

**CAMILO PARTEZANI HELITO**

**O ligamento anterolateral do joelho: estudo anatômico, histológico e  
por ressonância magnética**

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. Marco Kawamura  
Demange

**São Paulo**

**2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo  
©reprodução autorizada pelo autor

Helito, Camilo Partezani

O ligamento anterolateral do joelho : estudo anatômico, histológico e por ressonância magnética / Camilo Partezani Helito. -- São Paulo, 2017.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Programa de Ortopedia e Traumatologia.

Orientador: Marco Kawamura Demange.

Descritores: 1.Ligamentos articulares/anatomia & histologia 2.Cadáver  
3.Dissecação 4.Espectroscopia de ressonância magnética  
5.Traumatismos do joelho 6.Imagem por ressonância magnética 7.Estudo

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Camilo** e **Maria Lúcia**, responsáveis pela minha formação como pessoa, sempre me apoiando, não só nos momentos de alegria, mas principalmente nas situações adversas, sempre com conselhos valiosos com objetivo de moldar meu caráter e me proporcionar bem-estar, abdicando muitas vezes do seu próprio conforto. Obrigado por terem me tornado a pessoa que sou hoje em dia.

Ao meu irmão **Paulo Victor**, pela amizade fraterna em todos os momentos, incluindo todas as fases de minha vida, graduação, pós-graduação e atividade profissional. Sou um privilegiado por poder ter sua companhia de forma constante no meu dia a dia.

À minha esposa **Juliana** pelo carinho e amor constantes e incondicionais. Pela sua paciência em me auxiliar em todas as ocasiões e pelo seu companheirismo em estar sempre ao meu lado, sendo hoje em dia meu alicerce.

À minha filha **Maria Clara** por ter me tornado uma pessoa mais dócil e me fazer conseguir enxergar a real importância da vida, mesmo com tão pouco tempo de vida.

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. **Marco Kawamura Demange**, meu orientador, pela confiança e apoio constantes não só na confecção desta tese.

Ao Prof. **Gilberto Luís Camanho**, pela constante confiança e apoio na minha atuação acadêmica e profissional.

Aos Professores **Olavo Pires de Camargo** e **Tarcísio E. P. de Barros Filho** pela oportunidade de realizar pós-graduação no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo.

Ao Dr. **Roberto Freire da Mota e Albuquerque** pelo convívio no grupo de joelho e por ter me orientado inicialmente na confecção desta tese.

Aos Drs. **Marcelo Bordalo-Rodrigues** e **Hugo Pereira Costa** pela amizade e ajuda fundamental na avaliação dos exames desta tese.

Ao Dr. **José Ricardo Pécora** pelo convívio no grupo de joelho e pela confiança na minha atividade profissional.

À Dra. **Márcia Uchoa de Rezende** e aos Drs. **Fábio Janson Angelini**, **Riccardo Gomes Gobbi** e **Luís Eduardo Passarelli Tírico** pelo apoio constante.

Aos Drs. **Leandro Einjsman** e **Fernando Brandão de Andrade e Silva** pelos valiosos conselhos para a melhora desta tese.

Ao amigo **Helder de Souza Miyahara** por ter acreditado neste projeto e pelo importante auxílio no início das dissecções desta tese. Sem essa ajuda inicial este trabalho provavelmente não teria sido possível.

Aos amigos **Marcelo Batista Bonadio**, **Tales Mollica Guimarães**, **Matheus Ramos Tozi**, **Pedro Nogueira Giglio** e **Jader Joel Machado Junqueira** pela amizade, pelo constante apoio e por terem ao longo dos anos contribuído muito para a confecção desta tese. Com certeza essa etapa contribuiu para fortalecer nossa amizade e nosso convívio.

A todos os colegas médicos e residentes que passaram pelo grupo de joelho e de alguma forma participaram de uma das fases deste estudo.

À **Tânia Fernanda Cardoso** pela ajuda imprescindível.

Às secretarias **Tânia Borges** e **Rosana Moreno** do programa de pós-graduação.

Às bibliotecárias **Camila Gomes da Rocha Agostini** e **Andressa da Costa Santos Souza** pelo apoio e suporte.

À memória de todos os cadáveres utilizados nas dissecções anatômicas.

“O olho vê somente o que a mente está preparada para compreender.”

**Henri Bergson**

## NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese de doutoramento está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de “International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver)”.

Estrutura e apresentação: 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*.

Nomes das estruturas anatômicas baseados na Terminologia Anatômica, aprovada em 1998 e traduzida pela Comissão de Terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia - CTA-SBA. 1a ed. (Brasileira) São Paulo, Editora Manole; 2001. 248p

## SUMÁRIO

### LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1	Instabilidade rotatória anterolateral do joelho.....	4
2.1.1	Perspectivas históricas.....	4
2.1.2	Perspectivas atuais.....	5
2.2	Ligamento anterolateral.....	9
2.2.1	Perspectivas históricas de nomenclatura do ligamento anterolateral do joelho.....	9
2.2.2	Anatomia do ligamento anterolateral do joelho.....	10
2.3	Avaliação do ligamento anterolateral por exame de ressonância magnética.....	21
<b>3</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
3.1	CrITÉRIOS de seleção.....	26
3.1.1	CrITÉRIOS de inclusão.....	26
3.2	CrITÉRIOS de exclusão.....	27
3.3	Dissecção anatômica.....	28
3.4	Análise histológica.....	33
3.5	Exames de ressonância magnética.....	33
3.5.1	Exames de ressonância magnética em espécimes cadavéricos.....	33
3.5.2	Exames de ressonância magnética em indivíduos vivos.....	34
3.6	Análise dos exames de ressonância magnética.....	35
3.6.1	Análise dos exames de ressonância magnética em indivíduos vivos.....	36
3.6.2	Análise dos exames de ressonância magnética em espécimes cadavéricos.....	37

3.7	Análise anatômica complementar.....	38
3.8	Análise estatística.....	41
3.8.1	Análise estatística para avaliação das medidas anatômicas e das medidas na ressonância magnética obtidas do LAL.....	41
3.8.2	Análise estatística para avaliação do LAL em indivíduos vivos em exames de ressonância magnética.....	42
3.8.3	Análise estatística para avaliação da correlação das medidas do LAL em espécimes cadavéricos e em ressonância magnética.....	42
3.8.4	Análise estatística para avaliação das duas porções do LAL encontradas na dissecação complementar.....	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
4.1	Dissecação anatômica.....	44
4.2	Inserção meniscal.....	56
4.3	Análise histológica.....	57
4.4	Análise de ressonância magnética em indivíduos vivos.....	59
4.5	Análise das RM de espécimes cadavéricos e correlação anatomorradiológica.....	65
4.6	Dissecação complementar.....	66
4.6.1	Achados do folheto superficial.....	66
4.6.2	Achados do folheto profundo.....	69
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>82</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>94</b>

## **APÊNDICES**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Fluxograma dos cadáveres utilizados neste estudo.....	27
<b>Figura 2</b>	Imagem anterior de um joelho esquerdo após início da dissecação da pele e subcutâneo. O acesso à articulação foi feito de acordo com os traços mostrados nas linhas, sem abertura da porção lateral da articulação.....	29
<b>Figura 3</b>	Figura de um joelho esquerdo mostrando a região anterolateral do joelho antes da dissecação das estruturas anterolaterais. A seta representa o local do epicôndilo lateral e a linha curva o trajeto virtual aproximado do ligamento anterolateral.....	30
<b>Figura 4</b>	Imagem lateral de um joelho direito após a dissecação do ligamento anterolateral (alça superior) e do ligamento colateral lateral (alça inferior).....	31
<b>Figura 5</b>	Imagem após ressecção do menisco lateral em conjunto com o ligamento anterolateral.....	32
<b>Figura 6</b>	Desenho esquemático mostrando a divisão das porções femoral (1), meniscal (2) e tibial (3) do ligamento anterolateral que foram avaliadas em exames de ressonância magnética...	36
<b>Figura 7</b>	Imagem da porção lateral de um joelho direito utilizado no protocolo de dissecação complementar do ligamento anterolateral. Os marcadores verdes marcam a porção anterior da estrutura dissecada e os marcadores roxos a porção posterior. O marcador amarelo representa o centro do epicôndilo lateral.....	39
<b>Figura 8</b>	Imagem de uma dissecação anatômica da região lateral de um joelho direito mostrando estrutura ligamentar delimitada pela pinça abaixo de outra estrutura ligamentar afastada pelo Farabeuf. Os marcos tibiais das duas estruturas são semelhantes, mas a origem femoral é diferente. O marcador	

	amarelo representa o centro do epicôndilo lateral.....	40
<b>Figura 9</b>	Figura de uma dissecção de um joelho direito mostrando a origem do ligamento anterolateral (LAL) anterodistal a origem do ligamento colateral lateral (LCL).....	45
<b>Figura 10</b>	Foto anatômica de um joelho direito mostrando o ponto de bifurcação (asterisco) do ligamento anterolateral do joelho....	46
<b>Figura 11</b>	Imagem de dissecção de um joelho direito mostrando o ligamento anterolateral do joelho anterior ao ligamento colateral lateral. A inserção tibial (seta) se encontra entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula e seria o sítio da fratura de Segond.....	47
<b>Figura 12</b>	Desenho esquemático mostrando a inserção meniscal do ligamento anterolateral do joelho e sulco do tendão do músculo poplíteo em relação à superfície externa do menisco lateral.....	57
<b>Figura 13</b>	Análise histológica do ligamento anterolateral do joelho mostrando com detalhes a origem femoral do ligamento (L) saindo do epicôndilo lateral (B) e sua inserção na periferia do menisco lateral (M). Nos detalhes, observa-se tecido conectivo denso e bem organizado representando a porção central do ligamento.....	58
<b>Figura 14</b>	Imagem histológica mostrando o ligamento anterolateral (ALL) e sua inserção na periferia do menisco lateral (M). É possível observar um espraiamento das fibras logo antes do contato com o menisco.....	59
<b>Figura 15</b>	Ressonância magnética na sequência em densidade de prótons (A), mostrando com clareza o ligamento anterolateral do joelho (asterisco). Sequência sagital em T1 (B) w axial e em T2 com saturação de gordura (C) com linhas mostrando a localização na qual o ligamento consegue ser visualizado. É possível identificar o ligamento no plano axial como uma estrutura fina de baixo sinal anterior ao ligamento colateral	

	lateral.....	61
<b>Figura 16</b>	Corte axial de uma ressonância magnética em sequência de densidade de prótons de um joelho direito mostrando o ligamento anterolateral (linha pontilhada) localizado anteriormente ao ligamento colateral lateral (asterisco) no nível do côndilo femoral lateral (LFC).....	62
<b>Figura 17</b>	Imagem de ressonância magnética em corte coronal com sequência em densidade de prótons mostrando a artéria genicular inferior (cabeça de seta) lateral abaixo da bifurcação do ligamento anterolateral (seta).....	63
<b>Figura 18</b>	Visão frontal de uma dissecação anatômica de um joelho direito mostrando o ligamento anterolateral superficial (s-ALL) superficial ao ligamento anterolateral profundo (d-ALL). O folheto profundo claramente se insere (asterisco) na superfície externa do menisco lateral (LM). LFC – Côndilo femoral lateral.....	70
<b>Figura 19</b>	Cortes histológicos dos folhetos superficial (A) e profundo (B) do ligamento anterolateral do joelho mostrando tecido conectivo denso e bem organizado no corpo do ligamento.....	71

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Parâmetros utilizados para as sequências de exames de ressonância magnética nos cadáveres estudados.....	34
<b>Tabela 2</b>	Parâmetros utilizados nos exames de ressonância magnética para avaliar o ligamento anterolateral em voluntários.....	35
<b>Tabela 3</b>	Medidas de comprimento, largura, espessura e relação do ligamento anterolateral do joelho com estruturas adjacentes nos cadáveres dissecados.....	48
<b>Tabela 4</b>	Números absolutos e porcentagens de visualização de cada parte do ligamento anterolateral nas sequências de ressonância magnética em T1, T2 e PD (densidade de prótons).....	60
<b>Tabela 5</b>	Correlação entre os avaliadores na visualização de cada porção do ligamento anterolateral nas sequências em T1, T2 e densidade de prótons (PD) em exames de ressonância magnética.....	64
<b>Tabela 6</b>	Análise estatística comparando a capacidade de visualização de cada porção do ligamento anterolateral nas sequências ponderadas em T1, T2 e densidade de prótons (DP) em exames de ressonância magnética.....	64
<b>Tabela 7</b>	Média e desvio padrão correspondentes às medidas do ligamento anterolateral realizadas em espécimes anatômicos e nas imagens de ressonância magnética e coeficiente de correlação de Spearman para as variáveis investigadas.....	65
<b>Tabela 8</b>	Características anatômicas dos folhetos superficial e profundo do ligamento anterolateral do joelho.....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CAPPESQ</b>	Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa
<b>DP</b>	Desvio Padrão
<b>H&amp;E</b>	Hematoxilina e Eosina
<b>IOTHCFMUSP</b>	Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
<b>LAL</b>	Ligamento Anterolateral
<b>LCA</b>	Ligamento Cruzado Anterior
<b>LCL</b>	Ligamento Colateral Lateral
<b>LFC</b>	Côndilo Femoral Lateral
<b>ML</b>	Menisco Lateral
<b>TP</b>	Tendão Poplíteo
<b>RM</b>	Ressonância Magnética
<b>SVOC-USP</b>	Serviço de Verificação de Óbitos da Capital
<b>TIT</b>	Trato Iliotibial
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo

## RESUMO

Helito CP. *O ligamento anterolateral do joelho: estudo anatômico, histológico e por ressonância magnética* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2017.

O ligamento cruzado anterior é o ligamento mais lesado dentre os ligamentos do joelho. Apesar de um aprimoramento das técnicas de reconstrução, existe ainda um percentual de pacientes que apresenta resultado funcional insatisfatório. Possivelmente a causa dessa instabilidade rotatória estaria nas estruturas localizadas na porção anterolateral do joelho, não reconstruídas nas reconstruções intra-articulares isoladas. Uma dessas estruturas seria o ligamento anterolateral, estrutura estudada com detalhes nos últimos anos, ainda com controvérsias em relação a seus parâmetros anatômicos, histológicos e de visualização por ressonância magnética. Neste estudo, foram realizadas disseções de 112 cadáveres para avaliação dos parâmetros anatômicos e histológicos do ligamento anterolateral, sendo que 13 deles foram submetidos ao exame de ressonância magnética previamente às disseções. O estudo do ligamento anterolateral por ressonância magnética foi realizado também em 42 pacientes. Como resultados, o ligamento anterolateral foi encontrado com constância na região anterolateral do joelho, com origem próxima ao epicôndilo lateral, trajeto anterodistal em direção à tibia e inserção na periferia do menisco lateral e na região anterolateral da tibia, entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula. Sua análise histológica mostrou a presença de tecido conectivo denso e bem organizado, semelhante a tecido ligamentar. A avaliação por ressonância magnética mostrou parâmetros de origem, inserção e trajeto semelhantes às disseções anatômicas, embora não sendo possível a visualização completa dessa estrutura em todos os exames. Existiu correlação entre as medidas encontradas nos exames de ressonância magnética e nas disseções, exceto em relação à espessura do ligamento anterolateral.

**Descritores:** Ligamentos Articulares/ anatomia & histologia; Cadáver; Dissecação; Espectroscopia de Ressonância Magnética; Traumatismos do Joelho; Imagem por Ressonância Magnética; Estudo Comparativo.

## ABSTRACT

Helito CP. *The knee anterolateral ligament: an anatomical, histological and magnetic resonance imaging study* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2017.

The anterior cruciate ligament is the most injured ligament of the knee. Despite an improvement in reconstruction techniques, there is still a percentage of patients with poor functional outcome after its reconstruction. Possibly, the cause of this rotational instability would be the structures located in the anterolateral portion of the knee, not addressed in the isolated intra-articular reconstructions. One of such structures would be the anterolateral ligament, a structure studied in detail in recent years, with controversies regarding its anatomical, histological and magnetic resonance imaging parameters. In this study, dissections of 112 cadavers were performed to evaluate anatomical and histological parameters of anterolateral ligament, and 13 of them underwent magnetic resonance imaging examination prior to dissection. The anterolateral ligament study by magnetic resonance imaging was also performed in 42 patients. As a result, the anterolateral ligament was found with constancy in the anterolateral region of the knee, with origin near the lateral epicondyle, antero-distal path towards the tibia and insertion in the periphery of the lateral meniscus and in the anterolateral region of the proximal tibia, between Gerdy's tubercle and the fibular head. Its histological analysis showed the presence of dense and well-organized connective tissue, similar to a ligamentous tissue. The magnetic resonance imaging evaluation showed origin, insertion and path parameters similar to the anatomical dissections, although it is not possible to fully visualize this structure in all the magnetic resonance imaging exams. There was a correlation between the measurements found in magnetic resonance imaging scans and dissections, except in relation to the anterolateral ligament thickness.

**Descriptors:** Ligaments, Articular/ anatomy & histology; Cadaver; Dissection; Magnetic Resonance Spectroscopy; Knee Injuries; Magnetic Resonance Imaging; Comparative Study

## 1 INTRODUÇÃO

O ligamento cruzado anterior (LCA) é o ligamento mais lesado dentre os ligamentos do joelho<sup>1,2</sup>. Apesar do aprimoramento das técnicas de reconstrução propiciarem uma melhora nos resultados ao longo da história, existe ainda um percentual de pacientes que apresenta resultado funcional insatisfatório<sup>3-7</sup>. Essa insatisfação normalmente é correlacionada com uma positividade do teste do pivot-shift, associado a uma instabilidade rotatória residual, mesmo em pacientes que apresentam estabilidade anteroposterior adequada<sup>4, 7-10</sup>.

Possivelmente a causa dessa instabilidade rotatória estaria nas estruturas localizadas na porção anterolateral do joelho, não reconstruídas nas reconstruções intra-articulares isoladas<sup>11-13</sup>. Estudos prévios já demonstraram a importância da banda iliotibial e da cápsula anterolateral e seus espessamentos na estabilidade rotatória anterolateral do joelho<sup>14-16</sup>. Esses espessamentos já foram descritos por diversos autores com várias nomenclaturas distintas ao longo da história, como “ligamento capsular lateral” ou “terço médio do ligamento capsular lateral”<sup>17-20</sup>, “porção capsulo-óssea do trato iliotibial”<sup>21</sup>, “banda anterior oblíqua”<sup>22</sup> e “deslizamento anterior do LCL”<sup>12</sup>, e apesar dos diferentes nomes possivelmente se referiam à mesma estrutura, apresentada com diferentes formas de dissecação anatômica<sup>23</sup>.

Recentemente, uma estrutura denominada “Ligamento Anterolateral” foi descrita com maior detalhamento<sup>11,24</sup>. Tal estrutura seria a responsável pelo controle da estabilidade rotatória do joelho em ação sinérgica com o LCA e sua lesão seria possivelmente responsável pelos casos de reconstrução isolada do LCA que não evoluem de maneira satisfatória, mesmo quando essa reconstrução é considerada adequada<sup>3</sup>. O ligamento anterolateral já foi descrito de diversas formas, com origem, inserção e trajeto distintos, bem como com relação distinta entre estruturas adjacentes na região lateral do joelho, o que

gera muita controvérsia na literatura e dificulta uma padronização dos seus parâmetros para estudos biomecânicos e clínicos<sup>11,24-31</sup>.

Além dos estudos anatômicos, estudos por imagem desta estrutura ligamentar também não se mostram concordantes em relação a sua capacidade de visualização, mesmo em sequências com maior acurácia e parâmetros radiológicos que poderiam facilitar a identificação da mesma<sup>17,18,32-39</sup>. Semelhante ao descrito em estudos anatômicos, estudos de imagem realizados previamente caracterizam o LAL com nomenclaturas discordantes, o que dificulta ainda mais a comparação entre os mesmos<sup>17,18</sup>.

Dessa forma, o intuito desse estudo é caracterizar com detalhes uma estrutura com aparente importância na gênese da instabilidade anterolateral do joelho, tanto do ponto de vista anatômico quanto do ponto de vista radiológico. Temos como hipótese que encontraremos uma estrutura ligamentar com origem próxima ao epicôndilo lateral e inserção na região anterolateral da tíbia, tanto nas dissecções anatômicas como nas avaliações por RM, com análise histológica apresentando tecido conectivo bem organizado, semelhante a outros ligamentos ao redor do joelho. Essa caracterização tem a finalidade de embasar estudos futuros relacionados às propriedades biomecânicas e a eventuais técnicas de reconstrução ou reparo da mesma.

Os objetivos deste estudo são:

- a. Demonstrar a presença do ligamento anterolateral do joelho e padronizar a técnica de dissecção dessa estrutura;
- b. Descrever os parâmetros de origem, inserção, trajeto e medidas do Ligamento Anterolateral do Joelho, bem como sua relação com estruturas adjacentes, por meio de estudo de dissecção anatômica;
- c. Avaliar histologicamente o ligamento anterolateral do joelho dissecado;
- d. Descrever os parâmetros radiológicos de medida e trajeto do Ligamento Anterolateral do Joelho por meio de exames de Ressonância Magnética,

estabelecendo sua capacidade de visualização em diferentes sequências, bem como parâmetros que poderiam facilitar sua identificação e sua relação com estruturas adjacentes;

- e. Estabelecer se existe correlação entre os achados nos exames de RM e as dissecções na visualização do LAL.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Instabilidade rotatória anterolateral do joelho

#### 2.1.1 Perspectivas históricas

**Hughston et al.**<sup>19</sup>, em 1976, descreveram a instabilidade rotatória anterolateral como causa de uma lesão do terço central do ligamento capsular lateral, podendo ser exacerbada com lesões associadas, como as do LCA.

**Johnson**<sup>20</sup>, em 1979, mostrou que um pivot-shift lateral era produzido devido à lesão da cápsula lateral, do LCA e a uma lesão parcial do ligamento colateral medial. Esse autor conclui que, em caso de lesão, a estabilidade é reestabelecida com avanço cirúrgico tanto do ligamento capsular lateral como do trato iliotibial.

**Bassett**<sup>40</sup>, em 1980, referiu-se a esse tipo de instabilidade como a causada por uma lesão crônica do LCA associada com uma frouxidão da cápsula lateral, mais comumente, e mais raramente como consequência de uma lesão aguda da cápsula lateral.

**Odensten et al.**<sup>41</sup>, em 1983, estudaram uma série prospectiva de 60 pacientes que foram submetidos à transferência distal do trato iliotibial para tratamento de instabilidade rotatória anterolateral. Com 17 meses de seguimento, 80% dos pacientes apresentavam joelho estável, mas somente 42% mantiveram esses resultados com seguimento de 40 meses. Os melhores resultados foram obtidos em pacientes com instabilidade inicial moderada.

**Andrews et al.**<sup>42</sup>, em 1985, estudaram 31 pacientes, com um mínimo de 2 anos de seguimento, submetidos à tenodese do trato iliotibial para tratamento de instabilidade rotatória anterolateral. Os autores reportaram resultados subjetivos bons ou excelentes em 93,6% dos casos, confirmando a eficácia desse procedimento para esse tipo de instabilidade.

**Engbretsen et al.**<sup>14</sup>, em 1990, estudaram o efeito da tenodese lateral do trato iliotibial nas forças do enxerto intra-articular do LCA. Os autores encontraram como resultado que a adição da tenodese em uma reconstrução do LCA diminui em média 43% as forças no enxerto.

### **2..1.2 Perspectivas atuais**

**Sakai et al.**<sup>43</sup>, em 2006, avaliaram positividade do teste do pivot-shift assistido pela gravidade para avaliar instabilidade rotatória anterolateral em pacientes com lesão do LCA. O teste apresentou índice baixo de positividade na detecção da instabilidade rotatória, mas se mostrou eficiente na detecção de pacientes com mau prognóstico pós-reconstrução do LCA.

**Zantop et al.**<sup>44</sup>, em 2007, realizaram estudo biomecânico para averiguar a participação do LCA e das estruturas do canto posterolateral na estabilidade anterolateral do joelho. Os autores demonstraram que a lesão do LCA causa instabilidade anterolateral do joelho, com aumento da mesma após lesão do LCL. As lesões do tendão poplíteo não interferiram nesse tipo de estabilidade. A restauração da função do LCL é recomendada no caso de indicação de um procedimento extra-articular em conjunto com a reconstrução do LCA de acordo com os autores.

**Monaco et al.**<sup>45</sup>, em 2007, realizaram estudo comparando reconstrução do LCA com dupla banda ou banda simples associada a um reforço extra-articular. Os autores encontraram uma diferença significativa entre os grupos, com resultados favoráveis à reconstrução extra-articular em relação ao controle da rotação interna da tíbia em relação ao fêmur, sugerindo que essa técnica é mais eficiente no controle da instabilidade anterolateral.

**Marcacci et al.**<sup>46</sup>, em 2009, realizaram estudo avaliando resultados clínicos e radiográficos de reconstruções do LCA associadas com tenodese lateral para controle da instabilidade rotacional. Os autores encontraram excelentes resultados funcionais sem progressão de alterações degenerativas nas radiografias do grupo de pacientes estudados.

**Izawa et al.**<sup>47</sup>, em 2011, avaliaram a estabilidade rotatória de pacientes submetidos à reconstrução do LCA com banda simples e banda dupla. Os autores não encontraram diferença nos escores de Lysholm e Tegner entre os grupos, nem no teste do pivot-shift, porém pelo teste de Slocum, o grupo da dupla banda apresentou menos translação anterior do planalto lateral, sugerindo vantagem desse tipo de reconstrução.

**Tanaka et al.**<sup>7</sup>, em 2012, avaliaram os fatores relacionados a um alto grau no teste do pivot-shift. Os autores concluíram que a lesão do menisco lateral, da cápsula anterolateral e do trato iliotibial contribuem para um pivot-shift explosivo.

**Hussein et al.**<sup>4</sup>, em 2012, compararam pacientes submetidos à reconstrução do LCA com banda simples não anatômica, banda simples anatômica e dupla banda. Os autores encontraram um índice de pivot-shift pós-operatório, denotando instabilidade rotatória residual, variando de 6,9% com dupla banda a 58,3% com banda simples isométrica.

**Hussein et al.**<sup>8</sup>, em 2012, avaliaram pacientes submetidos à reconstrução individualizada do LCA baseada no tamanho de suas inserções. Mesmo com

esse tipo de reconstrução buscando uma reprodução mais fidedigna da anatomia, 7,8% dos pacientes submetidos à reconstrução com dupla banda e 9,9% dos pacientes submetidos à reconstrução com banda simples apresentaram um pivot-shift residual, denotando instabilidade rotatória na avaliação pós-operatória.

**Chambat et al.**<sup>3</sup>, em 2013, realizaram revisão acerca da evolução das reconstruções do LCA nos últimos 50 anos. Os autores reportam que houve uma mudança importante nas técnicas desde a década de 1960. As reconstruções evoluíram de extra-articulares isoladas para intra-articulares ou reconstruções combinadas intra e extra-articulares. A melhora no conhecimento da anatomia e biomecânica do LCA propiciou uma melhora nas técnicas de reconstrução com objetivo de reestabelecer a estabilidade anterior e anterolateral do joelho.

**Monaco et al.**<sup>48</sup>, em 2014, realizaram estudo *in vivo* testando a função da tenodese lateral na estabilidade anterior e rotacional do joelho com uso de navegador. Os autores concluíram que a adição da tenodese lateral teve mínimo efeito no excursionamento anterior da tíbia em relação ao fêmur, mas foi importante no controle rotacional, sendo mais efetiva para esse fim que a reconstrução intra-articular.

**Kittl et al.**<sup>49</sup>, em 2015, avaliaram os parâmetros adequados para a reconstrução extra-articular em casos de instabilidade rotatória do joelho. Os autores concluíram que um enxerto fixado proximal ao epicôndilo lateral e passando abaixo do LCL proporciona um comportamento mais adequado durante o arco de movimento, não ficando nem excessivamente tenso nem frouxo com a flexo-extensão do joelho.

**Sonnery-Cottet et al.**<sup>51</sup>, em 2015, mostraram resultados com mínimo de dois anos de seguimento da reconstrução combinada do LCA e do LAL para controle da estabilidade rotacional anterolateral. Os autores apresentaram um

índice de falha de apenas 1,1% e excelentes resultados funcionais pelas escalas de Lysholm, IKDC e Tegner.

**Tavlo et al.**<sup>50</sup>, em 2016, realizaram estudo biomecânico para avaliar a participação do LAL na estabilidade anterolateral do joelho. Os autores concluíram que a rotação interna aumenta com a lesão do LAL em pacientes com lesão do LCA e que somente a reconstrução do LCA não é suficiente para reestabelecer a normalidade biomecânica nesses joelhos.

**Kittl et al.**<sup>15</sup>, em 2016, realizaram estudo biomecânico para avaliar a contribuição de diversos elementos laterais na estabilidade rotatória anterolateral do joelho. Os autores concluíram que o trato iliotibial é o mais importante restritor da rotação interna de 30 a 90 graus de flexão do joelho e que o LAL e a cápsula anterolateral apresentam papel irrelevante.

**Rasmussen et al.**<sup>52</sup>, em 2016, realizaram estudo biomecânico com dez cadáveres para avaliar se a lesão do LAL aumentaria a instabilidade rotatória anterolateral em casos de lesão do LCA. Os autores concluíram que a lesão do LAL aumentou a translação tibial em 2,1 mm e a rotação da tíbia em 2,7 graus, sendo essa estrutura um importante estabilizador do joelho em casos de lesão do LCA.

**Nitri et al.**<sup>53</sup>, em 2016, realizaram estudo biomecânico com dez cadáveres e avaliaram o efeito da reconstrução do LAL em casos de lesão do LCA e do LAL que haviam sido submetidos à reconstrução do LCA isolada. Os autores concluíram que, adicionando a reconstrução do LAL, os joelhos apresentaram menor translação anterior da tíbia e menor rotação no teste do pivot-shift.

**Ruiz et al.**<sup>54</sup>, em 2016, realizaram estudo biomecânico em cadáveres para avaliar a função do LCA e das estruturas anterolaterais do joelho no controle da rotação interna da tíbia em relação ao fêmur no plano axial. Os

autores concluem que ambas as estruturas têm papel no controle da instabilidade anterolateral do joelho.

**Musahl et al.**<sup>55</sup>, em 2016, estudaram a influência da lesão da cápsula anterolateral e de outras estruturas laterais na instabilidade anterolateral em pacientes com lesão do LCA. Os autores concluem que a evidência de lesão no exame de RM da cápsula anterolateral, menisco medial ou menisco lateral está associada com aumento da instabilidade rotatória anterolateral do joelho.

## **2.2 Ligamento anterolateral**

### **2.2.1 Perspectivas históricas de nomenclatura do ligamento anterolateral do joelho**

**Segond**<sup>56</sup>, em 1879, descreveu uma banda resistente, fibrosa e perolada na região anterolateral do joelho. Tal estrutura apresentava tensão máxima com a rotação interna do joelho.

**Last**<sup>57</sup>, em 1948, em um estudo anatômico sobre o joelho, nomeou esta estrutura, que conectava o fêmur e a tíbia na região anterolateral do joelho, de Ligamento Lateral Curto.

**Hughston et al.**<sup>19</sup>, em 1976, descrevendo estrutura de localização anatômica semelhante, nomearam-na de terço médio do Ligamento Capsular Lateral.

**Johnson**<sup>20</sup>, em 1979, estudando o complexo ligamentar lateral do joelho, nomeou-o de Ligamento Capsular Lateral.

**Fulkerson e Gosling**<sup>12</sup>, em 1980, em estudo anatômico sobre o retináculo lateral do joelho, descreveram estrutura denominada banda anterior do Ligamento Colateral Lateral.

**Terry et al.**<sup>21</sup>, em 1986, em estudo sobre a banda iliopatelar e o trato iliotibial, nomearam a estrutura como sendo uma banda capsulo-óssea do trato iliotibial, atribuindo também a função de prevenção da subluxação anterolateral da tíbia a essa estrutura.

**Irvine et al.**<sup>22</sup>, em 1987, nomearam a estrutura de banda anterior oblíqua e correlacionaram a mesma com a avulsão óssea anterolateral da tíbia descrita por Segond.

**Cohen et al.**<sup>58</sup>, em 2002, em estudo focado na função do trato iliotibial, corroboraram os achados de **Terry et al.**<sup>21</sup> descrevendo que a banda cápsula óssea do trato iliotibial funcionaria, dada a sua localização, como um verdadeiro restritor anterolateral do joelho

**Vieira et al.**<sup>59</sup>, em 2007, também em estudo sobre o trato iliotibial, popularizaram o termo “Ligamento Anterolateral”, muito embora não tenham realizado um estudo anatômico focado nessa estrutura. Após esse estudo, a nomenclatura da estrutura se tornou mais homogênea, facilitando as discussões na literatura.

### **2.2.2 Anatomia do ligamento anterolateral do joelho**

**LaPrade et al.**<sup>60</sup>, em 2003, realizaram estudo anatômico das estruturas laterais do joelho, incluindo o LCL, tendão poplíteo, ligamento poplíteo-fibular e

gastrocnêmio lateral. Esses autores não descreveram o LAL, mas definindo os marcos anatômicos das outras estruturas, criaram referências para descrição da anatomia do LAL, principalmente no que se refere à origem femoral do LCL proximal e posterior ao centro do epicôndilo lateral.

**Vincent et al.**<sup>24</sup>, em 2012, foram os primeiros autores a realizar um estudo focado exclusivamente na anatomia do LAL. Esses autores observaram a presença desse ligamento em 30 artroplastias de joelho e realizaram um estudo anatômico e histológico em 10 peças. O ligamento anterolateral esteve presente em todos os 40 joelhos. Em todos os casos, observou-se que têm origem perto da inserção do tendão poplíteo e se inserem no menisco lateral e no planalto tibial, 5 mm abaixo da superfície articular e posterior ao tubérculo de Gerdy. A largura média da estrutura foi de  $8,2 \pm 1,5$  mm e o comprimento médio foi de  $34,1 \pm 3,4$  mm. A análise histológica revelou uma estrutura com um núcleo fibroso rodeado por sinóvia, com fibras conectadas com o tendão poplíteo na sua origem e com o menisco lateral no trajeto em direção à tibia.

**Helito et al.**<sup>61</sup>, em 2013, realizaram estudo anatômico em 6 cadáveres. O LAL foi observado com clareza nas dissecções de todos os seis joelhos. Sua origem no epicôndilo lateral apresentou uma média de 0,5 mm distal e 2,5 mm anterior à origem do LCL. Distalmente foram observadas duas inserções, uma mais proximal no menisco lateral e outra mais distal entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula, cerca de 4,5 mm distal à cartilagem articular da tibia. As medidas encontradas do ligamento foram: comprimento médio de 35,1 mm, largura média de 6,8 mm e espessura média de 2,6 mm. Na análise histológica dos ligamentos foi observada a presença de tecido conectivo denso e bem organizado.

**Claes et al.**<sup>11</sup>, em 2013, estudaram o LAL em 41 joelhos, conseguindo isolá-lo da cápsula articular em 40 casos. Esses autores encontraram a origem do LAL na proeminência do epicôndilo lateral, ligeiramente anterior ao LCL, embora tenham sido observadas conexões entre essas duas estruturas. O LAL apresentou um trajeto oblíquo em direção à tibia com conexão ao menisco

lateral e estreita relação com os vasos geniculares anteroinferiores. Sua inserção na tíbia se deu grosseiramente entre o tubérculo de Gery e a cabeça da fíbula. Uma separação clara do trato iliotibial foi encontrada.

**Helito et al.**<sup>62</sup>, em 2013, realizaram estudo anatômico e histológico do LAL em 20 joelhos. O LAL foi encontrado em todos os casos. A origem femoral foi descrita no epicôndilo lateral, em média com 3,5 mm distal e 2,2 mm anterior da origem do LCL. Foram observadas duas inserções distais: uma no menisco lateral e outra entre o tubérculo Gerdy e a cabeça fibular, aproximadamente 4,4 mm distal à cartilagem articular da tíbia. As medições do ligamento foram 37,3 mm (comprimento), 7,4 mm (largura), e 2,7 mm (espessura). A análise histológica revelou tecido conjuntivo denso e bem organizado.

**Dodds et al.**<sup>25</sup>, em 2014, realizaram estudo em 40 joelhos de cadáveres. Esses autores encontraram o LAL em 33 joelhos (83%). A estrutura descrita apresentava origem posterior e proximal ao epicôndilo femoral lateral, com trajeto anteroinferior em direção ao planalto tibial, com inserção localizada grosseiramente no meio do caminho entre a cabeça da fíbula e o tubérculo de Gerdy. Em todos os casos que o ligamento foi identificado, o LAL passou superficialmente ao LCL em direção à tíbia. Clara diferenciação entre o LCL e a cápsula articular foi encontrada em todos os casos em que o LAL foi isolado. Esses autores mediram o comprimento do LAL durante a flexo-extensão em 8 joelhos e observaram que o LAL apresenta um comportamento isométrico entre 0 ° a 60 ° de flexão e se afrouxa de 60 a 90 °. O LAL apresentou alongamento com a rotação interna da tíbia.

**Sonnery-Cottet et al.**<sup>63</sup>, em 2014, realizaram estudo para identificação artroscópica da anatomia do LAL em indivíduos que se submeteram à tratamento cirúrgico de patologia do trato iliotibial e em cadáveres. Esses autores conseguiram identificar o LAL, o LCL e o tendão poplíteo nos indivíduos e cadáveres utilizados. Nesse estudo, a porção visualizada do LAL se encontrava entre o LCL e o tendão do poplíteo.

**Claes et al.**<sup>33</sup>, em 2014, realizaram estudo comparando a localização anatômica da inserção tibial do LAL com a localização da fratura de Segond. Os autores descreveram o LAL em 29 joelhos de cadáveres como sendo uma estrutura bem definida com origem próxima do epicôndilo lateral e inserção na tíbia. O *footprint* do LAL foi encontrado em média com 22mm posterior ao tubérculo de Gerdy e 21,3mm anterior à cabeça da fíbula. Os achados desse estudo sugerem fortemente que a fratura de Segond corresponde a uma avulsão óssea do LAL.

**Helito et al.**<sup>64</sup>, em 2014, realizaram estudo para encontrar marcos radiográficos do LAL. Esses autores dissecaram 10 joelhos e encontraram o LAL em todos eles. O LAL apresentou sua origem femoral cerca de 1.9mm anterior e 4.1mm distal à origem do LCL e inserção 4.4mm distal ao planalto tibial lateral.

**Helito et al.**<sup>65</sup>, em 2014, realizaram estudo anatômico e tomográfico para observar o comportamento do LAL durante a flexo-extensão do joelho. Esses autores não estabeleceram os parâmetros anatômicos detalhados do LAL, mas referem ter encontrado a estrutura em 100% dos casos estudados, denotando sua presença como constante.

**Caterine et al.**<sup>34</sup>, em 2015, estudaram a anatomia do LAL em 19 cadáveres, com análise histológica. O LAL foi encontrado em todos os 19 joelhos submetidos à dissecação anatômica, apresentando marcos de origem e inserção óssea, com origem variável entre anterior e distal e posterior e proximal à origem do LCL. A inserção se encontrou na tíbia, posterior ao tubérculo de Gerdy, em 18 casos e na fíbula, em um joelho dissecado. Os cortes histológicos mostraram morfologia característica de tecido ligamentar, apresentando tecido colágeno denso e bem organizado. Análise pela Imuno-histoquímica revelou uma grande rede de inervação periférica, indicando um papel proprioceptivo potencial.

**Parsons et al.**<sup>67</sup>, em 2015, realizaram estudo biomecânico sobre a função do LAL. Em seus achados anatômicos prévios aos testes, encontraram a origem do LAL próxima da origem do LCL no côndilo femoral lateral, com uma confluência de fibras entre essas duas estruturas. A inserção do LAL na tíbia se deu posteriormente ao tubérculo de Gerdy e anteriormente à cabeça da fíbula.

**Pomajzl et al.**<sup>68</sup>, em 2015, realizaram revisão sistemática sobre os achados anatômicos do LAL. A incidência de presença do LAL nos estudos existentes variou de 83% a 100%. O LAL apresentou origem anterior e distal à inserção femoral do LCL e trajeto oblíquo em direção à tíbia, com inserção entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula. Os autores concluem que existem variações das descrições anatômicas e morfométricas na literatura e discrepâncias entre conexões do LAL com a cápsula e o menisco lateral. Histologicamente, esse estudo mostra que o LAL possui fibras paralelas e organizadas, consistentes com a microestrutura de um ligamento.

**Van der Watt et al.**<sup>69</sup>, em 2015, realizaram revisão sistemática sobre a anatomia e função do LAL. Os autores identificaram 19 estudos com identificação do LAL em 430 de 449 joelhos (96%) estudados. A origem do LAL foi encontrada na região do epicôndilo lateral e sua inserção entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula. As medidas encontradas foram: 34,1 a 41,5 mm para o comprimento, 5,1 a 8,3mm para largura acima do menisco lateral, e 8,9 a 11,2mm abaixo do menisco lateral. A análise histológica dos estudos mostrou características consistentes com tecido ligamentar, inclusive com um estudo identificando uma rede de nervos periféricos, o que sugere uma função proprioceptiva do LAL.

**Zens et al.**<sup>70</sup>, em 2015, realizaram estudo biomecânico do LAL. Nas disseções anatômicas prévias aos testes, relataram ter encontrado LAL conectando o epicôndilo lateral com a região anterolateral proximal da tíbia.

**Kennedy et al.**<sup>26</sup>, em 2015, realizaram estudo anatômico, de marcos radiográficos e biomecânico do LAL com 15 joelhos de cadáver. Nesse estudo, o LAL foi identificado em todas as peças como um espessamento da cápsula anterolateral, ficando sob tensão com uma rotação interna aplicada em 30 graus de flexão do joelho. Sua origem femoral foi localizada 4,7 mm posterior e proximal à origem do ligamento colateral lateral, apresentando um trajeto anterodistal em direção à região anterolateral da tíbia, com inserção entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula, distante 24,7mm e 26,1mm dessas estruturas, respectivamente.

**Guenther et al.**<sup>73</sup>, em 2015, também realizaram revisão de estudos previamente publicados acerca da anatomia do LAL. Para esses autores existe muita variabilidade entre os estudos existentes, tanto nas técnicas de dissecação como nos achados anatômicos, porém, a maioria dos artigos históricos e atuais afirmam que uma estrutura ligamentar está presente na região, com origem próxima do epicôndilo lateral e inserção ligeiramente distal ao planalto tibial lateral e posterior ao tubérculo de Gerdy.

**Lutz et al.**<sup>74</sup>, em 2015, realizaram estudo com nove cadáveres. Esses autores descreveram que abaixo do trato iliotibial foi encontrado um complexo triangular anterolateral do joelho, incluindo o LAL, o LCL e a cápsula articular, sendo o LAL a porção anterior desse triângulo. O comprimento do LAL foi de 39,11mm em rotação neutra e 49,88mm em rotação interna. Sua área de inserção femoral era estreita e localizada posterior e proximal ao epicôndilo lateral. Sua área de inserção tibial era larga, localizada posterior ao tubérculo de Gerdy, com um limite anterior bem definido e um limite posterior confluindo com a cápsula articular. No plano vertical, o LAL foi encontrado 6,44mm abaixo do planalto tibial.

**Zens et al.**<sup>75</sup>, em 2015, realizaram um estudo biomecânico em 6 espécimes. Nas dissecações para preparação do LAL para os testes, esses autores conseguiram isolar o ligamento em todos os casos. O LAL foi encontrado anterior ao LCL, com trajeto anteroinferior em direção à tíbia. As

fibras mais superficiais do LAL continuavam em direção ao epicôndilo lateral e se misturam com as fibras do LCL, no entanto, colocando tensão no LAL, sua principal inserção foi claramente identificada antero-distal à inserção femoral do LCL.

**Bonasia et al.**<sup>76</sup>, em 2015, realizaram revisão de alguns estudos anatômicos publicados até então. Esses autores descrevem as controvérsias em relação à origem femoral do LAL, com estudos descrevendo-na como sendo anterior e distal ao LCL e outros como sendo posterior e proximal ao LCL. Os autores caracterizam a inserção tibial como sendo mais constante entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula. Os autores também descrevem a não uniformidade dos trabalhos em relação à inserção no menisco lateral.

**Al Sayeg et al.**<sup>77</sup>, em 2015, realizaram estudo biomecânico a respeito da função do LAL. Nas 14 dissecções anatômicas apresentadas por esses autores, o LAL foi encontrado em 6 casos. Esses autores descrevem que o LAL se origina na proeminência óssea do epicôndilo lateral, anterior à origem do LCL e apresenta trajeto oblíquo em direção à região anterolateral da tibia proximal.

**Ingham et al.**<sup>80</sup>, em 2015, realizaram estudo anatômico em 58 joelhos de 24 espécies de animais diferentes. Ao contrário da maioria dos estudos em humanos, esses autores não conseguiram isolar o LAL em nenhuma dissecção. Os autores relataram que alguns primatas apresentaram um duplo LCL.

**Macchi et al.**<sup>27</sup>, em 2016, realizaram estudo histológico e radiológico do LAL. Esses autores encontraram o LAL em 10 peças de cadáveres estudadas, onde foram realizadas as ressecções de toda a porção anterolateral do joelho em bloco. O LAL foi encontrado na terceira camada lateral do joelho, com contato íntimo com os vasos geniculares inferiores laterais. Houve predomínio de colágeno do tipo 1 (90%) na estrutura do ligamento.

**Cavaignac et al.**<sup>78</sup>, em 2016, realizaram estudo comparando achados anatômicos com achados em ultrassonografia. Esses autores dissecaram 18 joelhos e encontraram o LAL bem limitado em todos os casos. A origem do LAL se encontrou posterior e proximal ao epicôndilo lateral e 20,5mm proximal à inserção do tendão poplíteo. A inserção tibial se encontrou entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula, distante 19,05mm do tubérculo de Gerdy e 19,13mm da cabeça fibular, em média.

**Helito et al.**<sup>72</sup>, em 2016, realizaram estudo anatômico com 33 joelhos para avaliar a inserção meniscal do LAL. Nesse estudo, os autores encontraram o LAL em todos os espécimes dissecados. A inserção meniscal do LAL foi encontrada com clareza entre o corno anterior e o corpo do menisco lateral, ocupando uma média de 5,6mm da periferia meniscal. A distância entre a inserção meniscal e a fossa do poplíteo foi de 12,9mm. Esses autores realizaram análise histológica que mostrou fibras de tecido colágeno denso se inserindo na superfície externa do menisco.

**Helito et al.**<sup>71</sup>, em 2016, realizaram estudo anatômico acerca dos limites de segurança para reconstrução do LAL com túnel femoral. Esses autores realizaram dissecação de 48 cadáveres e encontraram a origem do LAL entre o LCL e o tendão poplíteo em 89,6% dos casos, proximal ao LCL em 6,2% dos casos e com origem semelhante ao LCL em 4,2% dos casos. Esses autores encontraram a origem do LAL distante do LCL e do tendão poplíteo a 3,8mm e 10,2mm, respectivamente.

**Stijak et al.**<sup>66</sup>, em 2016, realizaram estudo anatômico com 14 joelhos. O LAL foi encontrado em 50% dos casos. O comprimento do ligamento foi de  $41 \pm 3$  mm, a largura de  $4 \pm 1$  mm e a espessura de 1 mm. Em todas as dissecações, foi encontrada uma parte das fibras do trato iliotibial com as mesmas inserções e direção do LAL, localizada, no entanto, em um plano mais superficial.

**Kittl et al.**<sup>15</sup>, em 2016, realizaram estudo biomecânico das estruturas anterolaterais do joelho, incluindo o LAL e o trato iliotibial. Esses autores não estabeleceram com detalhes os parâmetros do LAL, apenas o descreveram como estando abaixo do trato iliotibial profundo, com origem posterior e proximal ao epicôndilo lateral e trajeto em direção à tibia, inserindo-se posteriormente ao tubérculo de Gerdy.

**Kosy e Mandalia**<sup>30</sup>, em 2016, realizaram revisão dos achados dos artigos publicados até então. Em sua revisão, relatam que, apesar de alguma controvérsia, a maioria dos estudos descreve uma origem ao longo de uma linha que se estende da origem do LCL para posteroproximal e anterodistal. Em relação à inserção tibial, existe consenso em um ponto localizado entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula. A inserção meniscal também foi considerada presente por esses autores, baseada nas publicações prévias.

**Daggett et al.**<sup>79</sup>, em 2016, realizaram estudo para avaliar a origem femoral do LAL em 52 cadáveres. Esses autores encontraram o LAL em todos os casos estudados. O LAL passou sobre a origem do LCL constantemente, sendo essa origem localizada diretamente no epicôndilo lateral em 12 amostras (23%), ligeiramente posterior e proximal ao epicôndilo lateral em 30 amostras (58%), e completamente posterior e proximal ao epicôndilo lateral em 10 amostras (19%).

**Roessler et al.**<sup>28</sup>, em 2016, realizaram uma revisão sobre os artigos existentes comparando achados de dissecação dos próprios autores. Esses autores encontraram o LAL em 60% das dissecações, sendo que 80% desses espécimes apresentavam o LAL somente de forma unilateral. Sugere-se que devido às características e localização próxima à cápsula articular do LAL, este pode ser considerado uma estrutura análoga aos ligamentos glenoumerais do ombro.

**Runer et al.**<sup>29</sup>, em 2016, realizaram estudo com 44 cadáveres. O LAL foi identificado em 45,5% (n = 20) dos joelhos dissecados. O LAL se originou junto

com o ligamento colateral lateral (45%) ou ligeiramente posterior e proximal a este (55%). O ligamento apresentou um trajeto extracapsular, anterioinferior e oblíquo em direção à tibia anterolateral, com inserção entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula. O LAL teve seu maior comprimento com 60 ° de flexão do joelho e rotação interna máxima.

**Dombrowski et al.**<sup>36</sup>, em 2016, realizaram estudo de correlação entre anatomia e ressonância magnética da cápsula anterolateral do joelho. Na avaliação macroscópica da cápsula, nenhum caso apresentou uma estrutura ligamentar lateral. Um espessamento palpável foi identificado em 40% dos casos. A análise histológica realizada nesses casos mostrou tecido compatível com cápsula e ligamento combinados.

**Rahnemai-Azar et al.**<sup>81</sup>, em 2016, realizaram estudo biomecânico a respeito da cápsula articular anterolateral e do trato ilio tibial. Nas dissecções anatômicas de 9 cadáveres apresentadas nesse estudo, os autores foram capazes de identificar espessamento capsular compatível com LAL, com fibras de origem próxima ao epicôndilo lateral e inserção na tibia entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula em apenas dois casos (22,2%).

**Heckmann et al.**<sup>82</sup>, em 2016, em um estudo visando identificar marcos radiográficos do LAL, realizaram dissecção anatômica em 12 cadáveres. Esses autores encontraram a origem do LAL isolando a origem do LCL no epicôndilo lateral. Segundo esses autores, a origem do LAL se encontrava em uma posição anterior e distal a origem do LCL e o ligamento cursava obliquamente em direção a tibia. A inserção do LAL se deu na região anterolateral da tibia proximal, sem descrição exata desses parâmetros anatômicos.

**Kosy et al.**<sup>31</sup>, em 2016, realizaram estudo anatômico com 11 cadáveres. Esses autores encontraram o LAL em 10 joelhos, sendo que o joelho em que ele não estava presente apresentava lesão do LCA. As dimensões médias encontradas foram: comprimento de 40,1 ( $\pm$  5,53) mm, largura de 4,63 ( $\pm$  1,39) mm e espessura de 0,87 ( $\pm$  0,18) mm. A origem femoral foi posterior e proximal

ao LCL em seis joelhos, anterior e distal em três joelhos, e junto do LCL em um joelho. A inserção tibial foi uma média de 17,7 mm ( $\pm 2,95$ ) posterior ao tubérculo de Gerdy e 12,3 ( $\pm 3,55$ ) mm anterior a cabeça da fíbula.

**Shea et al.**<sup>83</sup>, em 2016, realizaram estudo de dissecação do LAL em espécimes pediátricos e conseguiram isolar o LAL em somente um cadáver. Os autores concluíram que o LAL é uma estrutura inconstante em espécimes pediátricos e provavelmente não está presente desde o nascimento, desenvolvendo-se em virtude de forças fisiológicas na região da cápsula anterolateral do joelho.

**Watanabe et al.**<sup>84</sup>, em 2016, realizaram estudo anatômico em 94 joelhos de cadáver para avaliar a presença do LAL na população japonesa. Os autores encontraram uma prevalência de LAL nessa população de apenas 20%.

**Shea et al.**<sup>86</sup>, em 2016, realizaram dissecação do LAL em 14 joelhos esqueleticamente imaturos. Os autores conseguiram encontrar o LAL em apenas 9 dos 14 joelhos estudados e concluem que a prevalência do LAL na população pediátrica é menor que na população adulta.

**Potu et al.**<sup>87</sup>, em 2016, dissecaram 24 cadáveres e conseguiram encontrar o LAL em apenas 1 (4.1%). Os autores concluem que a prevalência do LAL é muito diferente entre diferentes populações.

**Helito et al.**<sup>85</sup>, em 2017, realizaram estudo anatômico para identificação do LAL em fetos. Os autores encontraram o LAL bem definido nos 20 cadáveres dissecados. Os autores concluíram que o LAL está presente no feto com características anatômicas semelhantes ao LAL do adulto.

### 2.3 Avaliação do ligamento anterolateral por exame de ressonância magnética

**LaPrade et al.**<sup>18</sup>, em 2000, descreveram o terço médio do Ligamento Capsular Lateral em exames de RM para identificação de estruturas do canto posterolateral do joelho. Esses autores descreveram a origem femoral dessa estrutura no epicôndilo lateral, com um prolongamento para o menisco lateral e inserção na tíbia, logo distal à cartilagem articular, entre a borda posterior do tubérculo de Gerdy e a borda anterior do hiato poplíteo. Esses autores consideram a fratura de Segond como sendo uma avulsão dessa estrutura.

**Campos et al.**<sup>17</sup>, em 2001, descreveram o ligamento capsular lateral e sua banda anterior oblíqua em exames de ressonância magnética, esta última com origem no ligamento colateral lateral e inserção na metade do planalto tibial lateral, localização típica da fratura de Segond. Esses autores sugerem que o trato iliotibial e banda anterior oblíqua sejam as causadoras da fratura de Segond. Nessa época, ainda não havia se difundido a nomenclatura de Ligamento Anterolateral.

**Claes et al.**<sup>32</sup>, em 2014, estudaram uma coorte retrospectiva de lesões agudas do LCA em que o LAL foi identificado em 206 exames de RM. Dos ligamentos visualizados, 21.3% foram considerados normais e 78.8% apresentaram anormalidades. A maioria das alterações do LAL foram observadas na sua porção distal. Os autores sugerem que é preciso se estabelecer um protocolo para avaliação e estudo da correlação clínica da lesão do LAL com os exames de RM.

**Helito et al.**<sup>88</sup>, em 2014, realizaram estudo para avaliação do LAL em joelhos sem lesão do LCA com RM de 1,5T. Os autores identificaram pelo menos uma porção do LAL em 97,8% dos casos, tendo sido caracterizado na sua totalidade em 71,7% dos casos.

**Claes et al.**<sup>33</sup>, em 2014, realizaram estudo comparando a localização anatômica da inserção tibial do LAL com a localização da fratura de Segond. Os autores observaram a presença da fratura de Segond em 19 casos de um banco de dados de RM. A profundidade média do recesso lateral medida nas imagens foi de 6mm, a largura média do fragmento avulsionado foi de 14,5mm e a distância média da fratura para o tubérculo de Gerdy foi de 22,4mm. Os achados desse estudo sugerem fortemente que a fratura de Segond corresponde a uma avulsão do LAL.

**Caterine et al.**<sup>34</sup>, em 2015, realizaram estudo anatômico de RM em cadáveres sobre o LAL. Esses autores realizaram RM em 10 cadáveres e encontraram o LAL em todos eles, com características semelhantes entre anatomia e RM, embora não tenham sido feitas medidas objetivas. O LAL foi identificado em cortes coronais, com maior facilidade de visualização de sua inserção tibial do que de sua origem femoral. O corpo do LAL foi identificado com duas variáveis, inteiramente anterior ao LCL ou cruzando o LCL no trajeto do fêmur para a tibia.

**Taneja et al.**<sup>39</sup>, em 2015, realizaram estudo de 70 RM para avaliação do LAL. Esses autores identificaram o LAL em 51% dos casos, sendo visto completamente em 11% e apenas uma parte em 40%. Os autores conseguiram identificar a porção tibial em todos os casos em que ele foi encontrado, cerca de 5,7mm abaixo do planalto tibial. O LAL apresentou um comprimento de 33,2mm, espessura de 1,9mm e largura de 5,6mm.

**Helito et al.**<sup>89</sup>, em 2015, realizaram estudo com RM de 33 pacientes que fizeram exame por outro motivo que não instabilidade ligamentar ou trauma. Nesse estudo, o LAL foi visualizado com sinal semelhante às demais estruturas ligamentares do joelho, com hipossinal em T2 com saturação de gordura. O principal plano de identificação do ligamento foi o plano coronal. Alguma porção do LAL foi visualizada com clareza em 81,8% dos joelhos. A porção meniscal ficou evidente em 75,7%, a porção femoral em 69,6% e a porção tibial

em 39,3%. O LAL foi completamente visualizado em 33,3% dos joelhos estudados.

**De Maeseneer et al.<sup>35</sup>**, em 2015, realizaram estudo sobre o envolvimento do LAL nas fraturas de Segond. Esses autores avaliaram retrospectivamente 13 casos de fratura de Segond e tentaram estabelecer qual estrutura seria responsável pelo fragmento avulsionado. Os autores concluíram que tanto o LAL como o trato iliotibial podem estar envolvidos com esse tipo de lesão, uma vez que eles estavam inseridos no fragmento avulsionado em 10 e 11 casos, respectivamente.

**Porrino et al.<sup>38</sup>**, em 2015, realizaram estudo com 53 ressonâncias magnéticas consideradas normais e mais 20 ressonâncias magnéticas com fratura de Segond para avaliação do LAL. Em todos os casos os autores encontraram uma estrutura na região anterolateral do joelho, conectando o fêmur distal e a tibia proximal, com componentes meniscofemorais e meniscotibiais. Essa estrutura era mal definida, em forma de fita, inseparável do LCL proximalmente e do TIT distalmente. Em 19 de 20 casos, essa estrutura estava conectada ao fragmento da fratura de Segond.

**Kosy et al.<sup>37</sup>**, em 2015, avaliaram o LAL em 100 ressonâncias magnéticas de 1,5T. Esses autores conseguiram visualizar o LAL parcialmente em 94% dos casos e totalmente em 57% dos casos. Existiu dificuldade em isolar a porção femoral do LAL, enquanto as porções meniscal e tibial foram identificadas em todos os casos. Esses autores classificaram a inserção meniscal do LAL em 4 tipos (completa, central, bipolar e inferior). A espessura do LAL encontrada, na altura da linha articular, foi de 1,75mm.

**Davis et al.<sup>90</sup>**, em 2015, descreveram dois casos de lesão do complexo ligamentar colateral lateral, incluindo o LAL. Nos dois casos apresentados, o LAL foi visualizado e apresentou lesão proximal, com sua porção distal considerada intacta.

**Helito et al.**<sup>92</sup>, em 2015, realizaram estudo de correlação entre achados anatômicos e de RM para avaliação do LAL. Os autores encontraram excelente correlação para os parâmetros estudados, exceto para espessura. O estudo foi realizado com cortes finos de RM o que possibilitou a caracterização do LAL por inteiro em todos os casos estudados.

**Dombrowski et al.**<sup>36</sup>, em 2016, realizaram estudo de correlação entre anatomia e RM da cápsula anterolateral do joelho. Nos exames de RM, os autores encontraram um espessamento de 2 a 4mm da cápsula lateral em somente 30% dos casos.

**Macchi et al.**<sup>27</sup>, em 2016, realizaram estudo histológico e radiológico do LAL. Esses autores estudaram o LAL por RM em 50 pacientes. O LAL foi encontrado como uma estrutura linear, originando-se no epicôndilo lateral, com trajeto oblíquo em direção à região anterolateral da tíbia, inserindo-se no terço médio ou terço inferior do menisco lateral e na região proximal da tíbia. O LAL foi identificado em 93% dos exames de RM, com um comprimento médio de 32mm e uma largura média de 1,1mm. O LAL apresentou um baixo sinal nas sequências ponderadas em T1 e T2.

**Song et al.**<sup>91</sup>, em 2016, avaliaram os fatores de risco de um pivot-shift grau 3 ao exame físico após lesão aguda do Ligamento Cruzado Anterior. Esses autores examinaram o Ligamento Capsular Anterolateral do joelho em sequências ponderadas em T2, em cortes coronais. Os autores concluíram que a lesão desse ligamento em exames de RM é fator de risco para instabilidade rotatória anterolateral demonstrada pelo teste do pivot-shift.

**Van Dyck et al.**<sup>93</sup>, em 2016, avaliaram anormalidades do LAL por RM em 113 pacientes com lesões agudas do LCA. Em 23 casos o LAL não foi visualizado nos exames de RM. Os autores encontraram anormalidades do LAL em 46% dos casos restantes, sendo a maioria delas na sua porção distal. Lesões do menisco lateral, ligamentos colaterais e impacções ósseas foram associadas com anormalidades do LAL em exames de RM.

**Coquart et al.**<sup>94</sup>, em 2016, avaliaram a correlação entre os achados de RM e as disseções anatômicas em 11 joelhos de cadáveres. Os autores encontraram 100% de concordância entre os achados dos exames de RM e as disseções anatômicas. Além disso, estudaram 61 exames de RM de pacientes para avaliar a visibilidade do LAL. O LAL foi visualizado em 93,4% dos exames, sendo visualizado por completo em 82% dos casos.

**Hartigan et al.**<sup>95</sup>, em 2016, estudaram as RM de 72 pacientes com lesão de LCA para avaliar a capacidade de visualização do LAL. Ambos os radiologistas que avaliaram os exames conseguiram visualizar o LAL em 100% dos casos, mas a correlação entre os avaliadores para avaliar a lesão do LAL foi baixa. Os autores concluem que a RM não é no momento um exame eficiente para detectar se o LAL está intacto ou lesado.

**Helito et al.**<sup>96</sup>, em 2017, avaliaram as anormalidades do LAL em 101 RM de pacientes com lesão aguda do LCA. Esses autores encontraram anormalidades do LAL em 32,6% dos casos, sendo que a maioria delas foi na porção femoral do LAL.

### 3 MÉTODOS

Este é um estudo descritivo de dissecação anatômica, avaliação histológica e de avaliação por RM do LAL realizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOTHCFMUSP) e no Serviço de Verificação de Óbitos da Capital (SVOC-USP), vinculado à Universidade de São Paulo (USP). Foi obtida a aprovação pela comissão científica do IOTHCFMUSP e pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CAPPESQ), além da autorização do SVOC-SP para dissecação (**Anexos 1 e 2**). Foi obtido consentimento informado dos pacientes que foram submetidos aos exames de RM. (**Anexo 3**). As disseções anatômicas foram realizadas no SVOC durante os anos de 2013 e 2014, conforme disponibilidade de cadáveres. Não foi realizado cálculo amostral prévio, sendo que todos os cadáveres disponíveis foram utilizados.

#### 3.1 Critérios de seleção

##### 3.1.1 Critérios de inclusão

Para o presente estudo foram utilizados:

- A) Um total de 112 cadáveres para dissecação anatômica do LAL;

- 13 cadáveres foram submetidos a exame de RM previamente a dissecação para correlação anatomorradiológica;
- 33 cadáveres tiveram o LAL removido em bloco com o menisco lateral para estudo específico da inserção meniscal;
- Um total de 20 cadáveres foram submetidos à análise histológica;
- 13 joelhos de cadáveres foram utilizados para dissecação e avaliação histológica complementar do LAL, baseado em achados de literatura que foram publicados no decorrer desta tese (**Figura 1**).

B) Avaliação de 42 exames de RM realizados em pacientes por indicação não relacionada à instabilidade ligamentar ou trauma.



**Figura 1** – Fluxograma dos cadáveres utilizados neste estudo

### 3.2 Critérios de exclusão

Foram estabelecidos como critérios de exclusão para a avaliação anatômica: cadáveres que apresentavam artroplastia total de joelho prévia, fraturas prévias do terço distal do fêmur ou do terço proximal da tíbia, evidência de lesão do LCA caracterizada por exame físico de instabilidade anterior ou

visualização direta da estrutura após artrotomia, histórico de reconstrução prévia do LCA e histórico de infecção articular do joelho.

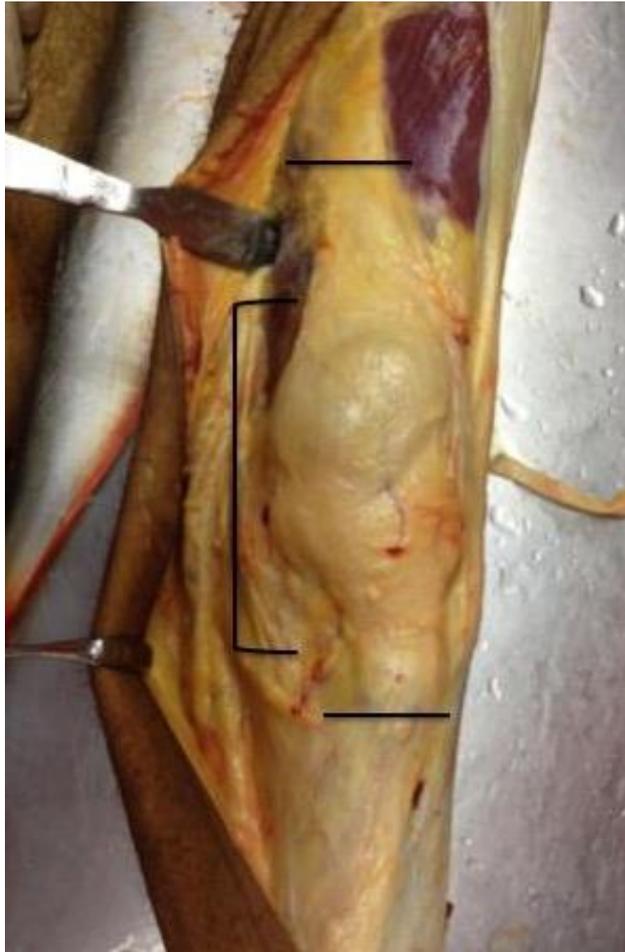
Foram estabelecidos como critérios de exclusão para os voluntários que realizaram exame de RM: lesão do LCA, lesão das estruturas do canto posterolateral, lesão do menisco lateral e impossibilidade de terminar o exame de RM.

### **3.3 Dissecção anatômica**

Previamente ao início das dissecções foram avaliados a idade, o peso e a altura de todos os espécimes utilizados.

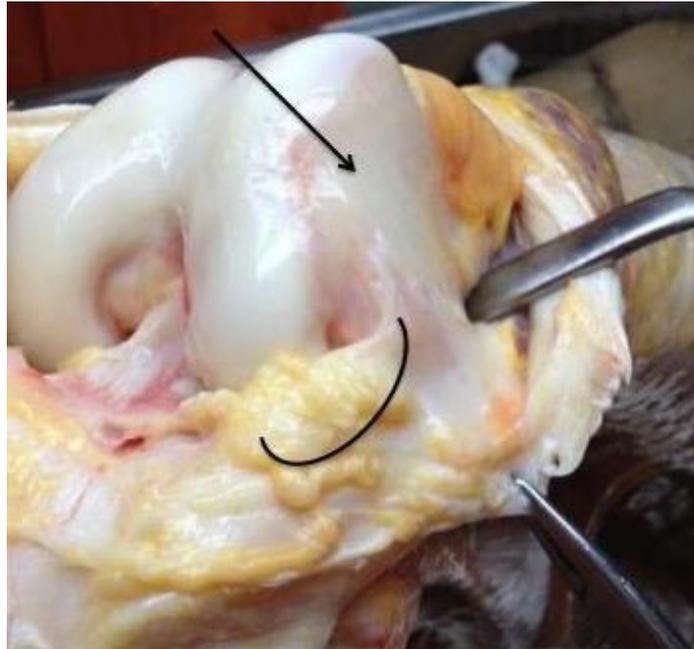
Definiu-se que para treinamento da técnica de dissecção, os cinco primeiros cadáveres seriam utilizados como estudo piloto, não sendo incluídos na análise.

As dissecções anatômicas foram todas realizadas seguindo o mesmo protocolo. Inicialmente era realizada dissecção de pele e subcutâneo, seguida de tenotomia do tendão quadricipital em sua junção miotendínea, acesso parapatelar medial para abertura do retináculo e ressecção da inserção do ligamento da patela na tuberosidade anterior da tíbia por meio de desinserção de partes moles ou osteotomia de pequeno fragmento ósseo (**Figura 2**).



**Figura 2** – Imagem anterior de um joelho esquerdo após início da dissecação da pele e subcutâneo. O acesso à articulação foi feito de acordo com os traços mostrados nas linhas, sem abertura da porção lateral da articulação

Após esse acesso, a patela era deslocada para a região lateral, obtendo acesso completo à região anterolateral do joelho sem violação de qualquer tecido extra-articular presente nessa região (**Figura 3**).



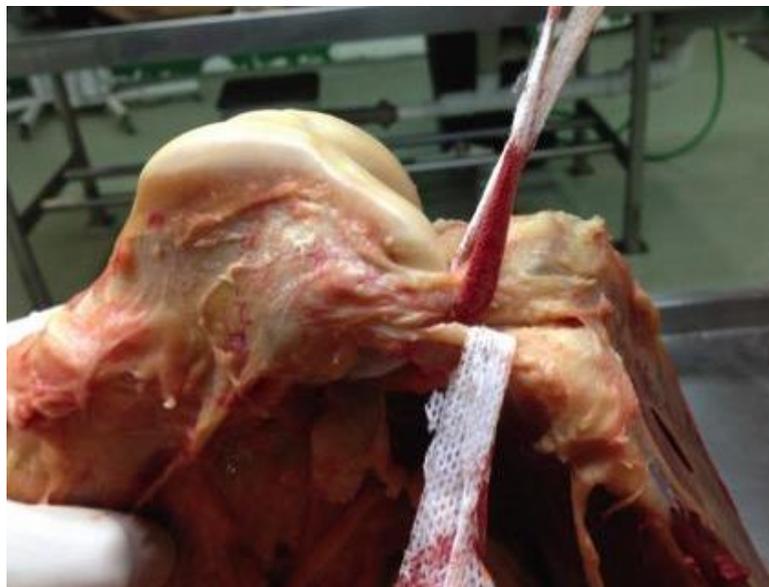
**Figura 3** – Figura de um joelho esquerdo mostrando a região anterolateral do joelho antes da dissecação das estruturas anterolaterais. A seta representa o local do epicôndilo lateral e a linha curva o trajeto virtual aproximado do ligamento anterolateral

A porção posterior da gordura retropatelar era removida para uma melhor visualização da região. O trato iliotibial era desinserido do tubérculo de Gerdy e era realizada tenotomia do tendão do bíceps na cabeça da fíbula. Os ligamentos meniscotibiais eram mantidos intactos.

O tendão do músculo poplíteo e o ligamento colateral lateral eram isolados cuidadosamente para evitar qualquer potencial lesão ao LAL na região. A dissecação dessas duas estruturas era realizada de distal para proximal, evitando uma possível lesão de fibras do LAL na região do epicôndilo femoral lateral.

Após isolamento dessas estruturas, observou-se com clareza um espessamento capsular na região anterolateral do joelho, compatível com o LAL. Era obtida maior facilidade na dissecação e isolamento dessa estrutura

com a flexão do joelho e rotação interna da tíbia. Mesmo sem realizar essas manobras, era possível observar com clareza esse espessamento (**Figura 4**).



**Figura 4** – Imagem lateral de um joelho direito após a dissecação do ligamento anterolateral (alça superior) e do ligamento colateral lateral (alça inferior)

Após o isolamento e identificação do LAL, foram realizadas as medidas de comprimento, largura e espessura dessa estrutura, bem como os parâmetros de sua origem e inserções, com auxílio de paquímetro digital (150mm DC-60 Western, Zhejiang, China) com precisão de 0,01mm. Para a medida de comprimento foi considerado o centro de sua origem em relação ao centro de sua inserção. Para a medida de largura e espessura foi considerado um ponto na altura do menisco lateral, imediatamente proximal à interlinha articular.

A medida da origem do LAL foi baseada na origem do LCL. Foi medida a distância do centro da origem do LAL em relação ao centro da origem do LCL e marcada a posição que essa origem do LAL se encontrava em relação à origem do LCL no côndilo lateral, no sentido anteroposterior e proximodistal. A inserção tibial foi medida em relação à porção mais posterior do tubérculo de

Gerdy, à porção mais anterior da cabeça da fíbula e à cartilagem articular do planalto lateral. A inserção meniscal do LAL foi medida baseada no seu ponto em relação à periferia do menisco lateral e a bifurcação do ligamento foi medida baseada na origem femoral do mesmo.

Para o estudo específico da inserção meniscal foram utilizados 33 dos 105 joelhos dissecados. Nesses casos, a dissecação era realizada da mesma forma, com exceção da ressecção do LAL. Nos casos em que foi realizado estudo da inserção meniscal, as raízes anterior e posterior do menisco lateral eram desinseridas do planalto lateral e o LAL era removido em bloco junto com o menisco lateral inteiro para análise (**Figura 5**). Além das medidas do LAL realizadas, nesses 33 casos foram realizadas as seguintes medidas: pontos de inserção do LAL e do hiato poplíteo em relação à superfície externa do menisco lateral.



**Figura 5** – Imagem após ressecção do menisco lateral em conjunto com o ligamento anterolateral

### **3.4 Análise histológica**

Após as disseções e medidas, o LAL foi removido em bloco com sua inserção femoral, tibial e meniscal em 20 joelhos e enviado para análise histológica. Em oito joelhos, foi realizada também a análise específica da inserção meniscal do LAL. A análise histológica foi realizada no Laboratório de Anatomia Patológica do Instituto de Ortopedia do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo. Os espécimes dissecados do ligamento foram colocados em solução de formalina a 4%. Após processamento de tecido, que seguiu as etapas de desidratação, clarificação e impregnação, foram feitas lâminas com cortes histológicos de até 4µm de espessura que foram corados com Hematoxilina e Eosina (H&E). Foi também realizada imuno-histoquímica para colágeno tipo 1 (**Anexo 4**).

### **3.5 Exames de ressonância magnética**

#### **3.5.1 Exames de ressonância magnética em espécimes cadavéricos**

Exames de RM foram realizados em 13 espécimes cadavéricos. O aparelho utilizado para os exames foi 1.5 T (Signa Excite HD; GE Healthcare, Waukesha, WI, USA) e bobina específica para exames em joelho (HD TRKnee 8 Ch High Resolution Knee Array).

Foram injetados 40 ml de soro fisiológico na articulação em todos os joelhos previamente à aquisição das imagens no intuito de distender a cápsula articular e facilitar a visualização do LAL.

O protocolo utilizado nesses exames foi a obtenção de sequências axial, coronal e sagital ponderadas em densidade de prótons e uma sequência coronal volumétrica (**Tabela 1**).

**Tabela 1** - Parâmetros utilizados para as sequências de exames de ressonância magnética nos cadáveres estudados

Sequência / Parâmetro	TE	TR	ETL	BW	Frequência	Fase	NEX	FOV	Espaçamento	Espessura
Sagital PDW	38	2267	9	19,23	288	192	2	12 cm	0,0 cm	1,5 mm
Coronal PDW	38	4300	10	31,25	288	192	4	12 cm	0,0 cm	1,2 mm
Axial PDW	38	2384	9	19,23	288	192	2	11 cm	0,0 cm	1,5 mm
Coronal 3D T2W	-	1500	64	125	224	224	1	18 cm	-	0,6 mm

### 3.5.2 Exames de ressonância magnética em indivíduos vivos

Foram realizados 42 exames de RM em indivíduos com indicação não relacionada à instabilidade ligamentar ou trauma. Os exames foram realizados em campo de 1.5T com os mesmos parâmetros de aparelho e bobina utilizados para os exames em cadáveres.

As sequências realizadas foram sagital e coronal ponderadas em T1, sagital, coronal e axial ponderadas em T2 com saturação de gordura e coronal

ponderada em densidade de prótons. Os parâmetros desses exames estão descritos na **tabela 2**.

**Tabela 2** - Parâmetros utilizados nos exames de ressonância magnética para avaliar o ligamento anterolateral em voluntários

Sequência / Parâmetro	TE	TR	ETL	BW	Frequência	Fase	NEX	FOV	Espaçamento	Espessura	Tempo (minutos)
<b>Sagital T1W</b>	Min Full	400- 600	4	41.67	480	256	2	17 cm	0,5 cm	3,5 mm	02:34
<b>Coronal T1W</b>	Min Full	400- 600	4	31.25	320	224	2	17 cm	0,5 cm	2,5 mm	02:23
<b>Axial T2W FATSAT</b>	45	4000- 5000	12	31.25	288	224	2	16 cm	0,3 cm	3,0 mm	03:22
<b>Sagital T2W FATSAT</b>	45	3200- 4500	12	31.25	320	256	2	17 cm	0,5 cm	3,5 mm	03:00
<b>Coronal T2W FATSAT</b>	45	3200- 4500	12	31.25	288	224	2	17 cm	0,5 cm	2,5 mm	04:20
<b>Coronal PDW</b>	40	1800- 2100	10	41.67	288	192	2	17 cm	0,5 cm	2,5 mm	01:59

### 3.6 Análise dos exames de ressonância magnética

Os exames de RM, tanto em espécimes cadavéricos como em indivíduos vivos, foram avaliados separadamente por dois avaliadores com familiaridade com as dissecções e literatura pertinente ao LAL.

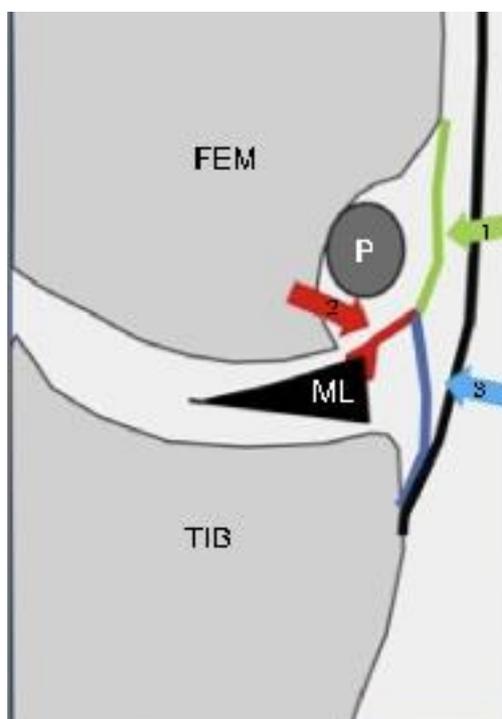
A avaliação era realizada principalmente observando-se a região lateral do joelho, na topografia entre o trato iliotibial e côndilo lateral, da região do

epicôndilo lateral até a porção proximal da tíbia anterolateral, nos cortes coronal, sagital e axial.

### 3.6.1 Análise dos exames de ressonância magnética em indivíduos vivos

A visualização do LAL em indivíduos vivos foi realizada da seguinte maneira:

O LAL era inicialmente dividido em três porções: femoral, da sua origem até seu ponto de bifurcação; meniscal, do ponto de bifurcação até sua inserção no menisco; tibial, do ponto de bifurcação até sua inserção na tíbia (Figura 6). A capacidade de visualização de cada porção do ligamento era avaliada como uma variável dicotômica (sim ou não).



FEM – fêmur, TIB – tíbia, ML – menisco lateral, P – tendão poplíteo

**Figura 6** – Desenho esquemático mostrando a divisão das porções femoral (1), meniscal (2) e tibial (3) do ligamento anterolateral que foram avaliadas em exames de ressonância magnética.

O trajeto do ligamento foi avaliado de acordo com parâmetros de estruturas presentes na região lateral do joelho já estudadas na literatura. Foram avaliadas as distâncias entre o ponto de bifurcação e o menisco lateral e a inserção tibial e o planalto lateral. Foi avaliada a capacidade de visualização de cada porção do LAL em cada sequência, assim como o grau de concordância entre os avaliadores.

### **3.6.2 Análise dos exames de ressonância magnética em espécimes cadavéricos**

Os exames de ressonância magnética foram avaliados sendo realizadas as seguintes medidas: distância linear da origem do LAL em relação à origem do LCL, distância da origem do LAL em relação ao seu ponto de bifurcação, comprimento máximo do LAL (medido como a distância entre sua origem e sua inserção tibial), distância da inserção tibial em relação à superfície articular da tibia, espessura e largura máximas.

Essas medidas foram comparadas com medidas de dissecação anatômica dos espécimes de acordo com o protocolo de dissecação e obtenção de medidas já descrito.

### 3.7 Análise anatômica e histológica complementar

Baseado em estudos recentes com resultados conflitantes que foram sendo publicados no decorrer desta tese<sup>26,29,74,79</sup>, foi realizado um estudo anatômico complementar com diferente técnica de dissecação.

Para esse estudo foram utilizados 13 espécimes anatômicos. A dissecação desses cadáveres se iniciou de acordo com os parâmetros descritos por **Daggett et al.**<sup>79</sup> Inicialmente era realizada uma incisão circunferencial na coxa 15 cm acima da linha articular e outra na perna 15 cm abaixo da linha articular. As duas incisões eram conectadas para remover toda a pele e tecido subcutâneo da região. Uma incisão transversal, 10cm proximal ao epicôndilo lateral, era realizada no TIT e o mesmo era refletido até sua inserção distal no tubérculo de Gerdy. Após dissecação do TIT era localizado o tendão do músculo bíceps femoral junto à inserção na cabeça da fíbula. Esse parâmetro era utilizado para localização da inserção do Ligamento Colateral Lateral (LCL) na cabeça da fíbula.

Os tecidos moles ao redor do LCL foram removidos em sua porção distal para sua individualização somente até 20mm proximal à cabeça da fíbula, de modo a não atingir os tecidos que cruzam sobre o LCL. Após isolamento do LCL era realizada capsulotomia anterior e posterior, de modo a isolar o LAL e o mesmo ficar com visualização adequada. Maior facilidade na dissecação era obtida com a rotação interna da tíbia em relação ao fêmur, que tornava facilmente identificável uma estrutura em aspecto de fita com trajeto oblíquo sobre o epicôndilo lateral e o LCL em direção à região posterior ao tubérculo de Gerdy.

Foram colocados marcadores nas porções anterior e posterior dessa fita tanto na sua origem femoral quanto na sua inserção tibial, bem como um marcador no centro do epicôndilo lateral (**Figura 7**). Após a colocação dos

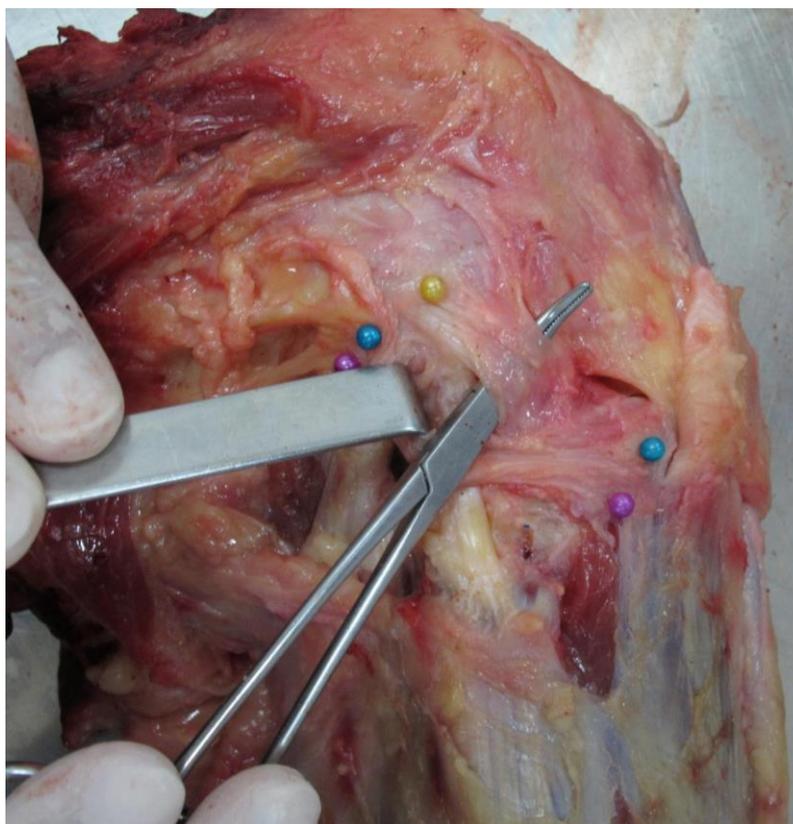
marcadores, foram realizadas as seguintes medidas com uso de paquímetro digital: comprimento das porções anterior e posterior do ligamento em extensão total e em 90 graus de flexão e distância das porções anterior e posterior da inserção tibial do ligamento em relação ao tubérculo de Gerdy. A presença de contato com o menisco lateral também foi avaliada.



**Figura 7** – Imagem da porção lateral de um joelho direito utilizado no protocolo de dissecação complementar do ligamento anterolateral. Os marcadores verdes marcam a porção anterior da estrutura dissecada e os marcadores roxos a porção posterior. O marcador amarelo representa o centro do epicôndilo lateral

Após a realização das medidas nessa camada superficial, era realizado afastamento do LAL superficial de modo a expor as estruturas que se encontravam na camada profunda subjacente. Nessa camada, buscava-se encontrar um espessamento da cápsula ou estrutura ligamentar com origem ao redor do centro do epicôndilo lateral. Era obtida facilidade na dissecação dessa camada com flexão do joelho e rotação interna da tíbia, ao contrário da porção

superficial que se apresentava mais evidente com a extensão do joelho. Claramente se observava uma outra estrutura logo adjacente à estrutura superficial, com trajeto em direção à tibia muito semelhante na altura da interlinha articular, porém com origem mais distal em relação à estrutura superficial, muito próxima do centro do epicôndilo lateral e orientação mais vertical em flexão (**Figura 8**). As mesmas marcações e medidas realizadas para a estrutura superficial foram realizadas para a estrutura profunda.



**Figura 8** – Imagem de uma dissecção anatômica da região lateral de um joelho direito mostrando estrutura ligamentar delimitada pela pinça abaixo de outra estrutura ligamentar afastada pelo Farabeuf. Os marcos tibiais das duas estruturas são semelhantes, mas a origem femoral é diferente. O marcador amarelo representa o centro do epicôndilo lateral

Foi realizada a comparação das medidas das porções anterior e posterior da estrutura superficial e profunda em extensão e flexão de 90 graus com

objetivo de detectar mudança significativa no comprimento dos ligamentos com a movimentação do joelho.

Após as medidas, as duas estruturas dissecadas foram retiradas em bloco e enviadas para análise histológica. Os espécimes dissecados do ligamento foram colocados em solução de formalina a 4%. Após processamento de tecido, que seguiu as etapas de desidratação, clarificação e impregnação, foram feitas lâminas com cortes histológicos de até 4µm de espessura que foram corados com Hematoxilina e Eosina (H&E). O número de fibroblastos por mm<sup>2</sup> foi obtido por meio de contagem com microscopia.

### **3.8 Análise estatística**

Para a análise estatística foi utilizado o software SPSS 20.0 e os seguintes testes foram realizados:

#### **3.8.1 Análise estatística para avaliação das medidas anatômicas e das medidas na ressonância magnética obtidas do LAL**

Foram realizadas médias e desvio padrão de todos os parâmetros avaliados.

### **3.8.2 Análise estatística para avaliação do LAL em indivíduos vivos em exames de ressonância magnética**

Foi avaliada a capacidade de visualização de cada porção do LAL em cada sequência e foi medido o grau de concordância entre os avaliadores utilizando o coeficiente kappa com intervalo de confiança de 95%.

Para comparar a frequência de visibilidade do ligamento em cada parte e cada corte, foi verificada a existência de associação marginal entre os cortes com uso do teste McNemar.

### **3.8.3 Análise estatística para avaliação da correlação das medidas do LAL em espécimes cadavéricos e em ressonância magnética**

Foram analisadas as duas medidas obtidas (medidas da RM e medidas das peças anatômicas). Foram realizados os coeficientes de correlação de Spearman ( $r$ ) com os respectivos intervalos de confiança de 95% entre elas.

### **3.8.4 Análise estatística para avaliação das duas porções do LAL encontradas na dissecação complementar**

Foi realizado o teste estatístico  $t$  de Student para comparação das medidas das porções anterior e posterior da estrutura superficial e profunda em

extensão e flexão de 90 graus com objetivo de detectar mudança significativa no comprimento dos ligamentos com a movimentação do joelho.

## 4 RESULTADOS

Para o estudo anatômico do LAL, dos 112 cadáveres escolhidos inicialmente, 5 foram utilizados para treinamento da técnica de dissecação e familiarização da equipe com o LAL, não sendo utilizados para a análise de dados desta tese. Outros dois espécimes foram excluídos, um devido a uma fratura de fêmur distal que apresentava uma placa na região lateral do joelho e cicatrizes que indicavam um acesso anterolateral, e outro devido ao histórico de osteomielite no côndilo femoral lateral que apresentava uma cicatriz de via de acesso na região anterolateral do joelho. Entre os joelhos restantes, 39 joelhos eram do sexo feminino e 66 do sexo masculino, sendo 47 do lado esquerdo e 58 do lado direito. As médias de idade dos cadáveres utilizados foram de 59,9 +/- 10,6 anos. A média de altura foi de 1,68 +/- 0,08 metros e de peso de 64,0 +/- 11,5 Kg (**Anexo 5**).

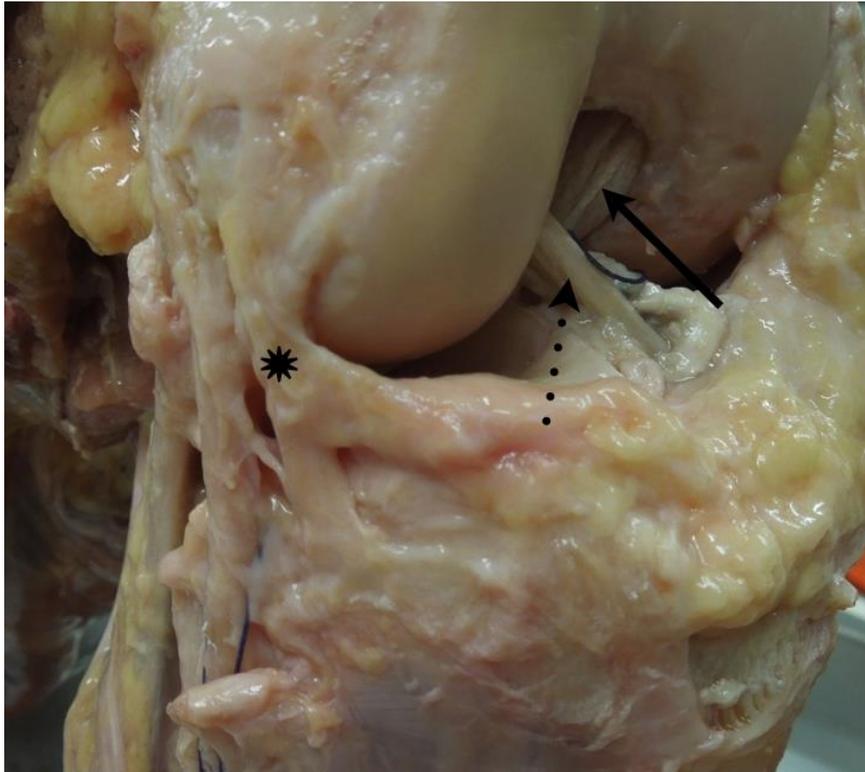
### 4.1 Dissecação anatômica

O LAL foi dissecado e identificado nas 105 dissecações. Sua origem apresentou estreita relação com a origem do LCL, encontrando-se a cerca de 3,6mm da mesma, com variações entre anterior, anterodistal, anteroproximal, distal, posterodistal e apresentando a mesma origem do LCL. A variável mais comum encontrada foi a anterodistal ao LCL (**Figura 9**).



**Figura 9** – Figura de uma dissecção de um joelho direito mostrando a origem do ligamento anterolateral (LAL), anterodistal à origem do ligamento colateral lateral (LCL)

Após sua origem femoral, o ligamento apresentava um trajeto anteroinferior em direção à tibia. Em torno de 19,22mm abaixo da origem femoral, ou 50,95% do comprimento do LAL, ele apresentou um ponto de bifurcação que deu origem às porções meniscal e tibial (**Figura 10**). A porção meniscal se insere grosseiramente entre o corno anterior e o corpo do menisco lateral, sendo seu centro 20,09mm anterior ao centro do tendão poplíteo, quando o mesmo passa pelo seu sulco no menisco lateral.



**Figura 10** – Foto anatômica de um joelho direito mostrando o ponto de bifurcação (asterisco) do ligamento anterolateral do joelho

A porção tibial do LAL se insere na região anterolateral da tibia, entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula, a 39,99% da distância entre essas duas estruturas partindo da cabeça fibular e 5,51mm abaixo da superfície articular do planalto lateral (**Figura 11**).



**Figura 11** – Imagem de dissecção de um joelho direito mostrando o ligamento anterolateral do joelho anterior ao ligamento colateral lateral. A inserção tibial (seta) se encontra entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula e seria o sítio da fratura de Segond

O LAL apresentou comprimento médio de 37,88mm em extensão total e 40,94mm em 90 graus de flexão. Sua espessura média foi de 1,87mm e sua largura média de 7,32mm (**Tabela 3**).

**Tabela 3 -** Medidas de comprimento, largura, espessura e relação do ligamento anterolateral do joelho com estruturas adjacentes nos cadáveres dissecados

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fíbula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
1	33,11	35,77	2,51	6,31	2,01	anterior	13,22	4,42	20,3	35,54%	18,42	55,63%
2	33,93	36,22	2,53	6,34	2,23	antero-proximal	14,47	5,15	17,4	44,54%	18,73	55,20%
3	36,24	39,72	2,51	6,66	2,82	antero-proximal	15,22	5,18	17,56	47,92%	19,82	54,69%
4	36,87	39,9	2,51	6,71	3,6	antero-distal	11,33	3,76	18,15	52,32%	19,27	52,26%
5	35	36,11	1,51	6,73	3,6	antero-distal	10,23	4,42	20,04	41,02%	20,03	57,23%
6	36,72	40,42	0,91	6,81	4,47	antero-distal	9,98	6,19	21,32	29,17%	23,43	63,81%
7	39,3	40,59	0,81	7,02	5,38	antero-distal	10,14	4,32	24,01	50,00%	23,3	59,29%
8	37,41	38,93	0,76	9,81	5,02	antero-distal	10,35	3,21	18,23	52,01%	16,66	44,53%
9	35,54	36,81	1,12	5,88	4,92	antero-distal	11,02	6,29	20,07	40,00%	17,64	49,63%
10	34,65	36,66	1,09	6,73	5,38	antero-distal	11,33	5,33	21,31	42,11%	17,09	49,32%
11	37,52	37,91	1,17	5,88	4,01	anterior	12,98	2,87	29,02	50,00%	19,17	51,09%
12	38,21	40,47	1,63	7,73	4,88	antero-distal	10,21	5,19	20,34	37,50%	19,04	49,83%

continua

continuação

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fíbula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
13	40,77	41,15	0,92	9,82	0	mesma origem	13,39	6,31	22,61	44,00%	24,32	59,65%
14	43,62	47,5	1,08	8,77	5,87	distal	6,32	4,74	21,5	34,62%	20,43	46,84%
15	35,32	38,91	1,92	6,21	6,7	antero-distal	10,12	5,17	20,39	48,00%	25,72	72,82%
16	46,77	50,32	1,85	10,23	6,4	antero-distal	9,34	3,31	19,07	40,91%	23,63	50,52%
17	31,97	37,11	1,11	5,87	3,98	distal	7,87	4,18	14,02	43,75%	14,02	43,85%
18	21,22	23,64	1,26	5,72	4,47	antero-distal	9,77	3,88	13,76	37,50%	15,8	74,46%
19	39,34	40,93	1,38	6,67	6,32	antero-distal	9,12	5,92	19,35	22,73%	19,77	50,25%
20	35,11	38,73	0,88	5,22	3,99	distal	6,45	5,82	18,22	44,44%	20,48	58,33%
21	45,22	48,44	1,32	10,34	5,83	antero-distal	10,87	7,26	21,19	40,91%	26,77	59,20%
22	35,76	39,23	1,23	6,86	3,81	distal	5,88	4,45	16,83	36,84%	15,71	43,93%
23	42,33	45,27	1,41	8,32	5,38	antero-distal	11,19	4,53	20,02	38,10%	24,19	57,15%
24	37,42	39,42	1,11	5,91	4,47	antero-distal	12,32	4,12	16,74	54,55%	17,01	45,46%
25	32,11	35,9	0,67	6,28	5,38	antero-distal	13,01	3,08	20,99	34,62%	13,23	41,20%
26	37,93	40,39	0,73	6,82	4,79	distal	6,02	6,17	19,36	33,33%	17,9	47,19%
27	40,02	44,21	0,94	7,93	2,82	antero-distal	10,18	5,32	20,39	32,14%	28,15	70,34%

continua

continuação

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fibula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
29	36,73	40,77	0,84	8,79	3,88	distal	6,13	4,28	22,84	45,00%	20,7	56,36%
30	38,22	40,91	0,68	6,87	6,32	antero-distal	10,31	5,26	18,05	36,36%	18,19	47,59%
31	37,12	40,58	1,15	7,13	3,6	antero-distal	11,01	4,56	16,23	42,86%	22,84	61,53%
32	38,13	40,39	1,29	7,34	4,91	distal	6,31	4,87	19,73	40,00%	21,51	56,41%
33	35,9	40,06	1,22	6,73	3,6	postero-distal	5,19	3,17	17,39	42,42%	20,09	55,96%
34	35,15	39,03	1,57	9,87	4,48	distal	5,32	6,77	19,02	45,00%	21,14	60,14%
35	40,35	44,12	1,34	6,88	6,4	antero-distal	9,98	4,31	19,38	48,15%	20,92	51,85%
36	34,57	38,73	0,68	7,73	2,27	antero-distal	9,45	4,19	12,34	33,73%	19,83	57,36%
37	32,31	35,23	0,72	6,45	2,42	antero-distal	10,13	5,67	23,09	39,08%	19,88	61,53%
38	36,75	39,77	0,82	7,18	2,81	antero-distal	10,39	6,19	21,31	44,72%	19,8	53,88%
39	34,15	37,73	0,43	7,45	2,23	antero-distal	11,03	7,32	14,19	30,81%	23,43	68,61%
40	38,76	40,22	2,87	7,81	4,24	antero-distal	10,99	5,19	18,3	46,15%	20,11	51,88%
41	37,77	40,95	2,83	7,21	4,47	antero-distal	9,87	4,44	19,77	37,50%	24,28	64,28%
42	38,92	40,84	1,77	8,59	4,68	antero-distal	8,89	5,91	20,54	38,46%	21,34	54,83%
43	36,92	43,03	2,44	5,45	2,01	mesma origem	13,02	7,32	19,81	22,22%	18,42	49,89%

continua

continuação

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fibula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
44	45,13	49,01	2,42	8,31	6,77	distal	5,31	8,48	22,34	47,37%	24,58	54,46%
45	36,72	41,23	3,11	5,64	1,81	distal	6,86	6,76	19,05	31,58%	19	51,74%
46	30,89	34,86	2,22	4,98	4,47	antero-distal	8,44	5,87	20,21	40,00%	13,15	42,57%
47	36,77	40,51	2,19	6,73	3,6	antero-distal	10,12	6,77	17,33	33,33%	23,75	64,59%
48	34,13	38,34	3,14	7,43	5,38	antero-distal	11,35	5,82	21,68	35,00%	20,13	58,98%
49	36,89	40,56	3,12	6,74	3,71	distal	7,32	6,13	21,47	43,48%	19,06	51,67%
50	38,72	44,67	3,55	7,76	4,12	antero-distal	10,22	6,38	22,32	46,15%	22,65	58,50%
51	42,15	45,17	3,52	7,77	3,6	antero-proximal	19,87	5,84	22,75	43,48%	23,76	56,37%
52	38,77	40,46	2,77	7,91	1,68	antero-distal	9,73	5,21	25,98	49,87%	15,47	39,90%
53	39,18	40,88	2,64	7,34	0	mesma origem	15,21	3,72	21,98	31,65%	15,02	38,34%
54	36,98	40,58	1,77	7,64	2,54	distal	7,14	4,23	20,13	37,43%	16,23	43,89%
55	35,77	40,91	1,86	7,56	3,28	antero-distal	9,45	9,98	12,72	44,69%	16,83	47,05%
56	35,98	40,61	2,66	6,77	3,31	antero-proximal	16,77	7,87	23,45	48,71%	16,76	46,58%
57	40,36	42,55	1,78	6,97	4,12	antero-distal	10,11	8,32	20,93	40,21%	20,37	50,47%

continua

continuação

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fíbula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
59	40,21	42,98	2,54	6,54	4,55	antero-distal	10,63	4,21	14,58	47,64%	22,65	56,33%
60	40,81	42,5	1,88	6,57	4,72	antero-distal	10,72	3,99	21,92	39,96%	22,93	56,19%
61	41,11	43,86	1,77	9,93	0	mesma origem	14,92	2,97	20,38	40,06%	21,4	52,06%
62	41,34	43,91	1,65	5,31	3,76	antero-distal	10,13	3,54	26,44	40,41%	20,44	49,44%
63	41,13	44,62	2,67	6,92	4,87	antero-distal	10,15	4,19	21,43	19,17%	19,99	48,60%
64	43,77	44,56	1,97	5,65	5,32	antero-distal	9,88	3,91	26,83	47,76%	13,9	31,76%
65	42,66	44,97	2,67	8,12	5,02	antero-distal	8,79	5,82	17,83	28,57%	16,51	38,70%
66	35,67	40,15	2,68	9,91	5,88	distal	6,77	4,37	19,92	28,54%	14,43	40,45%
67	38,9	42,44	2,79	9,23	5,91	antero-distal	9,73	3,29	22,15	40,22%	14,17	36,43%
68	39,24	43,67	1,82	6,72	4,02	antero-distal	9,78	3,48	28,67	46,21%	17,31	44,11%
69	40,22	43,9	1,75	10,13	5,01	antero-proximal	17,23	3,65	20,33	40,46%	20,13	50,05%
70	37,77	40,72	3,55	5,99	6,01	antero-distal	10,34	4,01	24,65	42,37%	11,92	31,56%
71	36,76	40,56	1,93	6,15	3,15	antero-distal	9,87	3,63	15,87	41,29%	17,5	47,61%

continua

continuação

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fibula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
72	38,4	41,33	2,87	6,78	5,09	distal	6,88	4,43	20,02	39,46%	15,13	39,40%
73	41,12	42,03	1,99	6,32	4,12	antero-distal	9,23	5,58	21,39	40,93%	16,63	40,44%
74	42,87	44,05	2,67	10,27	5,23	antero-distal	9,71	7,23	28,73	48,56%	19,78	46,14%
75	37,73	41,31	1,87	6,78	3,92	antero-distal	9,88	7,49	23,45	44,93%	18,72	49,62%
76	36,8	40,53	2,59	8,88	6,16	distal	7,11	7,81	22,54	45,12%	18,41	50,03%
77	35,85	38,88	1,87	6,33	5,12	antero-distal	10,34	7,03	22,65	38,87%	18,92	52,78%
78	40,1	43,73	1,86	5,49	1,2	anterior	14,15	7,5	19,92	39,45%	17,1	42,64%
79	41,64	44,42	1,88	6,45	0,23	antero-distal	10,44	8,23	18,74	37,07%	19,54	46,93%
80	35,78	39,88	1,89	7,71	1,99	antero-distal	10,13	8,01	16,72	44,57%	17,42	48,69%
81	37,77	40,02	2,87	5,56	1,54	antero-distal	9,98	5,92	17,77	30,95%	16,29	43,13%
82	38,15	41,36	2,02	8,72	3,71	antero-distal	10,34	7,23	29,83	40,08%	16,28	42,67%
83	39,42	42,77	2,15	6,66	3,82	antero-distal	10,98	3,1	21,67	48,81%	19,47	49,39%
84	40,11	43,11	1,87	7,42	0	mesma origem	12,54	3,14	23,47	50,06%	16,4	40,89%
85	41,37	44,31	2,32	7,13	3,91	antero-distal	9,73	5,84	12,72	18,27%	18,88	45,64%

continua

continuação

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fíbula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
86	35,13	38,75	1,55	6,77	5,35	antero-distal	9,11	4,9	18,34	42,22%	18,27	52,01%
87	36,32	39,77	1,96	9,98	2,19	antero-distal	9,15	4,28	19,04	39,96%	17,73	48,82%
88	34,21	37,72	1,49	6,42	2,31	anterior	16,23	5,13	20,24	36,69%	19,37	56,62%
89	40,99	43,53	1,32	7,88	3,07	antero-distal	10,39	5,93	23,87	40,02%	20,03	48,87%
90	40,27	43,9	1,96	8,14	1,34	antero-distal	10,21	6,02	31,02	41,14%	21,67	53,81%
91	35,24	38,39	1,84	7,88	3,81	distal	6,77	6,39	18,76	37,82%	18,63	52,87%
92	33,7	37,5	2,06	6,72	3,13	antero-distal	9,77	6,74	16,45	39,14%	18,6	55,19%
93	34,77	37,18	2,04	6,88	3,18	antero-distal	11,02	4,81	20,34	41,73%	19,3	55,51%
94	38,01	41,14	2,32	7,15	1,34	antero-distal	10,87	3,02	15,43	41,45%	14,45	38,02%
95	36,88	37,03	2,43	6,99	0	mesma origem	14,76	9,84	17,76	40,32%	16,38	44,41%
96	35,19	39,15	2,21	7,01	1,21	antero-distal	11,03	8,02	18,11	35,11%	16,9	48,03%
97	40,22	43,44	2,11	7,33	0,98	antero-distal	10,34	7,63	18,76	35,98%	16,46	40,92%
98	41,37	43,81	2,03	7,66	2,97	antero-distal	9,67	6,69	21,09	37,06%	19,32	46,70%
99	40,93	43,52	1,76	8,15	5,04	antero-proximal	17,84	5,91	20,23	43,47%	21,01	51,33%

continua

continuação

Joelho	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão 90 graus (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Distância em relação ao LCL (mm)	Posição em relação ao LCL	Distância em relação ao tendão poplíteo (mm)	Distância da cartilagem tibial lateral (mm)	Distância da inserção meniscal em relação ao tendão poplíteo	Distância da inserção tibial no trajeto entre a cabeça da fíbula e o Gerdy (%)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (mm)	Ponto de bifurcação em relação a origem femoral (%)
100	40,21	43,91	1,83	8,18	2,98	antero-distal	9,76	3,21	24,74	43,88%	20,74	51,58%
101	36,84	39,03	1,57	7,87	3,12	antero-distal	9,15	4,77	17,34	40,10%	19,52	52,99%
102	37,84	40,27	1,63	7,32	3,34	antero-distal	8,76	6,76	12,31	41,32%	18,8	49,68%
103	36,12	39,88	1,42	7,81	3,01	antero-distal	9,5	7,12	13,98	44,26%	19,19	53,13%
104	41,44	44,17	1,91	8,19	2,91	antero-distal	9,01	9,02	18,23	41,64%	26,47	63,88%
105	40,27	44,13	2,09	9,81	1,01	distal	6,98	10,92	20,09	40,03%	12,21	30,32%
Média	37,88	40,94	1,87	7,32	3,68		10,32	5,51	20,09	39,99%	19,22	50,95%
Desvio padrão	3,43	3,38	0,55	1,22	1,6		2,78	1,87	3,85	6,86%	2,99	7,39%

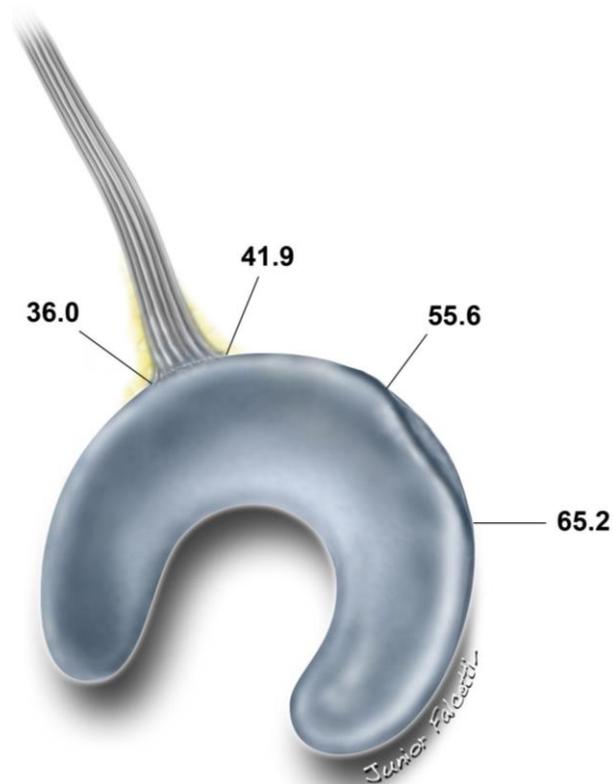
conclusão

## 4.2 Inserção meniscal

A análise específica de inserção meniscal foi realizada em 33 espécimes. Um espécime foi excluído dessa análise por apresentar características anatômicas de um menisco discoide incompleto.

A inserção macroscópica da porção meniscal se deu entre o corno anterior e o corpo do menisco lateral, precisamente começando a 36,0% da circunferência externa do menisco, considerando o início na raiz meniscal anterior, e terminando em 41,9% dessas superfícies, ocupando um espaço médio de 5,6mm da superfície meniscal externa.

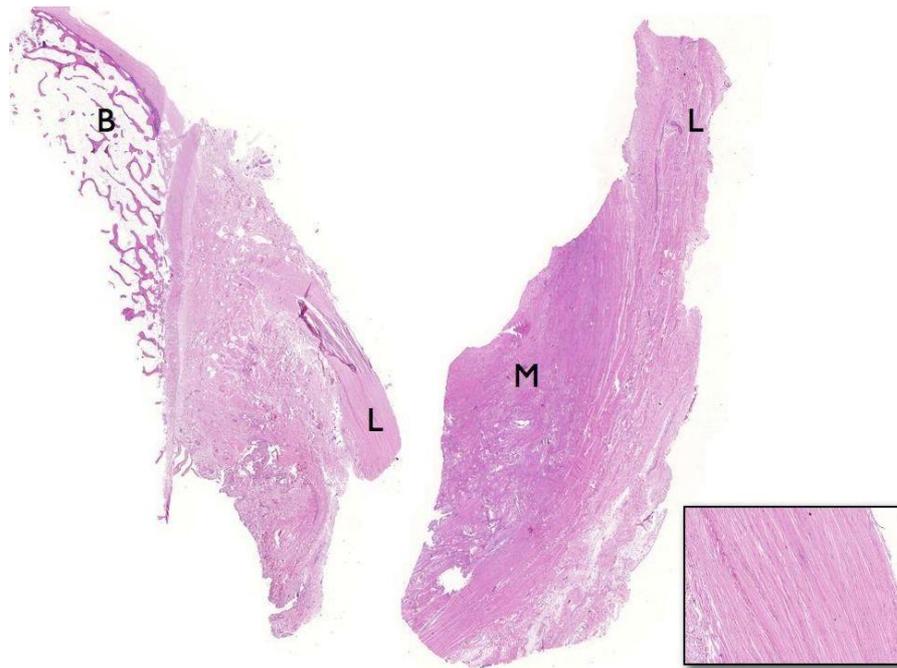
O sulco do tendão do músculo poplíteo ocupou um espaço médio de 9,2mm, começando a 55,6% e terminando em 65,2%. A distância entre a porção mais anterior do sulco do tendão poplíteo e a mais posterior do LAL foi de 12,9mm (**Figura 12**).



**Figura 12** – Desenho esquemático mostrando a inserção meniscal do ligamento anterolateral do joelho e sulco do tendão do músculo poplíteo em relação à superfície externa do menisco lateral

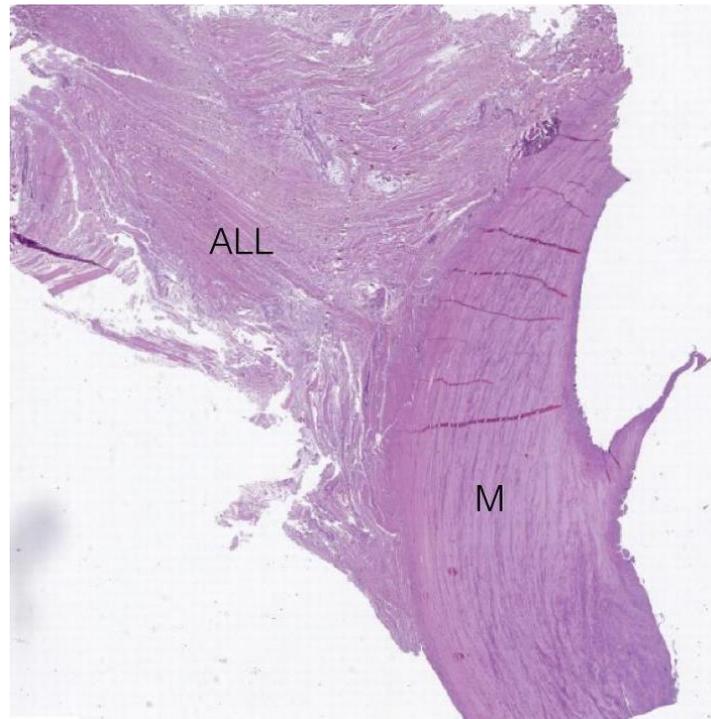
### 4.3 Análise histológica

A análise histológica foi realizada em 20 espécimes. No trajeto da estrutura analisada foi encontrado tecido conectivo denso com fibras bem organizadas e com pouco material celular, com características de uma estrutura ligamentar. A imuno-histoquímica mostrou predomínio de colágeno do tipo 1 (**Figura 13**).



**Figura 13** – Análise histológica do ligamento anterolateral do joelho mostrando com detalhes a origem femoral do ligamento (L) saindo do epicôndilo lateral (B) e sua inserção na periferia do menisco lateral (M). Nos detalhes, observa-se tecido conectivo denso e bem organizado representando a porção central do ligamento

A análise específica da inserção meniscal mostrou as mesmas características citadas acima e adicionalmente foi possível visualizar que, imediatamente antes do contato com o menisco lateral, o LAL se alarga para ocupar um maior espaço quando chega na superfície meniscal externa (**Figura 14**).



**Figura 14** – Imagem histológica mostrando o ligamento anterolateral (ALL) e sua inserção na periferia do menisco lateral (M). É possível observar um espraçamento das fibras logo antes do contato com o menisco

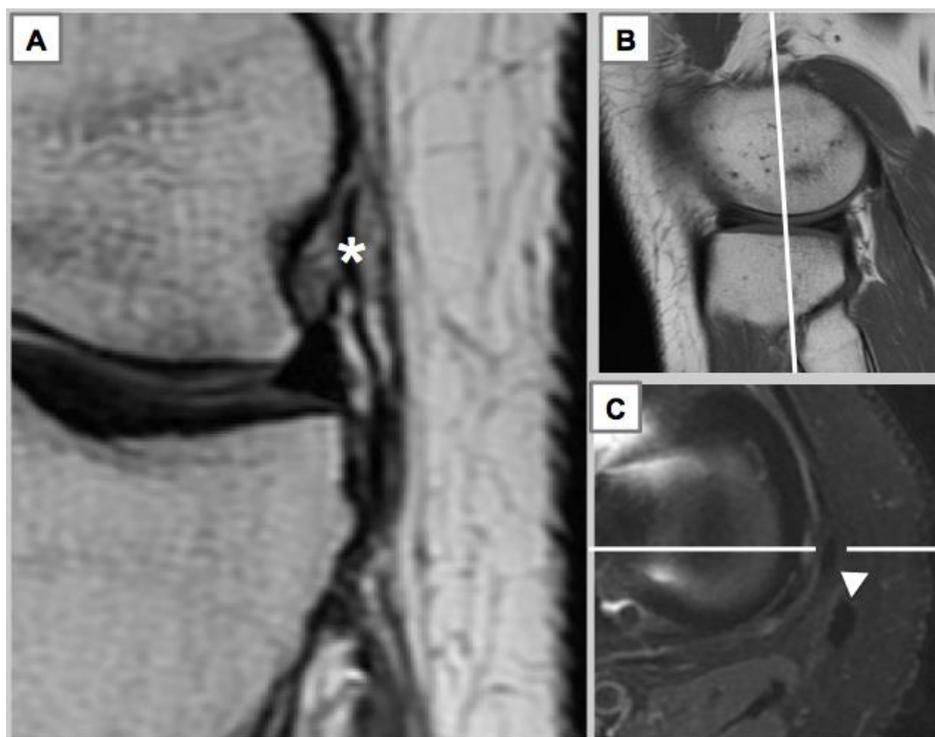
#### 4.4 Análise de ressonância magnética em indivíduos vivos

Das 42 RM realizadas, 3 foram excluídos por apresentarem lesão ou anormalidades do LCA. Das 39 restantes, pelo menos uma porção do LAL foi visualizada em 38 joelhos (97,8%). A porção meniscal foi a mais comumente visualizada (94,8%), seguida pela femoral (89,7%) e tibial (79,4%). O LAL foi visualizado por inteiro em 28 (71,1%) dos casos (**Tabela 4**).

**Tabela 4 -** Números absolutos e porcentagens de visualização de cada parte do ligamento anterolateral nas sequências de ressonância magnética em T1, T2 e PD (densidade de prótons)

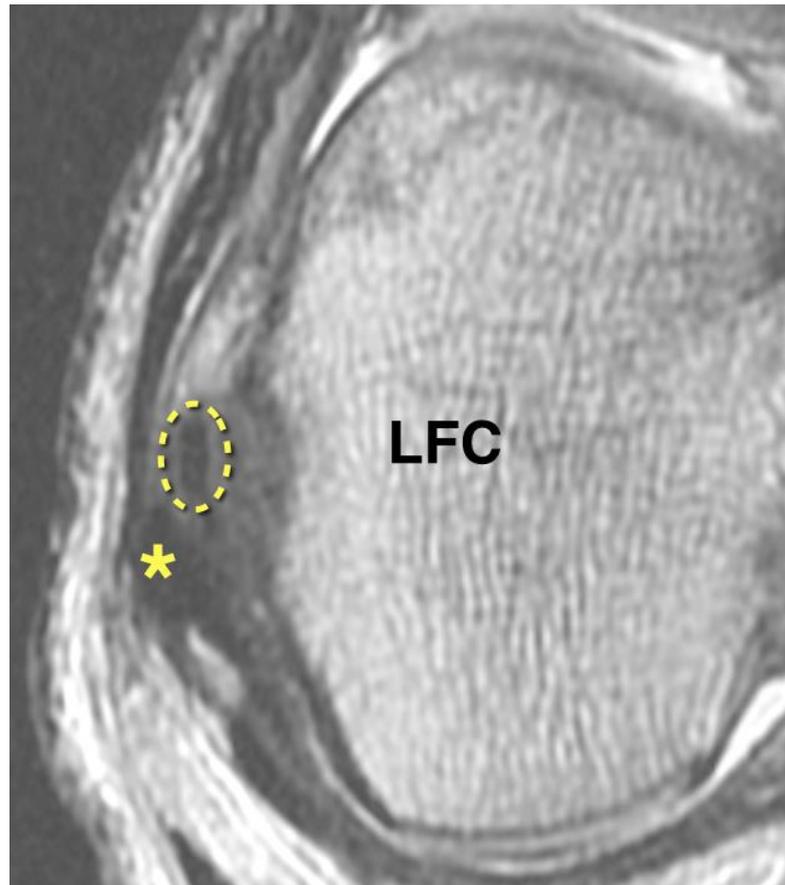
Parte do LAL visualizada	T1		T2		PD	
	n	%	n	%	n	%
Femoral	11	28,2	27	69,2	35	89,7
Meniscal	16	41	31	79,4	37	94,8
Tibial	11	28,2	25	64,1	31	79,4
Todas as partes	8	20,5	18	46,1	28	71,7
Qualquer parte	18	46,1	34	87,1	38	97,4

O ligamento anterolateral (LAL) foi caracterizado com maior clareza no plano coronal como uma estrutura delgada e linear, com espessura variando de 1 a 3 mm, estando circundado por tecido adiposo ou líquido sinovial. Embora tenha sido possível observar, em alguns casos, no plano axial uma pequena estrutura oval na face lateral do joelho, situada entre a banda iliotibial e o ligamento colateral lateral, correspondendo à topografia anatômica do LAL, as sequências axial e sagitais foram de maior utilidade para localizar parâmetros anatômicos usados como referência para identificar o ligamento no plano coronal (**Figura 15**).



**Figura 15** – Ressonância magnética na sequência em densidade de prótons (A) mostrando com clareza o ligamento anterolateral do joelho (asterisco). Sequência sagital em T1 (B) e axial e em T2 com saturação de gordura (C), com linhas mostrando a localização na qual o ligamento consegue ser visualizado. É possível identificar o ligamento no plano axial como uma estrutura fina de baixo sinal anterior ao ligamento colateral lateral

A origem do LAL na face externa do côndilo femoral lateral se localiza imediatamente anterior ao ligamento colateral lateral (LCL), sendo difícil determinar com exatidão o ponto da sua origem por efeitos de volume parcial com o LCL, isto é, dentro de um mesmo corte de RM de espessura de 3 a 4mm, pode estar presente a origem do LAL e do LCL (**Figura 16**).



**Figura 16** – Corte axial de uma ressonância magnética em sequência de densidade de prótons de um joelho direito mostrando o ligamento anterolateral (linha pontilhada) localizado anteriormente ao ligamento colateral lateral (asterisco) no nível do côndilo femoral lateral (LFC)

O LAL apresenta trajeto anteroinferior, superficial à origem e ao sulco do tendão poplíteo. Acima da artéria genicular inferior lateral, distando  $3,0 \pm 1,2$  mm do plano da margem superior do corpo do menisco lateral, observa-se a sua bifurcação (**Figura 17**).



**Figura 17** – Imagem de ressonância magnética em corte coronal com sequência em densidade de prótons mostrando a artéria genicular inferior (cabeça de seta) lateral abaixo da bifurcação do ligamento anterolateral (seta)

A partir do ponto de bifurcação, o ligamento se divide em duas porções denominadas meniscal e tibial, de acordo com as suas inserções. A porção meniscal tem inserção no terço anterior do corpo do menisco lateral, por vezes caracterizada em mais de um corte consecutivo.

O segmento tibial do LAL apresenta trajeto mais vertical que o segmento meniscal, inserindo-se  $7,0 \pm 1,0$  mm inferiormente ao plano do platô tibial lateral e posteriormente à inserção do trato iliotibial. A proximidade com o trato iliotibial é um fator limitante na individualização desse segmento por efeitos de volume parcial.

De acordo com a análise estatística, a concordância entre os avaliadores obtida pelo teste Kappa variou de 0,843 a 1,000 (**Tabela 5**).

**Tabela 5** - Correlação entre os avaliadores na visualização de cada porção do ligamento anterolateral nas sequências em T1, T2 e densidade de prótons (PD) em exames de ressonância magnética

Sequência	Parte	Kappa (IC95%)
T1	Femoral	0,866
	Meniscal	0,896
	Tibial	0,880
T2	Femoral	0,880
	Meniscal	0,843
	Tibial	0,885
PD	Femoral	0,875
	Meniscal	1,000
	Tibial	0,918

As sequências em T1 apresentaram uma frequência de visibilidade do ligamento estatisticamente inferior às sequências em T2 e DP para todas as porções avaliadas. Em relação à avaliação entre T2 e DP, apesar da frequência de visualização em DP ter sido maior nas três porções do ligamento, apenas a porção femoral apresentou valores estatisticamente significativos (Tabela 6).

**Tabela 6** - Análise estatística comparando a capacidade de visualização de cada porção do ligamento anterolateral nas sequências ponderadas em T1, T2 e densidade de prótons (DP) em exames de ressonância magnética. O \* representa a sequência com melhor capacidade de visualização do LAL

Parte	p		
	T1 VS T2*	T1 VS PD*	T2 VS PD*
Femoral	<0,001	<0,001	0,039
Meniscal	<0,001	<0,001	0,07
Tibial	0,001	<0,001	0,065

#### 4.5 Análise das RM de espécimes cadavéricos e correlação anatomorradiológica

O LAL foi observado com clareza nas 13 peças analisadas. As medidas encontradas na RM e a comparação com espécimes anatômicos estão reportados na **Tabela 7**.

**Tabela 7 -** Média e desvio padrão correspondentes às medidas do ligamento anterolateral realizadas em espécimes anatômicos e nas imagens de ressonância magnética e coeficiente de correlação de Spearman para as variáveis investigadas

	Método	Média	DP	$\rho$	p
Distância da origem do LAL ao LCL (mm)	Anatomia	3,77	1,481	0,932	<0,001
	RM	3,92	1,935		
Distância da origem do LAL ao ponto de bifurcação (mm)	Anatomia	18,46	3,406	0,939	<0,001
	RM	17,92	2,691		
Distância da inserção do LAL ao planalto lateral (mm)	Anatomia	5,38	1,446	0,877	<0,001
	RM	5,46	1,266		
Comprimento (mm)	Anatomia	36,62	4,053	0,943	<0,001
	RM	36,15	3,76		
Espessura (mm)	Anatomia	2,23	0,439	0,507	0,077
	RM	1,54	0,519		
Largura (mm)	Anatomia	6,08	1,038	0,875	<0,001
	RM	5,23	0,725		

LAL – ligamento anterolateral; LCL – ligamento colateral lateral; DP – Desvio padrão;  $\rho$  – coeficiente de correlação de Spearman

Nessa análise, o LAL apresentou características anatômicas e de trajeto semelhantes às observadas em indivíduos vivos.

A correlação intra e interobservador para as medidas encontradas nas RM variou de 0,77 a 0,93 e de 0,85 para 0,90, respectivamente.

Em relação à correlação entre os achados anatômicos e de RM, o coeficiente de correlação variou de 0 a 1 para todas as variáveis estudadas, confirmando que as medidas apresentaram tendência de aumentar ou diminuir em conjunto. Todas as medidas apresentaram correlação estatística, exceto a espessura do LAL ( $p=0,077$ ), que também apresentou o menor coeficiente de correlação ( $r=0,507$ ).

#### **4. 6 Dissecção complementar**

O LAL foi identificado em todos os joelhos dissecados. A porção superficial do LAL foi encontrada em 12 joelhos e a porção profunda em 13 joelhos. Em um dos casos dissecados não foi visualizada estrutura com origem posterior e proximal ao epicôndilo e o LAL encontrado se localizava imediatamente superficial à cápsula, de modo que consideramos que somente a porção profunda estava presente.

##### **4.6.1 Achados do folheto superficial**

A estrutura denominada LAL superficial apresentou origem posterior e proximal ao centro do epicôndilo lateral em todos os casos, cruzando o epicôndilo e a origem do LCL em direção à tíbia. Sua inserção na tíbia se deu

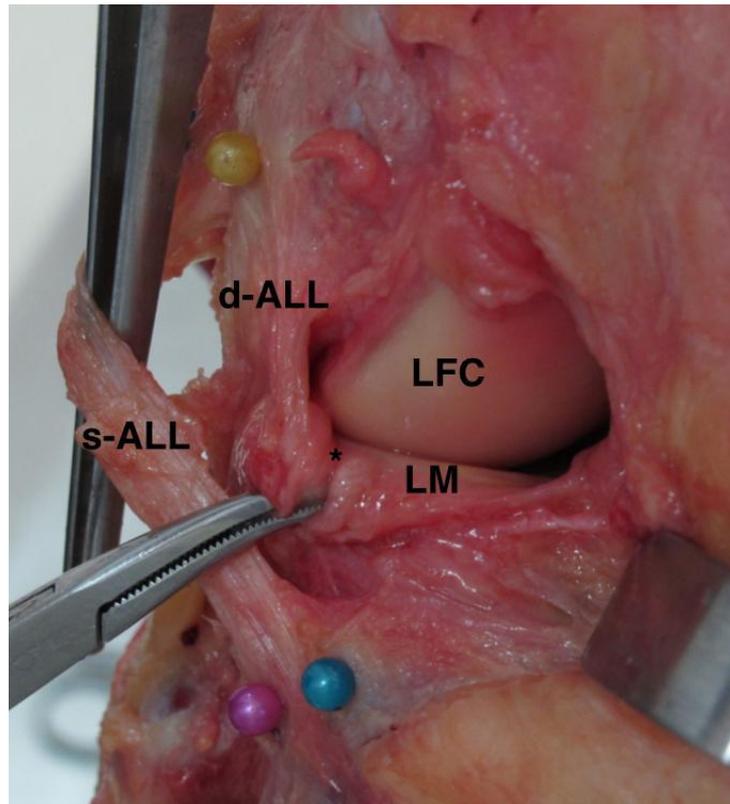
entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula, sendo, em média, sua porção mais anterior e posterior distantes 10,96mm e 16,82mm do centro do tubérculo de Gerdy, respectivamente (**Tabela 8**). As medidas médias de comprimento dessa estrutura foram 53,3mm para sua porção mais anterior e 53,04mm para sua porção mais posterior em extensão. A porção anterior se manteve com comprimento semelhante após a flexão de 90 graus do joelho ( $p=0,19$ ), enquanto a porção posterior apresentou diminuição de seu comprimento ( $p<0,001$ ). Visualmente essa estrutura se apresentava tensa com a extensão do joelho e frouxa com a flexão do joelho. Não foi observada qualquer relação dessa estrutura com o menisco lateral, e apenas finas traves de tecido conjuntivo frouxo estavam presentes entre o LAL superficial e o profundo, mais frequentes próximo à interlinha articular, sendo ambos claramente caracterizados como estruturas distintas.

**Tabela 8 -** Características anatômicas dos folhetos superficial e profundo do ligamento anterolateral do joelho

	Presença nas disseções	Localização em relação ao epicôndilo lateral	Comprimento em extensão (mm)	Comprimento em flexão (mm)	Comportamento na flexoextensão	Presença de inserção meniscal	Distância do tubérculo de Gerdy (mm)
LAL superficial	92,30%	100% posterior e proximal				Ausente	
Porção anterior			53,3 +/- 7,1	53,98 +/- 6,3	Constante		10,96 +/- 2,9
Porção posterior			53,04 +/- 10,3	50,09 +/- 10,3	Diminui de comprimento com a flexão do joelho		16,82 +/- 4,2
LAL profundo	100%	61,5% no centro, 30,7% ligeiramente posterior e proximal, 7,6% ligeiramente distal				Presente	
Porção anterior			33,52 +/- 3,4	36,7 +/- 2,8	Aumenta de comprimento com a flexão do joelho		16,42 +/- 5,09
Porção posterior			37,71 +/- 4,8	38,07 +/- 5,4	Constante		20,84 +/- 5,46

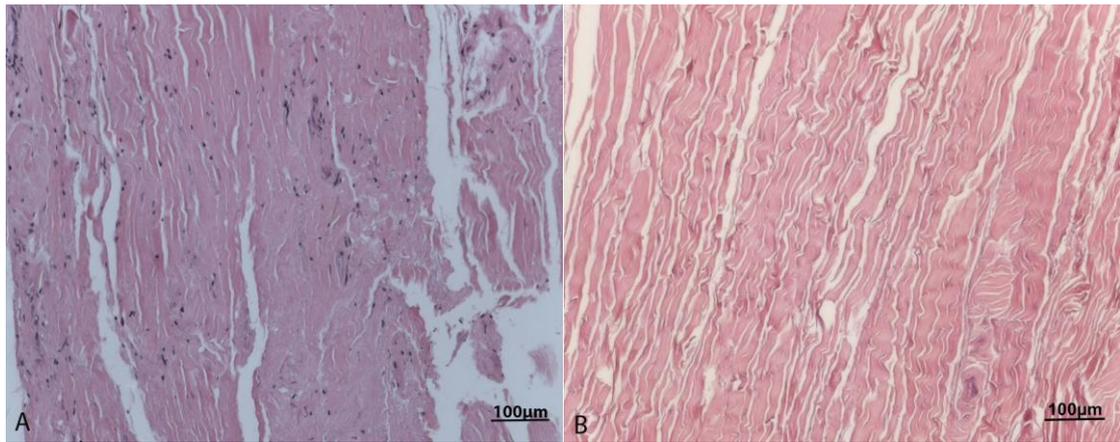
#### 4.6.2 Achados do folheto profundo

A origem da estrutura profunda foi localizada no centro do epicôndilo lateral na maior parte dos casos (8 vezes). Observamos somente um caso em que o centro dessa estrutura se encontrou ligeiramente distal ao centro do epicôndilo lateral. Em 4 casos essa estrutura profunda se encontrou minimamente posterior e proximal ao centro do epicôndilo. Sua inserção distal foi encontrada posteriormente ao tubérculo de Gerdy, mais posterior que a inserção do LAL superficial, sendo as medidas médias encontradas de 16,42mm e 20,84mm para as porções anterior e posterior, respectivamente. As medidas médias de comprimento encontradas foram 33,52mm para a porção mais anterior e 37,71mm para a porção mais posterior, em extensão. Com a flexão do joelho, a porção mais anterior aumentou de comprimento ( $p < 0,001$ ) enquanto a porção mais posterior se manteve com comprimento semelhante ( $p = 0,72$ ). Visualmente essa estrutura mais profunda parece ficar ligeiramente mais tensa com a flexão do joelho, embora as alterações sejam sutis. Antes de se inserir na tíbia, o LAL profundo se inseriu no menisco lateral em todos os casos, entre o corpo e o corno anterior (**Figura 18**).



**Figura 18 –** Visão frontal de uma dissecção anatômica de um joelho direito mostrando o ligamento anterolateral superficial (s-ALL) superficial ao ligamento anterolateral profundo (d-ALL). O folheto profundo claramente se insere (asterisco) na superfície externa do menisco lateral (LM). LFC – Côndilo femoral lateral

Os cortes histológicos do ligamento, tanto em sua porção superficial quanto em sua porção profunda demonstraram tecido colágeno denso e bem organizado (**Figura 19**). A contagem de fibroblastos por  $\text{mm}^2$  nas duas porções também foi similar: 301 fibroblastos/ $\text{mm}^2$  na porção superficial e 245 fibroblastos/ $\text{mm}^2$  na porção profunda.



**Figura 19** – Cortes histológicos dos folhetos superficial (A) e profundo (B) do ligamento anterolateral do joelho mostrando tecido conectivo denso e bem organizado no corpo do ligamento

## 5 DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo é a clara identificação anatômica, histológica e por exame de ressonância magnética do Ligamento Anterolateral do joelho. Essa identificação é significativa pela possibilidade de padronização de técnicas para dissecação e avaliação do LAL, que podem proporcionar o desenvolvimento de inúmeros protocolos de estudo de maneira similar, facilitando a coleta de resultados e as futuras comparações entre diferentes grupos de pesquisa.

A presença de estruturas extra-articulares e sua função na estabilização anterolateral do joelho não é recente. Diversos autores em diversas épocas do século XX estudaram esse tema com estudos anatômicos, biomecânicos e radiológicos<sup>12,17,18,20-22,57</sup>. Porém, com o advento da artroscopia, que possibilitou reconstruções menos invasivas e mais cosméticas e devido aos resultados não tão satisfatórios das reconstruções extra-articulares isoladas, esse complexo ligamentar do joelho teve sua importância minimizada<sup>97-99</sup>.

As reconstruções intra-articulares isoladas com banda única nem sempre conseguiam resolver toda a instabilidade causada pelas lesões do Ligamento Cruzado Anterior, principalmente as instabilidades rotacionais, de modo que uma tendência à reconstrução das duas bandas do LCA se iniciou no início do século XX, principalmente após estudo em cadáveres que mostrou a presença de duas bandas distintas desde o desenvolvimento fetal<sup>4,8,100-104</sup>.

Porém, mesmo após a reconstrução com dupla banda, teoricamente mimetizando a anatomia do LCA, alguns pacientes ainda persistiam com uma instabilidade rotacional residual, demonstrada pelo teste clínico do pivot-shift, que apresenta a maior correlação com resultado funcional após as reconstruções do LCA<sup>4,8,9,45,48,99</sup>. Além de não trazer um resultado funcional melhor que as reconstruções com banda simples, apesar de ainda haver

alguma controvérsia na literatura, as reconstruções com dupla banda apresentaram um aumento nos custos devido a uma maior utilização de materiais de fixação<sup>105,106</sup>.

Essa situação voltou atenções novamente para o compartimento extra-articular do joelho. Apesar da pequena quantidade de artigos científicos advinda dos Estados Unidos a favor das reconstruções extra-articulares, alguns países europeus como Itália e França sempre mantiveram esse tipo de reconstrução como prática rotineira, o que possibilitou a esses serviços experiência e resultados clínicos de longo prazo<sup>46,97,99</sup>.

Em um estudo anatômico, **Vincent et al.**<sup>24</sup> foram os primeiros a estudar com detalhes especificamente o LAL. Apesar de algumas descrições prévias com diversas nomenclaturas e da nomeação de LAL por **Vieira et al.**<sup>59</sup> ter sido realizada em 2007, nenhum autor até então tinha estudado especificamente essa estrutura, que ganhou grande notoriedade com o estudo de **Claes et al.**<sup>11</sup> em 2013, sendo seguido por outros diversos autores nos anos que se seguiram.

A importância do estudo anatômico, histológico e por imagem dessa estrutura possibilitou o advento de estudos biomecânicos detalhados de força, resistência, isometricidade e função da mesma, bem como de estudos que buscaram aumentar a acurácia de seu diagnóstico por imagem, além do desenvolvimento de parâmetros e técnicas de reconstrução, que possibilitaram resultados clínicos possíveis de serem comparados a outras vertentes técnicas da literatura<sup>16,26,32,37-39,48,51,63,64,67,70,75,78,82,93,107</sup>.

Este estudo consiste, até o momento, no maior estudo anatômico descrito do LAL em número de espécimes dissecados que temos conhecimento. De acordo com os resultados encontrados em um número expressivo de disseções e nos estudos histológicos realizados, é clara a existência de uma estrutura ligamentar com origem femoral e inserção tibial na região anterolateral do joelho, embora sua função ainda possa ser discutida e sua

eventual reconstrução ainda não tenha resultados de longo prazo estabelecidos.

Alguma controvérsia ainda existe em relação a seus parâmetros anatômicos. A principal divergência reside no seu ponto de origem femoral. Em nosso estudo, encontramos o LAL próximo do LCL, porém com diversas variações anatômicas. A variante mais frequentemente encontrada se localizou anterodistalmente ao LCL. Considerando o estudo de **LaPrade et al.**<sup>60</sup> que mostrou que o LCL se encontra posteriormente e proximalmente ao centro do epicôndilo lateral, a variável mais frequente encontrada do LAL se localizou muito próxima do centro do epicôndilo. Esse ponto é semelhante aos descritos por **Claes et al.**<sup>11</sup> e **Zens et al.**<sup>75</sup>, porém diferente do encontrado por autores como **Dodds et al.**<sup>25</sup> e **Kennedy et al.**<sup>26</sup>, que encontraram a origem do LAL posterior e proximal ao centro do epicôndilo lateral. **Caterine et al.**<sup>34</sup> e **Dagget et al.**<sup>79</sup> encontraram algumas variações do ponto de origem do LAL, com variações do centro do epicôndilo até a região posterior e proximal ao epicôndilo lateral. Acreditamos que a variabilidade das técnicas de dissecação e o uso de espécimes embalsamados que por si só dificultam as dissecações, podem levar a discrepâncias no ponto correto de origem dessa estrutura.

Em relação à variabilidade de técnicas de dissecação utilizadas, as dificuldades de concordância entre estudos anatômicos do LAL provavelmente acontecem por que uma dissecação de proximal para distal, buscando isolar inicialmente a origem do LCL para encontrar a origem do LAL, poderia danificar os tecidos mais superficiais que passam sobre a origem do LCL, desse modo removendo parte da estrutura do LAL. Já nas dissecações se iniciando de distal para proximal, muitas vezes não se visualiza os tecidos mais profundos por que existe uma tendência a se preservar todas as partes moles que cobrem o LCL, de modo que é possível que não se visualize parte do LAL corretamente. Em nossas dissecações complementares, planejadas após o estudo dessas controvérsias, procuramos esclarecer essas dúvidas e o porquê dos resultados conflitantes da literatura, obtendo a visualização de duas estruturas no complexo ligamentar lateral do joelho. A estrutura dissecada e estudada com

detalhes nesta tese é a estrutura ligamentar que nomeamos na dissecação complementar como LAL profundo, mas que foi referida apenas como LAL.

A localização correta do ponto femoral tem importância biomecânica significativa em relação ao comportamento do LAL. De acordo com estudos realizados, pequenas variações no posicionamento dessa estrutura na região condilar lateral têm grande influência no tensionamento e relaxamento do LAL durante a flexoextensão. Um posicionamento mais anterior e distal ao epicôndilo tende a tensionar essa estrutura em flexão, enquanto um posicionamento mais proximal tende a tensionar em extensão. De acordo com estudo realizado por **Kittl et al.**<sup>49</sup>, a posição tibial não apresenta grande influência no comportamento do LAL, o que justifica as inúmeras discussões na literatura em relação ao seu ponto femoral de origem.

Apesar de alguns autores não considerarem o contato com o menisco lateral, uma conexão foi encontrada na transição entre o corno anterior e o corpo meniscal<sup>25</sup>. **Caterine et al.**<sup>34</sup> sugeriram que a movimentação do LAL geraria também movimentação do menisco, o que poderia implicar nas lesões do menisco lateral associadas às lesões do LAL. Dessa forma, nas lesões agudas do LCA, o LAL poderia ser o responsável por essa lesão do menisco lateral. Um espriamento das fibras meniscais foi visualizado na análise histológica, logo antes do contato com o menisco, o que possivelmente aumenta a força de contato entre essas duas estruturas. Extrapolando essa inserção para comparação com outras estruturas de origem óssea e inserção meniscal, como os ligamentos meniscafemorais, a porção meniscal do LAL poderia ter alguma função complementar ao LCA assim como os meniscafemorais têm em relação ao LCP<sup>108</sup>. Estudos biomecânicos devem ser realizados para comprovar essa associação. Devido à logística diferente do estudo da inserção meniscal, que foi feita com protocolo de dissecação que envolvia desinserção do menisco do planalto lateral, julgamos que após o estudo de 33 casos já tínhamos resultados consistentes e embasamento para as conclusões em relação a essa inserção.

A inserção tibial do LAL descrita é possivelmente o ponto onde ocorre a fratura descrita por **Segond**<sup>33</sup>. Esse autor foi o primeiro a descrever o LAL como uma banda fibrosa e perolada nessa região<sup>56</sup>. Estudos recentes comparando o local da fratura de Segond com o ponto de inserção do LAL, como o realizado por **Claes et al.**<sup>33</sup>, sugerem que o LAL é o causador dessa avulsão, embora alguma controvérsia ainda exista, principalmente em relação ao trato iliotibial que também pode ser responsável por essa avulsão de acordo com estudo de **De Maeseneer et al.**<sup>35</sup>. A descrição correta do ponto de inserção do LAL é importante por que muitos autores que preconizam a realização de reconstruções extra-articulares associadas à reconstrução do LCA fazem a fixação tibial dessas reconstruções no centro do tubérculo de Gerdy, o que não corresponde ao ponto anatômico correto do LAL<sup>46</sup>. Em relação ao ponto entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula, a inserção do LAL sempre fica mais próxima da cabeça da fíbula, de modo que uma eventual reconstrução anatômica deve ser realizada mais posteriormente, e não sobre o Gerdy.

Apesar de todas as características anatômicas descritas, o que confirma essa estrutura como um ligamento verdadeiro é a sua estrutura histológica. No início dos estudos anatômicos, chegou-se a sugerir que diversos autores teriam a capacidade de “fabricar” um ligamento nessa região com a dissecação da cápsula articular anterolateral do joelho, de modo que mesmo com as características constantes encontradas, o LAL poderia não ser um ligamento verdadeiro. Com o estudo histológico realizado mostrando a presença de tecido conectivo denso e bem organizado, com predomínio de colágeno tipo 1 e com características distintas da cápsula articular nessa região, confirma-se a presença de uma estrutura ligamentar.

Em relação à visualização por exames de RM, apesar da existência de diversas estruturas na região lateral do joelho como o LCL, tendão poplíteo, trato iliotibial e menisco lateral, é possível a visualização de pelo menos uma porção do LAL quase na totalidade dos casos. No entanto, a visualização completa do ligamento, que seria fundamental no estudo de eventuais lesões do mesmo, só é possível em torno de 70% dos casos estudados. Além disso,

em nosso estudo em indivíduos vivos, foi realizada sequência de densidade de prótons, que facilitou a visualização do LAL devido a sua maior acurácia em relação às sequências em T1 e T2 com saturação de gordura. Essa sequência, quando da necessidade de avaliação dessa estrutura, deve ser considerada nos protocolos. Alguns estudos recentes também focaram na capacidade de visualização do LAL em exames de RM, nem sempre utilizando os mesmos protocolos, o que pode dificultar sua comparação. Com exceção do estudo realizado por **Porrino et al.**<sup>38</sup> que visualizaram o LAL em todos os casos estudados com uso de RM de 3T, todos os outros estudos não conseguiram caracterizar o LAL em todo o seu trajeto em todos os indivíduos avaliados. **Taneja et al.**<sup>39</sup>, por exemplo, visualizaram o LAL completamente em apenas 11% dos casos, o que mostra que ainda há necessidade da criação de um melhor protocolo de RM para avaliação dessa estrutura.

Acreditamos que a experiência dos avaliadores em disseções anatômicas pode ter contribuído para uma maior capacidade de visualização do LAL nos exames de RM neste estudo, mas esse ainda não deve ser o único meio para uma melhor caracterização dessa estrutura. A caracterização do trajeto e melhores sequências de caracterização do LAL em exames de RM, com uso de eventuais sequências oblíquas, realizadas no eixo do ligamento, pode permitir uma melhor acurácia nos estudos em busca de lesões dessa estrutura. Poucos estudos na literatura se propuseram a avaliar a lesão do LAL. Um estudo realizado por **Claes et al.**<sup>32</sup> em lesões agudas, subagudas e crônicas de LCA encontrou anormalidades do LAL em quase 80% dos exames e outros realizados por **Van Dyck et al.**<sup>93</sup> e **Helito et al.**<sup>109</sup> somente em lesões agudas do LCA encontraram anormalidades em torno de 40%. Todos esses estudos encontraram dificuldades na caracterização do LAL em todos os casos por ainda não existir um protocolo bem definido para a caracterização do mesmo. Ainda que essa estrutura não seja parte das avaliações de rotina, a correlação entre os avaliadores nesse estudo foi considerada alta pelo teste kappa, demonstrando que sua caracterização é factível e pode fazer parte da rotina de avaliação das lesões ligamentares do joelho, principalmente nos casos relacionados com as lesões do LCA.

Apesar das inúmeras estruturas na região lateral do joelho, a correlação entre as medidas anatômicas e as obtidas na RM foi semelhante. Essa constatação é importante uma vez que, devido ao efeito de volume parcial, a estrutura avaliada por imagem poderia ser diferente da encontrada nas disseções, o que dificultaria a certeza da caracterização do LAL em exames de RM. Os resultados dessa correlação possibilitam uma avaliação com maior acurácia do LAL pela RM.

No estudo de RM em cadáveres foi possível a visualização total do LAL em todos os casos. Acreditamos que a realização de uma sequência volumétrica, além de cortes mais finos e sem espaçamento foram fundamentais para esses resultados. Apesar desse protocolo não ser utilizado na prática clínica de rotina (que consiste em espessura dos cortes de 2 a 3mm e espaçamento de 0,3 a 0,5mm entre os cortes) por aumentar o tempo de uso de aparelho para cada exame de ressonância, exames convencionais eventualmente poderiam não ser adequados para esse estudo devido à possibilidade de não visualização de parte do LAL. Nesse cenário experimental criado, foi constatado que é possível a visualização completa do LAL, com correlação anatômica consistente. Estudos de viabilidade e da eventual importância de visualização dessa estrutura em casos selecionados precisam ser realizados para verificar o custo benefício de sua aplicação.

A correlação entre os métodos foi, no entanto, fraca para a avaliação da espessura do LAL. Uma possível explicação para essa tendência pode ser a dificuldade de isolamento completo das partes moles e do tecido sinovial ao redor do LAL nas disseções anatômicas, com um consequente aumento de suas medidas de espessura. Esse resultado deve ser considerado no estudo do LAL com RM. Outra possível explicação é a dificuldade de isolamento das fronteiras do LAL em relação à cápsula articular devido a sua proximidade anatômica, o que pode ter contribuído para uma pior correlação. Mesmo sem correlação para espessura, devido ao tamanho dessa medida (1,87mm), é possível inferir que em números absolutos essa variação foi bem pequena.

Apesar de inúmeros grupos de pesquisa ao redor do mundo estarem estudando o LAL, alguma controvérsia ainda existe em relação a sua anatomia, como já foi discutido, e principalmente em relação a sua função. Estudos biomecânicos recentes vêm dando cada vez mais importância a essa estrutura, embora alguns autores continuem a negar sua importância. Como exemplos podemos citar os estudos realizados por **Parsons et al.**<sup>67</sup>, **Sonnery-Cottet et al.**<sup>16</sup>, **Nitri et al.**<sup>53</sup> e **Rasmussen et al.**<sup>52</sup> que demonstraram função importante do LAL na estabilidade anterolateral do joelho e os estudos realizados por **Kittl et al.**<sup>15</sup> e **Saiegh et al.**<sup>77</sup> que não foram capazes de encontrar função significativa do LAL. Uma das origens dessa controvérsia reside nos diferentes protocolos de dissecação anatômica e em algumas controvérsias em torno da anatomia do LAL. Baseado nessas controvérsias, realizamos um protocolo de dissecação complementar com objetivo de entender e explicar o porquê dessas grandes discrepâncias encontradas na literatura.

Os achados das disseções complementares que mostram duas estruturas anatômicas distintas com histologia semelhante aumenta a hipótese de que não existe somente um ligamento responsável pelo controle da estabilidade rotatória presente na região anterolateral do joelho, mas sim um complexo ligamentar anterolateral com função em todo o arco de movimento do joelho, tanto na flexão como na extensão<sup>16,67,74</sup>. Acreditamos, como já foi exposto, que diferentes protocolos de dissecação possam ter levado a essas diferenças. Disseções que avançam de proximal para distal possivelmente removem parte do tecido que cobre o LCL, não referindo importância para a estrutura que descrevemos como folheto superficial, enquanto que disseções de distal para proximal não encontram o folheto que descrevemos em detalhes nesta tese como profundo, por não avançarem abaixo do tecido que cobre a origem do LCL.

Como limitações deste estudo podemos citar a ausência de um estudo biomecânico provando a função do LAL na estabilidade do joelho, porém o mote desta pesquisa foi a avaliação anatômica, histológica e radiológica, de modo que pudemos criar as bases para os estudos que devem vir a seguir.

Outra limitação é a ausência de um protocolo definido de avaliação do LAL em exames de RM. Os resultados deste estudo servem como base para o estabelecimento desses protocolos, mas durante a confecção deste estudo, esses dados ainda não estavam disponíveis para aumentar a acurácia da avaliação. Apesar da inclusão da avaliação dessa estrutura nos protocolos clássicos de avaliação das estruturas ligamentares do joelho ser factível devido aos achados encontrados, a avaliação do LAL foi toda realizada baseada na experiência em radiologia musculoesquelética e cirurgia do joelho dos avaliadores e no acompanhamento de disseções anatômicas para o melhor entendimento dos parâmetros dessa estrutura. Além disso, como já mencionado, o protocolo de exames de RM em cadáveres utilizado para correlação anatomorradiológica não é o protocolo utilizado na prática clínica rotineira.

Outra limitação foi a introdução do protocolo complementar de disseção somente após o final das disseções iniciais. Os achados complementares não invalidam os dados das disseções iniciais, mas caso esse protocolo tivesse sido usado desde o início, com certeza maior quantidade de dados e informações a respeito do complexo ligamentar anterolateral do joelho poderiam ser obtidos.

O estudo anatômico e por RM do LAL é a primeira etapa de uma linha de pesquisa extensa sobre as instabilidades rotatórias anterolaterais do joelho e o papel do complexo anterolateral na sua gênese. Na sequência deste estudo, estudos biomecânicos, descrição de técnicas e estudos clínicos podem ser realizados com embasamento sólido da pesquisa básica já presente na literatura brasileira e internacional. Na sequência dessa linha pesquisa, diversos estudos já foram realizados em nosso Instituto (IOTHCFMUSP) com o objetivo de aprofundar o conhecimento dessas patologias complexas do joelho<sup>3,61,62,64, 65,71,72,85,88,89,92,107,109,110</sup>.

## 6 CONCLUSÃO

Baseado nos achados deste estudo, foi possível estabelecer as seguintes conclusões em relação ao Ligamento anterolateral do joelho:

- a) É uma estrutura ligamentar presente na região anterolateral do joelho.
- b) Apresenta origem próxima ao epicôndilo lateral e duas inserções, sendo uma no menisco lateral e outra na região anterolateral da tíbia, entre o tubérculo de Gerdy e a cabeça da fíbula.
- c) Apresenta característica histológica de um ligamento verdadeiro, com tecido conectivo denso e bem organizado.
- d) Sua caracterização em RM é possível, embora não em todos os casos, com melhor capacidade de visualização nas sequências em DP.
- e) A ótima correlação entre os achados de anatomia e exames de RM possibilita a extrapolação da avaliação da mesma entre os métodos.

## 7 ANEXOS

## Anexo A – Carta de aprovação da CAPPESQ para o projeto de pesquisa

**APROVAÇÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de **05/02/2014**, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **348/13** intitulado: **“CORRELAÇÃO ANATOMO-RADIOLOGICA DO LIGAMENTO ÂNTERO-LATERAL DO JOELHO”** apresentado pelo **Departamento de ORTOPEdia E TRAUMATOLOGIA**

**Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12).**

**Pesquisador (a) Responsável: José Ricardo Pécora**

**Pesquisador (a) Executante: Camilo Partezani Helito**

**CEP-FMUSP, 10 de Fevereiro de 2014.**

**Prof. Dr. Roger Chammas**  
**Coordenador**  
**Comitê de Ética em Pesquisa**

**Anexo B – Carta do SVO autorizando as dissecções****UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
SERVIÇO DE VERIFICAÇÃO DE ÓBITOS DA CAPITAL**

**Manifestação prévia a respeito dos aspectos técnicos relacionados  
à obtenção de material de estudo para pesquisa científica**

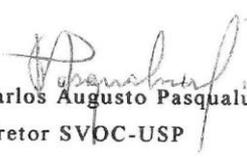
**Título da Pesquisa:** Correlação anátomo-radiológica do ligamento ântero-lateral do joelho.

**Pesquisador Responsável:** José Ricardo Pécora

**Pesquisador Executante:** Camilo Partezani Helito

Em relação aos aspectos técnicos relacionados à obtenção de material de estudo para pesquisa científica mencionada acima, informamos não haver impedimento do ponto de vista técnico e nem risco de mutilação.

São Paulo, 7 de agosto de 2013

  
Prof. Dr. Carlos Augusto Pasqualucci  
Diretor SVOC-USP

**Anexo C – Termo de consentimento dos pacientes que foram submetidos a exames de ressonância magnética**



HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - HCFMUSP



**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

1. NOME DO SUJEITO DA PESQUISA: \_\_\_\_\_  
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: \_\_\_\_\_  
SEXO: ( ) M ( ) F  
DATA NASCIMENTO: \_\_/\_\_/\_\_  
ENDEREÇO: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ APTO: \_\_\_\_\_  
BAIRRO: \_\_\_\_\_  
CIDADE: \_\_\_\_\_  
CEP: \_\_\_\_\_  
TELEFONE: DDD ( ) \_\_\_\_\_

2. NOME DO RESPONSÁVEL LEGAL: \_\_\_\_\_  
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.): \_\_\_\_\_  
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: \_\_\_\_\_  
SEXO: ( ) M ( ) F  
DATA NASCIMENTO: \_\_/\_\_/\_\_  
ENDEREÇO: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ APTO: \_\_\_\_\_  
BAIRRO: \_\_\_\_\_  
CIDADE: \_\_\_\_\_  
CEP: \_\_\_\_\_  
TELEFONE: DDD ( ) \_\_\_\_\_

**DADOS SOBRE A PESQUISA**

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Avaliação do ligamento anterolateral do joelho com exames de ressonância magnética – estudo em exames de rotina padrão em humanos.



HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - HCFMUSP



**2. PESQUISADOR:** Dr. Marco Kawamura Demange  
**CARGO/FUNÇÃO:** Docente da FMUSP - Chefe Grupo Joelho  
**INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº** 100.483  
**UNIDADE DO HCFMUSP:** IOT HC-FMUSP

**3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:**

( ) RISCO MÍNIMO                      ( ) RISCO MÉDIO  
(X) RISCO BAIXO                      ( ) RISCO MAIOR

**4. DURAÇÃO DA PESQUISA:** 7 meses

O Ligamento Anterolateral do joelho é uma estrutura ligamentar localizada na parte lateral do joelho que parece ter relação com as reconstruções do Ligamento Cruzado Anterior que não evoluem de maneira satisfatória. Devido ao Ligamento Cruzado Anterior ter uma incidência grande de lesões em nosso meio, a pesquisa sobre o Ligamento Anterolateral também se torna muito importante.

Alguns estudos de dissecação anatômica já conseguiram caracterizar com clareza esse ligamento, mas não existem ainda estudos que conseguem demonstrar a capacidade de visualização dessa estrutura em exames de Ressonância Magnética

Pretendemos realizar um exame de Ressonância Magnética no seu joelho a fim que tentamos criar um protocolo para identificação dessa estrutura.

Caso você não possua alguma contraindicação para realizar esse exame de Ressonância Magnética, situação que você não será submetido ao exame, esse procedimento não apresenta qualquer contraindicação ou prejuízo para sua saúde.

Você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas em qualquer etapa do estudo. O principal investigador é o Dr. Marco Kawamura Demange, que pode ser encontrado no endereço Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333, Telefone (11) 3069-6912.



HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - HCFMUSP



Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 3069-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 3069-6442 ramal 26 – E-mail: cappesq@hcnet.usp.br

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente; você tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas.

Não haverá despesas para você em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Compromisso do pesquisador de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Ao aceitar fazer parte desta pesquisa, o paciente (você) continuará recebendo a assistência médica do mesmo modo que já recebe e não terá vantagens em relação aos outros pacientes, do mesmo modo que se recusar entrar na pesquisa também não será prejudicado pela decisão.

Sempre que tiver qualquer dúvida em relação ao estudo, poderá a qualquer momento perguntar para um dos médicos de nossa equipe que esclarecerá as questões da melhor forma que puder.

Se por qualquer motivo você desistir de participar da pesquisa, deve avisar um dos médicos do grupo de joelho e sua decisão será respeitada. Ressaltamos ainda que se sua opção for desistir ou não aceitar entrar na pesquisa, não haverá qualquer tipo de problemas no seu acompanhamento, ou seja, continuará sendo tratada como qualquer outro paciente do nosso grupo, quer ele participe de uma pesquisa ou não.

Em nenhum momento usaremos seu nome, dados pessoais ou fotos que revelem sua identidade em trabalhos, publicações de revistas ou aulas e cursos de medicina.



HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - HCFMUSP



Qualquer outra dúvida, por favor procurar um dos médicos da equipe de joelho do HC, ou se não conseguir nos encontrar, uma de nossas assistentes sociais.

Garantia de acesso: em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr José Ricardo Pécora, que pode ser encontrado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP. TEL: 3069-6815, 3069-6818

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 3069-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 3069-6442 ramal 26 – E-mail: cappesq@hcnet.usp.br

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

Direito de confidencialidade – As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;

Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores;

Despesas e compensações: não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Compromisso do pesquisador de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo **“AVALIAÇÃO DO LIGAMENTO ANTEROLATERAL DO JOELHO COM EXAMES DE RESSONANCIA MAGNETICA – ESTUDO EM EXAMES DE ROTINA PADRAO EM HUMANOS”**.



HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - HCFMUSP



Eu discuti com o Dr. Marco Kawamura Demange sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do paciente/representante legal

Data \_\_/\_\_/\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura da testemunha

Data \_\_/\_\_/\_\_

Para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável pelo estudo

Data \_\_/\_\_/\_\_

## Anexo D – Protocolo de preparo das lâminas para avaliação histológica



### PROCESSAMENTO HISTOLÓGICO

O princípio do processamento histológico consiste na difusão de reagentes para o interior dos tecidos e na remoção do líquido tecidual que, após fixação do material, é o próprio fixador empregado. O processamento tecidual também torna os fragmentos rígidos capazes de proporcionar o seccionamento de fatias finas e delicadas para a observação ao microscópio. O processamento para inclusão do material em parafina passa por três etapas: desidratação, clarificação e impregnação.

#### Desidratação

A desidratação consiste na remoção da água dos tecidos, pois as substâncias previamente utilizadas para inclusão em parafina não se combinam homogeneamente com a água. Vários são os agentes desidratantes. A substância utilizada na rotina histológica é o álcool etílico.

#### Clarificação ou Diafanização

A clarificação visa remover completamente o álcool do interior dos tecidos, preparando-os para as etapas subsequentes. A remoção do álcool é de extrema importância, pois a parafina não se mistura homogeneamente com o álcool. Dessa forma, é fundamental a completa remoção do álcool para que a parafina possa penetrar completamente no interior dos tecidos. Para remover o álcool e preparar o tecido para a penetração da parafina utiliza-se, nesta etapa, o xilol. Conforme o xilol penetra no tecido, em substituição ao álcool, o material se torna mais claro, transparente. Por essa razão, esta etapa é denominada clarificação.

#### Infiltração em Parafina

A infiltração dos elementos teciduais em parafina é importante, pois a parafina também é o meio de inclusão tecidual. Para a infiltração, ela deve ter sido previamente aquecida, pois a parafina é líquida somente em temperatura entre 56°C a 60°C, sendo sólida a temperatura ambiente.



## **INCLUSÃO**

A inclusão se baseia em colocar, com auxílio de uma pinça previamente aquecida, os tecidos que foram previamente infiltrados em parafina no interior de um molde que já contém parafina líquida com a superfície a ser seccionada (a ser cortada ao micrótomo) para baixo.

## **MICROTOMIA**

Para permitir a análise dos tecidos ao microscópio óptico, eles devem ser seccionados em fatias bem finas e uniformes. A espessura ideal varia de acordo como objeto de estudo; recomenda-se a espessura de 4 a 6  $\mu\text{m}$  na rotina dos laboratórios. O instrumento capaz de confeccionar cortes com tal precisão é o micrótomo.

## **COLORAÇÃO DOS TECIDOS**

A utilização de corantes é fundamental para visualizar os tecidos ao microscópio óptico. Após a microtomia, o preparado histológico está pronto para ser corado. Deve-se inicialmente, utilizar uma coloração que proporcione uma visão geral de todo o tecido de modo a permitir a identificação dos elementos teciduais, propiciando o diagnóstico histológico. A coloração pela hematoxilina (H) e pela eosina (E) cumpre muito bem esse papel. Nessa coloração, os núcleos são corados pela hematoxilina, sendo evidenciado em roxo, enquanto o citoplasma e os espaços intercelulares são corados pela eosina, sendo visualizado em rosa.

## **PROCEDIMENTO PARA COLORAÇÃO HEMATOXILINA - EOSINA (HE)**

### **Reagentes:**

- Xilol
- Álcool absoluto
- Álcool 96%
- Eosina
- Hematoxilina

**Anexo E – Dados antropométricos dos cadáveres estudados para avaliação anatômica do ligamento anterolateral**

<b>Joelho</b>	<b>Sexo</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Lado</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Altura (metros)</b>
1	F	68	D	80	1,63
2	F	49	D	75	1,64
3	F	72	E	72	1,67
4	F	70	E	66	1,64
5	F	55	E	58	1,57
6	F	54	D	43	1,69
7	F	38	E	63	1,71
8	F	59	D	40	1,53
9	F	37	D	59	1,61
10	F	73	D	72	1,7
11	F	64	E	68	1,63
12	F	68	D	72	1,57
13	F	66	D	80	1,62
14	F	57	E	65	1,62
15	F	64	D	80	1,68
16	F	55	D	62	1,59
17	F	56	D	97	1,64
18	F	57	D	43	1,59
19	F	48	D	75	1,71
20	F	77	D	63	1,61
21	F	39	E	73	1,53
22	F	65	D	66	1,62
23	F	63	E	77	1,59
24	F	68	D	45	1,63
25	F	54	E	55	1,67
26	F	71	E	44	1,63
27	F	56	E	97	1,65
28	F	68	D	86	1,64
29	F	54	D	44	1,65
30	F	71	D	57	1,67
31	F	56	E	84	1,59
32	F	61	D	63	1,55
33	F	62	E	47	1,6
34	F	68	D	65	1,69
35	F	59	D	62	1,68

continua

continuação

<b>Joelho</b>	<b>Sexo</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Lado</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Altura (metros)</b>
36	F	77	D	55	1,6
37	F	42	D	58	1,67
38	F	49	D	53	1,63
39	F	71	E	59	1,61
40	M	77	E	55	1,72
41	M	71	E	51	1,77
42	M	49	E	44	1,62
43	M	64	D	72	1,76
44	M	58	D	77	1,81
45	M	63	D	78	1,69
46	M	69	D	90	1,84
47	M	52	D	49	1,55
48	M	67	E	51	1,62
49	M	62	E	55	1,61
50	M	55	D	59	1,77
51	M	51	D	64	1,73
52	M	53	E	69	1,79
53	M	59	D	71	1,8
54	M	60	E	55	1,62
55	M	54	D	61	1,71
56	M	66	D	57	1,63
57	M	61	D	82	1,91
58	M	73	E	59	1,63
59	M	51	D	85	1,91
60	M	49	E	69	1,8
61	M	71	E	59	1,66
62	M	73	E	62	1,61
63	M	54	D	69	1,59
64	M	67	E	66	1,67
65	M	48	E	64	1,66
66	M	68	D	57	1,71
67	M	62	D	64	1,72
68	M	67	E	59	1,6
69	M	51	E	49	1,81
70	M	55	D	72	1,88
71	M	47	E	49	1,66
72	M	39	D	77	1,81
73	M	33	E	61	1,83
74	M	81	D	65	1,71
75	M	88	E	66	1,67

continua

continuação

Joelho	Sexo	Idade (anos)	Lado	Peso (Kg)	Altura (metros)
76	M	38	D	67	1,72
77	M	55	D	76	1,77
78	M	51	D	64	1,71
79	M	60	D	61	1,67
80	M	49	E	55	1,73
81	M	71	E	56	1,72
82	M	66	E	57	1,71
83	M	65	E	63	1,77
84	M	66	E	62	1,72
85	M	68	E	73	1,68
86	M	55	E	56	1,69
87	M	40	D	54	1,71
88	M	53	D	75	1,66
89	M	72	D	87	1,82
90	M	71	E	66	1,61
91	M	49	D	61	1,66
92	M	44	E	64	1,74
93	M	59	D	62	1,77
94	M	58	E	61	1,71
95	M	67	D	64	1,73
96	M	71	D	58	1,77
97	M	63	D	80	1,81
98	M	74	E	66	1,88
99	M	63	E	67	1,77
100	M	54	E	61	1,72
101	M	65	D	51	1,67
102	M	75	D	53	1,66
103	M	49	E	66	1,72
104	M	58	E	64	1,74
105	M	53	D	62	1,77
<b>Média</b>	-	<b>59,9</b>	-	<b>64</b>	<b>1,68</b>
<b>Desvio padrão</b>	-	<b>10,6</b>	-	<b>11,5</b>	<b>0,08</b>

conclusão

## 8 Referências

1. Bradley JP, Klimkiewicz JJ, Rytel MJ, Powell JW. Anterior cruciate ligament injuries in the National Football League: epidemiology and current treatment trends among team physicians. *Arthroscopy*. 2002 May-Jun;18(5):502-9.
2. Leroux T, Wasserstein D, Dwyer T, Ogilvie-Harris DJ, Marks PH, Bach BR Jr, Townley JB, Mahomed N, Chahal J. The epidemiology of revision anterior cruciate ligament reconstruction in Ontario, Canada. *Am J Sports Med*. 2014 Nov;42(11):2666-72.
3. Chambat P, Guier C, Sonnery-Cottet B, Fayard JM, Thaunat M. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years. *Int Orthop*. 2013 Feb;37(2):181-6.
4. Hussein M, van Eck CF, Cretnik A, Dinevski D, Fu FH. Prospective randomized clinical evaluation of conventional single-bundle, anatomic single-bundle, and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: 281 cases with 3- to 5-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2012 Mar;40(3):512-20.
5. Piefer JW, Pflugner TR, Hwang MD, Lubowitz JH. Anterior cruciate ligament femoral footprint anatomy: systematic review of the 21st century literature. *Arthroscopy*. 2012 Jun;28(6):872-81.
6. Scheffel PT, Henninger HB, Burks RT. Relationship of the intercondylar roof and the tibial footprint of the ACL: implications for ACL reconstruction. *Am J Sports Med*. 2013 Feb;41(2):396-401.

7. Tanaka M, Vyas D, Moloney G, Bedi A, Pearle AD, Musahl V. What does it take to have a high-grade pivot shift? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Apr;20(4):737-42.
8. Hussein M, van Eck CF, Cretnik A, Dinevski D, Fu FH. Individualized anterior cruciate ligament surgery: a prospective study comparing anatomic single- and double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2012 Aug;40(8):1781-8.
9. Vadalà AP, Iorio R, De Carli A, Bonifazi A, Iorio C, Gatti A, Rossi C, Ferretti A. An extra-articular procedure improves the clinical outcome in anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings in female athletes. *Int Orthop.* 2013 Feb;37(2):187-92.
10. Wiertsema SH, van Hooff HJ, Migchelsen LA, Steultjens MP. Reliability of the KT1000 arthrometer and the Lachman test in patients with an ACL rupture. *Knee.* 2008 Mar;15(2):107-10.
11. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat.* 2013 Oct;223(4):321-8.
12. Fulkerson JP, Gossling HR. Anatomy of the knee joint lateral retinaculum. *Clin Orthop Relat Res.* 1980 Nov-Dec;(153):183-8.
13. Recondo JA, Salvador E, Villanúa JA, Barrera MC, Gervás C, Alústiza JM. Lateral stabilizing structures of the knee: functional anatomy and injuries assessed with MR imaging. *Radiographics.* 2000 Oct;20 Spec No:S91-S102.
14. Engebretsen L, Lew WD, Lewis JL, Hunter RE. The effect of an iliotibial tenodesis on intraarticular graft forces and knee joint motion. *Am J Sports Med.* 1990 Mar-Apr;18(2):169-76.

15. Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA. The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling laxity of the intact and ACL-deficient knee. *Am J Sports Med.* 2016 Feb;44(2):345-54.
16. Sonnery-Cottet B, Lutz C, Daggett M, Dalmay F, Freychet B, Niglis L, Imbert P. The involvement of the anterolateral ligament in rotational control of the knee. *Am J Sports Med.* 2016 May;44(5):1209-14.
17. Campos JC, Chung CB, Lektrakul N, Pedowitz R, Trudell D, Yu J, Resnick D. Pathogenesis of the Segond fracture: anatomic and MR imaging evidence of an iliotibial tract or anterior oblique band avulsion. *Radiology.* 2001 May;219(2):381-6.
18. LaPrade RF, Gilbert TJ, Bollom TS, Wentorf F, Chaljub G. The magnetic resonance imaging appearance of individual structures of the posterolateral knee. A prospective study of normal knees and knees with surgically verified grade III injuries. *Am J Sports Med.* 2000 Mar-Apr;28(2):191-9.
19. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg Am.* 1976 Mar;58(2):173-9.
20. Johnson LL. Lateral capsular ligament complex: anatomical and surgical considerations. *Am J Sports Med.* 1979 May-Jun;7(3):156-60.
21. Terry GC, Hughston JC, Norwood LA. The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract. *Am J Sports Med.* 1986 Jan-Feb;14(1):39-45.
22. Irvine GB, Dias JJ, Finlay DB. Segond fractures of the lateral tibial condyle: brief report. *J Bone Joint Surg Br.* 1987 Aug;69(4):613-4.
23. Daggett M, Claes S, Helito CP, Imbert P, Monaco E, Lutz C, Sonnery-Cottet B. The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling laxity of the

intact and ACL-deficient knee: letter to the editor. *Am J Sports Med.* 2016 Apr;44(4):NP14-5.

24. Vincent JP, Magnussen RA, Gezmez F, Uguen A, Jacobi M, Weppe F, Al-Saati MF, Lustig S, Demey G, Servien E, Neyret P. The anterolateral ligament of the human knee: an anatomic and histologic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Jan;20(1):147-52.

25. Dodds AL, Halewood C, Gupte CM, Williams A, Amis AA. The anterolateral ligament: anatomy, length changes and association with the Segond fracture. *Bone Joint J.* 2014 Mar;96-B(3):325-31.

26. Kennedy MI, Claes S, Fuso FA, Williams BT, Goldsmith MT, Turnbull TL, Wijidicks CA, LaPrade RF. The anterolateral ligament: an anatomic, radiographic, and biomechanical analysis. *Am J Sports Med.* 2015 Jul;43(7):1606-15.

27. Macchi V, Porzionato A, Morra A, Stecco C, Tortorella C, Menegolo M, Grignon B, De Caro R. The anterolateral ligament of the knee: a radiologic and histotopographic study. *Surg Radiol Anat.* 2016 Apr;38(3):341-8.

28. Roessler PP, Schüttler KF, Heyse TJ, Wirtz DC, Efe T. The anterolateral ligament (ALL) and its role in rotational extra-articular stability of the knee joint: a review of anatomy and surgical concepts. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016 Mar;136(3):305-13.

29. Runer A, Birkmaier S, Pamminger M, Reider S, Herbst E, Künzel KH, Brenner E, Fink C. The anterolateral ligament of the knee: A dissection study. *Knee.* 2016 Jan;23(1):8-12.

30. Kosy JD, Mandalia VI. Revisiting the Anterolateral Ligament of the Knee. *J Knee Surg.* 2016 Oct;29(7):571-9.

31. Kosy JD, Soni A, Venkatesh R, Mandalia VI. The anterolateral ligament of the knee: unwrapping the enigma. Anatomical study and comparison to previous reports. *J Orthop Traumatol*. 2016 Dec;17(4):303-308.
32. Claes S, Bartholomeeusen S, Bellemans J. High prevalence of anterolateral ligament abnormalities in magnetic resonance images of anterior cruciate ligament-injured knees. *Acta Orthop Belg*. 2014 Mar;80(1):45-9.
33. Claes S, Luyckx T, Vereecke E, Bellemans J. The Segond fracture: a bony injury of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy*. 2014 Nov;30(11):1475-82.
34. Caterine S, Litchfield R, Johnson M, Chronik B, Getgood A. A cadaveric study of the anterolateral ligament: re-introducing the lateral capsular ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Nov;23(11):3186-95.
35. De Maeseneer M, Boulet C, Willekens I, Lenchik L, De Mey J, Cattrysse E, Shahabpour M. Segond fracture: involvement of the iliotibial band, anterolateral ligament, and anterior arm of the biceps femoris in knee trauma. *Skeletal Radiol*. 2015 Mar;44(3):413-21.
36. Dombrowski ME, Costello JM, Ohashi B, Murawski CD, Rothrauff BB, Arilla FV, Friel NA, Fu FH, Debski RE, Musahl V. Macroscopic anatomical, histological and magnetic resonance imaging correlation of the lateral capsule of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016 Sep;24(9):2854-60.
37. Kosy JD, Mandalia VI, Anaspure R. Characterization of the anatomy of the anterolateral ligament of the knee using magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol*. 2015 Nov;44(11):1647-53.
38. Porrino J Jr, Maloney E, Richardson M, Mulcahy H, Ha A, Chew FS. The anterolateral ligament of the knee: MRI appearance, association with the Segond fracture, and historical perspective. *AJR Am J Roentgenol*. 2015 Feb;204(2):367-73.

39. Taneja AK, Miranda FC, Braga CA, Gill CM, Hartmann LG, Santos DC, Rosemberg LA. MRI features of the anterolateral ligament of the knee. *Skeletal Radiol.* 2015 Mar;44(3):403-10.
40. Bassett F. Anterolateral rotatory instability of the knee. *Phys Ther.* 1980 Dec;60(12):1635-7.
41. Odensten M, Lysholm J, Gillquist J. Long-term follow-up study of a distal iliotibial band transfer (DIT) for anterolateral knee instability. *Clin Orthop Relat Res.* 1983 Jun;(176):129-35.
42. Andrews JR, Sanders RA, Morin B. Surgical treatment of anterolateral rotatory instability. A follow-up study. *Am J Sports Med.* 1985 Mar-Apr;13(2):112-9.
43. Sakai H, Yajima H, Kobayashi N, Kanda T, Hiraoka H, Tamai K, Saotome K. Gravity-assisted pivot-shift test for anterior cruciate ligament injury: a new procedure to detect anterolateral rotatory instability of the knee joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Jan;14(1):2-6.
44. Zantop T, Schumacher T, Diermann N, Schanz S, Raschke MJ, Petersen W. Anterolateral rotational knee instability: role of posterolateral structures. Winner of the AGA-DonJoy Award 2006. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007 Nov;127(9):743-52.
45. Monaco E, Labianca L, Conteduca F, De Carli A, Ferretti A. Double bundle or single bundle plus extraarticular tenodesis in ACL reconstruction? A CAOS study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007 Oct;15(10):1168-74.
46. Marcacci M, Zaffagnini S, Giordano G, Iacono F, Presti ML. Anterior cruciate ligament reconstruction associated with extra-articular tenodesis: a prospective clinical and radiographic evaluation with 10- to 13-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2009 Apr;37(4):707-14.

47. Izawa T, Okazaki K, Tashiro Y, Matsubara H, Miura H, Matsuda S, Hashizume M, Iwamoto Y. Comparison of rotatory stability after anterior cruciate ligament reconstruction between single-bundle and double-bundle techniques. *Am J Sports Med.* 2011 Jul;39(7):1470-7.
48. Monaco E, Maestri B, Conteduca F, Mazza D, Iorio C, Ferretti A. Extra-articular ACL reconstruction and pivot shift: in vivo dynamic evaluation with navigation. *Am J Sports Med.* 2014 Jul;42(7):1669-74.
49. Kittl C, Halewood C, Stephen JM, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA. Length change patterns in the lateral extra-articular structures of the knee and related reconstructions. *Am J Sports Med.* 2015 Feb;43(2):354-62.
50. Tavlo M, Eljaja S, Jensen JT, Siersma VD, Krogsgaard MR. The role of the anterolateral ligament in ACL insufficient and reconstructed knees on rotatory stability: a biomechanical study on human cadavers. *Scand J Med Sci Sports.* 2016 Aug;26(8):960-6.
51. Sonnery-Cottet B, Thaunat M, Freychet B, Pupim BH, Murphy CG, Claes S. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2015 Jul;43(7):1598-605.
52. Rasmussen MT, Nitri M, Williams BT, Moulton SG, Cruz RS, Dornan GJ, Goldsmith MT, LaPrade RF. An in vitro robotic assessment of the anterolateral ligament, part 1: secondary role of the anterolateral ligament in the setting of an anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2016 Mar;44(3):585-92.
53. Nitri M, Rasmussen MT, Williams BT, Moulton SG, Cruz RS, Dornan GJ, Goldsmith MT, LaPrade RF. An in vitro robotic assessment of the anterolateral ligament, part 2: anterolateral ligament reconstruction combined with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016 Mar;44(3):593-601.

54. Ruiz N, Filippi GJ, Gagnière B, Bowen M, Robert HE. The comparative role of the anterior cruciate ligament and anterolateral structures in controlling passive internal rotation of the knee: a biomechanical study. *Arthroscopy*. 2016 Jun;32(6):1053-62.
55. Musahl V, Rahnama-Azar AA, Costello J, Arner JW, Fu FH, Hoshino Y, Lopomo N, Samuelsson K, Irrgang JJ. The Influence of meniscal and anterolateral capsular injury on knee laxity in patients with anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*. 2016 Dec;44(12):3126-3131.
56. Segond P. *Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse*. Paris: Aux Bureaux du Progres Medical; 1879. p. 85
57. Last RJ. Some anatomical details of the knee joint. *J Bone Joint Surg Br*. 1948 Nov;30B(4):683-8.
58. Cohen MVE, Silva RT, Vieira ELC, Berlfein PAS. Estudo anatômico do trato iliotibial: revisão crítica de sua importância na estabilidade do joelho. *Rev Bras Ortop*. 2002;38(8):328-35.
59. Vieira EL, Vieira EA, da Silva RT, Berlfein PA, Abdalla RJ, Cohen M. An anatomic study of the iliotibial tract. *Arthroscopy*. 2007 Mar;23(3):269-74.
60. LaPrade RF, Ly TV, Wentorf FA, Engebretsen L. The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon. *Am J Sports Med*. 2003 Nov-Dec;31(6):854-60.
61. Helito CP MH, Bonadio MB, Tirico LE, Gobbi RG, Demange MK, Angelini FJ, Pecora JR, Camanho GL. Estudo anatômico do ligamento anterolateral do joelho. *Rev Bras Ortop*. 2013;48(4):368-73.

62. Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tírico LE, Gobbi RG, Pécora JR, Camanho GL. Anatomy and histology of the knee anterolateral ligament. *Orthop J Sports Med.* 2013 Dec 9;1(7):2325967113513546.
63. Sonnery-Cottet B, Archbold P, Rezende FC, Neto AM, Fayard JM, Thauinat M. Arthroscopic identification of the anterolateral ligament of the knee. *Arthrosc Tech.* 2014 Jun 9;3(3):e389-92.
64. Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tirico LE, Gobbi RG, Pecora JR, Camanho GL. Radiographic landmarks for locating the femoral origin and tibial insertion of the knee anterolateral ligament. *Am J Sports Med.* 2014 Oct;42(10):2356-62.
65. Helito CP, Helito PV, Bonadio MB, da Mota E Albuquerque RF, Bordalo-Rodrigues M, Pecora JR, Camanho GL, Demange MK. Evaluation of the length and isometric pattern of the anterolateral ligament with serial computer tomography. *Orthop J Sports Med.* 2014 Dec 17;2(12):2325967114562205.
66. Stijak L, Bumbaširević M, Radonjić V, Kadija M, Puškaš L, Milovanović D, Filipović B. Anatomic description of the anterolateral ligament of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 Jul;24(7):2083-8.
67. Parsons EM, Gee AO, Spiekerman C, Cavanagh PR. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med.* 2015 Mar;43(3):669-74.
68. Pomajzl R, Maerz T, Shams C, Guettler J, Bicos J. A review of the anterolateral ligament of the knee: current knowledge regarding its incidence, anatomy, biomechanics, and surgical dissection. *Arthroscopy.* 2015 Mar;31(3):583-91.

69. Van der Watt L, Khan M, Rothrauff BB, Ayeni OR, Musahl V, Getgood A, Peterson D. The structure and function of the anterolateral ligament of the knee: a systematic review. *Arthroscopy*. 2015 Mar;31(3):569-82.
70. Zens M, Feucht MJ, Ruhhammer J, Bernstein A, Mayr HO, Südkamp NP, Woias P, Niemeyer P. Mechanical tensile properties of the anterolateral ligament. *J Exp Orthop*. 2015 Dec;2(1):7.
71. Helito CP, Bonadio MB, Gobbi RG, da Mota EARF, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Is it safe to reconstruct the knee anterolateral ligament with a femoral tunnel? Frequency of lateral collateral ligament and popliteus tendon injury. *Int Orthop*. 2016 Apr;40(4):821-5.
72. Helito CP, Bonadio MB, Soares TQ, da Mota EARF, Natalino RJ, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. The meniscal insertion of the knee anterolateral ligament. *Surg Radiol Anat*. 2016 Mar;38(2):223-8.
73. Guenther D, Griffith C, Lesniak B, Lopomo N, Grassi A, Zaffagnini S, Fu FH, Musahl V. Anterolateral rotatory instability of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Oct;23(10):2909-17.
74. Lutz C, Sonnery-Cottet B, Niglis L, Freychet B, Clavert P, Imbert P. Behavior of the anterolateral structures of the knee during internal rotation. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015 Sep;101(5):523-8.
75. Zens M, Niemeyer P, Ruhhammer J, Bernstein A, Woias P, Mayr HO, Südkamp NP, Feucht MJ. Length changes of the anterolateral ligament during passive knee motion: a human cadaveric study. *Am J Sports Med*. 2015 Oct;43(10):2545-52.
76. Bonasia DE, D'Amelio A, Pellegrino P, Rosso F, Rossi R. Anterolateral ligament of the knee: back to the future in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Rev (Pavia)*. 2015 Jun 11;7(2):5773.

77. Saiegh YA, Suero EM, Guenther D, Hawi N, Decker S, Krettek C, Citak M, Omar M2. Sectioning the anterolateral ligament did not increase tibiofemoral translation or rotation in an ACL-deficient cadaveric model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Sep 16. [Epub ahead of print]
78. Cavaignac E, Wytrykowski K, Reina N, Pailhé R, Murgier J, Faruch M, Chiron P. Ultrasonographic identification of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy.* 2016 Jan;32(1):120-6.
79. Daggett M, Ockuly AC, Cullen M, Busch K, Lutz C, Imbert P, Sonnery-Cottet B. Femoral origin of the anterolateral ligament: an anatomic analysis. *Arthroscopy.* 2016 May;32(5):835-41.
80. Ingham SJ, de Carvalho RT, Martins CA, Lertwanich P, Abdalla RJ, Smolinski P, Lovejoy CO, Fu FH. Anterolateral ligament anatomy: a comparative anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Dec 28. [Epub ahead of print]
81. Rahnemai-Azar AA, Miller RM, Guenther D, Fu FH, Lesniak BP, Musahl V, Debski RE. Structural properties of the anterolateral capsule and iliotibial band of the knee. *Am J Sports Med.* 2016 Apr;44(4):892-7.
82. Heckmann N, Sivasundaram L, Villacis D, Kleiner M, Yi A, White E, Rick Hatch GF. Radiographic landmarks for identifying the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy.* 2016 May;32(5):844-8.
83. Shea KG, Polousky JD, Jacobs JC Jr, Yen YM, Ganley TJ. The anterolateral ligament of the knee: an inconsistent finding in pediatric cadaveric specimens. *J Pediatr Orthop.* 2016 Jul-Aug;36(5):e51-4.
84. Watanabe J, Suzuki D, Mizoguchi S, Yoshida S, Fujimiya M. The anterolateral ligament in a Japanese population: study on prevalence and morphology. *J Orthop Sci.* 2016 Sep;21(5):647-51.

85. Helito CP, do Prado Torres JA, Bonadio MB, Aragão JA, de Oliveira LN, Natalino RJ, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Anterolateral ligament of the fetal knee. *Am J Sports Med.* 2017 Jan;45(1):91-96.
86. Shea KG, Milewski MD, Cannamela PC, Ganley TJ, Fabricant PD, Terhune EB, Styhl AC, Anderson AF, Polousky JD. Anterolateral ligament of the knee shows variable anatomy in pediatric specimens. *Clin Orthop Relat Res.* 2016 Oct 31. [Epub ahead of print]
87. Potu BK, Salem AH, Abu-Hijleh MF. Morphology of anterolateral ligament of the knee: a cadaveric observation with clinical insight. *Adv Med.* 2016;2016:9182863. Epub 2016 Oct 25.
88. Helito CP, Helito PV, Costa HP, Bordalo-Rodrigues M, Pecora JR, Camanho GL, Demange MK. MRI evaluation of the anterolateral ligament of the knee: assessment in routine 1.5-T scans. *Skeletal Radiol.* 2014 Oct;43(10):1421-7.
89. Helito CP, Demange MK, Helito PV, Costa HP, Bonadio MB, Pecora JR, et al. Evaluation of the anterolateral ligament of the knee by means of magnetic resonance examination. *Rev Bras Ortop.* 2015 Mar-Apr;50(2):214-9.
90. Davis BA, Hiller LP, Imbesi SG, Chang EY. Isolated lateral collateral ligament complex injury in rock climbing and Brazilian Jiu-jitsu. *Skeletal Radiol.* 2015 Aug;44(8):1175-9.
91. Song GY, Zhang H, Wang QQ, Zhang J, Li Y, Feng H. Risk factors associated with grade 3 pivot shift after acute anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 2016 Feb;44(2):362-9.
92. Helito CP, Helito PV, Bonadio MB, Pécora JR, Bordalo-Rodrigues M, Camanho GL, Demange MK. Correlation of magnetic resonance imaging with

knee anterolateral ligament anatomy: a cadaveric study. *Orthop J Sports Med.* 2015 Dec 16;3(12):2325967115621024.

93. Van Dyck P, Clockaerts S, Vanhoenacker FM, Lambrecht V, Wouters K, De Smet E, Gielen JL, Parizel PM. Anterolateral ligament abnormalities in patients with acute anterior cruciate ligament rupture are associated with lateral meniscal and osseous injuries. *Eur Radiol.* 2016 Oct;26(10):3383-91.

94. Coquart B, Le Corroller T, Laurent PE, Ollivier M, Pradel V, Champsaur P, Guenoun D. Anterolateral ligament of the knee: myth or reality? *Surg Radiol Anat.* 2016 Oct;38(8):955-62.

95. Hartigan DE, Carroll KW, Kosarek FJ, Piasecki DP, Fleischli JF, D'Alessandro DF. Visibility of anterolateral ligament tears in anterior cruciate ligament-deficient knees with standard 1.5-tesla magnetic resonance imaging. *Arthroscopy.* 2016 Oct;32(10):2061-2065.

96. Helito CP, Helito PV, Costa HP, Demange MK, Bordalo-Rodrigues M. Assessment of the anterolateral ligament of the knee by magnetic resonance imaging in acute injuries of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 2017 Jan;33(1):140-146.

97. Neyret P, Palomo JR, Donell ST, Dejour H. Extra-articular tenodesis for anterior cruciate ligament rupture in amateur skiers. *Br J Sports Med.* 1994 Mar;28(1):31-4.

98. Hefti F, Gächter A, Jenny H, Morscher E. Replacement of the anterior cruciate ligament. a comparative study of four different methods of reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1982;100(2):83-94.

99. Duthon VB, Magnussen RA, Servien E, Neyret P. ACL reconstruction and extra-articular tenodesis. *Clin Sports Med.* 2013 Jan;32(1):141-53.

100. Buoncristiani AM, Tjoumakaris FP, Starman JS, Ferretti M, Fu FH. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2006 Sep;22(9):1000-6.
101. Cha PS, Brucker PU, West RV, Zelle BA, Yagi M, Kurosaka M, Fu FH. Arthroscopic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an anatomic approach. *Arthroscopy*. 2005 Oct;21(10):1275.
102. Ferretti M, Levicoff EA, Macpherson TA, Moreland MS, Cohen M, Fu FH. The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study. *Arthroscopy*. 2007 Mar;23(3):278-83.
103. Steckel H, Starman JS, Baums MH, Klinger HM, Schultz W, Fu FH. Anatomy of the anterior cruciate ligament double bundle structure: a macroscopic evaluation. *Scand J Med Sci Sports*. 2007 Aug;17(4):387-92.
104. Steckel H, Starman JS, Baums MH, Klinger HM, Schultz W, Fu FH. The double-bundle technique for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic overview. *Scand J Med Sci Sports*. 2007 Apr;17(2):99-108.
105. Núñez M, Sastre S, Núñez E, Lozano L, Nicodemo C, Segur JM. Health-related quality of life and direct costs in patients with anterior cruciate ligament injury: single-bundle versus double-bundle reconstruction in a low-demand cohort--a randomized trial with 2 years of follow-up. *Arthroscopy*. 2012 Jul;28(7):929-35.
106. Saltzman BM, Cvetanovich GL, Nwachukwu BU, Mall NA, Bush-Joseph CA, Bach BR Jr. Economic analyses in anterior cruciate ligament reconstruction: a qualitative and systematic review. *Am J Sports Med*. 2016 May;44(5):1329-35.
107. Helito CP, Bonadio MB, Gobbi RG, da Mota EARF, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Combined intra- and extra-articular reconstruction of the

anterior cruciate ligament: the reconstruction of the knee anterolateral ligament. *Arthrosc Tech*. 2015 Jun 1;4(3):e239-44.

108. Amis AA, Bull AM, Gupte CM, Hijazi I, Race A, Robinson JR. Biomechanics of the PCL and related structures: posterolateral, posteromedial and meniscofemoral ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2003 Sep;11(5):271-81.

109. Helito CP, Helito PV, Costa HP, Demange MK, Bordalo-Rodrigues M. Assessment of the anterolateral ligament of the knee by magnetic resonance imaging in acute injuries of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2017 Jan;33(1):140-146.

110. Helito CP, Bonadio MB, Rozas JS, Wey JM, Pereira CA, Cardoso TP, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Biomechanical study of strength and stiffness of the knee anterolateral ligament. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016 Apr 30;17:193.

## APÉNDICE

**Apéndice A** – Sonnery-Cottet B, Saithna A, Cavalier M, Kajetanek C, Temponi EF, Daggett M5, Helito CP, Thauinat M. Anterolateral Ligament Reconstruction Is associated with significantly reduced ACL graft rupture rates at a minimum follow-up of 2 Years. *Am J Sports Med.* 2017 Feb 1:363546516686057. [Epub ahead of print]

# Anterolateral Ligament Reconstruction Is Associated With Significantly Reduced ACL Graft Rupture Rates at a Minimum Follow-up of 2 Years

## A Prospective Comparative Study of 502 Patients From the SANTI Study Group

Bertrand Sonnery-Cottet,<sup>\*†</sup> MD, Adnan Saithna,<sup>‡§</sup> MBChB, DipSEM, MSc, FRCS(T&O), Maxime Cavalier,<sup>†</sup> MD, Charles Kajetanek,<sup>†</sup> MD, Eduardo Frois Temponi,<sup>||</sup> MD, Matt Daggett,<sup>¶</sup> DO/MBA, Camilo Partezani Helito,<sup>#</sup> MD, and Mathieu Thauinat,<sup>†</sup> MD  
*Investigation performed at the Centre Orthopédique Santy, Lyon, France*

**Background:** Graft failure and low rates of return to sport are major concerns after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction, particularly in a population at risk.

**Purpose:** To evaluate the association between reconstruction techniques and subsequent graft rupture and return-to-sport rates in patients aged 16 to 30 years participating in pivoting sports.

**Study Design:** Cohort study; Level of evidence, 2.

**Methods:** A prospective study of patients undergoing primary ACL reconstruction with a bone-patellar tendon-bone (B-PT-B) graft, quadrupled hamstring tendon (4HT) graft, or hamstring tendon graft combined with anterolateral ligament reconstruction (HT+ALL) was conducted by the Scientific ACL Network International (SANTI) Study Group. Survivorship data from Kaplan-Meier analysis were analyzed in multivariate Cox regression models to identify the prognosticators of graft ruptures and return to sport.

**Results:** Five hundred two patients (mean age, 22.4 ± 4.0 years) with a mean follow-up of 38.4 ± 8.5 months (range, 24-54 months) were included. There were 105 B-PT-B, 176 4HT, and 221 HT+ALL grafts. The mean postoperative scores at latest follow-up were the following: Lysholm: 92.4 ± 8.6, Tegner: 7.4 ± 2.1, and subjective International Knee Documentation Committee (IKDC): 86.8 ± 10.5 for B-PT-B grafts; Lysholm: 91.3 ± 9.9, Tegner: 6.6 ± 1.8, and subjective IKDC: 85.4 ± 10.4 for 4HT grafts; and Lysholm: 91.9 ± 10.2, Tegner: 7.0 ± 2.0, and subjective IKDC: 81.8 ± 13.1 for HT+ALL grafts. The mean side-to-side laxity was 0.6 ± 0.9 mm for B-PT-B grafts, 0.6 ± 1.0 mm for 4HT grafts, and 0.5 ± 0.8 mm for HT+ALL grafts. At a mean follow-up of 38.4 months, the graft rupture rates were 10.77% (range, 6.60%-17.32%) for 4HT grafts, 16.77% (range, 9.99%-27.40%) for B-PT-B grafts, and 4.13% (range, 2.17%-7.80%) for HT+ALL grafts. The rate of graft failure with HT+ALL grafts was 2.5 times less than with B-PT-B grafts (hazard ratio [HR], 0.393; 95% CI, 0.153-0.953) and 3.1 times less than with 4HT grafts (HR, 0.327; 95% CI, 0.130-0.758). There was no significant difference in the graft failure rate between 4HT and B-PT-B grafts (HR, 1.204; 95% CI, 0.555-2.663). Other prognosticators of graft failure included age ≤25 years ( $P = .012$ ) and a preoperative side-to-side laxity >7 mm ( $P = .018$ ). The HT+ALL graft was associated with higher odds of returning to preinjury levels of sport than the 4HT graft (odds ratio [OR], 1.938; 95% CI, 1.174-3.224) but not compared with the B-PT-B graft (OR, 1.460; 95% CI, 0.813-2.613).

**Conclusion:** In a high-risk population of young patients participating in pivoting sports, the rate of graft failure with HT+ALL grafts was 2.5 times less than with B-PT-B grafts and 3.1 times less than with 4HT grafts. The HT+ALL graft is also associated with greater odds of returning to preinjury levels of sport when compared with the 4HT graft.

**Keywords:** knee; anterior cruciate ligament; anterolateral ligament; graft rupture; return to sport

Graft ruptures are a major concern after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. Reported rates vary from 1.4% to 18%,<sup>16,20,21,31,42,50</sup> reflecting that the cause of reruptures is multifactorial. Graft choice has been extensively studied as a potential prognosticator of reruptures

**Apêndice B** – Helito CP, do Prado Torres JA, Bonadio MB, Aragão JA, de Oliveira LN, Natalino RJ, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Anterolateral ligament of the fetal knee. *Am J Sports Med.* 2017 Jan;45(1):91-96.

## Anterolateral Ligament of the Fetal Knee

### An Anatomic and Histological Study

Camilo Partezani Helito,<sup>\*†</sup> MD, Julio Augusto do Prado Torres,<sup>†</sup> MD, Marcelo Batista Bonadio,<sup>†</sup> MD, José Aderval Aragão,<sup>‡</sup> MD, PhD, Lucas Nogueira de Oliveira,<sup>‡</sup> Renato José Mendonça Natalino,<sup>†</sup> MD, José Ricardo Pécora,<sup>†</sup> MD, PhD, Gilberto Luis Camanho,<sup>†</sup> MD, PhD, and Marco Kawamura Demange,<sup>†</sup> MD, PhD  
*Investigation performed at the University of São Paulo, São Paulo, Brazil*

**Background:** The anterolateral ligament (ALL) of the knee has recently been described in detail. Most studies of the ALL have been conducted in adults; therefore, little is known about the anatomy and histology of the ALL in younger patients, and nothing is known about the fetal presence of the ALL.

**Purpose:** To evaluate the ALL in human fetuses to determine its presence or absence and to describe its microscopic anatomy and histological features compared with the findings of studies conducted in adults.

**Study Design:** Descriptive laboratory study.

**Methods:** Twenty human fetal cadaveric specimens were used. The mean age of the fetuses was  $28.64 \pm 3.20$  weeks. The ALL was dissected in the anterolateral region of the knee, and its anatomic parameters, including its origin, insertion, and path in relation to known adjacent anatomic landmarks, in addition to its length, width, and thickness over the path toward the tibia, were measured. After dissection, the ALL was removed en bloc with a portion of the lateral meniscus for histological analysis of 4- $\mu$ m sections, hematoxylin and eosin staining, and immunohistochemical staining for type I collagen.

**Results:** The ALL was located in all dissected knees. Its origin was located at a mean distance of 1.87 mm from the origin of the lateral collateral ligament, with variations from the center of the lateral epicondyle to posterior and proximal to it, and it exhibited an anterior-inferior path toward the tibia, an insertion in the lateral meniscus approximately 2.08 mm anterior to the popliteal tendon, and another insertion in the tibia between the Gerdy tubercle and the fibular head at 2.46 mm below the articular cartilage. The histological sections of the ALL showed well-organized, dense collagenous tissue fibers with elongated fibroblasts (mean, 1631 fibroblasts/mm<sup>2</sup>) and a predominance of type I collagen.

**Conclusion:** The ALL is present during fetal development, with anatomic and histological features similar to those of the adult ALL.

**Clinical Relevance:** The findings of this study help to better understand the ALL's anatomy and histology from the fetal period to adulthood. The study presents the existence of the ALL since fetal development, emphasizes the characterization of the ALL, and brings important information to future pediatric ALL lesion studies.

**Keywords:** knee ligaments; anatomy; anterolateral ligament; ACL; fetal anatomy; histology

The anterolateral ligament (ALL) of the knee has recently been studied in detail,<sup>1,2,9,10,25</sup> despite having been described several years earlier by Segond.<sup>20</sup> Although most researchers

have been able to locate this anatomic structure in cadaveric dissection studies, some groups have been unable to differentiate this ligament from the anterolateral capsule of the knee.<sup>4</sup> Histological studies of the anterolateral portion of the joint capsule have demonstrated the presence of well-organized, dense connective tissue, similar to ligament tissue.<sup>1,9</sup>

The ALL originates near the lateral epicondyle, but there is some controversy regarding its exact point of origin. Some anatomic descriptions place it anterior and distal to the lateral collateral ligament (LCL), near the center of the lateral epicondyle, while others place it posterior and proximal to the LCL.<sup>1-3,9,14,16,25</sup> The tibial insertion point is more constant, between the fibular head and

\*Address correspondence to Camilo Partezani Helito, MD, University of São Paulo, Rua Ovídio Pires de Campos, 333 Cerqueira César, São Paulo, SP 05403-010, Brazil (email: camilo\_helito@yahoo.com.br).

<sup>†</sup>University of São Paulo, São Paulo, Brazil.

<sup>‡</sup>Federal University of Sergipe, São Cristóvão, Brazil.

The authors declared that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this contribution.

**Apêndice C** – Helito CP, Helito PV, Costa HP, Demange MK, Bordalo-Rodrigues M. Assessment of the anterolateral ligament of the knee by magnetic resonance imaging in acute injuries of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2017 Jan;33(1):140-146.

## Assessment of the Anterolateral Ligament of the Knee by Magnetic Resonance Imaging in Acute Injuries of the Anterior Cruciate Ligament



Camilo Partezani Helito, M.D., Paulo Victor Partezani Helito, M.D., Hugo Pereira Costa, M.D., Marco Kawamura Demange, M.D., Ph.D., and Marcelo Bordalo-Rodrigues, M.D., Ph.D.

**Purpose:** To evaluate the epidemiology of injuries and abnormalities of the anterolateral ligament (ALL) by magnetic resonance imaging (MRI) in cases of acute anterior cruciate ligament (ACL) injury. **Methods:** MRIs of patients with acute ACL injury were evaluated. Acute injuries of the ACL were considered in cases in which the patient reported knee trauma occurring less than 3 weeks prior and when bone bruise in the femoral condyles and tibial plateau was identified. ALL abnormality was considered when it showed proximal or distal bone detachment, discontinuity of fibers, or irregular contour associated with periligamentous edema. The ALL was divided into femoral, tibial, and meniscal portions, and the lesions and/or abnormalities of each portion were characterized. The correlation of ALL injury with injuries of the lateral meniscus was evaluated. **Results:** A total of 101 MRIs were initially evaluated. The ALL was not characterized in 13 (12.8%) examinations, resulting in 88 (87.1%) cases of injury evaluation. Of these, 55 (54.4%) patients had a normal ALL, and 33 (32.6%) showed signs of injury. Among the cases with injury, 24 (72%) patients showed proximal lesions, 7 (21%) showed distal lesions, and 2 (6.0%) patients presented both proximal and distal lesions. The meniscal portion of the ALL appeared abnormal in 16 (48%) patients. No relationship was found between ALL injury and lateral meniscus injury. **Conclusions:** Based on MRI analysis of acute ACL injuries with bone bruising of the lateral femoral condyle and lateral tibial plateau, approximately a third demonstrated ALL injuries of which the majority was proximal. **Level of Evidence:** Level IV, case series.

See commentary on page 155

The anterolateral ligament (ALL) of the knee, although described for more than 100 years, began receiving attention only in recent years because of its possible role in the genesis of the anterolateral stability of the knee, especially in cases of anterior cruciate ligament (ACL) injury that do not progress satisfactorily after surgery.<sup>1-3</sup>

Detailed anatomical studies showed that the origin of the ALL is adjacent to the lateral epicondyle, and it has 2 insertions, a tibial insertion, just below the lateral plateau, and a meniscal insertion, between the anterior horn and the body of the lateral meniscus.<sup>4-9</sup>

Studies to characterize the ALL by magnetic resonance imaging (MRI) were also performed.<sup>4-6</sup> Catherine et al.<sup>4</sup> performed studies using cadavers, and Helito et al.<sup>5</sup> and Porrino et al.<sup>6</sup> studied the ALL in living individuals. All of these studies were performed in individuals without ACL injury to characterize normal ALL anatomy. Even on knees considered normal, Helito et al.<sup>5</sup> characterized the entire path of the ALL in only 71.7% of subjects.

A single retrospective study in the literature, conducted by Claes et al.,<sup>10</sup> characterized abnormalities in the ALL in individuals with ACL injury before they underwent surgical treatment and did not differentiate between acute, subacute, and chronic injuries. This study analyzed only the proximal and distal portions of the ALL and did not evaluate injuries of the meniscus portion and the associated

From the Hospital Sírio-Libanês (C.P.H., P.V.P.H., H.P.C., M.B.-R.); Knee Surgery Division (C.P.H., M.K.D.) and Musculoskeletal Radiology Department (P.V.P.H., H.P.C., M.B.-R.), Faculty of Medicine, Institute of Orthopedics and Traumatology, University of São Paulo, São Paulo, Brazil.

The authors report that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this article.

Work performed at Hospital Sírio-Libanês, São Paulo, Brazil.  
Received November 24, 2015; accepted May 3, 2016.

Address correspondence to Camilo Partezani Helito, M.D., R. Prof. Daher Cúatit, 69 - Bela Vista, São Paulo - SP, Brazil, 01308-060. E-mail: camilo\_helito@yahoo.com.br

© 2016 by the Arthroscopy Association of North America  
0749-8063/151073/\$36.00  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2016.05.009>

**Apêndice D** - Sonnery-Cottet B, Daggett M, Fayard JM, Ferretti A, Helito CP, Lind M, Monaco E, de Pádua VB, Thauinat M, Wilson A, Zaffagnini S, Zijl J, Claes S. Anterolateral ligament expert group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament: deficient knee. *J Orthop Traumatol.* 2017 Feb 20. [Epub ahead of print]

J Orthopaed Traumatol  
DOI 10.1007/s10195-017-0449-8



EMERGING TOPIC (REVIEW ARTICLE)

## Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament - deficient knee

Bertrand Sonnery-Cottet<sup>1</sup> · Matthew Daggett<sup>2</sup> · Jean-Marie Fayard<sup>1</sup> · Andrea Ferretti<sup>3</sup> · Camilo Partezani Helito<sup>4</sup> · Martin Lind<sup>5</sup> · Edoardo Monaco<sup>3</sup> · Vitor Barion Castro de Pádua<sup>6</sup> · Mathieu Thauinat<sup>1</sup> · Adrian Wilson<sup>7</sup> · Stefano Zaffagnini<sup>8</sup> · Jacco Zijl<sup>9</sup> · Steven Claes<sup>10</sup>

© The Author(s) 2017. This article is published with open access at Springerlink.com

**Abstract** Purpose of this paper is to provide an overview of the latest research on the anterolateral ligament (ALL) and present the consensus of the ALL Expert Group on the anatomy, radiographic landmarks, biomechanics, clinical and radiographic diagnosis, lesion classification, surgical technique and clinical outcomes. A consensus on controversial subjects surrounding the ALL and anterolateral knee instability has been established based on the opinion of experts, the latest publications on the subject and an

exchange of experiences during the ALL Experts Meeting (November 2015, Lyon, France). The ALL is found deep to the iliotibial band. The femoral origin is just posterior and proximal to the lateral epicondyle; the tibial attachment is 21.6 mm posterior to Gerdy's tubercle and 4–10 mm below the tibial joint line. On a lateral radiographic view the femoral origin is located in the postero-inferior quadrant and the tibial attachment is close to the centre of the proximal tibial plateau. Favourable isometry of an ALL

✉ Bertrand Sonnery-Cottet  
sonnerycottet@aol.com

Matthew Daggett  
matthewdaggett@gmail.com

Jean-Marie Fayard  
docteur.fayard@gmail.com

Camilo Partezani Helito  
camilo\_helito@yahoo.com.br

Martin Lind  
martinlind@dadlnet.dk

Edoardo Monaco  
edoardomonaco76@gmail.com

Vitor Barion Castro de Pádua  
drvitorpadua@gmail.com

Mathieu Thauinat  
mathieuthauinat@yahoo.fr

Adrian Wilson  
Info@hampshireknee.co.uk

Stefano Zaffagnini  
stefano.zaffagnini@unibo.it

Jacco Zijl  
j.zijl@antoniuziekenhuis.nl

Steven Claes  
steven.claes@azherentals.be

<sup>1</sup> Centre Orthopédique Paul Santy, FIFA Medical Center of Excellence, Groupe Ramsay-Generale de Santé, 24 avenue Paul Santy, 69008 Lyon, France

<sup>2</sup> Kansas City University, Kansas City, MO, USA

<sup>3</sup> Orthopaedic Unit and Kirk Kilgour Sports Injury Center, Sant'Andrea University Hospital, "Sapienza" University of Rome, Rome, Italy

<sup>4</sup> Knee Surgery Division, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

<sup>5</sup> Division of Sportstraumatology, Department of Orthopedics, Aarhus University Hospital, Tage Hansens Gade 2, 8000 Aarhus C, Denmark

<sup>6</sup> Associação Beneficente Hospital Universitário de Marília-SP Brazil, Cidade Universitária, Rua Dr Prospero Cecilio Coimbra 80, Marília, SP 17525-160, Brazil

<sup>7</sup> Department of Sport and Exercise, Sport and Exercise Research Centre, University of Winchester, Winchester SO22 4NR, UK

<sup>8</sup> Dipartimento Rizzoli Sicilia, Ortopedia e Traumatologia, Università di Bologna, SS 113 al km 246, 90011 Bagheria, PA, Italy

<sup>9</sup> St. Antonius Hospital, Soestwetering 1, 3543 AZ Utrecht, The Netherlands

<sup>10</sup> Department of Orthopaedic Surgery and Traumatology, AZ Herentals, Herentals, Belgium

**Apêndice E** - Helito CP, Helito PV, Leão RV, Demange MK, Bordalo-Rodrigues M. Anterolateral ligament abnormalities are associated with peripheral ligament and osseous injuries in acute ruptures of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Mar 14. [Epub ahead of print]

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc  
DOI 10.1007/s00167-017-4498-6



KNEE

## Anterolateral ligament abnormalities are associated with peripheral ligament and osseous injuries in acute ruptures of the anterior cruciate ligament

Camilo Partezani Helito<sup>1,2</sup> · Paulo Victor Partezani Helito<sup>1,3</sup> · Renata Vidal Leão<sup>1</sup> · Marco Kawamura Demange<sup>2</sup> · Marcelo Bordalo-Rodrigues<sup>1,3</sup>

Received: 7 November 2016 / Accepted: 27 February 2017  
© European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery, Arthroscopy (ESSKA) 2017

### Abstract

**Purpose** Few studies have used MRI to identify the ALL. As it was shown that it is not possible to precisely characterize this ligament in all examination, it is important to identify concomitant lesions that can help in diagnosing ALL abnormalities. It is important to characterise this injury due to its association with anterolateral knee instability. Thus, the present study was performed to determine the frequency of ALL injuries in patients with acute ACL rupture and to analyse its associated knee lesions.

**Methods** Patients with acute ACL injuries were evaluated by MRI. Among this population, the ALL was classified as non-visualised, injured or normal. The possible abnormalities of the meniscus, collateral ligaments, popliteus tendon, posterior cruciate ligament, Iliotibial band (ITB), anterolateral capsule and osseous injuries were evaluated. The association of an ALL injury with these other knee structures as well as sex and age was calculated.

**Results** Among the 228 knees evaluated, the ALL could not be entirely identified in 61 (26.7%). Of the remaining 167, 66 (39.5%) presented an ALL abnormality and only four (6.1%) were Segond fractures. ALL abnormalities were associated with lesions of the lateral collateral ligament, medial collateral ligament, popliteus tendon, ITB,

anterolateral capsule and osseous contusions of the femoral condyle and tibial plateau. No correlation was found with medial meniscus, lateral meniscus and posterior cruciate ligament injuries. There was no association between ALL injuries and gender, and older patients were more likely to present an ALL injury.

**Conclusion** ALL injuries are present in approximately 40% of ACL injuries, and a minority of these are Segond fractures. These injuries are associated with peripheral ligament injuries, anterolateral structures lesions and bone contusions, but there is no association with meniscal injuries. Surgeons must be aware of these associations to consider an ALL lesion even if it is not completely clear in imaging evaluation, especially if a high degree of anterolateral instability is present on physical examination.

**Level of evidence** III.

**Keywords** Anterolateral ligament · MRI · Anterior cruciate ligament · Diagnosis · Collateral ligaments · Meniscus · Osseous contusions · Anterolateral capsule · Iliotibial band

### Abbreviations

ACL Anterior cruciate ligament  
ALL Anterolateral ligament  
MCL Medial collateral ligament  
LCL Lateral collateral ligament  
PCL Posterior cruciate ligament  
PT Popliteus tendo  
MRI Magnetic resonance imaging  
ITB Iliotibial band

✉ Camilo Partezani Helito  
camilo\_helito@yahoo.com.br

<sup>1</sup> Hospital Sírio-Libanês, São Paulo, Brazil

<sup>2</sup> Knee Surgery Division, Faculty of Medicine, Institute of Orthopedics and Traumatology, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

<sup>3</sup> Musculoskeletal Radiology Department, Faculty of Medicine, Institute of Orthopedics and Traumatology, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

**Apêndice F-** Daggett M, Helito C, Cullen M, Ockuly A, Busch K, Granite J, Wright B, Sonnery-Cottet B. The anterolateral ligament: an anatomic study on sex-based differences. *Orthop J Sports Med.* 2017 Feb 22;5(2):2325967116689387.

Original Research

## The Anterolateral Ligament

### An Anatomic Study on Sex-Based Differences

Matt Daggett,<sup>\*†</sup> DO, MBA, Camilo Helito,<sup>‡</sup> MD, Matthew Cullen,<sup>†</sup> DO, Andrew Ockuly,<sup>†</sup> DO, Kyle Busch,<sup>†</sup> MS, Joseph Granite,<sup>†</sup> MS, Barth Wright,<sup>†</sup> PhD, and Bertrand Sonnery-Cottet,<sup>§</sup> MD  
*Investigation performed at Kansas City University, Kansas City, Missouri, USA, and São Paulo University, São Paulo, Brazil*

**Background:** The anterolateral ligament (ALL) has been shown to have an important role in rotatory stability of the knee. While there is abundant research on sex-based differences related to anterior cruciate ligament (ACL) rupture, there is a paucity of literature related to such differences in the ALL.

**Purpose:** To define any sex-based differences in the ALL with regard to length, width, and thickness.

**Study Design:** Descriptive laboratory study.

**Methods:** The ALL was initially evaluated in 165 unpaired knees (92 males and 65 females after exclusion criteria applied). The length, width, and thickness of the ALL were measured using a digital caliper. Width and thickness were measured at the joint line just superior to the lateral meniscus. The Mann-Whitney test and Student *t* tests were used to compare measurements between males and females. The Pearson product-moment correlation was subsequently used to determine the correlation between height and weight and the statistically different morphometric variables.

**Results:** The mean ( $\pm$ SD) thickness of the ALL in males was  $2.09 \pm 0.56$  mm, almost twice as thick as females ( $1.05 \pm 0.49$  mm;  $P = 8.8 \times 10^{-20}$ ). There was also a statistically significant difference in ALL length ( $P = 3.8 \times 10^{-7}$ ), but no significant difference was found for width. A moderate association was found between donor height and ALL thickness and length.

**Conclusion:** The anatomic measurements of the ALL demonstrate a difference between sexes, and the ALL is significantly thicker in males than females.

**Clinical Relevance:** As the role of the ALL in rotatory stability of the knee becomes better understood, the difference in the thickness of the ALL we have found between the sexes may be another factor why female athletes have an increased incidence of ACL rupture compared with males. This may also help explain why females have issues with knee laxity and rotatory instability.

**Keywords:** anterolateral ligament; anterolateral rotatory instability; gender differences; anterior cruciate ligament; anatomy

Injuries to the anterior cruciate ligament (ACL) are a common occurrence, with 100,000 to 250,000 annually in the United States alone.<sup>17,39</sup> Females are especially at risk for suffering this injury, as female athletes are 2 to 8 times more likely to suffer an ACL injury than their male counterparts.<sup>4,46</sup> This trend continues in athletes of the same

sport, as female soccer and basketball players are 3 times more likely to suffer an ACL injury than their male counterparts.<sup>3,5</sup> Multiple risk factors have been identified in females attributing in part to this discrepancy. These include an increased quadriceps angle,<sup>11</sup> smaller notch width,<sup>28</sup> smaller ACL size,<sup>17</sup> increased laxity in tibial rotation,<sup>6</sup> and an increase in posterior tibial slope,<sup>22</sup> yet much debate remains regarding the primary factors for this disproportionate discrepancy.<sup>1,11,16,17,22,28,48</sup>

Historically, much interest has been placed on the anterolateral structures of the knee and their contribution to knee rotational stability and protective function of the ACL.<sup>30,44</sup> Recent investigations into the anterolateral ligament (ALL) of the knee have provided a renewed focus on these anterolateral structures and their contribution to knee stability<sup>1</sup> and correlation with the pivot-shift test.<sup>41,42</sup>

\*Address correspondence to Matt Daggett, DO, MBA, 2000 SE Blue Parkway, Suite 230, Lee's Summit, MO 64064, USA (email: matthewdaggett@gmail.com).

<sup>†</sup>Kansas City University, Kansas City, Missouri, USA.

<sup>‡</sup>São Paulo University, São Paulo, Brazil.

<sup>§</sup>Centre Orthopédique Santy, Générale De Santé. Hôpital Jean Mermoz, Lyon, France.

One or more of the authors has declared the following potential conflict of interest or source of funding: B.S.-C. is a consultant for Arthrex. Ethical approval for was not sought for the present study.

The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 5(2), 2325967116689387  
 DOI: 10.1177/2325967116689387  
 © The Author(s) 2017

<sup>1</sup>References 2, 7, 9, 10, 13, 15, 20, 21, 26, 29, 40, 42, 47, 49.

This open-access article is published and distributed under the Creative Commons Attribution - NonCommercial - No Derivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits the noncommercial use, distribution, and reproduction of the article in any medium, provided the original author and source are credited. You may not alter, transform, or build upon this article without the permission of the Author(s). For reprints and permission queries, please visit SAGE's website at <http://www.sagepub.com/journalsPermissions.nav>.

**Apêndice G** - Daggett M, Claes S, Helito CP, Imbert P, Monaco E, Lutz C, Sonnery-Cottet B. The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling laxity of the intact and ACL-deficient knee: letter to the editor. *Am J Sports Med.* 2016 Apr;44(4):NP14-5.

## The Role of the Anterolateral Structures and the ACL in Controlling Laxity of the Intact and ACL-Deficient Knee: Letter to the Editor

DOI: 10.1177/0363546516638069

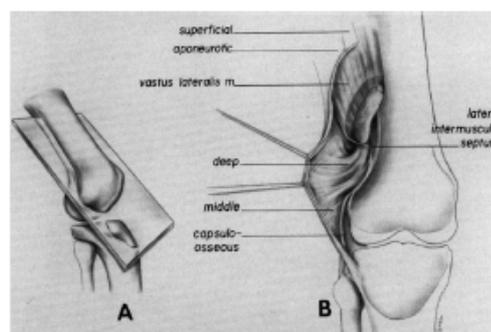
### Dear Editor:

We read with significant interest the article by Kittl et al<sup>10</sup> on the role of the anterolateral structures in controlling laxity of the intact and anterior cruciate ligament (ACL)-deficient knee. We congratulate the authors on this interesting study, which contributes further to our understanding of the role of these anatomic structures.

However, we would like to bring up some important questions and remarks related to this paper. First, has the dissection technique utilized in this study been previously validated? How did the authors confirm that they were isolating the deep iliotibial band (ITB) from the superficial ITB? Similarly, the isolation of the anterolateral ligament (ALL) performed in this study has never, to our knowledge, been performed in this way. How did the authors ensure that the deep capsulo-osseous layer and the ALL were completely separated in their entirety? Was histologic analysis subsequently performed to ensure that each structure tested was as described?

The ALL described in the article and illustrated in Figure 3 is visually quite different from the structure described in previous publications.<sup>1-5,19</sup> The ALL depicted in Figure 3 of this article appears significantly smaller, with an attachment that appears to be adjacent to the joint line of the tibia, above the tibial landmarks previously described. Furthermore, the anatomic depiction lacks the fanlike insertion on the tibia that has been widely published.<sup>1-5,19</sup> In addition, Figure 2B of the Kittl et al<sup>10</sup> article demonstrates the knee after resection of the capsulo-osseous layer of the ITB, prior to isolation of the ALL, yet there does not appear to be any distinguishable structure remaining, certainly not the presence of a robust ALL.

We know that the dissection technique utilized contributes significantly to the interpretation of the characteristics of these anterolateral structures, specifically the ALL,<sup>1,3-5</sup> and that this interpretation also alters the biomechanical characteristics of these structures.<sup>9,14</sup> A review of articles by Kaplan<sup>7,8</sup> and Terry et al<sup>17,18</sup> reveals the historical challenge in defining these structures. It is interesting, however, that Terry et al<sup>17</sup> describe the capsulo-osseous layer of the deep ITB as a structure "whose proximal origin is continuous with fascia covering the plantaris and lateral gas-



**Figure 1.** The capsulo-osseous layer of the iliotibial band as described by Terry et al<sup>17</sup> demonstrates significant similarity to the anterolateral ligament as described by Claes et al.<sup>1</sup> (Reprinted with permission from Terry et al.<sup>17</sup> ©1986, American Orthopaedic Society for Sports Medicine.)

trocnemius and whose tibial insertion is just posterior to the Gerdy tubercle." Furthermore, Terry et al<sup>17</sup> describe this structure as acting as if it is "an anterolateral ligament of the knee" (Figure 1<sup>18</sup>). We postulate that perhaps the "deep capsulo-osseous layer of the ITB" referenced by Terry et al<sup>17</sup> and the ALL of the knee are generally the same structure, just dissected with different techniques.

Current literature clearly demonstrates that directly underneath the "superficial" ITB lies the ALL, as demonstrated not only by the dissection technique from Daggett et al<sup>2</sup> but also by magnetic resonance imaging studies showing that the ALL runs inferior to the ITB with no other distinguishable structure between them.<sup>6,11</sup> Additionally, we know that this structure is histologically an extracapsular ligament<sup>4,19</sup> and is involved in rotational control of the knee.<sup>13,15,16</sup> The correlation between the ALL and the "capsulo-osseous layer of the ITB" as described by Terry et al<sup>17</sup> is further supported by biomechanical findings. When the findings of this study by Kittl et al<sup>10</sup> are compared with those of other studies examining the role of the ALL in internal rotation control of the tibia,<sup>13,15,16</sup> the results are quite similar if one considers the structures to be the same. Regardless of name, we are now all in agreement that an anatomic structure, deep to the superficial ITB that inserts posterior to the Gerdy tubercle, plays a significant role in controlling internal rotation of the knee.

Furthermore, while the authors found a significant contribution of the "superficial" ITB to stability of the knee, we believe that these laboratory findings do not translate clinically. In the setting of acute ACL tear, one rarely encounters an injury to the ITB. Additionally, although the authors found the different structures contributing to rotation at varying degrees of flexion, physiologic motion of the knee in its entirety is what is important, and this motion is limited internal rotation toward knee extension (ie, 15°) with significantly more physiologic rotation in deeper degrees of knee flexion (ie, 90°).<sup>12</sup>

**Apêndice H** - Sonnery-Cottet B, Daggett M, Helito CP, Cavalier M, Choudja E, Vieira TD, Thauinat M. Anatomic anterolateral ligament reconstruction leads to overconstraint at any fixation angle: letter to the editor. *Am J Sports Med.* 2016 Oct;44(10):NP57-NP58.

## Anatomic Anterolateral Ligament Reconstruction Leads to Overconstraint at Any Fixation Angle: Letter to the Editor

DOI: 10.1177/0363546516669313

### Dear Editor:

We read with significant interest the article by Schon et al<sup>5</sup> on the effect of the anterolateral ligament (ALL) reconstruction graft fixation angle on knee joint kinematics in the presence of a concomitant anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction.

In their navigated cadaveric study, the authors tested an anatomic ALL reconstruction using graft fixation angles of 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, and 90° concomitant with an ACL reconstruction. Internal rotation, anterior translation, axial plane translation, and internal rotation during a simulated pivot-shift test were recorded. Kinematic changes were measured and compared with the intact state for all reconstructed and sectioned states with a 6 degrees of freedom robotic system. The authors found that "anatomic ALLR at all graft fixation angles significantly overconstrained internal rotation of the knee joint beyond 30° of flexion and at 45° and 60° during the pivot-shift test." The authors concluded that "ALLR at any fixation angle overconstrained native joint kinematics and should be performed with careful consideration."<sup>5</sup>

In their protocol, the authors anatomically reconstructed the ALL and arbitrarily applied an 88-N traction force for its fixation. The details of their results indicate that for an ALL graft fixed in full extension compared with an intact knee, the mean maximum overconstraint was 2.8° at 120° of flexion after an internal rotation torque, 2.2° at 60° of flexion in an internal rotation, and 1.2° at 45° of flexion in an axial translation during a simulated pivot shift. We must ask two questions: Would the authors have obtained the same results with less tension on the ALL graft? Eighty-eight newtons of force is a significant force that likely does not mimic physiologic knee motion. Additionally, even at this high, extraphysiologic force, what are the clinical ramifications of 1° to 2° of overconstraint?

Moreover, their study fails to reproduce the real clinical and biomechanical consequence of an ACL rupture. In their review of literature, Noyes and Barber-Westin<sup>2</sup> reported that 60% of meniscal lesions were concomitant with ACL tears in 19,531 patients. Study also suggests that meniscocapsular lesions will allow abnormal tibiofemoral laxity.<sup>7</sup> Furthermore, an isolated ACL tear was reported to be a rare phenomenon and was noted in only 12% of the cases in an MRI study of 1145 cases; ACL tear occurred in

combination with other ligament injuries, meniscal tears, cortical depression fractures, or osteochondral fractures in 88% of cases.<sup>4</sup> Would the Schon et al have obtained the same results with such concomitant injuries?

In their discussion, Schon et al reported high failure rates, long-term chronic pain and/or swelling, lower subjective and objective results, and poor long-term functional results after lateral extra-articular (LET) procedures. They also reported that adding LET to an intra-articular ACL reconstruction provided no significant benefits and that LET demonstrated internal tibial rotation overconstraint. All of the clinical studies cited were published more than 10 years ago and were based on nonanatomic LET procedures using mostly an iliotibial band strand under the lateral collateral ligament, fixed in flexion and often with the tibia in external rotation. Moreover, the postoperative rehabilitation protocol was completely different in these early studies.<sup>1,3,4,8,9</sup>

The best answer to this ongoing biomechanical controversy is found in our clinical results.<sup>6</sup> Based on our clinical experience with several hundred combined ACL and ALL reconstructions, we do not believe that the concerns raised about overconstraint of the knee are valid with anatomic ALL reconstruction performed with the graft fixed in full extension and in neutral rotation.<sup>6</sup> With a 5-year follow-up, we have found no clinical evidence of overconstraint or stiffness and we have not performed one reoperation to cut a tight ALL. Given our results of combined ACL and ALL reconstruction compared with traditional ACL reconstruction with regard to rerupture rate, return to play, and rotational stability, we extended massively our combined ALL indications in nearly 70% of our patients. Initially, our indications included the presence of a pivot shift on examination, a Segond fracture identified on preoperative radiography, and revision ACL cases. Because of our early success, we have now expanded our indications to include participation in pivoting athletics, female patients, hyperlaxity, and patients younger than 25 years. Our clinical results, which are very promising in retrospective study, should be confirmed in a prospective randomized study.

In conclusion, we value the biomechanical findings of the article by Schon et al but disagree with the conclusions and extrapolations in regard to clinical reconstruction of the ALL. Biomechanical studies provide new insights and are important for sports medicine and orthopaedic surgeons. However, these cadaveric studies in isolation should be very cautiously interpreted and cannot be used to either verify or discount a surgical procedure.

Bertrand Sonnery-Cottet, MD  
Lyon, France  
Matt Daggett, DO, MBA  
Kansas City, Missouri, USA  
Camilo P. Helito, MD  
Sao Paulo, Brazil  
Maxime Cavalier, MD  
Nice, France  
Eric Choudja, MD  
Lausanne, Switzerland

**Apêndice I** - Sonnery-Cottet B, Daggett M, Helito CP, Fayard JM, Thauinat M. Combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction. *Arthrosc Tech.* 2016 Oct 31;5(6):e1253-e1259.

ARTICLE IN PRESS

Technical Note

## Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction

Bertrand Sonnery-Cottet, M.D., Matt Daggett, D.O., M.B.A., Camilo Partezani Helito, M.D., Jean-Marie Fayard, M.D., and Mathieu Thauinat, M.D.

**Abstract:** Despite technologic advances in the surgical technique for anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction, some patients continue to have rotational instability postoperatively. Recently, authors have reported the anatomic and functional characteristics of the anterolateral ligament (ALL), a structure that originates near the lateral epicondyle on the femur and inserts on the tibia between the Gerdy tubercle and the fibular head. Recent biomechanical studies have shown the ALL is an important stabilizer against anterolateral tibial rotation, and its reconstruction has shown excellent initial clinical results. Several techniques have been developed to try to anatomically address this structure in the setting of an ACL reconstruction. This article details a simple anatomic technique to reconstruct the ACL and the ALL of the knee using hamstring tendon autograft and maintaining the semitendinosus insertion.

**A**nterior cruciate ligament (ACL) injury is among the most common orthopaedic injuries.<sup>1</sup> Despite technologic advances in the surgical technique for ACL reconstruction, some patients continue to have rotational instability postoperatively, decreasing the return-to-sport rate.<sup>2</sup> Failures can occur because of improper tunnel positioning, problems with patient rehabilitation, or non-optimal incorporation of the graft used for reconstruction.<sup>3</sup>

Recently, authors have reported the anatomic and functional characteristics of the anterolateral ligament (ALL), describing a structure that originates near the lateral epicondyle on the femur and inserts on the lateral meniscus and broadly in a fanlike attachment on the tibia between the Gerdy tubercle and the fibular

head.<sup>4-8</sup> Although its function remains controversial, recent biomechanical studies have shown it is an important stabilizer against anterolateral tibial rotation and its reconstruction has shown excellent initial clinical results.<sup>9-11</sup>

Several techniques have been developed to try to anatomically address this structure in the setting of an ACL reconstruction.<sup>12-14</sup> The lead author (B.S.-C.) has developed a simple anatomic technique to reconstruct the ACL and the ALL of the knee using hamstring tendons and keeping the semitendinosus inserted to preserve tendon vascularization (Video 1, Table 1).

### Surgical Technique

#### Patient Setup

The patient is placed supine on an operative table in the standard arthroscopy position with a lateral post just proximal to the knee, at the level of the padded tourniquet, and a foot roll to prevent the hip from externally rotating and to keep the knee flexion at 90°. In this way, the knee can be moved freely through the full range of motion.

#### Bony Landmarks

Three bony landmarks are marked before application of the povidone-iodine-coated cutaneous drape, namely the head of the fibula, the Gerdy tubercle, and the lateral epicondyle (Fig 1).

From the Centre Orthopédique Santy, FIFA Medical Center of Excellence, Group Ramsay-Général de Santé (B.S.-C., J.-M.F., M.T.), Lyon, France; Kansas City University (M.D.), Kansas City, Missouri, U.S.A.; and University of Sao Paulo (C.P.H.), Sao Paulo, Brazil.

The authors report the following potential conflict of interest or source of funding: B.S.-C. receives support from Arthrex (consultant). J.-M.F. receives support from Arthrex (consultant). M.T. receives support from Arthrex (consultant).

Received June 1, 2016; accepted August 2, 2016.

Address correspondence to Bertrand Sonnery-Cottet, M.D., Centre Orthopédique Santy, 24 Avenue Paul Santy, F-69008 Lyon, France. E-mail: sonnerycottet@aol.com

© 2016 by the Arthroscopy Association of North America  
2212-6287/16497/\$36.00

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ats.2016.08.003>

**Apêndice J** - Sonnery-Cottet B, Saithna A, Helito C, Daggett M, Thauinat M. Regarding "anterolateral ligament of the knee, fact or fiction?". *Arthroscopy*. 2016 Sep;32(9):1740-1.

### Letters to the Editor

#### Regarding "Anterolateral Ligament of the Knee, Fact or Fiction?"

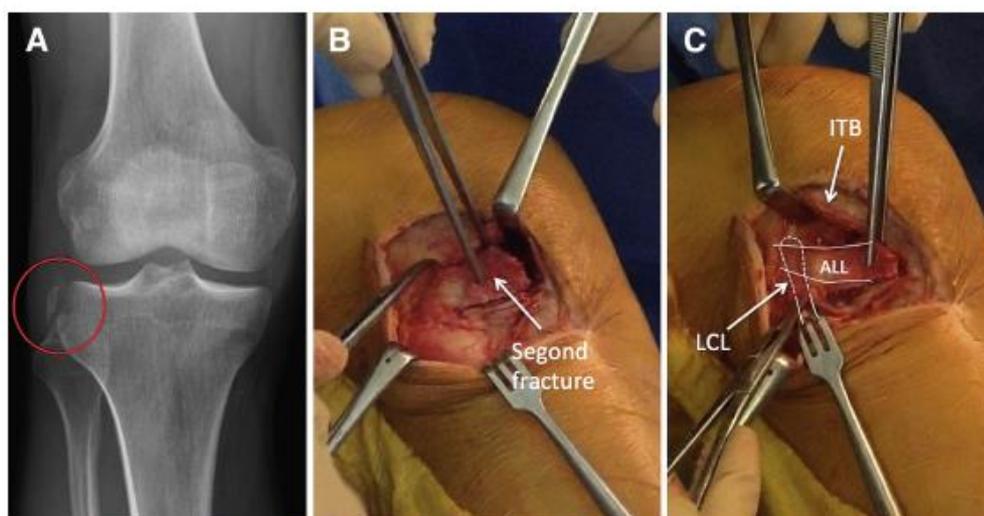


We are in total agreement with Lubowitz et al.<sup>1</sup> and read with interest that the anterolateral ligament (ALL) is considered fictional by some authors. Musahl et al.<sup>2</sup> state that in anatomic and radiologic evaluation, a "thickening" of the anterolateral capsule was identified in only 30% of patients. They also consider that ALL reconstruction is unable to restore rotational stability<sup>3</sup> and may result in overconstraint.<sup>4</sup>

Much of this dissent arises from ongoing confusion regarding the anatomy of the ALL, and it is clear that a consensus should be sought.<sup>4</sup> To do so, it is important to share our experience of dissection. We consider that this can be difficult and almost impossible when one starts from the femoral insertion. However, when following the "Daggett protocol," the ALL can be identified in all cases.<sup>5</sup> This also seems to be the case from a radiologic perspective with several recent publications showing that the ALL can be clearly identified on magnetic resonance imaging in the majority of patients.<sup>6-8</sup>

It is an error to state that ALL reconstruction is unable to restore rotational stability on the basis of the cited study because the authors evaluated a single-strand tape reconstruction fixed distal to the lateral epicondyle.<sup>7</sup> Recent literature has shown that the femoral origin is in fact proximal and posterior to the epicondyle<sup>9,10</sup> (Fig 1) and that this is the optimal location for a reconstruction in order to reproduce the biomechanical function of the native ALL, which is tight in extension and lax in flexion.<sup>11</sup>

Figure 1 is also important in addressing the point raised by Musahl et al.<sup>2</sup> that the Segond fracture, which has been suggested as the bony equivalent of an ALL rupture, has not been linked to increased rotational laxity. We believe that the clinical photograph of a large Segond fracture in a patient undergoing anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction clearly shows that this rotational injury is a bony avulsion of the ALL (as it corresponds exactly with our surgical dissection of the ALL).



**Fig 1.** (A) An anteroposterior radiograph of the right knee shows a large Segond fracture (circle) in a patient undergoing open reduction and internal fixation with concomitant anterior cruciate ligament reconstruction. (B, C) The photographs show that the structure that overlaps the lateral collateral ligament (LCL) and has a broad attachment to the bony avulsion is the anterolateral ligament (ALL) identified during previous dissections.<sup>5</sup> (ITB, iliotibial band.)

The final point to make is that we do not believe the concerns raised about overconstraint of the knee are valid if anatomic reconstruction is performed and the graft is fixed in full extension and neutral rotation.<sup>11</sup> In our published experience of 92 combined ACL and ALL reconstructions, with 2 years' follow-up, there has been no clinical evidence of overconstraint (no stiffness and no reoperations to cut a tight ALL). In addition, we report a very low ACL graft failure rate of only 1.1%.<sup>12</sup>

The best answer to this ongoing controversy is our clinical results, which are very promising on retrospective study. Such results strongly suggest that the ALL is not fiction and that there is an urgent need to start a prospective randomized study to confirm this.

Bertrand Sonnery-Cottet, M.D.  
Lyon, France

Adnan Saithna, M.B.Ch.B., Dip.S.E.M., M.Sc.,  
F.R.C.S.(T&O)  
Lyon, France  
Lancashire, England

Camilo Helito, M.D.  
Sao Paulo, Brazil

Matthew Daggett, D.O., M.B.A.  
Kansas City, Missouri

Mathieu Thauinat, M.D.  
Lyon, France

**Note:** The authors report the following potential conflict of interest or source of funding: B.S.-C. receives support from Arthrex. M.T. receives support from Arthrex.

© 2016 by the Arthroscopy Association of North America  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2016.07.001>

### References

- Lubowitz JH, Provencher MT, Rossi MJ, Brand JC. News you can use: The knee anterolateral ligament and the ISAKOS journal. *Arthroscopy* 2016;32:727-728.
- Musahl V, Rahnama-Azar AA, van Eck CF, Guenther D, Fu FH. Anterolateral ligament of the knee, fact or fiction? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24:2-3.
- Spencer L, Burkhart TA, Tran MN, et al. Biomechanical analysis of simulated clinical testing and reconstruction of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med* 2015;43:2189-2197.
- LaPrade RF. Editorial commentary: Defining the anatomy of the anterolateral aspect of the knee among experts is clearly needed. *Arthroscopy* 2016;32:842-843.
- Daggett M, Busch K, Sonnery-Cottet B. Surgical dissection of the anterolateral ligament. *Arthrosc Tech* 2016;5:e185-e188.
- Coquart B, Corroller TL, Laurent PE, et al. Anterolateral ligament of the knee: Myth or reality? [published online March 2, 2016]. *Surg Radiol Anat*. doi:10.1007/s00276-016-1657-2.
- Taneja AK, Miranda FC, Braga CA, et al. MRI features of the anterolateral ligament of the knee. *Skeletal Radiol* 2015;44:403-410.
- Helito CP, Helito PV, Costa HP, et al. MRI evaluation of the anterolateral ligament of the knee: Assessment in routine 1.5-T scans. *Skeletal Radiol* 2014;43:1421-1427.
- Daggett M, Ockuly AC, Cullen M, et al. Femoral origin of the anterolateral ligament: An anatomic analysis. *Arthroscopy* 2016;32:835-841.
- Kennedy MJ, Claes S, Fuso FA, et al. The anterolateral ligament: An anatomic, radiographic, and biomechanical analysis. *Am J Sports Med* 2015;43:1606-1615.
- Imbert P, Lutz C, Daggett M, et al. Isometric characteristics of the anterolateral ligament of the knee: A cadaveric navigation study [published online May 4, 2016]. *Arthroscopy*. doi:10.1016/j.arthro.2016.02.007.
- Sonnery-Cottet B, Thauinat M, Freychet B, et al. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2015;43:1598-1605.

### Authors' Reply



We thank Sonnery-Cottet et al. for raising points in their letter to the editor, giving us the opportunity for much needed clarification of confusing statements for the reader of both journals—*Arthroscopy* and *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*—regarding the anterolateral complex of the knee. The main points raised are consistent identification of the anterolateral ligament (ALL), the role of the anterolateral complex in restoring rotational knee stability, and overconstraint. We would also like to congratulate Sonnery-Cottet et al.<sup>1</sup> on their excellent study showing good outcomes of combined anterior cruciate ligament (ACL) and ALL reconstructions with only 9.2% residual pivot shift at 2 years' follow-up.

As editors of *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, we have seen an inflation of manuscripts appearing in the literature. There are an even higher number of submitted manuscripts with few identifiable scientific methods. In particular, a search of MEDLINE shows that more than 20 studies detailing the anatomic description of the anterolateral complex have been published since October 2013.<sup>2-28</sup> The findings and conclusions of these studies differ from one another with respect to origin, insertion, and course of the proposed ligament. We agree, however, with classic literature from Terry et al.,<sup>29</sup> Hughston et al.,<sup>30</sup> Müller,<sup>31</sup> and other authors,<sup>32</sup> who described meticulous dissections and reported their findings in

**Apêndice K** - Helito CP, Bonadio MB, Rozas JS, Wey JM, Pereira CA, Cardoso TP, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Biomechanical study of strength and stiffness of the knee anterolateral ligament. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016 Apr 30;17:193.

Helito et al. *BMC Musculoskeletal Disorders* (2016) 17:193  
DOI 10.1186/s12891-016-1052-5

BMC Musculoskeletal  
Disorders

RESEARCH ARTICLE

Open Access



## Biomechanical study of strength and stiffness of the knee anterolateral ligament

Camilo Partezani Helito<sup>1,4\*</sup>, Marcelo Batista Bonadio<sup>1</sup>, João Stefan Rozas<sup>3</sup>, João Marcelo Pedroso Wey<sup>3</sup>, Cesar Augusto Martins Pereira<sup>2</sup>, Tulio Pereira Cardoso<sup>3</sup>, José Ricardo Pécora<sup>1</sup>, Gilberto Luis Camanho<sup>1</sup> and Marco Kawamura Demange<sup>1</sup>

### Abstract

**Background:** Recent studies clearly characterize the anatomical parameters of the knee anterolateral ligament (ALL). The potential clinical importance of this ligament is exemplified by some patients with possible combined Anterior Cruciate Ligament (ACL) and ALL rupture who do not progress satisfactorily following isolated ACL reconstruction. Previous biomechanical studies have assessed the resistance parameters of the ALL in order to address potential reconstruction strategies; however, these have reported conflicting results. Thus, this study aimed to evaluate the linear resistance of the ALL by means of a biomechanical study in cadaveric knees.

**Methods:** Fourteen cadaveric knees were used. The ALL was dissected, and all structures that connect the femur and the tibia, except for the ALL, were sectioned. The ALL was subjected to a tensile test with the knee around 30 to 40 degrees, in a way that the ALL was aligned with the machine. The strength at the maximum resistance limit, deformation and stiffness of the ALL were evaluated.

**Results:** The mean maximum strength of the ALL was 204.8 +/- 114.9 N. The stiffness was 41.9 +/- 25.7 N/mm and the deformation 10.3 +/- 3.5 mm.

**Conclusion:** The ALL has a mean ultimate tensile strength of 204.8 N. This suggests that simple bands of all autologous or homologous grafts commonly used in clinical practice for ligament reconstruction around the knee possess the required biomechanical resistance characteristics for ALL reconstruction.

**Keywords:** Knee, Anterolateral ligament, Biomechanics, Anatomy

### Background

Recent studies have characterized the anterolateral ligament (ALL) of the knee in detail [1–6]. This structure is regarded as having a complementary action to the anterior cruciate ligament (ACL) with regard to anterolateral rotational knee stability. Its potential clinical importance is exemplified by patients with possible combined ACL and ALL rupture who do not progress satisfactorily following isolated ACL reconstruction [7, 8].

Anatomical and histological studies have confirmed the presence of the ALL and showed well-organized dense connective tissue in the ALL substance, compatible with true ligament tissue. These findings have been corroborated by imaging studies of the ALL [4, 6, 9, 10]. Despite some controversy regarding femoral attachment, which has already been defined as anterior and distal or posterior and proximal to the Lateral Collateral Ligament (LCL), the tibial attachment between Gerdy's tubercle and the fibular head is constant. Similar to the medial side, a meniscal attachment at the transition between the anterior horn and the meniscus body has been found [3, 4, 6, 11]. Radiographic landmarks and length change patterns of the ligament during flexion-extension were also studied [12–14].

Biomechanical studies that tested the anterolateral capsule and indirectly demonstrated the importance of

\* Correspondence: Camilo\_helito@yahoo.com.br

<sup>1</sup>The study was performed at the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, Brazil.

<sup>2</sup>Knee Surgery Division, Department of Orthopedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology-Hospital and Clinic, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), São Paulo, Brazil

<sup>3</sup>Rua Dr. Ovidio Pires de Campos, 333, Cerqueira Cesar, São Paulo SP CEP: 05403-010, Brazil

Full list of author information is available at the end of the article



**Apêndice L** - Helito CP, Bonadio MB, Gobbi RG, da Mota E Albuquerque RF, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Is it safe to reconstruct the knee anterolateral ligament with a femoral tunnel? Frequency of lateral collateral ligament and popliteus tendon injury. *Int Orthop*. 2016 Apr;40(4):821-5.

International Orthopaedics (SICOT) (2016) 40:821–825  
DOI 10.1007/s00264-015-2888-2



ORIGINAL PAPER

## Is it safe to reconstruct the knee Anterolateral Ligament with a femoral tunnel? Frequency of Lateral Collateral Ligament and Popliteus Tendon injury

Camilo Partezani Helito<sup>1</sup> · Marcelo Batista Bonadio<sup>1</sup> · Riccardo Gomes Gobbi<sup>1</sup> · Roberto Freire da Mota e Albuquerque<sup>1</sup> · José Ricardo Pécora<sup>1</sup> · Gilberto Luis Camanho<sup>1</sup> · Marco Kawamura Demange<sup>1</sup>

Received: 7 April 2015 / Accepted: 20 June 2015 / Published online: 12 July 2015  
© SICOT aishl 2015

### Abstract

**Purpose** This study sought to determine the safety limits for performing a femoral bone tunnel to reconstruct the knee anterolateral ligament (ALL) by establishing its distance from the lateral collateral ligament (LCL) and the popliteus muscle tendon (PT) on the lateral femoral condyle.

**Methods** Anatomic study on 48 knee cadaveric specimens. The femoral attachments of the studied structures were isolated, and the distance between them was measured. For each cadaver, the percentage of cases in which at least 50 % of the LCL and PT would be injured when using 4- to 12-mm-diameter drills in an ALL reconstruction procedure was evaluated.

**Results** The LCL and PT were 3.8 mm and 10.2 mm distant from the ALL, respectively. A 4-mm tunnel would cause LCL injury in 8.3 % of cases, with increasing incidence of injury up to 87.5 % with a 12-mm drill. Injury to the PT would start with the 10-mm drill, causing injury in 2.0 % of cases.

**Conclusions** Performing a tunnel in the center of the ALL may cause an iatrogenic injury to the LCL origin. No cases of PT injury are expected to occur with drills smaller than 10 mm.

**Keywords** Anterolateral ligament · Knee instability · Anatomy · Lateral collateral ligament · Anterolateral ligament reconstruction · Popliteus muscle tendon

### Introduction

The anterolateral ligament (ALL) of the knee was described by Segond [1] in 1879 as a fibrous and resistant band adjacent to the anterolateral knee capsule. Despite some mentions in the literature under several different names, the first study to specifically research its anatomy was conducted by Vincent et al. [2].

To date, few anatomical studies have been performed with the specific objective of studying the ALL anatomy [2–6]. In particular, the studies performed by Vincent et al. [2], Caterine et al. [3] and Helito et al. [5] provided histological confirmation that the ALL is a true ligament.

Although so far there is not a specific biomechanical test for studying the ALL, the importance of the anterolateral capsule for anterior cruciate ligament (ACL) injuries has already been studied, and is suggested to play a possible role in anterolateral knee instability [7–9]. These data were corroborated in the biomechanical study by Monaco et al. [10], which showed that injury to the anterolateral capsule increases the pivot-shift test grade. Monaco et al. indirectly demonstrated the importance of this ligament in the genesis of rotatory instability of the knee.

With the growing knowledge of the ALL, this structure has been studied through the use of anatomical specimens as well as magnetic resonance imaging [11–13], ultrasound [14] and radiography [15, 16]. Thus, it is likely that studies on its reconstruction will soon emerge.

According to previous anatomical studies, except for the study by Dodds et al. [6] and some specimens of the study by Caterine et al. [3], which found the ALL origin to be posterior and proximal to the origin of the lateral collateral ligament (LCL), the ALL origin was shown to be located between the LCL origin and the insertion of the popliteus muscle tendon (PT) on the lateral femoral condyle [2–5]. Vincent et al. [2]

✉ Camilo Partezani Helito  
camilo\_helito@yahoo.com.br

<sup>1</sup> University of São Paulo, São Paulo, Brazil

**Apêndice M** - Helito CP, Amaral C, Nakamichi YC, Gobbi RG, Bonadio MB, Natalino RJN, Pécora JR, Cardoso TP, Camanho GL, Demange MK. Why do authors differ with regard to the femoral and meniscal anatomic parameters of the knee anterolateral ligament? *Orthop J Sports Med.* 2016 Dec; 4 (12) 2325967116675604.

Original Research

## Why Do Authors Differ With Regard to the Femoral and Meniscal Anatomic Parameters of the Knee Anterolateral Ligament?

### Dissection by Layers and a Description of Its Superficial and Deep Layers

Camilo Partezani Helito,<sup>\*†</sup> MD, Carlos do Amaral Jr,<sup>‡</sup> MD, Yuri da Cunha Nakamichi,<sup>‡</sup> MD, Riccardo Gomes Gobbi,<sup>†</sup> MD, PhD, Marcelo Batista Bonadio,<sup>†</sup> MD, Renato José Mendonça Natalino,<sup>†</sup> MD, José Ricardo Pécora,<sup>†</sup> MD, PhD, Tulio Pereira Cardoso,<sup>‡</sup> MD, PhD, Gilberto Luis Camanho,<sup>†</sup> MD, PhD, and Marco Kawamura Demange,<sup>†</sup> MD, PhD

*Investigation performed at the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*

**Background:** No consensus exists regarding the anatomic characteristics of the knee anterolateral ligament (ALL). A critical analysis of the dissections described in previous studies allows the division of the ALL into 2 groups with similar characteristics. The presence of considerable variability suggests that the authors may not be referring to the same structure.

**Purpose/Hypothesis:** To perform a lateral anatomic dissection, by layers, seeking to characterize the 2 variants described for the ALL on the same knee. We hypothesized that we would identify the 2 variants described for the ALL and that these variants would have distinct characteristics.

**Study Design:** Descriptive laboratory study.

**Methods:** Thirteen unpaired cadaveric knees were used in this study. The dissection protocol followed the parameters described in previous studies. Immediately below the iliotibial tract, we isolated a structure designated as the superficial ALL, whereas between this structure and the articular capsule, we isolated a structure designated as the deep ALL. The 2 structures were measured for length at full extension and at 90° of flexion and for distance from the tibial insertion relative to the Gerdy tubercle. Potential contact with the lateral meniscus was also evaluated. After measurements were obtained, the 2 dissected structures underwent histologic analysis.

**Results:** The superficial ALL presented a posterior and proximal origin to the center of the lateral epicondyle, its length increased on knee extension, and it exhibited no contact with the lateral meniscus. The deep ALL was located in the center of the lateral epicondyle, its length increased on knee flexion, and it presented a meniscal insertion. Both structures had a similar tibial insertion site; however, the insertion site of the deep ALL was located more posteriorly. The analysis of the histological sections for both structures indicated the presence of dense and well-organized collagen fibers.

**Conclusion:** This anatomic study clearly identified 2 structures, described as the superficial and deep ALL, which were consistent with previous but conflicting descriptions of the ALL.

**Clinical Relevance:** This study clarifies numerous controversies encountered in anatomic studies of the ALL. Knowledge regarding the existence of 2 distinct structures in the anterolateral knee will allow more accurate evaluation of their functions and characteristics.

**Keywords:** anterolateral ligament; anatomy; knee; histology; anterolateral instability

The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 4(12), 2325967116675604  
DOI: 10.1177/2325967116675604  
© The Author(s) 2016

Although described in 1879 by Segond,<sup>26</sup> the knee anterolateral ligament (ALL) has only recently been recognized as being important.<sup>2,10</sup> Its potential clinical importance is exemplified by patients with possible combined anterior

This open-access article is published and distributed under the Creative Commons Attribution - NonCommercial - No Derivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits the noncommercial use, distribution, and reproduction of the article in any medium, provided the original author and source are credited. You may not alter, transform, or build upon this article without the permission of the Author(s). For reprints and permission queries, please visit SAGE's Web site at <http://www.sagepub.com/journalsPermissions.nav>.

**Apêndice N** - Helito CP, Bonadio MB, Soares TQ, da Mota E Albuquerque RF, Natalino RJ, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. The meniscal insertion of the knee anterolateral ligament. *Surg Radiol Anat.* 2016 Mar;38(2):223-8.

*Surg Radiol Anat* (2016) 38:223–228  
DOI 10.1007/s00276-015-1533-5



ORIGINAL ARTICLE

## The meniscal insertion of the knee anterolateral ligament

Camilo Partezani Helito<sup>1</sup> · Marcelo Batista Bonadio<sup>1</sup> · Thiago Queiroz Soares<sup>2</sup> · Roberto Freire da Mota e Albuquerque<sup>1</sup> · Renato José Mendonça Natalino<sup>3</sup> · José Ricardo Pécora<sup>1</sup> · Gilberto Luis Camanho<sup>1</sup> · Marco Kawamura Demange<sup>1</sup>

Received: 5 December 2014 / Accepted: 29 July 2015 / Published online: 6 August 2015  
© Springer-Verlag France 2015

### Abstract

**Purpose** The aim of this study is to characterize in detail the meniscal insertion of the anterolateral ligament (ALL) of the knee, establishing parameters regarding the circumference of the lateral meniscus and the popliteal muscle tendon (PMT) groove in addition to its histological analysis. **Methods** A total of 33 knees of cadavers were dissected. The ALL and the lateral meniscus were removed en bloc. After removal of the anatomical specimen, the meniscus circumference, the ALL insertion points on the external surface of the lateral meniscus, and the PMT groove were measured. Eight menisci were subjected to histological analysis.

**Results** The ALL was found in all dissections performed. The ALL insertion occurred macroscopically in the transition between the anterior horn and the lateral meniscus body, specifically beginning at 36.0 % and ending at 41.9 % of the meniscal circumference, occupying a mean area of 5.6 mm. The distance between the end of the ALL

meniscal insertion and the beginning of the PMT groove averaged 12.9 mm. In the histological evaluation, in longitudinal sections, we observed dense collagen fibers of the ligament inserting on the external surface of the meniscus. It is possible to observe a spreading of collagen fibers at the moment of meniscal insertion.

**Conclusions** The ALL meniscal insertion was found in all dissected specimens, beginning with approximately 36 % of the meniscal outer diameter, 12.9 mm anterior to the beginning of the PMT groove. The histological analysis confirmed the presence of true ligamentous tissue in the dissected specimens.

**Keywords** Anterolateral ligament · Lateral meniscus · Anatomy · Histology

### Introduction

Recent anatomical studies have clearly described the anterolateral ligament (ALL) of the knee [4, 6, 8, 16, 18, 28]. This ligament has gained importance due to its possible relationship to the injuries of the anterior cruciate ligament (ACL), a widely studied topic in the orthopedic literature.

Even though this ligament has been first cited by Segond in 1879 [23], only recently it has been focus of attention. Several authors named the ligament that connects the femur to the tibia on the anterolateral portion of the knee capsule in the past and the ALL had different names, such as lateral capsular ligament [20] and anterior oblique band [3], but no author focused exclusively in its anatomy until the past few years.

According to existing studies, the ALL origin is near the lateral epicondyle and follows an antero-inferior path toward

✉ Camilo Partezani Helito  
camilo\_helito@yahoo.com.br

<sup>1</sup> Knee Surgery Division, Department of Orthopaedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology, Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333, Cerqueira Cesar, São Paulo, SP CEP: 05403-010, Brazil

<sup>2</sup> Department of Orthopaedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology, Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), São Paulo, Brazil

<sup>3</sup> Pathological Anatomy Division, Department of Orthopaedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology, Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), São Paulo, Brazil

**Apêndice O** - Helito CP, Demange MK. Outcomes after combined ACL and ALL reconstruction: letter to the editor. *Am J Sports Med.* 2015 Jul;43(7):NP17.

## Outcomes After Combined ACL and ALL Reconstruction: Letter to the Editor

DOI: 10.1177/0363546515591554

### Dear Editor:

We read with great interest the article by Sonnery-Cottet et al<sup>8</sup> about objective and subjective outcomes after combined anterior cruciate ligament (ACL) and anterolateral ligament (ALL) reconstruction. We congratulate the authors on this interesting study, which not only provided relevant follow-up information on the described technique but also extra-articular reconstruction historical data as well as ALL anatomy descriptions.

As far as we are aware, according to previous publications, the ALL shows a nonisometric behavior during flexion-extension.<sup>2,3,5</sup> In anatomic studies, Claes et al<sup>2</sup> found that the ALL increases around 3 mm with flexion. On the other hand, Dodds et al<sup>3</sup> concluded that the ALL decreases around 4 mm with flexion. We believe that these differences are caused by the different femoral attachments they found. Helito et al<sup>5</sup> performed a study with tomography and found that the ALL increases around 6 mm with knee flexion, similar to the findings by Claes et al.<sup>2</sup>

Because of these findings, we believe that the key to complete the ALL anatomic study is to define the ALL femoral attachment. Even though most studies showed it to be anterior and distal to the lateral collateral ligament (LCL) femoral attachment, some authors, such as Dodds et al<sup>3</sup> and Catherine et al,<sup>1</sup> in some of their cases, found it to be posterior and proximal to the LCL. The only study that showed the histological features of this insertion was the one performed by Helito et al,<sup>4</sup> who found it anterior and distal to the LCL.

Kittl et al<sup>6</sup> showed that the femoral point found by Dodds et al<sup>3</sup> showed the most isometric behavior in comparison with the other attachments found, which is compatible to the femoral fixation method of Sonnery-Cottet et al,<sup>8</sup> presenting more tension with knee extension. However, Parsons et al<sup>7</sup> showed that the ALL is apparently more important to internal rotation with >35° of flexion. Helito et al<sup>5</sup> showed that the length increase of the ALL was more important from 60° to 90°, having an antagonistic behavior when compared with the popliteus muscle tendon.

Due to this nonisometric behavior, we believe that even though the authors had excellent results with isometric ALL fixation, this is a question without an answer, which must be studied in greater detail. Nowadays, ligament reconstruction tends to follow a more "anatomic" than "isometric" pattern, and this is the current tendency for the ACL in particular. We believe that the same principles must be followed by the ALL, and this ligament fixation should be performed with knee flexion.

In conclusion, we again congratulate the authors on this admirable study, which is the first one with significant follow-up focused on ALL reconstruction for extra-articular augmentation and which brings attention to the ALL behavior during range of motion so as to improve reconstruction techniques.

Camilo P. Helito, MD  
Marco Kawamura Demange, MD, PhD  
São Paulo, Brazil

Address correspondence to Camilo P. Helito, MD (email: camilo\_helito@yahoo.com.br).

The authors declared that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this contribution.

### REFERENCES

1. Catherine S, Litchfield R, Johnson M, Chronik B, Getgood A. A cadaveric study of the anterolateral ligament: re-introducing the lateral capsular ligament [published online ahead of print June 14, 2014]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014. doi:10.1007/s00167-014-3117-z.
2. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat.* 2013;223(4):321-328.
3. Dodds AL, Halewood C, Gupta CM, Williams A, Amis AA. The anterolateral ligament: anatomy, length changes and association with the Segond fracture. *Bone Joint J.* 2014;96(3):325-331.
4. Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, et al. Anatomy and histology of the knee anterolateral ligament. *Orthop J Sports Med.* 2013;1(7):2325967113513546.
5. Helito CP, Helito PV, Bonadio MB, et al. Evaluation of the anterolateral ligament length and isometric pattern with serial computer tomography. *Orthop J Sports Med.* 2014;2(12):2325967114562205.
6. Kittl C, Halewood C, Stephen JM, et al. Length change patterns in the lateral extra-articular structures of the knee and related reconstructions. *Am J Sports Med.* 2015;43(2):354-362.
7. Parsons EM, Gee AO, Spiekerman C, Cavanagh PR. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med.* 2015;43(3):669-674.
8. Sonnery-Cottet B, Thaunat M, Freychet B, Pupim BH, Murphy CG, Claes S. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up [published online March 4, 2015]. *Am J Sports Med.* doi:10.1177/0363546515571571.

## Outcomes After Combined ACL and ALL Reconstruction: Response

DOI: 10.1177/0363546515591556

### Authors' Response:

We would like to start by thanking Dr Camilo Helito and his colleagues for the keen interest in reading our article and raising pertinent queries regarding the isometric behavior and anatomy of the anterolateral ligament (ALL).

**Apêndice P** - Helito CP, Bonadio MB, Gobbi RG, da Mota E Albuquerque RF, Pécora JR, Camanho GL, Demange MK. Combined intra- and extra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament: the reconstruction of the knee anterolateral ligament. *Arthrosc Tech*. 2015 Jun 1;4(3):e239-44.

## Combined Intra- and Extra-articular Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: The Reconstruction of the Knee Anterolateral Ligament



Camilo Partezani Helito, M.D., Marcelo Batista Bonadio, M.D.,  
Riccardo Gomes Gobbi, M.D., Roberto Freire da Mota e Albuquerque, M.D., Ph.D.,  
José Ricardo Pécora, M.D., Ph.D., Gilberto Luis Camanho, M.D., Ph.D.,  
and Marco Kawamura Demange, M.D., Ph.D.

**Abstract:** We present a new technique for the combined intra- and extra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament. Intra-articular reconstruction is performed in an outside-in manner according to the precepts of the anatomic femoral tunnel technique. Extra-articular reconstruction is performed with the gracilis tendon while respecting the anatomic parameters of the origin and insertion points and the path described for the knee anterolateral ligament.

**A**nterior cruciate ligament (ACL) injury is among the most common orthopaedic injuries.<sup>1</sup> Despite technological advances in the surgical techniques for ACL reconstruction, the failure rate remains approximately 7%.<sup>2,3</sup>

Failures can occur because of improper tunnel positioning or problems with patient rehabilitation; however, there are some patients in whom reconstruction fails without any predisposing factors.<sup>4</sup> In such cases, failure is believed to be due to non-optimal incorporation of the graft used for reconstruction. A structure located in the anterolateral portion of the knee, adjacent to the joint capsule, called the anterolateral ligament (ALL), has recently been studied in more detail and may be responsible for some cases that do not progress satisfactorily after ACL reconstruction.<sup>5-8</sup>

Conducting extra-articular lateral reinforcement in association with intra-articular reconstruction of the

ACL is not new, and various authors have proposed various nonanatomic techniques for this purpose.<sup>9-11</sup> Recent anatomic studies have made it possible to characterize the anatomy of the ALL in this region in detail, thereby making its reconstruction possible. This technique can act as an extra-articular ACL reconstruction that respects the anatomic parameters of the ALL. The aim of this study was to present a combined intra- and extra-articular reconstruction technique for ACL injuries in which the extra-articular reconstruction aimed to anatomically reconstruct the ALL.

### Technique

#### Graft Preparation

The combined technique for ACL and ALL reconstruction was performed using hamstring tendons. Autologous tendons or tendons from a tissue bank can be used, depending on the patient's characteristics and the surgeon's preference (Video 1). The semitendinosus tendon is prepared as a triple graft and the gracilis tendon as a single graft, yielding a quadruple ACL graft; the remaining portion of the gracilis is used for ALL reconstruction (Fig 1).

#### Lateral Access Route

A lateral access route is established from the lateral epicondyle to an intermediate point between the Gerdy tubercle and the fibular head (Fig 2). After dissection of the skin and subcutaneous tissue, the iliotibial tract is opened toward its fibers. Opening of the tract is

From the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, Brazil.

The authors report that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this article.

Received October 30, 2014; accepted February 13, 2015.

Address correspondence to Camilo Partezani Helito, M.D., Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, 333 Dr. Ovídio Pires de Campos St, São Paulo, Brazil 05403-010. E-mail: Camilo\_helito@yahoo.com.br

© 2015 by the Arthroscopy Association of North America  
2212-6287/14912/\$36.00

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ats.2015.02.006>

**Apêndice Q** - Helito CP, Helito PV, Bonadio MB, Pécora JR, Bordalo-Rodrigues M, Camanho GL, Demange MK. Correlation of magnetic resonance imaging with knee anterolateral ligament anatomy: a cadaveric study. *Orthop J Sports Med.* 2015 Dec 16;3(12):2325967115621024.

Original Research

# Correlation of Magnetic Resonance Imaging With Knee Anterolateral Ligament Anatomy

## A Cadaveric Study

Camilo Partezani Helito,<sup>\*†</sup> MD, Paulo Victor Partezani Helito,<sup>‡</sup> MD, Marcelo Batista Bonadio,<sup>†</sup> MD, José Ricardo Pécora,<sup>†</sup> MD, PhD, Marcelo Bordalo-Rodrigues,<sup>‡</sup> MD, Gilberto Luis Camanho,<sup>†</sup> MD, PhD, and Marco Kawamura Demange,<sup>†</sup> MD, PhD

*Investigation performed at the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*

**Background:** Anatomic and magnetic resonance imaging (MRI) studies have recently characterized the knee anterolateral ligament (ALL). So far, no study has focused on confirming whether the evaluated MRI parameters truly correspond with ALL anatomy.

**Purpose:** To assess the validity of MRI in detecting the ALL using an anatomic evaluation as reference.

**Study Design:** Descriptive laboratory study.

**Methods:** A total of 13 cadaveric knees were subjected to MRI and then to anatomic dissection. Dissection was performed according to previous anatomic study methodology. MRIs were performed with a 0.6- to 1.5-mm slice thickness and prior saline injection. The following variables were analyzed: distance from the origin of the ALL to the origin of the lateral collateral ligament (LCL), distance from the origin of the ALL to its bifurcation point, maximum length of the ALL, distance from the tibial insertion of the ALL to the articular surface of the tibia, ALL thickness, and ALL width. The 2 sets of measurements were analyzed using the Spearman correlation coefficient ( $\rho$ ) and Bland-Altman plots.

**Results:** The ALL was clearly observed in all dissected knees and MRI scans. It originated anterior and distal to the LCL, close to the lateral epicondyle center, and showed an anteroinferior path toward the tibia, inserting between the Gerdy tubercle and the fibular head, around 5 mm under the lateral plateau. The  $\rho$  values tended to increase together for all studied variables between the 2 methods, and all were statistically significant, except for thickness ( $P = .077$ ). Bland-Altman plots showed a tendency toward a reduction of ALL thickness and width by MRI compared with anatomic dissection.

**Conclusion:** MRI scanning as described can accurately assess the ALL and demonstrates characteristics similar to those seen under anatomic dissection.

**Clinical Relevance:** MRI can accurately characterize the ALL in the anterolateral region of the knee, despite the presence of structures that might overlap and thus cause confusion when making assessments based on imaging methods.

**Keywords:** anterolateral ligament; magnetic resonance imaging; MRI; anatomy

Recent anatomic studies have clearly established the landmarks for locating the origin and insertion of the knee anterolateral ligament (ALL), as well as its path and characteristics.<sup>1,4,6,10,15,24,28</sup> According to the literature, the origin of the ALL is close to the center of the lateral epicondyle, between the origin of the lateral collateral ligament (LCL) and the insertion of the popliteus muscle tendon (PMT) or slightly proximal and posterior to the lateral epicondyle. The ALL then goes in an anteroinferior direction toward the tibia, having an insertion between the fibular

head and Gerdy tubercle.<sup>8,11,17</sup> Some authors also found an attachment to the lateral meniscus.<sup>9</sup> The ALL has recently been praised for its possible role as a stabilizer of knee rotation, according to biomechanical studies performed by Monaco et al<sup>20-22</sup> and clinical studies that have added lateral procedures to conventional intra-articular anterior cruciate ligament (ACL) reconstructions.<sup>5,26,27</sup>

Despite the anatomic and biomechanical studies available, few studies have assessed the ALL using imaging methods, particularly magnetic resonance imaging (MRI), which is the standard method for assessment of knee ligaments.<sup>1,2,12,14</sup> Three recent studies investigated the ALL using MRI, 2 of which examined individuals without a ligament injury and the third examined individuals with an

The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 3(12), 2325967115621024  
DOI: 10.1177/2325967115621024  
© The Author(s) 2015

This open-access article is published and distributed under the Creative Commons Attribution - NonCommercial - No Derivatives License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits the noncommercial use, distribution, and reproduction of the article in any medium, provided the original author and source are credited. You may not alter, transform, or build upon this article without the permission of the Author(s). For reprints and permission queries, please visit SAGE's Web site at <http://www.sagepub.com/journalsPermissions.nav>.

**Apêndice R** - Helito CP, Demange MK, Helito PVP, Costa HP, Bonadio MB, Pecora JR, Rodrigues MB, Camanho GL. Evaluation of the anterolateral ligament of the knee by means of magnetic resonance examination. *Rev Bras Ortop.* 2015;50(2):214–9.

REV BRAS ORTOP. 2015;50(2):214-219



Original article

**Evaluation of the anterolateral ligament of the knee by means of magnetic resonance examination<sup>☆</sup>**



Camilo Partezani Helito<sup>\*</sup>, Marco Kawamura Demange, Paulo Victor Partezani Helito, Hugo Pereira Costa, Marcelo Batista Bonadio, Jose Ricardo Pecora, Marcelo Bordalo Rodrigues, Gilberto Luis Camanho

Institute of Orthopedics and Traumatology, Hospital das Clínicas, School of Medicine, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 January 2014

Accepted 7 March 2014

Available online 7 April 2015

Keywords:

Knee

Joint instability

Magnetic resonance imaging

Anatomy

ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the presence of the anterolateral ligament (ALL) of the knee in magnetic resonance imaging (MRI) examinations.

**Methods:** Thirty-three MRI examinations on patients' knees that were done because of indications unrelated to ligament instability or trauma were evaluated. T1-weighted images in the sagittal plane and T2-weighted images with fat saturation in the axial, sagittal and coronal planes were obtained. The images were evaluated by two radiologists with experience of musculoskeletal pathological conditions. In assessing ligament visibility, we divided the analysis into three portions of the ligament: from its origin in the femur to its point of bifurcation; from the bifurcation to the meniscal insertion; and from the bifurcation to the tibial insertion. The capacity to view the ligament in each of its portions and overall was taken to be a dichotomous categorical variable (yes or no).

**Results:** The ALL was viewed with signal characteristics similar to those of the other ligament structures of the knee, with T2 hyposignal with fat saturation. The main plane in which the ligament was viewed was the coronal plane. Some portion of the ligament was viewed clearly in 27 knees (81.8%). The meniscal portion was evident in 25 knees (75.7%), the femoral portion in 23 (69.6%) and the tibial portion in 13 (39.3%). The three portions were viewed together in 11 knees (33.3%).

**Conclusion:** The anterolateral ligament of the knee is best viewed in sequences in the coronal plane. The ligament was completely characterized in 33.3% of the cases. The meniscal portion was the part most easily identified and the tibial portion was the part least encountered.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

<sup>☆</sup> Work developed in the Medical Investigation Laboratory for the Musculoskeletal System (LIM41), Department of Orthopedics and Traumatology, School of Medicine, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.

<sup>\*</sup> Corresponding author.

E-mail: camilo\_helito@yahoo.com.br (C.P. Helito).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rboe.2015.03.009>

2255-4971/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

**Apêndice S** - Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tirico LEP, Gobbi RG, Pecora JR, Camanho GL. Radiographic landmarks for locating the femoral origin and tibial insertion of the knee anterolateral ligament. *Am J Sports Med.* 2014; 42(10):2356-62.



## Radiographic Landmarks for Locating the Femoral Origin and Tibial Insertion of the Knee Anterolateral Ligament

Camilo Partezani Helito,<sup>\*†</sup> MD, Marco Kawamura Demange,<sup>†</sup> MD, PhD, Marcelo Batista Bonadio,<sup>†</sup> MD, Luis Eduardo Passareli Tirico,<sup>†</sup> MD, Riccardo Gomes Gobbi,<sup>†</sup> MD, Jose Ricardo Pecora,<sup>†</sup> MD, PhD, and Gilberto Luis Camanho,<sup>†</sup> MD, PhD

*Investigation performed at the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*

**Background:** Recent anatomic studies have confirmed the presence of a true ligament structure, the anterolateral ligament (ALL), in the anterolateral region of the knee. This structure is involved in the rotatory instability of the knee and might explain why some isolated reconstructions of the anterior cruciate ligament result in a residual pivot shift. Therefore, when considering the least invasive method for reconstruction of this structure, it is important to identify the corresponding bony landmarks on radiographic images.

**Purpose:** To establish radiographic femoral and tibial landmarks for the ALL in frontal and lateral views.

**Study Design:** Descriptive laboratory study.

**Methods:** Ten unpaired cadaver knees were dissected. The attachments of the ALL were isolated and its anatomic parameters were quantified. Its origin and insertion were marked with a 2-mm-diameter metallic sphere, and radiographs were taken from frontal and lateral views. The obtained images were analyzed and the ALL parameters established.

**Results:** The origin of the ALL in the lateral view was found at a point an average  $\pm$  SD of  $47.5\% \pm 4.3\%$  from the anterior edge of the femoral condyle and about  $3.7 \pm 1.1$  mm below the Blumensaat line. In the frontal view, the origin was about  $15.8 \pm 1.9$  mm from the distal condyle line. The ALL insertion was an average of  $53.2\% \pm 5.8\%$  from the anterior edge of the lateral tibial plateau in the lateral view and  $7.0 \pm 0.5$  mm below the lateral tibial plateau in the frontal view. In anatomic dissections, the origin of the ALL was  $1.9 \pm 1.4$  mm anterior and  $4.1 \pm 1.1$  mm distal to the lateral collateral ligament, and the insertion was  $4.4 \pm 0.8$  mm below the lateral tibial plateau cartilage.

**Conclusion:** The ALL origin on an absolute lateral radiograph of the knee is approximately 47% of the anterior-posterior size of the condyle and 3.7 mm caudal to the Blumensaat line. In a frontal radiograph, the ALL is 15.8 mm from the posterior bicordyle line. The ALL insertion is approximately 53.2% of the anterior-posterior size of the plateau in the lateral view and 7.0 mm below the articular line in the frontal view.

**Clinical Relevance:** Knowledge of the anatomic landmarks of the ALL on radiography will permit minimally invasive surgical reconstruction with lower morbidity.

**Keywords:** anterolateral ligament; radiography; rotatory instability; anatomy

Recent anatomic studies have clearly described the points of origin and insertion of the anterolateral ligament

(ALL) of the knee.<sup>4,8,9,27</sup> This structure was originally described by Segond in 1879<sup>27</sup> and was named by Vieira et al<sup>26</sup> in 2007 but has only been a main focus of anatomic studies since 2012.<sup>4,8,9,27</sup>

Despite the lack of publications on specific biomechanical tests regarding the role of the ALL in generating anterolateral rotatory knee instability, a recent study by Mónico et al<sup>14</sup> demonstrated the importance of anterolateral capsule injury with regard to increased scores on the pivot-shift test. The importance of this structure to anterior cruciate ligament (ACL) injuries is not a new finding.<sup>19,24</sup>

Even with the most modern ACL reconstruction techniques and in cases without technical errors that feature

\*Address correspondence to Camilo Partezani Helito, MD, Rua Dr. Ovidio Pires de Campos 333, Cerqueira Cesar, São Paulo, Brazil 05403-010 (e-mail: Camilo\_helito@yahoo.com.br).

<sup>†</sup>Department of Orthopaedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology-Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), São Paulo, Brazil.

The authors declared that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this contribution.

The American Journal of Sports Medicine, Vol. 42, No. 10  
DOI: 10.1177/0363546514543770  
© 2014 The Author(s)

**Apêndice T** - Helito CP, Helito PVP, Bonadio MB, Albuquerque RFM, Bordalo-Rodrigues M, Pecora JR, Camanho GL, Demange MK. Evaluation of the length and isometric pattern of the anterolateral ligament with serial computer tomography. *Orthop J Sports Med.* 2014 Dec; 2(12): 2325967114562205.

## Evaluation of the Length and Isometric Pattern of the Anterolateral Ligament With Serial Computer Tomography

Camilo Partezani Helito,<sup>\*†</sup> MD, Paulo Victor Partezani Helito,<sup>‡</sup> MD, Marcelo Batista Bonadio,<sup>†</sup> MD, Roberto Freire da Mota e Albuquerque,<sup>†</sup> MD, PhD, Marcelo Bordalo-Rodrigues,<sup>‡</sup> MD, Jose Ricardo Pecora,<sup>†</sup> MD, PhD, Gilberto Luis Camanho,<sup>†</sup> MD, PhD, and Marco Kawamura Demange,<sup>†</sup> MD, PhD

*Investigation performed at the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*

**Background:** Recent anatomical studies have identified the anterolateral ligament (ALL). Injury to this structure may lead to the presence of residual pivot shift in some reconstructions of the anterior cruciate ligament. The behavior of the length of this structure and its tension during range of motion has not been established and is essential when planning reconstruction.

**Purpose:** To establish differences in the ALL length during range of knee motion.

**Study Design:** Descriptive laboratory study.

**Methods:** Ten unpaired cadavers were dissected. The attachments of the ALL were isolated. Its origin and insertion were marked with a 2 mm-diameter metallic sphere. Computed tomography scans were performed on the dissected parts under extension and 30°, 60°, and 90° of flexion; measurements of the distance between the 2 markers were taken at all mentioned degrees of flexion. The distances between the points were compared.

**Results:** The mean ALL length increased with knee flexion. Its mean length at full extension and at 30°, 60°, and 90° of flexion was 37.9 ± 5.3, 39.3 ± 5.4, 40.9 ± 5.4, and 44.1 ± 6.4 mm, respectively. The mean increase in length from 0° to 30° was 3.99% ± 4.7%, from 30° to 60° was 4.20% ± 3.2%, and from 60° to 90° was 7.45% ± 4.8%. From full extension to 90° of flexion, the ligament length increased on average 16.7% ± 12.1%. From 60° to 90° of flexion, there was a significantly higher increase in the mean distance between the points compared with the flexion from 0° to 30° and from 30° to 60°.

**Conclusion:** The ALL shows no isometric behavior during the range of motion of the knee. The ALL increases in length from full extension to 90° of flexion by 16.7%, on average. The increase in length was greater from 60° to 90° than from 0° to 30° and from 30° to 60°. The increase in length at higher degrees of flexion suggests greater tension with increasing flexion.

**Clinical Relevance:** Knowledge of ALL behavior during the range of motion of the knee will allow for fixation (during its reconstruction) to be performed with a higher or lower tension, depending on the chosen degree of flexion.

**Keywords:** anterolateral ligament; tomography; rotatory instability; anatomy

\*Address correspondence to Camilo Partezani Helito, MD, Department of Orthopedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology-Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), Rua Dr. Ovidio Pires de Campos 333, Cerqueira Cesar, São Paulo 05403-010, Brazil (e-mail: camilo\_helito@yahoo.com.br).

†Department of Orthopedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology-Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), São Paulo, Brazil.

‡Department of Radiology, Institute of Orthopedics and Traumatology-Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), São Paulo, Brazil.

The authors declared that they have no conflicts of interest in the development and publication of this contribution.

The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 2(12), 2325967114562205  
DOI: 10.1177/2325967114562205  
© The Author(s) 2014

Despite having been cited by Segond<sup>17</sup> in 1879 as a pearly, resistant, and fibrous band in the anterolateral region of the knee, only recently were specific anatomical studies conducted to characterize the anterolateral ligament (ALL).

To date, we have knowledge of 5 anatomical structure studies on the ALL.<sup>3,5,6,8,21</sup> According to these authors, with some variations, the ALL originates in the lateral epicondyle and follows an anteroinferior course toward the tibia, with tibial insertion between the Gerdy tubercle and the fibular head, slightly more than 5 mm below the articular cartilage of the lateral tibial plateau (Figure 1).

Some authors such as Claes et al,<sup>3</sup> Helito et al,<sup>6</sup> and Vincent et al<sup>21</sup> also found an insertion on the lateral meniscus, between the anterior horn and the body of this structure.

**Apêndice U** - Helito CP, Helito PVP, Costa HP, Bordalo-Rodrigues M, Pecora JR, Camanho GL, Demange MK. MRI evaluation of the anterolateral ligament of the knee: assessment in routine 1.5-T scans. *Skeletal Radiol.* 2014 Oct;43(10):1421-7.

*Skeletal Radiol* (2014) 43:1421–1427  
DOI 10.1007/s00256-014-1966-7

SCIENTIFIC ARTICLE

## MRI evaluation of the anterolateral ligament of the knee: assessment in routine 1.5-T scans

Camilo Partezani Helito · Paulo Victor Partezani Helito · Hugo Pereira Costa · Marcelo Bordalo-Rodrigues · José Ricardo Pecora · Gilberto Luis Camanho · Marco Kawamura Demange

Received: 19 March 2014 / Revised: 15 July 2014 / Accepted: 21 July 2014 / Published online: 3 August 2014  
© ISS 2014

### Abstract

**Objective** This study evaluated the ability of routine 1.5-T MRI scans to visualize the anterolateral ligament (ALL) and describe its path and anatomic relations with lateral knee structures.

**Materials and methods** Thirty-nine 1.5-T MRI scans of the knee were evaluated. The scans included an MRI knee protocol with T1-weighted sequences, T2-weighted sequences with fat saturation, and proton density (PD)-weighted fast spin-echo sequences. Two radiologists separately reviewed all MRI scans to evaluate interobserver reliability. The ALL was divided into three portions for analyses: femoral, meniscal, and tibial. The path of the ALL was evaluated with regard to known structural parameters previously studied in this region.

**Results** At least a portion of the ALL was visualized in 38 (97.8 %) cases. The meniscal portion was most visualized (94.8 %), followed by the femoral (89.7 %) and the tibial (79.4 %) portions. The three portions of the ALL were visualized in 28 (71.7 %) patients. The ALL was characterized with greater clarity on the coronal plane and was visualized as a thin, linear structure. The T1-weighted sequences showed a statistically inferior ligament visibility frequency. With regard to the T2 and PD evaluations, although the visualization frequency in PD was higher for the three portions of the ligament, only the femoral portion showed significant values.

**Conclusion** The ALL can be visualized in routine 1.5-T MRI scans. Although some of the ligament could be depicted in nearly all of the scans (97.4 %), it could only be observed in its entirety in about 71.7 % of the tests.

**Keywords** Knee · MRI · Anterolateral ligament · PD weight sequence · Anatomy

### Introduction

Segond [1] first mentioned the anterolateral ligament (ALL) in the orthopedic literature in 1879. Despite having been described for over 120 years, this structure was only recently named by Vieira et al. [2] in a study of the iliotibial tract that did not establish any ALL parameter with precision. Since 2012, anatomical studies have been conducted to define the origin and insertion parameters, their path, and other specifics. Thus far, we know of four anatomical studies that have focused specifically on the ALL [1, 3–5].

The origin of the ALL is in the lateral femoral condyle, anterior and distal to the origin of the lateral collateral ligament (LCL) and between the LCL and the popliteal tendon. The ALL has an oblique path anteriorly and inferiorly to the tibia, inserting on the lateral meniscus and on the lateral tibial condyle, 6.5 mm below the lateral tibial condyle chondral surface [5].

Recently, this structure has become increasingly important; Monaco et al. [6] suggested that it is associated with lesions of the anterior cruciate ligament and the genesis of anterolateral knee instability. Thus, it has become important to conduct studies identifying the ALL using imaging.

Few authors have cited radiological visualization parameters specific to this structure using MRI scans [7–9]. Furthermore, recent studies have suggested that the complete identification of the structure is not always possible.

C. P. Helito (✉) · J. R. Pecora · G. L. Camanho · M. K. Demange  
Faculty of Medicine, Institute of Orthopedics and Traumatology,  
Knee Surgery Division, University of São Paulo, São Paulo, Brazil  
e-mail: camilo\_helito@yahoo.com.br

P. V. P. Helito · H. P. Costa · M. Bordalo-Rodrigues  
Faculty of Medicine, Institute of Orthopedics and Traumatology,  
Musculoskeletal Radiology Department, University of São Paulo,  
São Paulo, Brazil

**Apêndice V** - Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tírico LE, Gobbi RG, Pécora JR, Camanho GL. Anatomy and Histology of the Knee Anterolateral Ligament. *Orthop J Sports Med.* 2013 Dec 9;1(7):2325967113513546.

## Anatomy and Histology of the Knee Anterolateral Ligament

Camilo Partezani Helito,<sup>\*†</sup> MD, Marco Kawamura Demange,<sup>†</sup> PhD, Marcelo Batista Bonadio,<sup>†</sup> MD, Luis Eduardo Passarelli Tírico,<sup>†</sup> MD, Riccardo Gomes Gobbi,<sup>†</sup> MD, José Ricardo Pécora,<sup>†</sup> PhD, and Gilberto Luis Camanho,<sup>†</sup> PhD

*Investigation performed at the Department of Orthopedics and Traumatology, Faculty of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, Brazil*

**Background:** Reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) is one of the most common procedures in orthopaedic surgery. However, even with advances in surgical techniques and implants, some patients still have residual anterolateral rotatory laxity after reconstruction. A thorough study of the anatomy of the anterolateral region of the knee is needed.

**Purpose:** To study the anterolateral region and determine the measurements and points of attachments of the anterolateral ligament (ALL).

**Study Design:** Descriptive laboratory study.

**Methods:** Dissections of the anterolateral structures of the knee were performed in 20 human cadavers. After isolating the ALL, its length, thickness, width, and points of attachments were determined. The femoral attachment of the ALL was based on the anterior-posterior and proximal-distal distances from the attachment of the lateral collateral ligament (LCL). The tibial attachment point was based on the distance from the Gerdy tubercle to the fibular head and the distance from the lateral tibial plateau. The ligaments from the first 10 dissections were sent for histological analysis.

**Results:** The ALL was found in all 20 knees. The femoral attachment of the ALL at the lateral epicondyle averaged 3.5 mm distal and 2.2 mm anterior to the attachment of the LCL. Two distal attachments were observed: one inserts into the lateral meniscus, the other between the Gerdy tubercle and the fibular head, approximately 4.4 mm distal to the tibial articular cartilage. The mean measurements for the ligament were 37.3 mm (length), 7.4 mm (width), and 2.7 mm (thickness). The histological analysis of the ligaments revealed dense connective tissue.

**Conclusion:** The ALL is consistently present in the anterolateral region of the knee. Its attachment to the femur is anterior and distal to the attachment of the LCL. Moving distally, it bifurcates at close to half of its length. The ALL features 2 distal attachments, one at the lateral meniscus and the other between the Gerdy tubercle and the fibular head.

**Clinical Relevance:** The ALL may be important in maintaining normal rotatory limits of knee motion; ALL rupture could be responsible for rotatory laxity after isolated intra-articular reconstruction of the ACL.

**Keywords:** ACL; rotatory instability; anatomy; anterolateral ligament

The anterior cruciate ligament (ACL) is the most frequently injured ligament in the knee.<sup>5</sup> In the United States, approximately 200,000 ACL reconstructions are performed each year.<sup>5,23</sup> Historically, the first techniques for ACL reconstruction used extra-articular grafts. Subsequently, intra-articular reconstructions were performed, initially through an arthrotomy and later arthroscopically.<sup>4</sup> More

recently, there has been an emphasis on anatomic reconstruction using single- and double-bundle techniques.<sup>4</sup>

It is well known that patients diagnosed with "isolated" complete ACL tears may have different degrees of rotational laxity. ACL reconstruction may not entirely restore normal rotatory control leading to residual pathologic laxity.<sup>4</sup> This concept was highlighted by recent research on the function of the ACL bundles and the growing popularity of more anatomic ACL reconstruction.<sup>9</sup> Although the inability to restore normal kinematics may be because of limitations of current intra-articular techniques, lateral peripheral structure insufficiency may play a role in residual knee laxity.<sup>4,16,27</sup>

The various techniques of anatomic ACL reconstruction try to reduce rotatory laxity by placing the graft in the footprint of the original ligament. However, even without any technical flaws and proper positioning of the bone tunnels, a residual pivot-shift may be observed in approximately 7% of patients after ACL reconstruction.<sup>12,20,22</sup> The most common cause of residual pathologic laxity is graft failure. In

\*Address correspondence to Camilo Partezani Helito, MD, Rua Dr Ovidio Pires de Campos, 333, São Paulo, SP, CEP 05403-010, Brazil (e-mail: camilo\_helito@yahoo.com.br).

†Department of Orthopaedics and Traumatology, Institute of Orthopedics and Traumatology-Hospital and Clinics, Faculty of Medicine, University of São Paulo (IOT-HCFMUSP), São Paulo, Brazil.

The authors declared that they have no conflicts of interest in the authorship and publication of this contribution.

The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 1(7), 2325967113513546  
DOI: 10.1177/2325967113513546  
© The Author(s) 2013