



Artigo Original

Anatomia descritiva da inserção femoral do ligamento cruzado anterior[☆]



Julio Cesar Gali*, Danilo Bordini Camargo, Felipe Azevedo Mendes de Oliveira, Rafael Henrique Naves Pereira e Phelipe Augusto Cintra da Silva

Departamento de Ortopedia, Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), Sorocaba, SP, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 22 de janeiro de 2017

Aceito em 2 de março de 2017

On-line em 11 de junho de 2017

Palavras-chave:

Fêmur

Ligamento cruzado anterior

Anatomia

Procedimentos ortopédicos

R E S U M O

Objetivo: Avaliar os aspectos morfológicos da inserção femoral do ligamento cruzado anterior (LCA) para definir suas características anatômicas e a localização de seu sítio de inserção, com a finalidade de verificar se essa inserção tem características individuais e para prover informações para o posicionamento adequado do túnel femoral na reconstrução anatômica do LCA.

Métodos: Foram examinados 16 joelhos originados de amputações. Nesses, foram observados macroscopicamente o número de bandas e o formato das inserções ligamentares. Foram medidos, com um paquímetro digital, o comprimento e a espessura dessas inserções. As distâncias entre os limites do ligamento e a cartilagem articular e a medida da área de inserção ligamentar foram avaliadas com o *software ImageJ*.

Resultados: A localização do sítio de inserção ligamentar do LCA no côndilo femoral lateral foi excêntrica, mais próxima da cartilagem condilar profunda. Em dez joelhos (62,5%) as inserções foram ovais; o comprimento médio das inserções foi de 16,4 mm, variou de 11,3 a 19,3 mm; a espessura variou de 7,85 a 11,23 mm (média de 9,62). A área média das inserções foi de 99,7 mm², variou de 80,9 a 117,2 mm². As distâncias médias entre os limites do ligamento até a cartilagem articular superficial, profunda e inferior foram, respectivamente, 9,77 ± 1,21; 2,60 ± 1,20 e 1,86 ± 1,15.

Conclusão: Houve uma diferença de 30% a 40% entre os resultados mínimo e máximo das mensurações do comprimento, da espessura e da área das inserções femorais do LCA, evidenciou uma variação individual importante. O sítio de inserção do LCA foi excêntrico, mais próximo da cartilagem articular profunda do côndilo femoral lateral.

© 2017 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

[☆] Trabalho desenvolvido na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, Departamento de Ortopedia, Sorocaba, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mails: juliogali@globo.com, jcgali@pucsp.br (J.C. Gali).

<https://doi.org/10.1016/j.rbo.2017.03.003>

0102-3616/© 2017 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Descriptive anatomy of the anterior cruciate ligament femoral insertion

A B S T R A C T

Keywords:

Femur
Anterior cruciate ligament
Anatomy
Orthopedic procedures

Objective: To evaluate the morphology of the anterior cruciate ligament (ACL) femoral insertion in order to describe its anatomical features and insertion site location, with the aim of verifying if the ACL femoral insertion has individual characteristics and to provide information for appropriate femoral tunnel placement on anatomic ACL reconstruction.

Methods: Sixteen knees obtained from amputations were studied. The ACL femoral bundles and insertion shape were observed macroscopically, and the ligaments insertion length and thickness were measured with a digital caliper. The distances between the limits of the ligament to the articular cartilage, and the measurement of the area of insertion were checked using ImageJ software.

Results: The ACL femoral insertion site was eccentric, closer to the deep condyle cartilage. In ten knees (62.5%), the ACL femoral insertion was oval; the mean length of the insertion was 16.4 mm, varying from 11.3 to 19.3 mm, the mean thickness varied from 7.85 to 11.23 mm, and the mean area of the insertion was 99.7 mm², varying from 80.9 a 117.2 mm². The mean distances between the limits of the ligament to the superficial, deep, and inferior articular cartilage were 9.77 ± 1.21 , 2.60 ± 1.20 , and 1.86 ± 1.15 mm, respectively.

Conclusion: There was a 30% to 40% difference between the minimum and maximum results of measurements of ACL femoral insertion length, thickness, and area demonstrating an important individual variation. The insertion site was eccentric, closer to the deep cartilage of the lateral femoral condyle.

© 2017 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

Dados de estatísticas suecas revelam que a prevalência de lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) entre praticantes de futebol é de 0,5 a 6% nas mulheres e de 0,6 a 8,5% nos homens.¹ Nos Estados Unidos, 90% das pessoas que têm uma lesão do LCA eventualmente são tratadas por reconstrução cirúrgica desse ligamento.²

Nos anos 1990 até o início dos anos 2000, a maioria das reconstruções do LCA buscava ser isométrica, ou seja, aquela cuja alteração da distância entre as inserções femoral e tibial do substituto do LCA, enquanto o joelho flexionava, era mínima.³ Entretanto, a colocação isométrica era uma meta ideal que nunca pôde ser obtida, já que apenas poucas fibras do LCA são quase isométricas durante a mobilidade total do joelho.⁴

Na primeira década dos anos 2000 houve uma mudança da tendência para a feitura de reconstruções anatômicas, definidas como aquelas com a intenção de buscar a restauração funcional do LCA às suas dimensões nativas, orientação do colágeno e sítios de inserção, a fim de tentar reproduzir a anatomia normal, restabelecer a cinemática e proporcionar saúde articular em longo prazo.⁵

De fato, a colocação exata dos túneis no sítio de inserção natural do ligamento parece ser o fator mais importante para que a reconstrução do LCA seja anatômica, não importa se a cirurgia for feita com banda única ou dupla banda,⁶ pois é sabido que um túnel femoral colocado distal e anteriormente à inserção original do ligamento é associado à falha do enxerto em 62,5% dos casos.⁷

Recentemente o conceito de reconstrução anatômica evoluiu para o de reconstrução individualizada. Nas cirurgias individualizadas do LCA existiria a personalização do tipo e tamanho do enxerto, que seriam moldados ao sítio de inserção nativa do paciente,⁸ com o objetivo de reproduzir a inserção ligamentar natural de cada paciente o mais próximo possível.⁹ Por outro lado, segundo Sasaki *et al.*¹⁰ a localização da inserção femoral do LCA ainda seria controversa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a morfologia da inserção femoral do LCA, com o propósito de determinar as características anatômicas e a posição do sítio de inserção desse ligamento, no intuito de confirmar a existência de um caráter individual da inserção femoral desse ligamento e para fornecer subsídio para o posicionamento preciso do túnel femoral na reconstrução anatômica do LCA.

Métodos

Obtivemos a aprovação do Comitê de Ética de nossa instituição. As informações do peso e altura dos pacientes foram conseguidas nos prontuários do hospital da instituição na qual o trabalho foi feito.

A terminologia usada em nossa descrição (superior, inferior, profundo e superficial) esteve de acordo com a sugerida por um grupo de especialistas internacionais, tendo em vista que a visualização artroscópica do enxerto é feita com o joelho flexionado, ao contrário da nomenclatura anatômica, que é referente ao joelho estendido (fig. 1).¹¹

A inserção femoral do LCA foi estudada em 16 joelhos originados de amputações. Onze peças eram de indivíduos do sexo

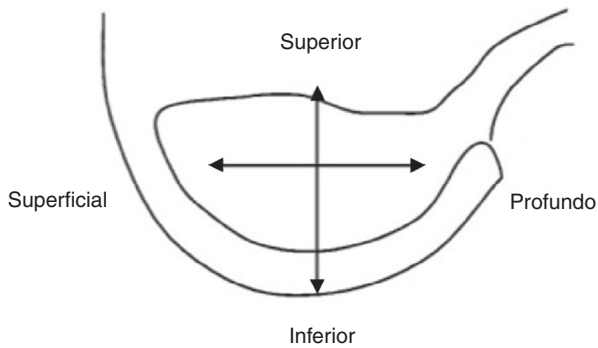


Figura 1 – Representação da visualização artroscópica e da terminologia empregada para situar a inserção do LCA.

masculino e cinco, do feminino. Três joelhos eram direitos e 13, esquerdos.

A idade dos pacientes que tiveram seus joelhos amputados variou de 57 a 96 anos, com média de 74,5 anos e desvio-padrão (DP) de $\pm 13,1$. O peso médio pacientes foi de 63,6 Kg (49,0 a 89,0 Kg; DP $\pm 11,5$) e a altura variou de 1,53 a 1,75 m (média de 1,65 m e DP $\pm 0,07$).

Todos os joelhos tinham os ligamentos cruzados anterior e posterior íntegros e não havia osteófitos na região medial do côndilo femoral lateral (CFL) que pudessem interferir nas medidas das distâncias entre os limites do ligamento cruzado anterior e a cartilagem articular desse côndilo.

Antes da dissecação, as peças foram fixadas em formol a 10% e conservadas numa mistura de fenol a 2,5%, formol a 2,5% e cloreto de sódio a 1%. Subsequentemente as peças foram mantidas por 60 dias em glicerina líquida.

Para o exame das inserções do LCA, os fêmures distais foram seccionados no plano sagital com uma serra elétrica circular, passou-se pelos intercôndilos, a fim de se retirar o segmento medial femoral, sempre com o cuidado de evitar lesão do ligamento ou de sua inserção óssea.

Para efetuar as análises os autores usaram óculos com lente magnificadora da visão em quatro vezes. A delimitação das inserções do LCA foi feita delicadamente, com um bisturi com lâmina 11, pinça de dissecação e tesoura Metzenbaum. As expansões fibrosas periféricas foram cuidadosamente retiradas, para poder demarcar as inserções (fig. 2).

Inicialmente observamos, macroscopicamente, o número de bandas do LCA e o formato das inserções femorais, que foram classificadas, de acordo com Sasaki *et al.*,¹⁰ em tipo A (ovais), B (semicirculares) e C (semicirculares pequenas). Medimos o comprimento e espessura das inserções do LCA, em milímetros, com um paquímetro digital 150 mm Pd150 (Vonder®, OVD, Curitiba, PR, Brasil). Depois, os ligamentos foram retirados para expor as porções ósseas correspondentes às inserções ligamentares (fig. 3).

A seguir, os limites das inserções ligamentares foram demarcados com pequenos pontos de tinta. Usamos um marcador de referência e, com uma máquina digital D3100 (Nikon, Melville, NY, USA), fotografamos as peças.

Sobre as imagens fotográficas traçamos uma reta que passava pela linha de Blumensaat, ou teto do intercôndilo, e outra paralela a essa que passava pela porção mais inferior da

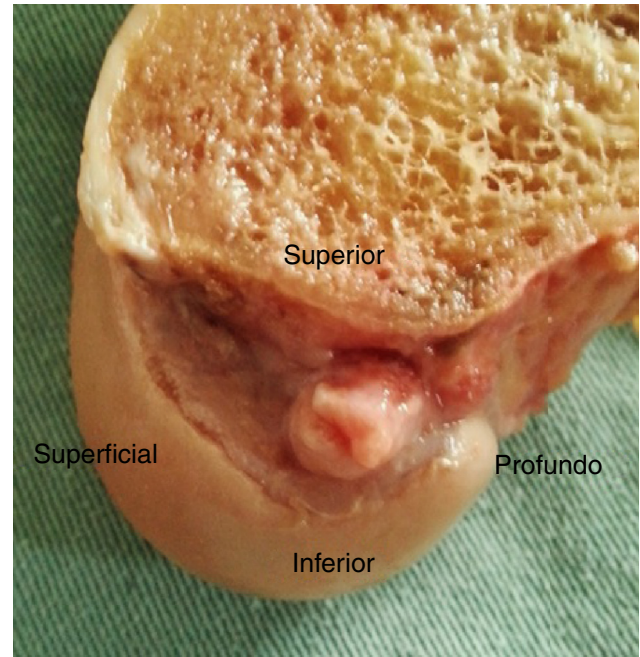


Figura 2 – Aspecto medial do côndilo femoral lateral, com a inserção do LCA presente.

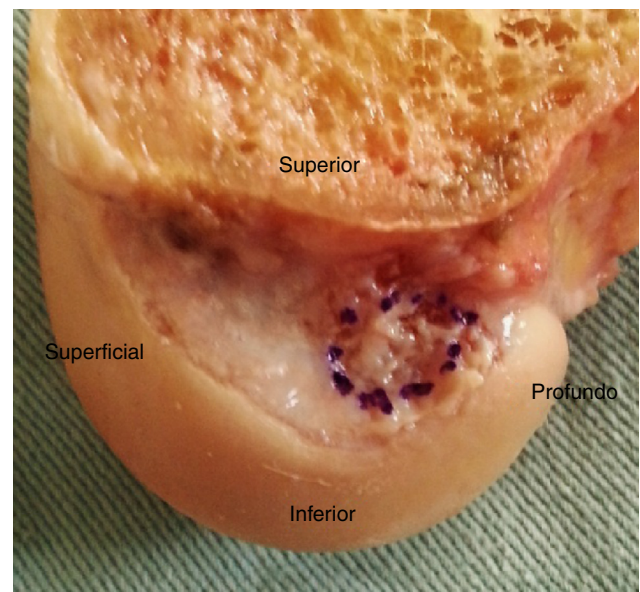


Figura 3 – Visão da região medial do côndilo femoral lateral, depois da retirada da inserção do LCA, com a demarcação dos limites de sua inserção.

cartilagem do CFL. As distâncias entre o limite da inserção do LCA e a cartilagem articular superficial (DCS) e profunda (DCP) foram avaliadas sobre uma linha paralela às duas linhas previamente traçadas; a distância entre o limite ligamentar e a cartilagem articular inferior (DCI) foi feita sobre uma linha perpendicular às linhas desenhadas (fig. 4). Todas foram medidas em mm.

Mensuramos, também, as áreas das inserções do LCA, em milímetros quadrados. As avaliações foram feitas por um

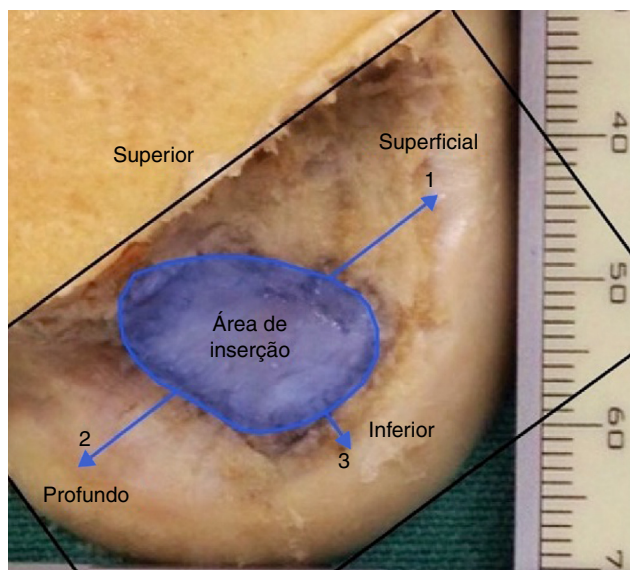


Figura 4 – Esquema da visão medial do CFL, com as linhas traçadas e a delimitação da área de inserção do LCA, em azul. (1) = distância entre o limite da inserção do LCA e a cartilagem articular profunda do CFL (DAP); (2) = distância entre o limite da inserção e a cartilagem superficial do CFL (DAS); (3) = distância entre o limite da inserção e a cartilagem articular inferior (DAI) do CFL. Fonte: Arquivo cedido pela instituição.

único autor, que repetiu as mensurações, ao acaso, depois de 10 dias.

O programa ImageJ foi usado para aferir as distâncias entre os limites da inserção do LCA e a cartilagem articular e para medir a área de inserção ligamentar.

Análise estatística

Para avaliar a correlação entre as diversas variáveis quantitativas calculamos a correlação de Pearson; consideramos as concordâncias estatisticamente significativas apenas se p fosse menor do que 0,05. O teste de Kappa foi usado para mensurar a confiabilidade intraobservador com intervalo de 95%. O software Creative Research Systems[®] foi usado para cálculo do tamanho da amostra, com nível de confiança de 95%.

Resultados

A concordância intraobservador de 0,92 (0,88 a 0,95) para as diversas mensurações foi considerada forte. O intervalo de confiança para o tamanho da amostra foi de 21,99. Todas as variáveis quantitativas e qualitativas do estudo encontram-se agrupadas na [tabela 1](#).

Em dez joelhos (62,5%) as inserções femorais do LCA foram classificadas como ovais; em quatro (25,0%), foram consideradas semicirculares e em dois (12,5%), semicirculares pequenas. O sítio de inserção do LCA esteve localizado excêntricamente, mais próximo da cartilagem articular profunda do que da cartilagem superficial do CFL.

O comprimento médio das inserções foi de 16,4 mm, variou de 11,3 a 19,3 mm, com DP de $\pm 2,12$ mm; a espessura variou de 7,85 a 11,23 mm (média de 9,62 e DP $\pm 0,93$ mm). A área média das inserções foi de 99,7 mm² (80,9 a 117,2 e DP $\pm 11,3$ mm²).

Em outras palavras, a medida do menor comprimento da inserção femoral do LCA encontrada foi 58,5% da medida do maior comprimento observado; a maior espessura verificada foi 43% maior do que a menor espessura obtida e a menor área de inserção do LCA avaliada correspondeu a 69% da maior área apreciada.

Sempre foi encontrado um espaço entre o limite dos ligamentos e a cartilagem articular. As distâncias médias DCS, DCP e DCI em mm, seus limites mínimo e máximo e DP foram, respectivamente: 9,77 (8,10-12,0; DP $\pm 1,21$); 2,60 (0,73-4,29; DP $\pm 1,20$) e 1,86 (0,27-3,93; DP $\pm 1,15$).

Não identificamos correspondência significativa na análise da inter-relação das variáveis quantitativas estudadas.

Discussão

Os principais achados de nosso estudo são que o sítio de inserção femoral do LCA apresenta características individuais em relação ao seu formato, medidas e área. Além disso, esse sítio esteve sempre em situação excêntrica, ou seja, locado mais perto da cartilagem articular profunda do que da cartilagem superficial do CFL.

Houve uma variação de 30 a 40% entre os resultados mínimo e máximo das mensurações do comprimento, espessura e área das inserções femorais do LCA em nossa casuística, o que implica reconhecer os aspectos particulares de cada paciente quando se planeja efetuar um procedimento de reconstrução ligamentar. Ademais, o perfeito conhecimento da localização da inserção femoral do LCA pode auxiliar no posicionamento do túnel femoral na reconstrução anatômica desse ligamento.

Na análise macroscópica visualizamos apenas uma banda em todos os ligamentos das peças anatômicas estudadas. Assim como nós, outros autores reportaram que o LCA tem apenas uma banda.^{12,13} Smigielski et al.¹³ acreditam que o “efeito dupla banda” é criado pela estrutura em fita torcida do LCA do fêmur até a tibia, que dá a impressão de duas ou três bandas, conforme o joelho é fletido.

Por outro lado, alguns autores que reportaram que o LCA tem duas bandas, uma anteromedial e outra posterolateral¹⁴⁻¹⁷ e Amis e Dawkins¹⁸ ainda admitem a existência de uma terceira banda, chamada de intermediária. No entanto, esses autores usaram um dissecador para separar as fibras e relataram que às vezes foi difícil separar o ligamento em bandas distintas.

Em nosso estudo, para demarcar as inserções femorais do LCA, procuramos remover cautelosamente, as expansões fibrosas periféricas. Com essa mesma metodologia Mochizuki et al.¹⁹ identificaram o núcleo funcional do sítio de inserção femoral do LCA. Posteriormente, Iwahashi et al.,²⁰ através de exame histológico, passaram a chamar esse núcleo de inserção direta do LCA. Sob outra perspectiva, Sasaki et al.¹⁰ publicaram que a inserção femoral do LCA observada macroscopicamente corresponde à inserção direta, vista ao microscópio.

Tabela 1 – Distribuição das variáveis quantitativas e qualitativas do estudo

	Idade (anos)	Sexo	Peso (Kg)	Altura (m)	IMC	Inserção femoral do LCA			Distância entre limite do LCA e a cartilagem articular			Tipo de inserção
						Comprimento (mm)	Espessura (mm)	Área (mm ²)	Anterior (mm)	Posterior (mm)	Distal (mm)	
1	96	F	49	1,54	20,66	16,24	9,82	86,92	8,13	2,84	3,93	A
2	76	M	70	1,70	24,22	11,38	7,85	90,10	8,71	3,20	3,05	C
3	58	M	78	1,73	26,06	18,76	9,45	103,49	8,72	2,30	1,09	A
4	58	F	54	1,60	21,09	15,63	8,79	98,74	8,56	2,67	1,43	A
5	70	M	65	1,64	24,17	14,90	8,20	84,82	10,11	3,32	3,60	C
6	68	M	60	1,65	22,04	18,76	9,78	105,67	9,78	2,34	0,27	B
7	57	M	80	1,75	26,12	17,29	10,74	106,63	12,05	4,19	2,49	A
8	92	F	52	1,56	21,37	16,92	10,10	117,21	10,20	4,05	2,08	A
9	73	M	89	1,75	29,06	13,65	8,56	80,90	8,10	0,81	0,93	B
10	92	M	60	1,65	22,04	18,87	10,12	105,52	9,39	4,29	2,42	A
11	65	M	74	1,72	25,01	16,75	9,89	92,80	11,28	0,73	0,52	B
12	70	M	58	1,65	21,30	17,35	11,23	109,89	10,22	3,40	2,98	A
13	74	F	56	1,53	23,92	14,45	9,80	87,06	11,02	1,10	0,56	A
14	66	M	60	1,70	20,76	16,85	10,60	111,47	9,34	0,98	0,75	B
15	87	F	51	1,58	20,43	19,30	9,89	113,97	11,39	3,30	2,12	A
16	91	M	63	1,68	22,32	16,81	9,03	101,12	9,25	2,05	1,61	A
Média	74,56	M	63,69	1,65	23,16	16,49	9,62	99,77	9,77	2,60	1,86	
DP	13,18	11	11,55	0,07	2,47	2,12	0,93	11,33	1,21	1,20	1,15	
Máx.	96	F	89,00	1,75	29,06	19,30	11,23	117,21	12,05	4,29	3,93	
Mín.	57	5	49,00	1,53	20,43	11,38	7,85	80,90	8,10	0,73	0,27	

Fonte: Arquivo cedido pela instituição.

O formato da maioria das inserções femorais do LCA dos joelhos avaliados em nossa investigação foi oval, o que está em conformidade com o relato de Sasaki et al.¹⁰ Entretanto, para Harner et al.,²¹ essas inserções seriam circulares e, em contrapartida, Giron et al.⁴ e Girgis et al.¹⁷ descreveram as inserções como um segmento de círculo, a região era posterior convexa e anterior reta. Mochizuki et al.¹⁹ referiram que a inserção femoral do LCA, depois da retirada do tecido fibromembranoso superficial, não é oval, mas achatada e parecida com “lasanha”.

A comparação dos nossos resultados de comprimento, espessura e área com outros encontrados na literatura encontra-se sintetizada na [tabela 2](#). Podemos perceber que não existe uma grande discrepância entre os resultados dos diferentes autores entre si e em comparação com os nossos. A única exceção seria em relação à área de inserção, que seria bem maior segundo Ferreti et al.¹⁵ Iwahashi et al.²⁰ acreditam

que essa disparidade possa ter ocorrido por causa da possível inclusão de partes moles, já que o estudo foi feito com um digitalizador a laser 3D.

A visualização macroscópica mostrou que a localização dos sítios de inserção do LCA é excêntrica, mais próxima da cartilagem articular profunda do que da superficial.

O posicionamento da inserção femoral do LCA que verificamos está em consonância com o que foi publicado por outros autores, para os quais a inserção direta do LCA, no fêmur, está localizada $4,4 \pm 0,5$ mm do limite posterior da cartilagem articular e na média de 22,3% da medida entre os bordos anterior e posterior dessa cartilagem.¹⁰ Esses autores usaram a terminologia radiográfica, para definir a situação da inserção do LCA, que muda com a posição do joelho em flexão ou em extensão.²²

Nossa pesquisa tem algumas limitações. Em primeiro lugar, o número de joelhos estudados pode ser considerado

Tabela 2 – Descrição das diversas medidas da inserção femoral do LCA

Referência	Comprimento (mm)	Espessura (mm)	Área (mm ²)
Odensten & Gillquist ¹² (1985)	18 ± 2	11 ± 2	NA
Mochizuchi et al. ¹⁹ (2006)	15 ^a	4,7 ± 0,6	NA
Ferreti et al. ¹⁵ (2007)	17,2 ± 1,2	9,9 ± 0,8	196,8 ± 23,1
Siebold et al. ¹⁶ (2008)	15 ± 3	8 ± 2	83 ± 19
Iwahashi et al. ²⁰ (2010)	17,4 ± 0,9	8,0 ± 0,5	128,3 ± 10,5
Sasaki et al. ¹⁰ (2012)	17,7 ± 2,7	4,6 ± 0,7	NA
Smigielski et al. ¹³ (2014)	16,0 (12,7-18,1)	3,54 (2,0-4,8)	NA
Nossos	16,49 ± 2,12	9,62 ± 0,93	99,77 ± 11,33

Fonte: Arquivo cedido pela instituição.

NA, não avaliado.

^a Soma das bandas anteromedial e posterolateral.

pequeno; em segundo lugar, nossa amostra foi constituída de peças originárias de amputações de pacientes em que a idade média pode ser estimada como alta. Entretanto, a ausência de osteófitos na região medial do CFL não interferiu nas medidas efetuadas. Uma terceira limitação é que apenas um pesquisador fez as medidas. Apesar disso, a concordância intraobservador foi considerada forte. Finalmente, não foram feitas observações microscópicas das inserções do LCA. Não obstante, conforme já relatado, Sasaki *et al.*¹⁰ acreditam que a observação microscópica do LCA equivale à inserção direta, vista macroscopicamente.

Como relevância clínica, este estudo sugere que existe uma variação individual na morfologia da inserção femoral do LCA que pode influenciar a escolha de qual enxerto deve ser usado no tratamento cirúrgico das lesões ligamentares, quando se pretende reproduzir o mais próximo possível a inserção do LCA natural de cada paciente. Uma vez que nem sempre é possível a visualização perfeita do ligamento remanescente, o conhecimento da localização do sítio de inserção é importante para auxiliar o correto local para perfuração de túneis femorais, nas reconstruções anatómicas do LCA.

Conclusão

Existe uma diversidade individual no comprimento, na espessura, área e no formato da inserção femoral do LCA. O sítio de inserção mostrou-se excêntrico, mais próximo da cartilagem profunda do CFL.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Waldén M, Häggglund M, Werner J, Ekstrand J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(1):3-10.
- Linko E, Harilainen A, Malmivaara A, Seitsalo S. Surgical versus conservative interventions for anterior cruciate ligament ruptures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005;18(2):CD001356.
- Hefzy MS, Grood ES, Noyes FR. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments. Part II: The anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 1989;17(2):208-16.
- Giron F, Cuomo P, Aglietti P, Bull AM, Amis AA. Femoral attachment of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):250-6.
- van Eck CF, Lesniak BP, Schreiber VM, Fu FH. Anatomic Single- and Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Flowchart. *Arthroscopy.* 2010;26(2):258-68.
- Karlsson J, Hirschmann MT, Becker R, Musahl V. Individualized ACL surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2143-4.
- Aglietti P, Buzzi R, Giron F, Simeone AJ, Zaccherotti G. Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon. A 5-8-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1997;5(3):138-44.
- Hofbauer M, Muller B, Murawski CD, van Eck CF, Fu FH. The concept of individualized anatomic anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(5):979-86.
- Middleton KK, Muller B, Araujo PH, Fujimaki Y, Rabuck SJ, Irrgang JJ, et al. Is the native ACL insertion site completely restored using an individualized approach to single-bundle ACL-R? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2145-50.
- Sasaki N, Ishibashi Y, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Mizukami H, et al. The femoral insertion of the anterior cruciate ligament: discrepancy between macroscopic and histological observations. *Arthroscopy.* 2012;28(8):1135-46.
- Amis AA, Jakob RP. Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6 Suppl 1:S2-12.
- Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67(2):257-62.
- Smigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Ciszek B, Ciszowska-Lysoń B, Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3143-50.
- Takahashi M, Doi M, Abe M, Suzuki D, Nagano A. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2006;34(5):787-92.
- Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, Fu FH. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy.* 2007;23(11):1218-25.
- Siebold R, Ellert T, Metz S, Metz J. Femoral insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry and arthroscopic orientation models for double-bundle bone tunnel placement-a cadaver study. *Arthroscopy.* 2008;24(5):585-92.
- Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;(106):216-31.
- Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(2):260-7.
- Mochizuki T, Muneta T, Nagase T, Shirasawa S, Akita KI, Sekiya I. Cadaveric knee observation study for describing anatomic femoral tunnel placement for two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2006;22(4):356-61.
- Iwahashi T, Shino K, Nakata K, Otsubo H, Suzuki T, Amano H, et al. Direct anterior cruciate ligament insertion to the femur assessed by histology and 3-dimensional volume-rendered computed tomography. *Arthroscopy.* 2010;26 9 Suppl:S13-20.
- Harner CD, Baek GH, Vogrin TM, Carlin GJ, Kashiwaguchi S, Woo SL. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy.* 1999;15(7):741-9.
- Parkar AP, Adriaensen ME, Vindfeld S, Solheim E. The Anatomic centers of the femoral and tibial insertions of the anterior cruciate ligament: a systematic review of imaging and cadaveric studies reporting normal center locations. *Am J Sports Med.* 2016, pii: 0363546516673984. [Epub ahead of print].