos terços anterior, médio e posterior).

- LPMM: comprimento (distância entre os centros da inserção patelar e meniscal), largura (distância entre as bordas do ligamento na metade de seu comprimento), inserção meniscal (posição da inserção meniscal; classificada em corno anterior, corpo, corno posterior, e transição entre estas), distância articular (quando este possuía também uma inserção tibial, distância entre a borda anterior da superfície articular da tíbia e o centro da inserção tibial), distância do tendão patelar (distância entre a borda medial do tendão patelar e o centro da inserção meniscal), ângulo do tendão patelar (com o joelho em 90° de flexão, o ângulo formado entre o eixo do tendão patelar e o eixo do LPMM) e distância patelar (distância entre a borda inferior da patela e o centro da inserção patelar).

A distância patelar foi medida de proximal para distal para o LPFM e de distal para proximal para o LPTM e LPMM para facilitar a interpretação e aplicação clínica dos dados.

As medidas foram realizadas uma vez pelo autor em todos os joelhos.

4.3.2 Histológico

O estudo anatômico histológico foi realizado após os testes biomecânicos. Amostras de todos os ligamentos, LPFM, LPTM e LPMM, de

todos os joelhos foram enviadas para o estudo histológico. Para melhor entendimento, sua metodologia e seus resultados são descritos na mesma seção que a anatomia macroscópica e não após os testes biomecânicos, que seguiria a ordem cronológica.

No laboratório de Anatomia Patológica, os ligamentos foram avaliados macroscopicamente e seccionados no sentido longitudinal em cortes medindo no máximo 3 mm de espessura. Foram colocados em cassetes e colocados no processador histológico, e após, o material foi embebido em bloco de parafina. Após, foram confeccionadas as lâminas com cortes histológicos de 5 micrometros de espessura e coradas pelo método de hematoxilina e eosina (HE). Realizou-se a análise histológica descritiva em microscópio óptico. Fotomicrografias deste material foram obtidas através do equipamento Zeiss Axioskop2plus.

4.4 Análise radiográfica

Foram introduzidas esferas metálicas de 2 mm nos centros das inserções (previamente marcados com a caneta marcadora) do LPFM, do LPTM e do LPMM na patela, e do LPTM na tíbia. Na inserção meniscal do LPMM não foram introduzidas as esferas pois estas necessitavam ser inseridas no osso para ficarem fixas. Como apenas 2 joelhos possuíam uma inserção tibial do LPMM esta não foi avaliada radiograficamente. A

referência radiográfica do LPFM no fêmur já é bem estabelecida^(18, 95, 96), por isso não era o foco do trabalho e esta avaliação não foi realizada.

Foram realizadas radiografias nas seguintes incidências: ântero-posterior (AP) (com joelhos em extensão) e perfil (P) verdadeiro (com joelho em 30° de flexão medido por um goniômetro, e com uma tração do proximal da patela mantida por suturas entre o tendão quadricipital e as partes moles adjacentes).

As imagens foram analisadas no programa digital de análise de imagens (Horos®).

Todas as medidas foram realizadas uma vez por 2 examinadores especialistas em cirurgia do joelho de forma independente, para avaliação da correlação inter-observador. As medidas foram repetidas pelo autor depois de 2 semanas para avaliar a correlação intra-observador.

A inserção patelar do LPFM, do LPTM e do LPMM foi medida em relação a 3 linhas de base. A linha da cortical patelar posterior (linha 1), traçada entre as margens óssea mais proximal e mais distal (**Figura 2**). A linha 2 é uma linha perpendicular à linha 1 na intersecção com a borda proximal da patela, e a linha 3 uma linha perpendicular à linha 1 na intersecção com a borda distal da patela (**Figura 2**). Foram medidas a distância da borda proximal da patela até o marcador do LPFM e a distância da borda distal da patela até os marcadores do LPTM e do LPMM (distância patelar). Para a realização da medida de razão da inserção foi medido também o comprimento da patela, distância entre a porção mais proximal e mais distal da patela na linha 1. Foi calculada a razão da inserção patelar

(distância patelar/comprimento da patela) para o LPFM, o LPTM e o LPMM. Para a avaliação da profundidade da inserção do LPFM e do LPTM, a patela foi dividida em terços e a posição classificada nos terços anterior, médio e posterior.

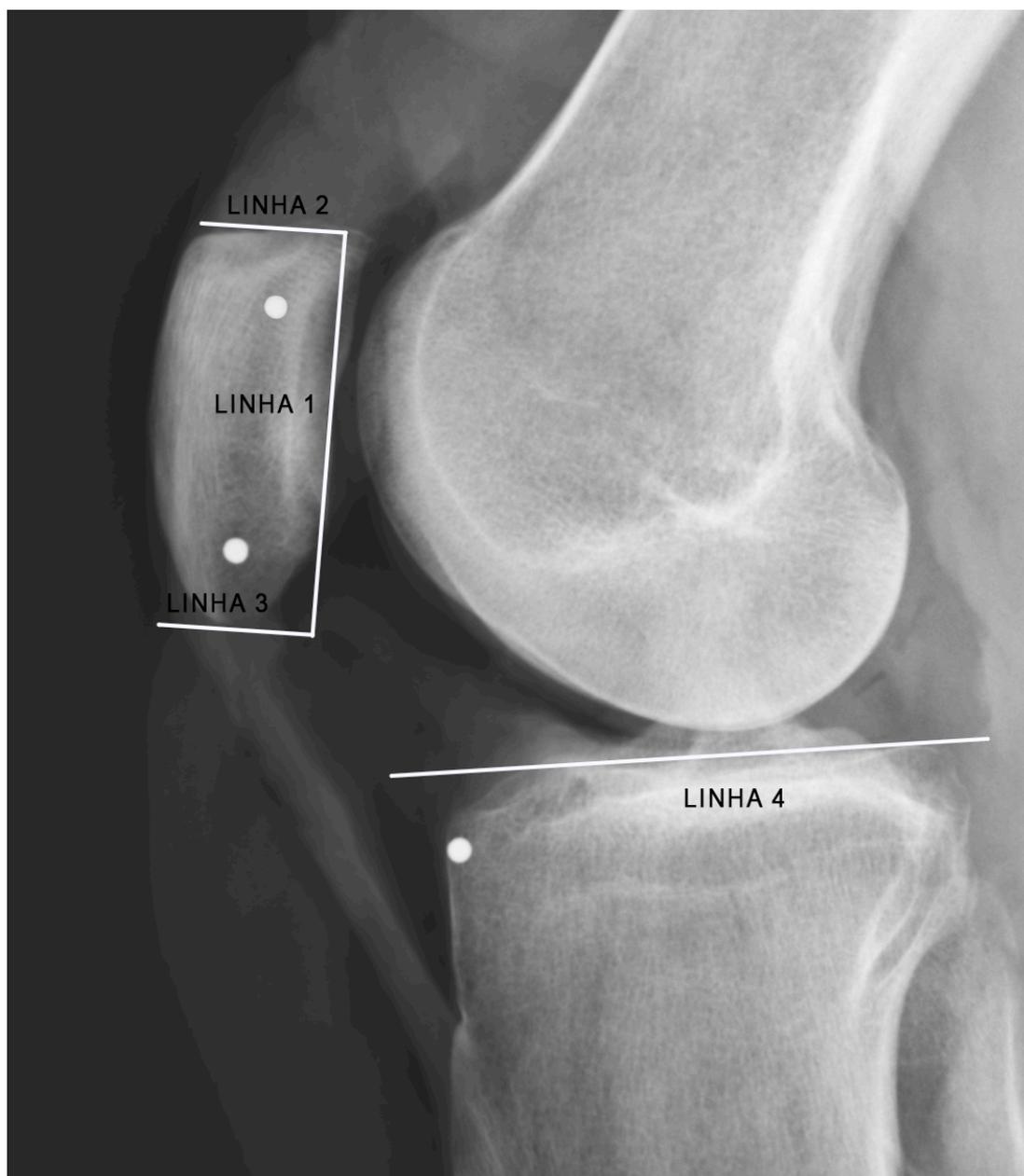


Figura 2 - Linhas de referência na patela e na tíbia na radiografia em perfil. Linha 1: cortical patelar posterior; Linha 2: borda proximal da patela; Linha 3: borda distal da patela; Linha 4: planalto tibial medial

A inserção tibial para o LPTM foi medida nas radiografias em P e AP.

Na radiografia em P foi utilizada uma linha de base: a linha do planalto tibial medial (linha 4), tangente entre os pontos anterior e posterior mais proximais (**Figura 2**). Foi medida a distância entre a linha 4 e o marcador na tibia (distância articular).

Na radiografia em AP foram utilizadas 3 linhas de base: a linha do planalto tibial (linha 5), tangente entre os pontos medial e lateral mais proximais, linha da borda medial do planalto (linha 6), perpendicular a linha 5 na intersecção com a borda medial do planalto, e a linha da espinha medial (linha 7), perpendicular a linha 5 na intersecção da borda medial da espinha medial (**Figura 3**). Foram medidas as distâncias entre o marcador na tibia e a linha 5 (distância articular), entre o marcador na tibia e a linha 6 (distância medial) e entre o marcador na tibia e a linha 7 (distância da borda medial da espinha medial). A distância da borda medial da espinha medial foi considerada coincidente quando a distância foi menor que 1mm, positiva quando medial a borda medial da espinha medial e negativa quando lateral a esta referência.



Figura 3 - Linhas de referência na tíbia na radiografia em ântero-posterior. Linha 5: planalto tibial; Linha 6: borda medial do planalto; Linha 7: borda medial da espinha medial

4.5 Avaliação biomecânica

Foram submetidos a ensaios de tração o LPFM e o LPTM. Não foi possível testar o LPMM pois a inserção patelar era conjunta com a do LPTM em 5 casos.

Os ensaios de tração dos ligamentos foram executados em uma máquina de ensaios mecânicos KRATOS modelo K5002, dotada de célula de carga de 981 N (100 kgf) a uma velocidade de 20 mm/min. Os parâmetros força e deslocamento provenientes da máquina de ensaios foram armazenados em tempo real em um computador pessoal através de um programa de aquisição a uma taxa de 30 amostras/s.

Para o teste do LPFM o côndilo femoral medial foi destacado. A patela e o côndilo femoral medial foram fixados em garras retangulares com perfil trapezoidal através de 2 parafusos. O posicionamento foi feito de maneira que o eixo do ligamento fosse coincidente com o eixo da tração produzida pela máquina de ensaios, uma garra foi conectada à parte móvel da máquina por intermédio da célula de carga e a outra garra foi presa à base da máquina através de um torno de bancada (**Figura 4**).



Figura 4 - Posicionamento do côndilo femoral medial e da patela no teste do ligamento patelofemoral medial (A, B)

Para os ensaios do LPTM a tíbia foi presa por uma garra tubular com diversos parafusos posicionados radialmente e a patela acoplada à parte móvel da máquina por uma garra retangular (mesma utilizada no ensaio do LPFM). O fêmur foi apoiado à base da máquina com o propósito de não interferir no ensaio do ligamento. A garra tubular foi presa à base da máquina através de um torno de bancada (**Figura 5**) de maneira que o LPTM ficasse alinhado ao eixo de movimento da máquina de ensaios.

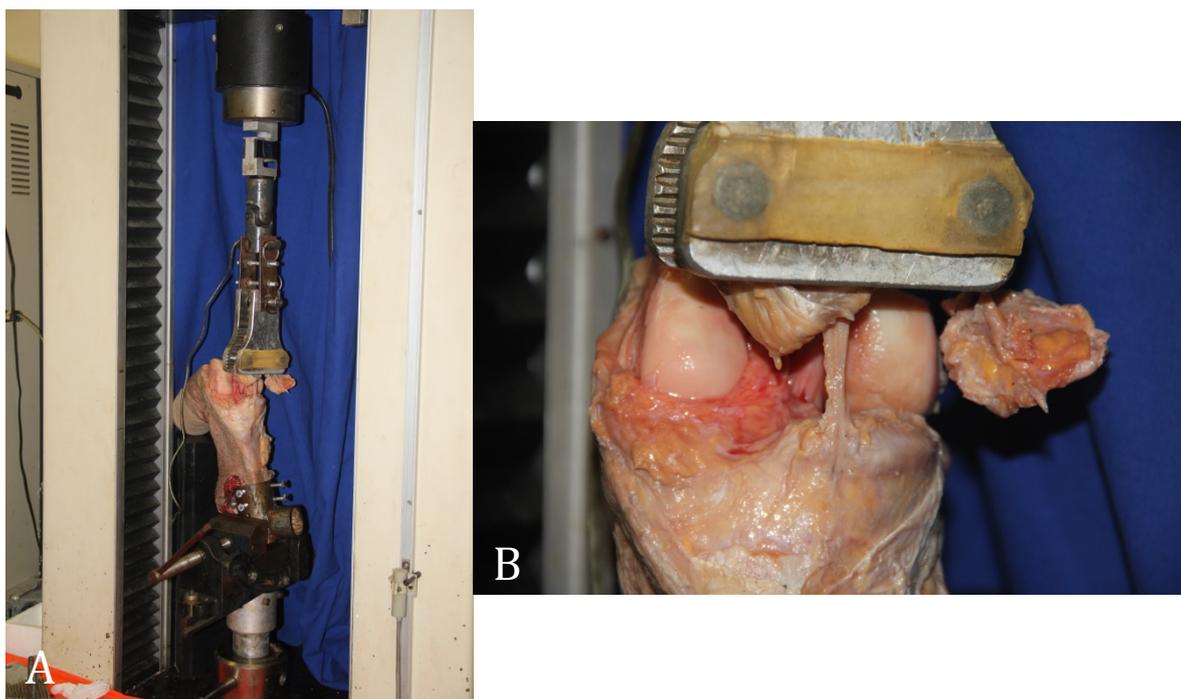


Figura 5 - Posicionamento da tíbia e da patela no teste do ligamento patelotibial medial (A, B)

Foram determinados, para cada ensaio de tração, os parâmetros rigidez, força, deformação e energia no limite de resistência máxima, e energia até a ruptura total.

Rigidez é definida como a razão da força pela deformação medida entre dois pontos da região linear (região elástica) do gráfico força versus deformação, medido em Newton por milímetros (N/mm).

O limite de resistência máxima (LRM) correspondeu ao pico do gráfico força (em N) versus deformação (em mm), onde foi determinado a força no limite de resistência máxima (FLRM), em Newtons, e a deformação no limite de resistência máxima (DLRM), em mm. A energia no limite de resistência máxima (ELRM) foi calculada como sendo a área abaixo da curva força

versus deformação até o pico do gráfico e representou a energia absorvida pelo ligamento no LRM, ou seja, o produto da força pela deformação (N.mm), que pode ser expressa como mili Joule (mJ).

A energia medida até a ruptura total (ERT), em mJ, correspondeu à área abaixo do gráfico força versus deformação até o limite de ruptura de todas as fibras do ligamento, correspondendo ao ponto em que a força retornou ao valor zero.

O LRM, ELRM e o ERT estão exemplificados na **Figura 6**.

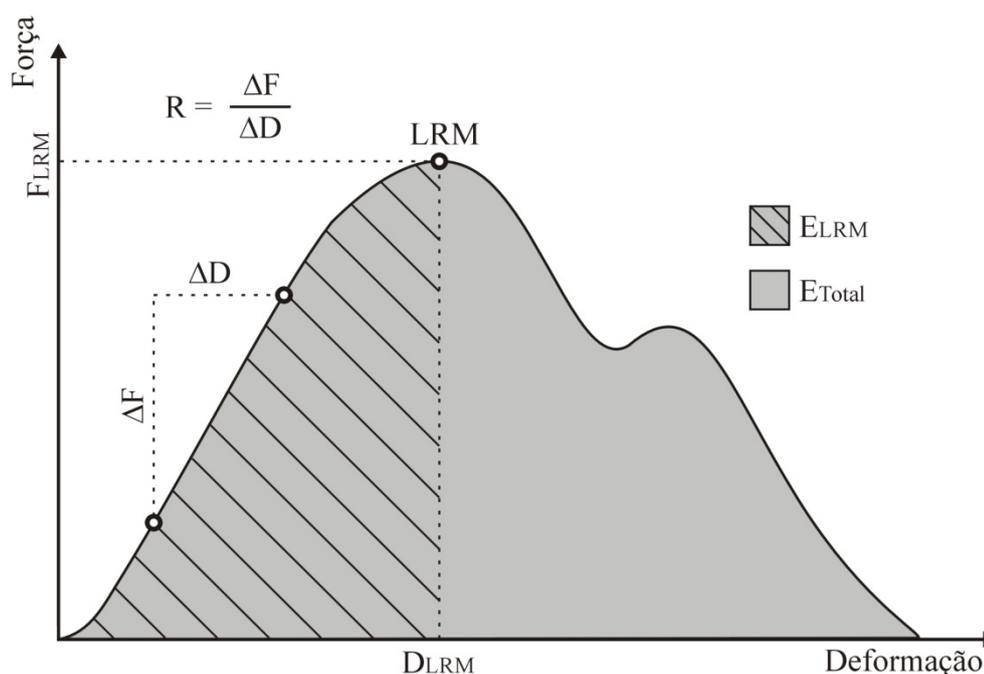


Figura 6 - Gráfico força versus deformação de um teste de tração. LRM: limite de resistência máxima; ELRM: energia no limite de resistência máxima; DLRM: deformação no limite de resistência máxima; FLRM: força no limite de resistência máxima e Etotal: energia até a ruptura total; ΔF : variação de força entre dois pontos na região linear; ΔD : variação de deformação entre dois pontos na região linear

4.6 Análise estatística

Foram calculadas as médias, desvio padrão (dp), intervalo de confiança de 95% (IC 95%), valores mínimo e máximo de todas as medidas quantitativas. As razões foram calculadas e reportadas em 2 casas decimais. As demais medidas foram coletadas e utilizadas nos cálculos estatísticos com 2 casas decimais mas reportadas nos resultados com 1 casa decimal.

Na avaliação radiológica as correlações intra-observador e inter-observador foram avaliadas através do coeficiente de correlação intraclassa (CCI).

Na avaliação biomecânica foi realizada o teste t pareado entre o LPFM e o LPTM do mesmo joelho. Também foi realizado teste de correlação de Pearson entre o LPFM e o LPTM do mesmo joelho. A correlação foi considerada baixa quando $< 0,4$; moderada quando entre $0,4$ e $0,8$; e alta quando $> 0,8$. A correlação foi reportada com 2 casas decimais e os demais resultados com 1 casa decimal.

Para significância estatística foi utilizado o valor de $p > 0,05$.

5. RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 Estudo anatômico

5.1.1 Macroscópico

O LPFM, o LPTM e o LPMM foram encontrados em todos os joelhos. O LPFM e o LPTM se encontravam na camada 2. Ambos possuíam aderências com a camada 1 na região próxima a patela. O LPMM se encontrava na camada 3 e entremeado na gordura de Hoffa.

A inserção femoral do LPFM se encontrava entre o tubérculo dos adutores e o epicôndilo medial em todos os joelhos. A inserção patelar era no pólo superior da patela, em 6 joelhos no terço proximal e em todos na metade proximal.

Na patela, o LPTM e o LPMM: se uniam para formar uma inserção conjunta em 5 joelhos, a inserção do LPTM era distal a do LPMM em 3 joelhos e a inserção do LPTM era proximal a do LPMM em 1 joelho. Com exceção de um joelho as inserções do LPTM e do LPMM se encontravam no terço distal da patela. Em 5 joelhos ao menos um dos 2 ligamentos se encontrava na porção mais distal da patela. Com relação a profundidade da

inserção do LPTM na patela, a distribuição foi: 4 joelhos no terço anterior, 3 joelhos no terço médio e 2 no terço posterior.

A inserção meniscal do LPMM era na maior parte dos joelhos no corno anterior, 7 joelhos, e na transição do corno anterior para o corpo em 2 casos. Em 2 joelhos o LPMM tinha uma extensão da inserção distal para a tíbia, com distância articular de 6.0 mm e 4.9 mm.

Os resultados da análise anatômica do LPFM se encontram na **Tabela 1**, do LPTM na **Tabela 2** e do LPMM na **Tabela 3**.

Tabela 1 - Resultados do estudo anatômico do ligamento patelofemoral medial e do comprimento da patela

JOELHO	COMPRIMENTO DA PATELA (mm)	DISTÂNCIA PATELAR (mm)	RAZÃO DA INSERÇÃO PATELAR	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA INSERÇÃO FEMORAL (mm)	LARGURA INSERÇÃO PATELAR (mm)
1	37,1	4,8	0,13	65,8	8,5	23,6
2	39,4	13,9	0,35	47,8	22,1	10,1
3	49,1	20,9	0,43	58,2	13,2	19,3
4	48,9	19,3	0,39	57,3	14,5	21,0
5	47,6	12,0	0,25	62,2	10,2	30,3
6	50,0	8,4	0,17	61,6	22,6	19,8
7	48,3	16,0	0,33	61,6	13,7	23,0
8	47,2	14,7	0,31	61,7	16,8	9,9
9	39,2	0	0	69,4	16,0	29,7
Média	45,2	12,2	0,26	60,6	15,3	20,7
IC 95%	41,3 a 49,1	7,0 a 17,4	0,16 a 0,37	56,0 a 65,2	11,6 a 19,0	15,2 a 26,3
dp	5,1	6,8	0,14	6,0	4,8	7,2
Min	37,1	0	0	47,8	8,5	9,9
Max	50,0	16,0	0,43	69,4	22,6	30,3

mm: milímetros; IC 95%: intervalo de confiança de 95%; dp: desvio padrão; min: mínimo; max: máximo

Tabela 2 - Resultados do estudo anatômico do ligamento patelotibial medial

JOELHO	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	DISTÂNCIA ARTICULAR (mm)	DISTÂNCIA DO TENDÃO PATELAR (mm)	ÂNGULO DO TENDÃO PATELAR (graus)	DISTÂNCIA PATELAR (mm)	RAZÃO DA INSERÇÃO PATELAR
1	26,1	6,0	3,2	10,3	18,0	9,6	0,26
2	35,5	10,1	14,3	7,6	15,0	4,2	0,11
3	30,4	7,9	6,7	14,3	16,0	0	0
4	38,9	4,2	14,4	8,8	10,0	0	0
5	42,1	4,1	19,7	10,3	20,0	0	0
6	36,6	8,2	9,8	13,5	20,0	0	0
7	30,8	6,5	16,2	11,9	28,0	4,2	0,09
8	46,3	7,8	22,8	17,6	20,0	7,0	0,15
9	40,5	8,9	15,9	10,4	20,0	7,6	0,19
Média	36,4	7,1	13,7	11,6	18,5	3,6	0,09
IC 95%	31,5 a 41,3	5,5 a 8,7	8,9 a 18,4	9,3 a 14,0	14,8 a 22,3	0,7 a 6,6	0,014 a 0,16
dp	6,4	2,0	6,2	3,1	4,9	3,6	0,10
Min	26,1	4,1	3,2	7,6	10,0	0	0
Max	46,3	10,1	22,8	14,3	20,0	9,6	0,26

mm: milímetros; dp: desvio padrão; min: mínimo; max: máximo; IC 95%: intervalo de confiança de 95%

Tabela 3 - Resultados do estudo anatômico do ligamento patelomeniscal medial

JOELHO	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	INSERÇÃO MENISCAL	DISTÂNCIA DO TENDÃO PATELAR (mm)	ÂNGULO DO TENDÃO PATELAR (graus)	DISTÂNCIA PATELAR (mm)	RAZÃO DA INSERÇÃO PATELAR
1	38,4	8,1	cornio anterior/ corpo**	34,3	55,0	9,6*	0,26
2	30,5	13,7	cornio anterior/ corpo**	33,6	45,0	16,2	0,41
3	29,8	7,5	cornio anterior	26,0	50,0	4,3	0,09
4	33,7	6,9	cornio anterior	21,6	25,0	0*	0
5	33,7	7,8	cornio anterior	24,6	30,0	0*	0
6	34,8	13,6	cornio anterior	24,5	30,0	6,7	0,13
7	29,6	6,8	cornio anterior	26,7	45,0	0	0
8	37,8	6,0	cornio anterior	22,3	60,0	7,0*	0,15
9	35,6	4,4	cornio anterior	25,4	45,0	7,6*	0,19
Média	33,8	8,3		26,6	42,8	5,7	0,14
IC 95%	31,2 a 36,3	5,8 a 10,8		23,1 a 30,0	33,5 a 52,0	1,6 a 9,9	0,03 a 0,24
dp	3,3	3,2		4,5	12,0	5,4	0,14
Min	29,6	4,4		21,6	30,0	0	0
Max	38,4	13,6		34,3	60,0	16,2	0,41

mm: milímetros; dp: desvio padrão; min: mínimo; max: máximo; IC 95%: intervalo de confiança de 95%
*conjunta com o LPTM; **transição

5.1.2 Histológico

O corte histológico corado em hematoxilina & eosina (HE) apresentou área de tecido conjuntivo denso, com fibras colágenas orientadas de maneira uniforme em paralelo e fibroblastos alongados de permeio, compatível com tecido ligamentar (**Figura 7**)⁽⁹⁷⁾. Esse padrão ligamentar foi encontrado em todas as amostras.

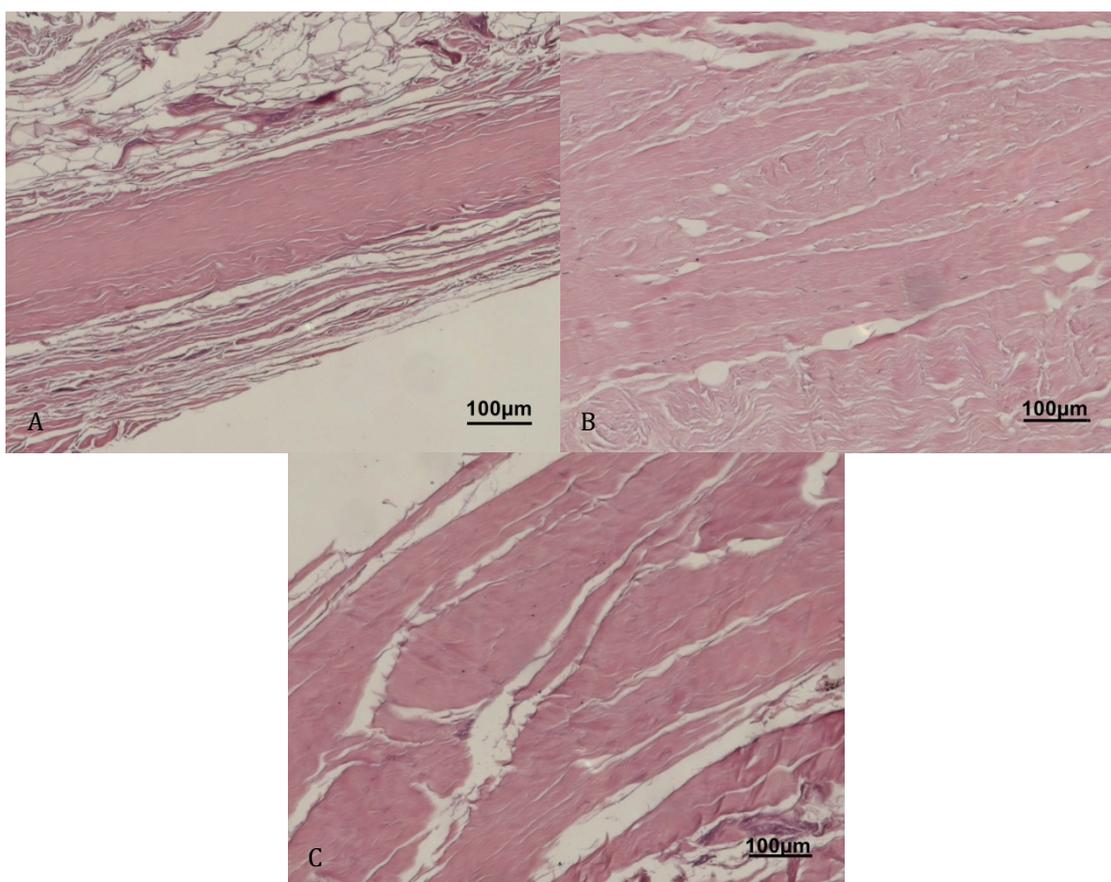


Figura 7 - Corte histológico corado em hematoxilina & eosina. A - ligamento patelofemoral medial. B - ligamento patelotibial medial. C - ligamento patelomeniscal medial

5.2 Análise radiográfica

Nos joelhos em que a inserção do LPFM foi mais proximal que a borda proximal da patela ou que o LPTM e/ou o LPMM foi mais distal que a borda distal da patela não foi inserido marcador e a distância patelar foi considerada zero. Isso ocorreu em 1 joelho no LPFM, em 4 joelhos no LPTM e em 3 joelhos no LPMM. A inserção patelar do LPFM era na metade proximal da patela em todos os joelhos e no terço proximal em 7 joelhos. A inserção patelar do LPTM e do LPMM foi no terço distal em todos os joelhos, exceto a inserção do LPMM em 1 joelho. Com relação a profundidade o LPFM se inseriu no terço médio em 5 joelhos, anterior em 1 joelho e posterior em 2 joelhos. O LPTM se inseriu no terço médio nos 5 joelhos com marcador. Os resultados da análise das inserções patelares do LPFM, do LPTM e do LPMM se encontram na **Tabela 4**.

Na avaliação radiográfica da inserção tibial do LPTM, a distância articular foi, nas incidências P e AP, 13,5 mm e 9,4 mm, respectivamente. Em relação a localização médio lateral, sua inserção era 23,8 mm lateral a borda medial da articulação, a 30% do comprimento do planalto de medial para lateral. Tendo a borda medial da espinha como referência, em 5 joelhos a inserção era coincidente com esse ponto, em 3 se encontravam lateral (na espinha medial) e em 1 medial a referência (no planalto). Em todos os joelhos a inserção se encontrava dentro de um raio de 5 mm desta

referência. Os resultados da análise radiográfica da inserção do LPTM na tíbia se encontram na **Tabela 5**.

Tabela 4 - Análise radiográfica das inserções patelares do ligamento patelofemoral medial, do ligamento patelotibial medial e do ligamento patelomeniscal medial

JOELHO	COMPRIMENTO DA PATELA (mm)	DISTÂNCIA PATELAR LPFM (mm)	RAZÃO LPFM	DISTÂNCIA PATELAR LPTM (mm)	RAZÃO LPTM	DISTÂNCIA PATELAR LPMM (mm)	RAZÃO LPMM
1	45,0	0,9	0,02	11,0	0,24	11,0	0,24
2	48,4	18,9	0,39	7,0	0,14	18,0	0,37
3	44,8	11,5	0,26	0	0	5,7	0,13
4	46,3	10,5	0,23	0	0	0	0
5	50,1	5,5	0,11	0	0	0	0
6	46,5	9,6	0,21	0	0	9,5	0,20
7	47,1	9,7	0,21	9,6	0,20	0	0
8	45,9	18,3	0,39	7,5	0,16	7,5	0,16
9	43,7	0	0	7,8	0,18	7,8	0,18
Média	46,4	9,4	0,20	4,8	0,10	6,6	0,14
IC 95%	44,9 a 47,9	4,3 a 14,5	0,09 a 0,31	1,2 a 8,4	0,03 a 0,18	2,0 a 11,3	0,05 a 0,24
dp	1,9	6,6	0,14	4,7	0,10	6,0	0,18
Min	43,7	0	0	0	0	0	0
Max	50,1	18,9	0,39	11,0	0,24	11,0	0,37

mm: milímetros; Dp: desvio padrão; min: mínimo; max: máximo; IC 95%: intervalo de confiança de 95%

Tabela 5 - Análise radiográfica da inserção do ligamento patelotibial medial na tíbia

INCIDÊNCIA	PERFIL	AP	AP	AP	AP	AP
JOELHO	DISTÂNCIA ARTICULAR (mm)	DISTÂNCIA ARTICULAR (mm)	COMPRIMENTO PLANALTO (mm)	DISTÂNCIA MEDIAL (mm)	RAZÃO MEDIAL	DISTÂNCIA DA BORDA MEDIAL DA ESPINHA MEDIAL (mm)
1	3,8	0	74,7	23,2	0,31	-2,4
2	16,5	10,9	88,1	29,0	0,33	0
3	9,67	9,9	73,0	16,3	0,22	4,9
4	17,7	10,6	81,1	29,9	0,37	-3,3
5	13,1	9,5	77,9	20,3	0,26	0
6	10,5	5,8	74,8	22,5	0,30	0
7	21,6	17,1	83,5	24,8	0,30	0
8	18,8	14,2	84,8	21,5	0,25	0
9	9,6	6,4	70,9	26,4	0,37	-3,4
Média	13,5	9,4	78,7	23,8	0,30	-0,47
IC 95%	9,1 a 17,8	5,6 a 13,2	74,2 a 83,3	20,5 a 27,0	0,26 a 0,34	-2,4 a 1,5
dp	5,6	4,9	5,9	4,3	0,05	2,5
Min	3,8	0	73,0	16,3	0,22	0
Max	21,6	17,1	88,1	29,9	0,37	4,9

LPTM: ligamento patelotibial medial, mm: milímetros; dp: desvio padrão; min: mínimo; max: máximo; IC 95%: intervalo de confiança de 95%

O CCI intra-observador e inter-observador foi $\geq 0,9$ para todos os parâmetros.

5.3 Avaliação biomecânica

Em todos os testes os ligamentos se romperam na substância.

O LPTM se apresentou com relação ao LPFM: mais rígido (17 N/mm *versus* 8 N/mm; $p = 0,024$), suportou mais carga no LRM (85,5 N *versus* 72,5 N, $p = 0,520$), apresentou menor deformação no LRM (8,6 mm *versus* 19,3 mm, $p = 0,005$), absorveu menos energia até o LRM (288,5 mJ *versus* 646,7 mJ, $p = 0,73$) e até a ruptura total (865,6 mJ *versus* 1130,2 mJ, $p = 0,265$). Assim, foram estatisticamente significantes as diferenças de rigidez e deformação. Os resultados da avaliação biomecânica do LPFM se encontram na **Tabela 6** e do LPTM na **Tabela 7**.

Tabela 6 - Resultados da avaliação biomecânica do ligamento patelofemoral medial

JOELHO	RIGIDEZ (N/mm)	FORÇA (N) ¹	DEFORMAÇÃO (mm) ¹	ENERGIA (mJ) ¹	ENERGIA ATÉ RUPTURA TOTAL (mJ)
1	8,9	42,7	8,8	125,3	544,8
2	6,0	49,3	29,3	877,2	1484,3
3	10,0	142,4	26,6	1664,4	1959,4
4	10,1	73,9	12,0	336,6	572,2
5	7,5	69,5	28,9	1130,4	2070,1
6	8,3	69,8	11,5	311,4	835,6
7	8,6	101,3	24,1	857,7	1104,9
8	8,8	66,7	19,7	335,1	1222,5
9	4,2	36,7	12,7	181,9	378,1
Média	8,0	72,5	19,3	646,7	1130,2
IC 95%	6,6 a 9,5	47,5 a 97,5	13,0 a 25,6	247,2 a 1046,2	658,5 a 1601,9
dp	1,9	32,5	8,2	519,7	613,6
Min	4,2	36,7	8,8	125,3	378,1
Max	10,1	142,4	29,3	1664,4	2070,0

¹: no limite de resistência máxima; N/mm: newtons por milímetro; N: Newtons; mm: milímetros; mJ: mili Joule; dp: desvio padrão; min: mínimo; max: máximo; IC 95%: intervalo de confiança de 95%

Tabela 7 - Resultados da avaliação biomecânica do ligamento patelotibial medial

JOELHO	RIGIDEZ (N/mm)	FORÇA (N) ¹	DEFORMAÇÃO (mm) ¹	ENERGIA (mJ) ¹	ENERGIA ATÉ RUPTURA TOTAL (mJ)
1	10,7	47,5	7,3	159,2	326,7
2	16,1	123,9	10,8	550,2	2280,7
3	23,4	88,8	6,3	178,3	1170,7
4	4,6	20,8	12,2	140,7	234,9
5	20,6	108,2	8,1	356,8	673,8
6	9,2	31,9	5,4	64,6	261,9
7	24,4	125,2	8,5	392,1	826,7
8	13,1	68,8	9,7	264,3	1055,4
9	31,1	154,5	8,6	489,9	959,3
Média	17,0	85,5	8,6	288,5	865,6
IC 95%	10,5 a 23,5	50,0 a 120,0	6,9 a 10,2	159,3 a 417,6	377,0 a 1354,0
dp	8,5	46,3	2,1	168,0	635,5
Min	4,6	20,8	5,4	64,6	234,9
Max	31,1	154,5	12,2	550,2	2280,7

¹: no limite de resistência máxima; N/mm: newtons por milímetro; N: Newtons; mm: milímetros; mJ: mili Joule; dp: desvio padrão; min: mínimo; max: máximo; IC 95%: intervalo de confiança de 95%

A correlação entre os parâmetros biomecânicos entre o LPFM e o LPTM do mesmo joelho foi moderada para rigidez e energia até ruptura total, e baixa para força, deformação e energia no LRM. No entanto estas não foram estatisticamente significantes (**Tabela 8**).

Tabela 8 - Correlação entre os parâmetros biomecânicos do ligamento patelofemoral medial e do ligamento patelotibial medial

PARÂMETRO BIOMECÂNICO	VALOR DA CORRELAÇÃO	VALOR DE P
Rigidez	- 0,57	p = 0,109
Força ¹	- 0,06	p = 0,870
Deformação ¹	0,09	p = 0,815
Energia ¹	0,15	p = 0,699
Energia até ruptura total	0,43	p = 0,238

¹: no limite de resistência máxima

6. *DISCUSSÃO*

6 DISCUSSÃO

Dentre os ligamentos mediais responsáveis por manter a estabilidade da PF contra a translação lateral da patela o LPFM foi muito estudado^(4-14, 19, 25-62), enquanto o LPTM e o LPMM foram negligenciados por muitos anos. Isso ocorreu principalmente devido ao LPFM ser o restritor primário à translação lateral da patela⁽³⁻⁵⁾. No entanto, apesar de serem restritores secundários, o LPTM e o LPMM, tem uma contribuição importante na manutenção da estabilidade da articulação PF, principalmente na fase final da extensão, quando contrapõe a tração próximo-lateral do quadríceps^(67, 78), e nos maiores graus de flexão, quando é tensionado e aumenta sua colaboração na restrição da translação lateral da patela⁽³⁴⁾. Além disso, é importante para preservação de um trajeto patelar adequado através da manutenção da inclinação e rotação patelar normal⁽³⁴⁾.

A importância do suporte medial ligamentar também é demonstrada clinicamente, e é evidenciada quando avaliamos os resultados do tratamento não cirúrgico, do reparo ligamentar e das reconstruções ligamentares.

A longo prazo, luxações patelares primárias podem resultar em instabilidade patelar recorrente em 15% a 44% dos casos após o tratamento não cirúrgico⁽⁹⁸⁾.

O reparo do LPFM ou a plicatura do retináculo medial têm menor taxa de recidiva da luxação e melhores resultados clínicos do que o tratamento não cirúrgico, mas têm maiores taxas de recidiva da luxação (9% a 28%) e

os resultados clínicos piores quando comparados com a reconstrução do LPFM⁽⁴⁸⁾. Quando o reparo do LPFM é de uma lesão femoral (54) ou em pacientes com menos de 16 anos de idade⁽⁹⁹⁾, as taxas de luxação são semelhantes entre o tratamento cirúrgico e não cirúrgico.

A reconstrução isolada do LPFM pode proporcionar bons resultados, com baixa taxa de recorrência de < 10%, em casos primários ou revisões^(39, 42, 44, 45, 47, 48, 50, 52, 55, 60). O insucesso da reconstrução isolada do LPFM está associado, em crianças, a displasia troclear grave e deformidades rotacionais como anteversão femoral excessiva⁽³⁸⁾. Nos adultos, a reconstrução isolada do LPFM tem uma baixa taxa de recorrência da luxação. Dois estudos com um pequeno grupo de pacientes com fatores de risco anatômicos excessivos sugerem um resultado clínico pior na presença de alguns fatores de risco anatômico excessivos (displasia troclear de alto grau, TAGT aumentado e frouxidão ligamentar)^(45, 46). A presença de patela alta é associada com piores desfechos clínicos em reconstruções isoladas do LPFM⁽¹⁰⁰⁾. Mesmo que a reconstrução do LPFM resulte em uma melhora quando realizada isoladamente, uma revisão sistemática das complicações associadas a este procedimento mostra uma persistência da instabilidade objetiva ou subjetiva de 12%⁽⁸⁸⁾.

Como o LPFM, o LPTM e o LPMM compartilham muitas características semelhantes acreditamos que a reconstrução do LPTM também deve ser melhor do que seu reparo. Além disso, há apenas um estudo clínico que mostra bons resultados com o reparo do LPMM⁽⁷⁸⁾ enquanto muitos mostram bons resultados com reconstruções do LPTM^(63, 64, 66, 67, 69, 70, 72, 74, 77, 80, 89-91).

A reconstrução do LPTM sem a associação ao LPFM têm mostrado bons resultados em muitos estudos clínicos^(63, 72, 74, 77, 80, 89, 90), no entanto, Grannatt et al.⁽⁶⁵⁾ encontram uma taxa de 82% de relaxação e/ou subluxação após o procedimento. A reconstrução combinada do LPTM com o LPFM tem, consistentemente, mostrado bons resultados^(64, 66, 67, 69, 70, 91). A maioria em pacientes sem fatores de risco anatômicos excessivos^(64, 69, 70), com alguns estudos relatando bons resultados em pacientes com TAGT aumentado quando associado a osteotomia da tibia⁽⁶⁷⁾, e em crianças com fatores de risco anatômicos excessivos^(66, 91).

Assim, a reconstrução do LPTM, principalmente quando associado a reconstrução do LPFM, pode potencialmente melhorar os resultados clínicos pós cirúrgicos e/ou estreitar a gama de fatores de risco "excessivos" que necessitam de correção, reduzindo assim a morbidade cirúrgica.

Para aprimorar as técnicas de reconstrução dos ligamentos medias realizamos esse estudo com o objetivo estudar e descrever a anatomia do LPFM, do LPTM e do LPMM, analisar os parâmetros radiográficos de suas inserções e avaliar suas propriedades biomecânicas. Dessa maneira contribuindo para melhor definir as referências anatômicas para os pontos de fixação das reconstruções, parâmetros radiográficos que auxiliem na identificação de maneira pouco invasiva destes pontos de fixação, e escolha dos enxertos que possuem as características biomecânicas mais semelhantes aos ligamentos originais.

Com o estudo anatômico verificamos que o LPFM se encontrou na camada 2, possuindo um comprimento médio de 60.6 mm (mínimo de 47.8

mm e máximo de 69,4 mm) e largura média de 15,3 mm no fêmur (mínimo de 8,5 mm e máximo de 22,6 mm), e 20,7 mm na patela (mínimo de 9,9 mm e máximo de 30,3 mm). Inseriu-se entre o tubérculo dos adutores e o epicôndilo medial no fêmur. Na patela, encontramos que o ponto central da inserção estava em média a uma distância que corresponde a 26%, de proximal para distal, do comprimento patelar, com o valor mínimo de zero e máximo de 43%. Nossos resultados se assemelham a diversos descritos na literatura^(4, 5, 10, 13, 14, 23).

Com o estudo anatômico do LPTM verificamos que este se encontrou na camada 2 conforme o achado de vários autores^(4-7, 12, 23, 82). O seu comprimento médio foi de 36,4 mm (mínimo de 26,12 mm e máximo de 46,3 mm) e largura média de 7,1 mm (mínimo de 4,1 mm e máximo de 10,1 mm). Sua inserção tibial se encontrou em média 13,7 mm (mínimo de 3,2 mm e máximo de 22,8 mm) distal a linha articular (distância articular) e em média 11,6 mm (mínimo de 7,6 mm e máximo de 14,3 mm) medial a borda medial do tendão patelar (distância do tendão patelar), formando um ângulo de 18,5° (mínimo de 10° e máximo de 20°) em média com o tendão patelar (ângulo do tendão patelar). A inserção na patela foi em média 3,6 mm proximal a borda distal da patela (mínimo zero e máximo 9,6 mm). Comparando nossos resultados aos de Panagiotopoulos et al.⁽¹⁴⁾ (comprimento de 35 a 45 mm, largura de 4 a 6 mm, distância articular de 15 a 20 mm, distância do tendão patelar de 15 a 20 mm, ângulo do tendão patelar de 20° a 25°; e inserção patelar no pólo inferior na borda medial da patela) verificamos resultados semelhantes ou com pequenas diferenças.

Uma grande semelhança no comprimento, enquanto encontramos uma média na largura um pouco maior que o valor superior referido em seu estudo. Quanto a distância articular, distância do tendão patelar e ângulo do tendão patelar, nossos resultados médios foram um pouco menores que o valor inferior referido em seu estudo. Como em seu trabalho Panagiotopoulos et al. (2006)⁽¹⁴⁾ não descreveram a posição do joelho quando mediram a angulação temos que considerar a possibilidade de uma diferença metodológica. Já quando comparamos nossos resultados com os de Phillipot et al.⁽⁸³⁾ (LPTM na camada 3, comprimento de 54,6 mm e largura de 21,8 mm) verificamos uma grande discrepância.

Com o estudo do LPMM verificamos que este se encontrou na camada 3 como descrito por vários autores^(4-7, 12, 23, 82). O seu comprimento médio foi de 33,7 mm (mínimo de 29,6 mm e máximo de 38,4 mm) e largura média de 8,3 mm (mínimo de 4,4 mm e máximo de 13,7 mm). Nosso resultado se encontra entre os achados de Panagiotopoulos et al.⁽¹⁴⁾ e Phillipot et al.⁽⁸³⁾ tanto para o comprimento quanto para a largura (Panagiotopoulos et al. (2006)⁽¹⁴⁾: comprimento de 20 a 25 mm e largura de 3 a 5 mm; e Phillipot et al. (2009)⁽⁸³⁾: comprimento de 39,4 mm e largura de 9,6 mm). Encontramos uma inserção meniscal no corno anterior em 7 joelhos e na transição do corno anterior para o corpo em 2 joelhos. Encontramos uma distância do tendão patelar média de 26,6 mm (mínimo de 21,6 mm e máximo de 34,3 mm), e ângulo do tendão patelar de 42,8° (mínimo de 30° e máximo de 60°). Assim a inserção patelar foi consistente no pólo inferior na borda medial da patela e no menisco medial (corno anterior ou transição do corno anterior

para o corpo) como descrito previamente por outros autores^(4, 5, 10). Com relação ângulo do tendão patelar encontramos um valor maior que os 15° a 30° descritos por Panagiotopoulos et al.⁽¹⁴⁾ e o mesmo viés de posicionamento aventado para o LPTM deve ser considerado.

O LPTM e o LPMM se uniam para formar uma inserção conjunta na maioria dos joelhos (5 joelhos) e quando eram diferentes a inserção do LPMM era proximal a do LPTM na maioria dos joelhos (3 joelhos). A inserção do LPTM e do LPMM se encontrava no terço distal da patela em 8 joelhos sendo que em 5 joelhos ao menos um dos 2 ligamentos se encontrava na porção mais distal da patela. Assim a inserção do LPTM e do LPMM era, predominantemente, na extremidade distal da patela. A profundidade da inserção na patela do LPTM se mostrou muito variável, distribuindo-se igualmente nos terços anterior, médio e posterior.

Com o estudo anatômico histológico pudemos comprovar que todas as amostras apresentaram padrão estrutural compatível com tecido ligamentar.

Não encontramos nenhum estudo na literatura sobre os parâmetros radiográficos do LPTM, sendo o nosso estudo, portanto o primeiro a fazer essa avaliação. No nosso estudo encontramos que o LPFM se encontrava em média a 9,4 mm da borda proximal da patela, a uma razão de 20% com relação ao comprimento da patela, portanto mais proximal que a encontrada por Barnett et al.⁽⁹⁶⁾ de 30%, que usou a cartilagem patelar e não a borda óssea como referência. Para o LPTM encontramos uma inserção bem distal, em média 4,8 mm proximal a borda distal da patela a uma razão de 10% com relação ao comprimento da patela. Como nos casos em que a inserção

do LPTM e do LPMM não eram conjuntas o LPMM era mais comumente proximal, encontramos uma distância patelar e razão (médias 6,6 mm e 14%, respectivamente) maiores que as do LPTM. Assim, concluímos que a inserção tanto do LPTM quanto do LPMM na patela é bem próxima de sua extremidade mais distal na face medial. Sobre a inserção tibial do LPTM verificamos que esta se encontra em média 9,4 mm, na incidência AP, e 13,5 mm, na incidência P, distal a articulação. Quanto ao posicionamento médio lateral, a inserção se encontrava em média a 30% (aproximadamente 1/3) do comprimento do planalto de medial para lateral. A borda medial da espinha medial se mostrou um ponto de referência constante. Em todos os casos a inserção se encontrava em uma raio de 5 mm desta referência.

O LPTM se apresentou com relação ao LPFM: mais rígido, suportou mais carga no LRM, apresentou menor deformação no LRM, absorveu menos energia até o LRM e até a ruptura total. No entanto, foram estatisticamente significantes apenas as diferenças de rigidez e deformação. Apesar de não ter sido atingida significância estatística, o LPTM também apresentou uma tendência a ser mais rígido quanto menor a rigidez do LPFM, ou vice e versa, e uma tendência a absorver mais energia quanto maior for a absorção de energia do LPFM. Para contrastar nossos resultados biomecânicos com a literatura é importante sabermos que quando ligamentos e tendões são submetidos a taxa de deformação aumentada (taxa de carga), a rigidez aumenta, armazenam mais energia, requerem mais força para romper e sustentam mais alongamento⁽¹⁰¹⁾. Assim a maior rigidez⁽¹⁰²⁻¹⁰⁴⁾ e maior deformação⁽¹⁰⁵⁾ encontrados na literatura eram

esperados (**Quadro 2**). A maior rigidez e energia no estudo de Criscenti et al.⁽¹⁰⁶⁾ pode ser explicada pelo posicionamento “anatômico” adotado nesse estudo diferente do posicionamento no sentido das fibras utilizado no nosso trabalho, o que aumenta tanto a rigidez quanto a carga e energia máximas⁽¹⁰⁷⁾.

Quadro 2- Comparação dos resultados biomecânicos do ligamento patelofemoral medial desse estudo e da literatura

ESTUDO, JOELHOS	CARGA VELOCIDADE	RIGIDEZ (N/mm) ¹	FORÇA (N) ¹	DEFORMAÇÃO (mm) ¹	ENERGIA (mJ) ¹	ENERGIA ATÉ RUPTURA TOTAL (mJ) ¹
Este estudo, 9 joelhos	981N, 20mm/min	8.05 +/- 1.90	72.5 +/- 32.50	19.3 +/- 8.20	646.68 +/- 519.73	1130.21 +/- 613.59
Burks et al. ⁽¹⁰³⁾ , 10 joelhos	300mm/min	17,5	209 +/- 55	-	-	-
Atkinson et al. ⁽¹⁰²⁾ , 4 joelhos	comprimento/s	15,9 +/- 6,4	167,6 +/- 85,6	-	-	-
Mountney et al. ⁽¹⁰⁵⁾ , 10 joelhos	200mm/min	-	208 +/- 90	26 +/- 7	-	-
Herbort et al. ⁽¹⁰⁴⁾ , 13 joelhos	200mm/min	29,4 +/- 9,7	190,7 +/- 82,8	-	-	-
Criscenti et al. ⁽¹⁰⁶⁾ , 12 joelhos	10mm/min	42,5 +/- 10,2	145 +/- 58	9,5 +/- 2,9	818,8 +/- 440,7	-

¹: no limite de resistência máxima; Mm: milímetros; min: minuto; s: segundos - : sem resultados

Nossos resultados mostraram que o LPFM e o LPTM romperam-se com uma deformação média de 19,3 mm e 8,6 mm, respectivamente. Assim,

como a patela precisa se mover em torno de 50 mm para que possa ocorrer a luxação, a lesão completa desses ligamentos ou fratura avulsão de sua inserção deve ser necessária para que a luxação aconteça⁽¹⁰³⁾. Como a rotura do LPTM ocorreu com uma menor deformação é possível que ocorra uma lesão isolada durante um evento de entorse do joelho com subluxação da patela sem que ocorra a luxação e lesão do LPFM. A lesão do LPTM e/ou LPMM sem a lesão do LPFM foi descrita por Thawait et al.⁽²⁶⁾ e Garth et al. LPMM⁽⁷⁸⁾. Como verificamos que a inserção patelar do LPTM e LPMM foi conjunta em muitos casos é possível que a lesão dos 2 ligamentos ocorra conjuntamente levando a subluxação descrita⁽⁷⁸⁾.

A motivação do nosso trabalho era estudar a anatomia, parâmetros radiográficos e biomecânica dos ligamentos medias para aprimorar técnicas de reconstrução desses ligamentos. Com relação a aplicação clínica de nossos resultados podemos fazer algumas observações cirúrgicas.

O enxerto ideal deve possuir comprimento e resistência a tensão igual ou maior que o ligamento a ser reconstruído, e rigidez semelhante, a do ligamento a ser reconstruído. Como opções de enxertos mais utilizadas para as reconstruções temos os tendões do quadricipital, patelar, semitendinoso e grácil.

Seus comprimentos são: quadricipital (8,8 +/- 0,8 cm⁽¹⁰⁸⁾) patelar (5 cm⁽¹⁰⁹⁾, 4,9 cm⁽¹¹⁰⁾, 4,2 cm⁽¹¹¹⁾), semitendinoso (36,6 cm⁽¹¹⁰⁾) e grácil (41,9 cm⁽¹¹⁰⁾). É importante lembrar que no tendão patelar quando utilizado para a reconstrução do LPFM, conforme descrito por Camanho et al.⁽⁴⁸⁾, o descolamento do tendão da patelar acrescenta 2/3 do comprimento da

patela (aproximadamente 3 cm) ao enxerto final. Assim todos tem comprimento suficiente para a reconstrução do LPFM (média 60.6 mm, mínimo de 47.8 mm e máximo de 69.4 mm) e do LPTM (média 36,4 mm, mínimo de 26,12 mm e máximo de 46,3 mm).

As resistências a tensão dos principais enxertos estão descritos no **Quadro 3**. Apesar de não ser possível fazer uma comparação direta de nossos resultados com os da literatura devido a diferenças metodológicas, o fato de os enxertos citados possuírem resistência pelo menos 70% maior que o LPTM sugere que eles sejam suficientes para a sua reconstrução. De acordo com nossos resultados o enxerto para o LPTM deveria ter uma rigidez 2x maior que para o LPFM.

Quadro 3- Características biomecânicas dos principais enxertos utilizados para as reconstruções ligamentares no joelho

ESTUDO, ANO	PATELAR (1/3)	QUADRICIPITAL (1/3)	SEMITENDINOSO	GRÁCIL
Herbert et al., 2014 ⁽¹⁰⁴⁾	-	Porção superficial Rigidez: 33,6 +/- 6,8N/mm FLRM: 205 +/- 77,8	-	-
Staubli et al., 1999 ⁽¹¹²⁾	FLRM: 1965,12 N	FLRM: 2170,56 N	-	-
Johnson et al., 1994 ⁽¹¹³⁾	FLRM: 944 N	-	-	-
Noyes et al., 1984 ⁽¹¹⁰⁾	FLRM: 2734 +/- 298 N	-	FLRM: 1216 +/- 50 N	FLRM: 838 +/- 30 N
Butler et al., 1984 ⁽¹¹⁰⁾	FLRM: 2829,33 N	-	FLRM: 1239 N	FLRM: 847,4 N

FLRM: força no limite de resistência máxima; N: Newtons

O LPTM se inseriu em média 13,7 mm distal a linha articular e 11,6 mm medial ao tendão patelar. A inserção tibial dos tendões isquiotibiais (41 +/-

6,6 milímetros distal a linha articular e 6,88 +/- medial 1 mm ao tendão patelar⁽¹¹⁴⁾) é portanto distante da inserção anatômica do LPTM. Isto é especialmente importante nas crianças, porque o enxerto do LPTM deve ser fixo acima da fise da tíbia, na epífise proximal da tíbia, de modo que a tensão pode ser mantida durante o crescimento, seguindo os mesmos princípios cirúrgicos de fixação do LPFM na porção distal do fêmur^(41, 115).

As radiografias em AP e P podem ajudar auxiliar na identificação das inserções do LPTM. No AP a inserção tibial se encontrava aproximadamente 1/3 medial no planalto e/ou na borda medial da espinha medial, que são parâmetros de fácil utilização com a radioscopia intra-operatória; aproximadamente 9 a 10 mm distal a articulação no AP e 13 a 14 mm no P. Na patela a inserção se encontrava aproximadamente 5 mm proximal a borda distal da patela. Também pudemos confirmar que as inserções na tíbia e na patela se encontravam com espaços ósseos adequados para obtenção de uma fixação estável com diversos métodos de fixação, como por exemplo, âncoras e parafusos de interferência ou tenodese.

Nossa principal limitação é a pequena amostra que foi limitada pela disponibilidade de cadáveres em nossa instituição. O teste biomecânico pode ter lesado as fibras dos ligamentos que foram posteriormente analisados na histologia. Apesar disso, pudemos verificar tecido conjuntivo denso organizado nas amostras. No estudo biomecânico tivemos que escolher entre estudar o LPTM ou o LPMM do mesmo joelho devido a inserção conjunta em muitos dos casos. As características de tensão dos ligamentos e relação das características anatômicas com as biomecânicas

não puderam ser avaliadas, pois não foi possível avaliar a área dos ligamentos. A velocidade aplicação de carga do aparelho usado nesse estudo ocorreu a uma velocidade de 20 mm/min que é bem mais lenta que a que ocorre durante o evento de luxação. Isso pode resultar *em vivo* que o rompimento dos ligamentos ocorra com uma maior deformação e com maior energia. Além disso, a tração foi realizada na direção da orientação das fibras dos ligamentos como na maior parte dos estudos^(102, 104, 106) e não na direção “fisiológica” em que os ligamentos são tracionados durante a luxação; o que pode mudar o local da lesão do ligamento e subestimar a capacidade de resistência dos ligamentos^(106, 107).

7. CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

Do ponto de vista anatômico:

- O LPFM inseriu-se no pólo proximal da patela e entre o tubérculo dos adutores e o epicôndilo medial no fêmur. Tinha um comprimento de 60,6 mm, e largura de 15,3 mm no fêmur e 20,7 mm na patela.
- O LPTM inseriu-se no pólo distal da patela (3,6 mm proximal a sua borda distal) e na tibia proximal (13,7 mm distal a articulação e 11,6 mm medial ao tendão patelar). Tinha um comprimento de 36,4 mm e largura de 7,1 mm.
- O LPMM inseriu-se no pólo distal da patela (5,7 mm proximal a sua borda distal) e no corno anterior ou na transição do corno anterior com o corpo do menisco medial (26,6 mm medial ao tendão patelar). Tinha comprimento de 33,7 mm e largura de 8,3 mm.
- As amostras avaliadas apresentaram tecido conjuntivo denso organizado, característico de tecido ligamentar.

Sob o ponto de vista radiográfico:

- A inserção patelar do LPTM se encontrou 4,8 mm e do LPMM 6,6 mm, proximal a borda inferior da patela.
- A inserção tibial do LPTM se encontrou 9,4 mm, na incidência AP, e 13,5 mm, na incidência P, distal a articulação.

- Quanto ao posicionamento médio lateral, a inserção do LPTM se encontrou a 30% do comprimento do planalto de medial para lateral e próximo a borda medial da espinha medial.

Sob o ponto de vista biomecânico:

- O LPTM se demonstrou mais rígido que o LPFM (17,0 N/mm *versus* 8,0 N/mm) e apresentou menor deformação no LRM (8,6 mm *versus* 19,3 mm).

8. REFERÊNCIAS

8 REFERENCIAS

1. Arendt EA, Fithian DC, Cohen E. Current concepts of lateral patella dislocation. *Clin Sports Med.* 2002;21(3):499-519.
2. Askenberger M, Ekstrom W, Finnbogason T, Janarv PM. Occult Intra-articular Knee Injuries in Children With Hemarthrosis. *Am J Sports Med.* 2014;42(7):1600-6.
3. Hautamaa PV, Fithian DC, Kaufman KR, Daniel DM, Pohlmeier AM. Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. *Clin Orthop Relat Res.* 1998(349):174-82.
4. Desio SM, Burks RT, Bachus KN. Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med.* 1998;26(1):59-65.
5. Conlan T, Garth WP, Jr., Lemons JE. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(5):682-93.
6. Placella G, Tei MM, Sebastiani E, Criscenti G, Speziali A, Mazzola C, et al. Shape and size of the medial patellofemoral ligament for the best surgical reconstruction: a human cadaveric study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(10):2327-33.
7. Kang HJ, Wang F, Chen BC, Su YL, Zhang ZC, Yan CB. Functional bundles of the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(11):1511-6.
8. Smirk C, Morris H. The anatomy and reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Knee.* 2003;10(3):221-7.

9. Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP. Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee*. 2003;10(3):215-20.
10. Tuxoe JI, Teir M, Winge S, Nielsen PL. The medial patellofemoral ligament: a dissection study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2002;10(3):138-40.
11. Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M. Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *Knee*. 2000;7(2):121-7.
12. Feller JA, Feagin JA, Jr., Garrett WE, Jr. The medial patellofemoral ligament revisited: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1993;1(3-4):184-6.
13. Warren LF, Marshall JL. The supporting structures and layers on the medial side of the knee: an anatomical analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61(1):56-62.
14. Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrmann M, Scuderi G. Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006;14(1):7-12.
15. Camanho GL, Viegas Ade C. Estudo anatômico e artroscópico do ligamento femoropatelar medial. *Acta Ortop Bras*. 2003;11(3):145-9.
16. Higuchi T, Arai Y, Takamiya H, Miyamoto T, Tokunaga D, Kubo T. An analysis of the medial patellofemoral ligament length change pattern using open-MRI. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(11):1470-5.

17. Mochizuki T, Nimura A, Tateishi T, Yamaguchi K, Muneta T, Akita K. Anatomic study of the attachment of the medial patellofemoral ligament and its characteristic relationships to the vastus intermedius. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(2):305-10.
18. Stephen JM, Lumpaopong P, Deehan DJ, Kader D, Amis AA. The medial patellofemoral ligament: location of femoral attachment and length change patterns resulting from anatomic and nonanatomic attachments. *Am J Sports Med.* 2012;40(8):1871-9.
19. Zaffagnini S, Colle F, Lopomo N, Sharma B, Bignozzi S, Dejour D, et al. The influence of medial patellofemoral ligament on patellofemoral joint kinematics and patellar stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(9):2164-71.
20. Santos Netto Ad, Brito MBSd, Severino FR, Campos LRA, Nico MAC, Oliveira VMd. Estudo da articulação patelofemoral por ressonância magnética: a variação da morfologia do ligamento patelofemoral medial. *Rev Bras Ortop.* 2012;47:204-9.
21. Farrow LD, Alentado VJ, Abdulnabi Z, Gilmore A, Liu RW. The relationship of the medial patellofemoral ligament attachment to the distal femoral physis. *Am J Sports Med.* 2014;42(9):2214-8.
22. Nelitz M, Dornacher D, Dreyhaupt J, Reichel H, Lippacher S. The relation of the distal femoral physis and the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(12):2067-71.

23. Placella G, Tei M, Sebastiani E, Speziali A, Antinolfi P, Delcogliano M, et al. Anatomy of the Medial Patello-Femoral Ligament: a systematic review of the last 20 years literature. *Musculoskelet Surg.* 2015;99(2):93-103.
24. Nomura E, Inoue M, Osada N. Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13(7):510-5.
25. Dirim B, Haghghi P, Trudell D, Portes G, Resnick D. Medial patellofemoral ligament: cadaveric investigation of anatomy with MRI, MR arthrography, and histologic correlation. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191(2):490-8.
26. Thawait SK, Soldatos T, Thawait GK, Cosgarea AJ, Carrino JA, Chhabra A. High resolution magnetic resonance imaging of the patellar retinaculum: normal anatomy, common injury patterns, and pathologies. *Skeletal Radiol.* 2012;41(2):137-48.
27. Starok M, Lenchik L, Trudell D, Resnick D. Normal patellar retinaculum: MR and sonographic imaging with cadaveric correlation. *AJR Am J Roentgenol.* 1997;168(6):1493-9.
28. Steensen RN, Dopirak RM, McDonald WG, 3rd. The anatomy and isometry of the medial patellofemoral ligament: implications for reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32(6):1509-13.
29. Victor J, Wong P, Witvrouw E, Sloten JV, Bellemans J. How isometric are the medial patellofemoral, superficial medial collateral, and lateral collateral ligaments of the knee? *Am J Sports Med.* 2009;37(10):2028-36.

30. LaPrade RF, Engebretsen AH, Ly TV, Johansen S, Wentorf FA, Engebretsen L. The anatomy of the medial part of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(9):2000-10.
31. Ntagiopoulos PG, Sharma B, Bignozzi S, Lopomo N, Colle F, Zaffagnini S, et al. Are the tubular grafts in the femoral tunnel in an anatomical or isometric position in the reconstruction of medial patellofemoral ligament? *Int Orthop.* 2013;37(10):1933-41.
32. Lenschow S, Schliemann B, Gestring J, Herbort M, Schulze M, Kusters C. Medial patellofemoral ligament reconstruction: fixation strength of 5 different techniques for graft fixation at the patella. *Arthroscopy.* 2013;29(4):766-73.
33. Philippot R, Boyer B, Testa R, Farizon F, Moyen B. Study of patellar kinematics after reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012;27(1):22-6.
34. Philippot R, Boyer B, Testa R, Farizon F, Moyen B. The role of the medial ligamentous structures on patellar tracking during knee flexion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(2):331-6.
35. Bedi H, Marzo J. The biomechanics of medial patellofemoral ligament repair followed by lateral retinacular release. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1462-7.
36. Beck P, Brown NA, Greis PE, Burks RT. Patellofemoral contact pressures and lateral patellar translation after medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2007;35(9):1557-63.

37. Ostermeier S, Stukenborg-Colsman C, Hurschler C, Wirth CJ. In vitro investigation of the effect of medial patellofemoral ligament reconstruction and medial tibial tuberosity transfer on lateral patellar stability. *Arthroscopy*. 2006;22(3):308-19.
38. Nelitz M, Williams RS, Lippacher S, Reichel H, Dornacher D. Analysis of failure and clinical outcome after unsuccessful medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. *Int Orthop*. 2014;38(11):2265-72.
39. Witonski D, Keska R, Synder M, Sibinski M. An isolated medial patellofemoral ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Biomed Res Int*. 2013;2013:637678.
40. Wang CH, Ma LF, Zhou JW, Ji G, Wang HY, Wang F, et al. Double-bundle anatomical versus single-bundle isometric medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar dislocation. *Int Orthop*. 2013;37(4):617-24.
41. Nelitz M, Dreyhaupt J, Reichel H, Woelfle J, Lippacher S. Anatomic reconstruction of the medial patellofemoral ligament in children and adolescents with open growth plates: surgical technique and clinical outcome. *Am J Sports Med*. 2013;41(1):58-63.
42. Ma LF, Wang F, Chen BC, Wang CH, Zhou JW, Wang HY. Medial retinaculum plasty versus medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar instability in adults: a randomized controlled trial. *Arthroscopy*. 2013;29(5):891-7.
43. Kohn LM, Meidinger G, Beitzel K, Banke IJ, Hensler D, Imhoff AB, et al. Isolated and combined medial patellofemoral ligament reconstruction in

revision surgery for patellofemoral instability: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2013;41(9):2128-35.

44. Zhao J, Huangfu X, He Y. The role of medial retinaculum plication versus medial patellofemoral ligament reconstruction in combined procedures for recurrent patellar instability in adults. *Am J Sports Med.* 2012;40(6):1355-64.

45. Wagner D, Pfalzer F, Hingelbaum S, Huth J, Mauch F, Bauer G. The influence of risk factors on clinical outcomes following anatomical medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction using the gracilis tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012.

46. Howells NR, Eldridge JD. Medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar instability in patients with hypermobility: a case control study. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(12):1655-9.

47. Howells NR, Barnett AJ, Ahearn N, Ansari A, Eldridge JD. Medial patellofemoral ligament reconstruction: a prospective outcome assessment of a large single centre series. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(9):1202-8.

48. Bitar AC, Demange MK, D'Elia CO, Camanho GL. Traumatic patellar dislocation: nonoperative treatment compared with MPFL reconstruction using patellar tendon. *Am J Sports Med.* 2012;40(1):114-22.

49. Camp CL, Krych AJ, Dahm DL, Levy BA, Stuart MJ. Medial patellofemoral ligament repair for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2010;38(11):2248-54.

50. Ahmad CS, Brown GD, Stein BS. The docking technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: surgical technique and clinical outcome. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):2021-7.
51. Thauvat M, Erasmus PJ. Recurrent patellar dislocation after medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(1):40-3.
52. Sillanpaa P, Mattila VM, Visuri T, Maenpaa H, Pihlajamaki H. Ligament reconstruction versus distal realignment for patellar dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(6):1475-84.
53. Dopirak R, Adamany D, Bickel B, Steensen R. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft: a case series. *Orthopedics.* 2008;31(3):217.
54. Christiansen SE, Jakobsen BW, Lund B, Lind M. Isolated repair of the medial patellofemoral ligament in primary dislocation of the patella: a prospective randomized study. *Arthroscopy.* 2008;24(8):881-7.
55. Christiansen SE, Jacobsen BW, Lund B, Lind M. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament with gracilis tendon autograft in transverse patellar drill holes. *Arthroscopy.* 2008;24(1):82-7.
56. Thauvat M, Erasmus PJ. The favourable anisometry: an original concept for medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee.* 2007;14(6):424-8.
57. Camanho GL, Bitar AC, Hernandez AJ, Olivi R. Medial patellofemoral ligament reconstruction: a novel technique using the patellar ligament. *Arthroscopy.* 2007;23(1):108 e1-4.

58. Steiner TM, Torga-Spak R, Teitge RA. Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia. *Am J Sports Med.* 2006;34(8):1254-61.
59. Mikashima Y, Kimura M, Kobayashi Y, Miyawaki M, Tomatsu T. Clinical results of isolated reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent dislocation and subluxation of the patella. *Acta Orthop Belg.* 2006;72(1):65-71.
60. Schottle PB, Fucentese SF, Romero J. Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13(7):516-21.
61. Nomura E, Inoue M. Second-look arthroscopy of cartilage changes of the patellofemoral joint, especially the patella, following acute and recurrent patellar dislocation. *Osteoarthritis Cartilage.* 2005;13(11):1029-36.
62. Ellera Gomes JL, Stigler Marczyk LR, Cesar de Cesar P, Jungblut CF. Medial patellofemoral ligament reconstruction with semitendinosus autograft for chronic patellar instability: a follow-up study. *Arthroscopy.* 2004;20(2):147-51.
63. Zaffagnini S, Grassi A, Marcheggiani Muccioli GM, Luetzow WF, Vaccari V, Benzi A, et al. Medial patellotibial ligament (MPTL) reconstruction for patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(10):2491-8.

64. Sobhy MH, Mahran MA, Kamel EM. Midterm results of combined patellofemoral and patellotibial ligaments reconstruction in recurrent patellar dislocation. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23(4):465-70.
65. Grannatt K, Heyworth BE, Ogunwole O, Micheli LJ, Kocher MS. Galeazzi semitendinosus tenodesis for patellofemoral instability in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop.* 2012;32(6):621-5.
66. Giordano M, Falciglia F, Aulisa AG, Guzzanti V. Patellar dislocation in skeletally immature patients: semitendinosous and gracilis augmentation for combined medial patellofemoral and medial patellotibial ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(8):1594-8.
67. Ebied AM, El-Kholy W. Reconstruction of the medial patello-femoral and patello-tibial ligaments for treatment of patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(5):926-32.
68. Oliva F, Ronga M, Longo UG, Testa V, Capasso G, Maffulli N. The 3-in-1 procedure for recurrent dislocation of the patella in skeletally immature children and adolescents. *Am J Sports Med.* 2009;37(9):1814-20.
69. Brown GD, Ahmad CS. Combined medial patellofemoral ligament and medial patellotibial ligament reconstruction in skeletally immature patients. *J Knee Surg.* 2008;21(4):328-32.
70. Drez D, Jr., Edwards TB, Williams CS. Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy.* 2001;17(3):298-306.
71. Myers P, Williams A, Dodds R, Bulow J. The three-in-one proximal and distal soft tissue patellar realignment procedure. Results, and its place in

- the management of patellofemoral instability. *Am J Sports Med.* 1999;27(5):575-9.
72. Galeazzi R. New applications of muscle and tendon transplant. *Arch Di Ortop Milano.* 1922:315-23.
73. Kaplan EB. Factors responsible for the stability of the knee joint. *Bull Hosp Joint Dis.* 1957;18(1):51-9.
74. Baker RH, Carroll N, Dewar FP, Hall JE. The semitendinosus tenodesis for recurrent dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg Br.* 1972;54(1):103-9.
75. Slocum DB, Larson RL, James SL. Late reconstruction of ligamentous injuries of the medial compartment of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1974(100):23-55.
76. Terry GC. The anatomy of the extensor mechanism. *Clin Sports Med.* 1989;8(2):163-77.
77. Letts RM, Davidson D, Beaulé P. Semitendinosus tenodesis for repair of recurrent dislocation of the patella in children. *J Pediatr Orthop.* 1999;19(6):742-7.
78. Garth WP, Jr., Connor GS, Futch L, Belarmino H. Patellar subluxation at terminal knee extension: isolated deficiency of the medial patellomeniscal ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(10):954-62.
79. Joo SY, Park KB, Kim BR, Park HW, Kim HW. The 'four-in-one' procedure for habitual dislocation of the patella in children: early results in patients with severe generalised ligamentous laxity and aplasia of the trochlear groove. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(12):1645-9.

80. Rillmann P, Dutly A, Kieser C, Berbig R. Modified Elmslie-Trillat procedure for instability of the patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6(1):31-5.
81. Marcacci M, Zaffagnini S, Lo Presti M, Vascellari A, Iacono F, Russo A. Treatment of chronic patellar dislocation with a modified Elmslie-Trillat procedure. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004;124(4):250-7.
82. Baldwin JL. The anatomy of the medial patellofemoral ligament. *Am J Sports Med.* 2009;37(12):2355-61.
83. Philippot R, Chouteau J, Wegrzyn J, Testa R, Fessy MH, Moyen B. Medial patellofemoral ligament anatomy: implications for its surgical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(5):475-9.
84. De Maeseneer M, Van Roy F, Lenchik L, Barbaix E, De Ridder F, Osteaux M. Three layers of the medial capsular and supporting structures of the knee: MR imaging-anatomic correlation. *Radiographics.* 2000;20 Spec No:S83-9.
85. Farr J, Schepsis AA. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent patellar instability. *J Knee Surg.* 2006;19(4):307-16.
86. Teitge RA, Torga-Spak R. Medial patellofemoral ligament reconstruction. *Orthopedics.* 2004;27(10):1037-40.
87. Ellera Gomes JL. Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent dislocation of the patella: a preliminary report. *Arthroscopy.* 1992;8(3):335-40.
88. Shah JN, Howard JS, Flanigan DC, Brophy RH, Carey JL, Lattermann C. A systematic review of complications and failures associated with medial

patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2012;40(8):1916-23.

89. Aulisa AG, Falciiglia F, Giordano M, Savignoni P, Guzzanti V. Galeazzi's modified technique for recurrent patella dislocation in skeletally immature patients. *J Orthop Sci.* 2012;17(2):148-55.

90. Hall JE, Micheli LJ, McManama GB, Jr. Semitendinosus tenodesis for recurrent subluxation or dislocation of the patella. *Clin Orthop Relat Res.* 1979(144):31-5.

91. Hinckel BB, Gobbi RG, Bonadio MB, Demange MK, Pécora JR, Camanho GL. Reconstrução do ligamento patelofemoral medial com tendão quadricipital combinada com patelotibial medial com tendão patelar: experiência inicial. *Revista Brasileira de Ortopedia.* 2016;51(1):75-82.

92. Hinckel BB, Gobbi RG, Demange MK, Bonadio MB, Pécora JR, Camanho GL. Combined Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament With Quadricipital Tendon and the Medial Patellotibial Ligament With Patellar Tendon. *Arthroscopy Techniques.* 2016;5(1):e79-e84.

93. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. Stiffness and laxity of the knee--the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitro study. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58(5):583-94.

94. Beynon BD, Amis AA. In vitro testing protocols for the cruciate ligaments and ligament reconstructions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6 Suppl 1:S70-6.

95. Schottle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A. Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2007;35(5):801-4.
96. Barnett AJ, Howells NR, Burston BJ, Ansari A, Clark D, Eldridge JD. Radiographic landmarks for tunnel placement in reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(12):2380-4.
97. Ross MH, Pawlina W. *Histology - A text and Atlas with correlated cell and molecular biology.* Fifth edition ed: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
98. Mehta VM, Inoue M, Nomura E, Fithian DC. An algorithm guiding the evaluation and treatment of acute primary patellar dislocations. *Sports Med Arthrosc.* 2007;15(2):78-81.
99. Palmu S, Kallio PE, Donell ST, Helenius I, Nietosvaara Y. Acute patellar dislocation in children and adolescents: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(3):463-70.
100. Tompkins MA, Arendt EA. Patellar Instability Factors in Isolated Medial Patellofemoral Ligament Reconstructions-What Does the Literature Tell Us? A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2015;43(9):2318-27.
101. LaCroix AS, Duenwald-Kuehl SE, Lakes RS, Vanderby R, Jr. Relationship between tendon stiffness and failure: a metaanalysis. *J Appl Physiol (1985).* 2013;115(1):43-51.
102. Atkinson P, Atkinson T, Huang CH, Doane R. A comparison of the mechanical and dimensional properties of the human medial and lateral patellofemoral ligaments

- . 46th Annual Meeting, Orthopaedic Research Society; Orlando, FL: +*Kettering University, Flint, MI. 1700 W Third Ave/Flint, MI 48504, 810-762-9515, Fax: 810-762-7860, patkinso@kettering.edu; 2000.
103. Burks RT, Desio SM, Bachus KN, Tyson L, Springer K. Biomechanical evaluation of lateral patellar dislocations. *Am J Knee Surg.* 1998;11(1):24-31.
104. Herbort M, Hoser C, Domnick C, Raschke MJ, Lenschow S, Weimann A, et al. MPFL reconstruction using a quadriceps tendon graft: part 1: biomechanical properties of quadriceps tendon MPFL reconstruction in comparison to the Intact MPFL. A human cadaveric study. *Knee.* 2014;21(6):1169-74.
105. Mountney J, Senavongse W, Amis AA, Thomas NP. Tensile strength of the medial patellofemoral ligament before and after repair or reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87(1):36-40.
106. Criscenti G, De Maria C, Sebastiani E, Tei M, Placella G, Speziali A, et al. Material and structural tensile properties of the human medial patellofemoral ligament. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016;54:141-8.
107. Kim KE, Hsu SL, Woo SL. Tensile properties of the medial patellofemoral ligament: the effect of specimen orientation. *J Biomech.* 2014;47(2):592-5.
108. Lippe J, Armstrong A, Fulkerson JP. Anatomic guidelines for harvesting a quadriceps free tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2012;28(7):980-4.

109. Hashemi J, Chandrashekar N, Slauterbeck J. The mechanical properties of the human patellar tendon are correlated to its mass density and are independent of sex. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005;20(6):645-52.
110. Noyes KR, Butler DL, Grood E, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66(3):344-52.
111. Zooker C, Pandarinath R, Kraeutler MJ, Ciccotti MG, Cohen SB, DeLuca PF. Clinical measurement of patellar tendon: accuracy and relationship to surgical tendon dimensions. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2013;42(7):317-20.
112. Staubli HU, Schatzmann L, Brunner P, Rincon L, Nolte LP. Mechanical tensile properties of the quadriceps tendon and patellar ligament in young adults. *Am J Sports Med*. 1999;27(1):27-34.
113. Johnson GA, Tramaglioni DM, Levine RE, Ohno K, Choi NY, Woo SL. Tensile and viscoelastic properties of human patellar tendon. *J Orthop Res*. 1994;12(6):796-803.
114. Grassi CA, Fruheling VM, Abdo JC, De Moura MFA, Namba M, Da Silva JLV, et al. Estudo anatômico da inserção dos tendões flexores do joelho. *Rev Bras Ortop*. 2013;48(5):417-20.
115. Nelitz M, Theile M, Dornacher D, Wolfle J, Reichel H, Lippacher S. Analysis of failed surgery for patellar instability in children with open growth plates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(5):822-8.