



Artigo Original

Estudo anatômico e análise morfométrica das inserções femorais do ligamento cruzado posterior

Julio Cesar Gali,^{1*} Heetor Campora de Sousa Oliveira,² Adriano Bordini Camargo,³
Carlos Rodrigo Barbosa Martins,³ Phelipe Augusto Cintra da Silva,³ Edie Benedito Caetano⁴

¹Doutorado em Ortopedia e Traumatologia pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP); Assistente Voluntário do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde (FCMS) de Sorocaba, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), Sorocaba, SP, Brasil.

²Residente do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da FCMS de Sorocaba, PUC-SP (2011), Sorocaba, SP, Brasil.

³R3 Serviço de Ortopedia e Traumatologia da FCMS de Sorocaba, PUC-SP, Sorocaba, SP, Brasil.

⁴Professor Livre-Docente, Chefe do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da FCMS de Sorocaba, PUC-SP, Sorocaba, SP, Brasil.

Trabalho feito na Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Sorocaba, SP, Brasil.

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 15 de janeiro de 2012

Aprovado em 12 de abril de 2012

Palavras-chave:

Fêmur

Ligamento cruzado posterior

Procedimentos ortopédicos

R E S U M O

Objetivo: Fornecer bases anatômicas e morfométricas das inserções femorais do ligamento cruzado posterior (LCP) para auxiliar a criação de túneis femorais anatômicos na reconstrução cirúrgica desse ligamento. **Desenho do estudo:** Estudo laboratorial controlado. **Materiais e métodos:** Analisamos os detalhes macroscópicos das inserções femorais das bandas anterolateral (AL) e posteromedial (PM) do LCP em 24 peças anatômicas de joelhos. As peças foram fotografadas por uma câmera digital e as imagens obtidas foram estudadas por meio do programa ImageJ, com o qual medimos a área de inserção das bandas, em milímetros quadrados, e o comprimento de estruturas e as distâncias entre pontos significativos, em milímetros. **Resultados:** A média da área total da inserção femoral do LCP foi de $87,80 \pm 31,42 \text{ mm}^2$. As médias das áreas de inserção das bandas AL e PM foram, respectivamente, $47,13 \pm 19,14$ e $40,67 \pm 16,19 \text{ mm}^2$. Em 95,8% dos joelhos estudados verificamos a presença da crista intercondilar medial e em 83,3% das peças notamos a crista medial bifurcada. O comprimento médio da crista intercondilar medial foi de $20,54 \pm 2,26 \text{ mm}$ e da crista medial bifurcada, $7,62 \pm 2,35 \text{ mm}$. **Conclusões:** A banda AL tem uma área de inserção femoral maior do que a PM; as áreas de inserção dessas bandas foram menores do que as previamente descritas na literatura. Existiram variações individuais importantes em relação à área das bandas em nossa amostragem, sugerindo que deva haver indicação específica para reconstruções anatômicas do LCP com túnel femoral único ou duplo.

© 2013 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado pela Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

*Autor para correspondência: R. Caracas, 418, CEP: 18046-718, Sorocaba, SP, Brasil.

Fax: (+55 15) 3233-4171

E-mail: juliogali@globo.com

Anatomical study and morphometric analyses of the posterior cruciate ligament's femoral insertions

A B S T R A C T

Keywords:

Femur

Posterior Cruciate Ligament

Orthopaedic Procedures

Purpose: To provide an anatomical and morphometric basis for the femoral insertions of the posterior cruciate ligament (PCL) in order to aid in the creation of anatomical femoral tunnels in ligament surgical reconstruction. **Study design:** laboratory controlled study. **Material and methods:** The macroscopic details of the femoral insertions of the PCL's anterolateral (AL) and posteromedial (PM) bundles were analyzed in 24 cadaver knees. The specimens were photographed with a digital camera and the images obtained were studied using the software ImageJ. The bundles' insertion areas were measured in square millimeters, and the length of the structures and the distances between significant points were measured in millimeters. **Results:** The PCL's femoral insertion average total area was 87.29 ± 31.42 mm². The mean insertion's areas of the AL and PM bundles were, respectively, 47.13 ± 19.14 and 40.67 ± 16.19 mm². In 95.8% of the examined knees was verified the presence of the medial intercondylar ridge and in 83.3% of the knees was noted the medial bifurcated ridge. The average length of the medial intercondylar ridge was 20.54 ± 2.26 mm and the medial bifurcated ridge's average length was 7.62 ± 2.35 mm. **Conclusions:** The AL had a femoral insertion area larger than the PM bundle; these bundles' insertion areas were lower than those previously described in the literature. There were important individual variations related to the area of the bundles in the samples, suggesting that there should be an individual recommendation for anatomical reconstructions of the PCL with single or double femoral tunnels.

© 2013 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

O ligamento cruzado posterior (LCP) se origina na face lateral do côndilo femoral medial (CFM) e cursa posterior, lateral e distalmente para se fixar na área intercondilar posterior da tibia, estendendo-se por alguns milímetros na superfície tibial posterior adjacente.^{1,2}

É composto por duas bandas funcionais: a anterolateral (AL) e a posteromedial (PM). A banda AL é tensa próximo aos 90° de flexão, enquanto a PM é tensa próximo à extensão total.²

É considerado o principal restritor primário à translação posterior do joelho e restritor secundário ao varo, valgo e rotação externa dessa articulação.³

As lesões desse ligamento podem ocorrer isoladas, porém um número crescente dessas tem sido reconhecida como parte de lesões combinadas.⁴

A respeito da história natural das lesões do cruzado posterior, Dejour et al⁵ acompanharam 45 pacientes, num seguimento de quatro a 44 anos. Concluíram que o distúrbio na cinemática do joelho resultante da perda do LCP leva, numa média de 25 anos após a lesão, à osteoartrose femorotibial ou generalizada.

Torg et al.,⁶ avaliando 47 pacientes num seguimento de 1 a 37 anos, inferiram que as lesões do LCP associadas a outras instabilidades têm maior incidência de alterações degenerativas nas radiografias e de doenças femoropatetares no exame clínico.

O tratamento cirúrgico dessas lesões é frequentemente recomendado para pacientes ativos, a fim de se obter estabilidade articular e prevenir artrose secundária.

O sucesso das reconstruções cirúrgicas depende da reprodução acurada da anatomia do LCP.⁷

O objetivo deste trabalho foi descrever o formato, a localização e as medidas das inserções femorais do LCP para ajudar o cirurgião na reconstrução anatômica desse ligamento.

Materiais e métodos

O estudo anatômico e morfométrico das inserções femorais do LCP foi feito em 24 peças anatômicas de joelhos de indivíduos adultos, 12 direitas e 12 esquerdas, de idade desconhecida, desemparelhadas. Nenhum joelho apresentava sinais de artrose e todos tinham os ligamentos cruzados anterior e posterior íntegros.

A fixação das peças frescas foi feita em formol a 10% e a conservação numa mistura de fenol a 2,5 %, formol a 2,5% e cloreto de sódio a 1%. Antes da dissecação foram mantidas em glicerina líquida por 60 dias.

O fêmur das peças foi serrado no plano sagital, para permitir delimitar a inserção femoral do LCP com precisão.

Cuidadosamente retiramos a cobertura sinovial do LCP, as expansões fibrosas e os ligamentos meniscofemorais. Com um bisturi com lâmina 11 cada banda foi delicadamente removida, enquanto demarcávamos seus limites com pequenos pontos de tinta. Desse modo pudemos delinear suas inserções ósseas na parede medial do CFM.

Observamos os detalhes macroscópicos das inserções femorais das bandas AL e PM do LCP e fotografamos as peças com uma máquina Canon EOS Rebel T1i. Todas as

imagens foram feitas com um marcador de referência (Fig. 1) e sempre perpendiculares à área de inserção ligamentar.

Usamos o programa ImageJ para medir a área de inserção das bandas, em milímetros quadrados, e os comprimentos de estruturas e as distâncias entre pontos significativos, em milímetros.

Resultados

A inserção da banda PM foi distal e lateral à inserção da banda AL. Macroscopicamente as inserções femorais do LCP apresentaram variação tanto em sua forma geométrica quanto em sua topografia. Em 18 joelhos (75%) verificamos inserções de formato oval e em seis joelhos (25%) encontramos uma forma de inserção semicircular. Já a topografia da inserção foi côncava em 17 joelhos (70,8%) e plana nos outros sete (29,2%).

Em 23 dos 24 joelhos dissecados (95,8%) verificamos a presença da crista intercondilar medial, uma crista óssea proximal à inserção femoral do LCP, e em 20 joelhos (83,3%) notamos a crista medial bifurcada, uma proeminência óssea mais tênue, separando as bandas AL e PM (Fig. 2).

Encontram-se na Tabela 1 as medidas das áreas de inserção das bandas AL e PM, o comprimento das cristas intercondilares medial e bifurcada medial, as distâncias entre os centros de inserção das bandas AL e PM e entre a crista bifurcada medial e os centros de inserção das bandas AL e PM e a menor distância entre a borda da cartilagem articular e os centros de inserção das bandas AL e PM, com os respectivos desvios-padrão e variação entre os menores e maiores valores.



Fig. 1 - Aspecto macroscópico das inserções femorais das bandas anterolateral (a) e posteromedial (b) do ligamento cruzado posterior na face lateral do côndilo femoral medial de um joelho esquerdo e marcador de referência. Nota-se, também, a área de inserção do ligamento meniscofemoral posterior (c).



Fig. 2 - Visão macroscópica da face lateral do côndilo femoral medial de um joelho direito com a representação linear da crista intercondilar medial (a-b) e da crista medial bifurcada (c-d) com marcador de referência.

Discussão

A reconstrução cirúrgica do LCP requer conhecimento claro da anatomia femoral e métodos reprodutivos para localizar a entrada dos túneis.⁸

O objetivo de nosso trabalho foi o de fornecer bases anatômicas e morfométricas das inserções femorais do LCP para guiar o cirurgião na colocação de enxertos em túneis femorais anatômicos na reconstrução desse ligamento.

Quanto à anatomia descritiva, encontramos na literatura que o formato da inserção femoral do LCP é relativamente plano e em meia-lua.^{7,9} Para Dargel et al.¹⁰ essa inserção tem um formato oval, com o maior diâmetro no sentido anteroposterior, com o joelho em extensão.

Lopes et al.¹¹ reportaram que a inserção femoral do LCP foi semicircular em 15 (75%) dos joelhos estudados e oval nos outros cinco (25%). Informaram também que a inserção femoral do LCP foi côncava em 19 joelhos (95%) e plana em apenas um (5%). No estudo de Cury et al.¹² a forma de inserção em quarto da elipse foi uma constante.

Nossos resultados foram idênticos aos desses autores quanto à forma da inserção, porém encontramos maior proporção de inserções planas (29,2%).

Ainda em relação à anatomia descritiva, Lopes et al.¹¹ relataram a presença da crista intercondilar medial em 18 dos 20 joelhos avaliados (90%) e da crista medial bifurcada em oito joelhos (40%). A primeira tinha um comprimento médio de 14,24 mm e a segunda, de 5,8 mm.

Tabela 1 - Medidas quantitativas da inserção femoral do ligamento cruzado posterior.

Áreas (em mm ²) do(a)	Média ± DP	Variação
Ligamento cruzado posterior	87,80 ± 31,42	39,00 a 148,00
Banda anterolateral	47,13 ± 19,14	22,91 a 90,00
Banda posteromedial	40,67 ± 16,19	16,53 a 79,93
Comprimento da crista intercondilar medial (em mm)	20,54 ± 2,26	16,01 a 24,97
Comprimento da crista bifurcada medial (em mm)	7,62 ± 2,35	3,78 a 12,03
Distância entre os centros de inserção das bandas anterolateral e posteromedial (em mm)	6,95 ± 1,32	4,30 a 9,94
Distância (em mm) entre a crista bifurcada medial e o centro do(a)		
Ligamento cruzado posterior	4,16 ± 1,05	3,29 a 7,00
Banda anterolateral	3,83 ± 1,01	2,50 a 6,92
Banda posteromedial	3,96 ± 1,22	2,55 a 6,84
Menor distância (em mm) entre a borda da cartilagem articular e o centro da		
Banda anterolateral	5,00 ± 2,06	2,80 a 10,19
Banda posteromedial	5,58 ± 1,64	3,80 a 9,48

Nesses parâmetros nossos resultados foram semelhantes apenas quanto à presença da crista intercondilar medial. Encontramos a crista medial bifurcada numa proporção muito maior de peças (83,3%) e as médias dos comprimentos das cristas intercondilares mediais e das cristas mediais bifurcadas em nossa casuística também foram maiores (20,54 e 7,62 mm, respectivamente).

Referente à área das inserções femorais das bandas anterolateral e posteromedial do LCP, Takahashi et al.¹³ avaliaram 32 joelhos por meio de fotografias com escala de medidas, posteriormente analisadas por computador. Para eles a área de inserção da banda AL foi de $58,0 \pm 25,4 \text{ mm}^2$ e a área de inserção da banda PM foi de $64,6 \pm 24,7 \text{ mm}^2$.

Dargel et al.¹⁰ marcaram a inserção femoral do LCP com emulsão de sulfato de bário radiopaco de 30 pares de joelhos fixados em formalina. Em seguida as peças foram radiografadas, digitalizadas e examinadas por um software de processamento de imagens. Verificaram que a área de inserção femoral do LCP foi de $133,8 \pm 34,53 \text{ mm}^2$ nos joelhos esquerdos e de $147,1 \pm 33,81 \text{ mm}^2$ nos joelhos direitos.

Lopes et al.¹¹ fotografaram 20 joelhos com uma câmera digital dotada de laser tridimensional e as imagens obtidas foram estudadas por um software específico. Obtiveram, como médias das áreas de inserção femorais do LCP, $118,0 \pm 23,95 \text{ mm}^2$ para a banda AL e $90,0 \pm 16,13 \text{ mm}^2$ para a banda PM. A da área total de inserção do LCP foi de $209,0 \pm 33,82 \text{ mm}^2$.

Cury et al.¹² avaliaram a área de inserção total do LCP em 20 joelhos de cadáveres por meio do programa AutoCAD e obtiveram o valor médio de $153,5 \text{ mm}^2$.

Na nossa avaliação, assim como na de Lopes et al.,¹¹ a área de inserção da banda AL foi maior do que a área de inserção da banda PM, ao contrário dos achados de Takahashi et al.¹³

Verificamos também, entre nossos casos e nos dos demais autores, um desvio-padrão alto na média das áreas de inserção, variando de 18% a 44% da área total. Isso provavelmente demonstra que existe uma diferença importante entre as medidas individuais das populações estudadas.

A média da área de inserção total do LCP em nossa casuística foi bem menor do que a dos outros autores. Em números aproximados, foi de 71% da área média de inserção total do LCP obtida por Takahashi et al.,¹³ 66% da área média verificada por Dargel et al.¹⁰ nos joelhos esquerdos e apenas 42% da área média encontrada por Lopes et al.¹¹

Esses autores creditaram as divergências entre os valores encontrados aos diferentes métodos de mensuração usados e às variações de sexo e etnia das populações estudadas. Além disso incluíram, em suas medidas, todas as fibras periféricas do LCP.¹¹

Nossos resultados numéricos provavelmente são menores porque, em nosso estudo, delimitamos exclusivamente os sítios ósseos de inserção femoral das bandas do LCP, possíveis de serem identificados com uma dissecação cuidadosa. Não incluímos as expansões fibrosas que se inserem na periferia do sítio ósseo de inserção, porque não fazem parte do corpo do ligamento propriamente dito.

Em concordância com objetivo do nosso trabalho, determinamos qual seria o diâmetro necessário para um túnel ósseo femoral, a ser preenchido por um enxerto, cobrir a inserção total do LCP. Assim, como a área total é igual a pi

multiplicado pelo raio ao quadrado ($\Delta = \pi \times r^2$), calculamos que para a área de inserção femoral total média do LCP de nossa casuística seria necessário um de 10,57 mm de diâmetro; para o desvio-padrão inferior necessitaríamos de um túnel de 8,47 mm de diâmetro e para o desvio-padrão superior, de um túnel de 12,32 mm de diâmetro, maior do que os túneis únicos normalmente usados.

Discordamos, portanto, de Morgan et al.,¹⁴ que relataram que a reconstrução com banda única não pode ocupar toda a área de inserção do LCP. Importantes variações individuais possivelmente não permitem que seja aplicada uma única técnica reconstrutiva. Talvez deva haver indicação individualizada para reconstruções anatômicas (de sítios de inserção) com banda única e com dupla banda.

Este estudo tem duas limitações: nossa amostragem, de 24 joelhos, pode ser considerada pequena, dada a grande variação anatômica encontrada e, também, a possível imperfeição da análise fotográfica que fizemos, porque não provê adequada informação da profundidade da inserção.

Conclusões

A banda anterolateral do ligamento cruzado posterior tem uma área de inserção maior do que a posteromedial e as áreas de inserção dessas bandas foram menores do que as previamente descritas na literatura.

As inserções do ligamento cruzado posterior têm limites ósseos: a crista intercondilar medial, presente na quase totalidade dos casos, e a crista medial bifurcada, menos frequente. Ambas podem ser referência para a perfuração dos túneis femorais nas reconstruções do LCP e para avaliar o posicionamento deles, por radiografias ou tomografia computadorizada, no pós-operatório.

Existiram variações individuais importantes na amostra analisada e, por isso, deve haver indicação pessoal para reconstruções anatômicas do LCP com túnel femoral único ou duplo.

REFERÊNCIAS

1. Amis AA, Gupte CM, Bull AM, Edwards A. Anatomy of the posterior cruciate ligament and the meniscomfemoral ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):257-63.
2. Girgis FG, Marshall JL, Al Monajem ARS. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional, and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;(106):216-31.
3. Grood ES, Stowers SF, Noyes FR. Limits of movement in the human knee. Effect of sectioning the posterior cruciate ligament and posterolateral structures. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70(1):88-97.
4. Clancy WG, Sutherland TB. Combined posterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med.* 1994;13(3):629-47.
5. Dejour H, Walch G, Peyrot J, Eberhard P. The natural history of rupture of the posterior cruciate ligament. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1988;74(1):35-43.

6. Torg JS, Barton TM, Pavlov H, Stine R. Natural history of the posterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(246):208-16.
7. Harner CD, Xerogeanes JW, Livesay GA, Carlin GJ, Smith BA, Kusayama T, et al. The human posterior cruciate ligament complex: an interdisciplinary study. Ligament morphology and biomechanical evaluation. *Am J Sports Med.* 1995;23(6):736-45.
8. Saddler SC, Noyes FR, Grood ES, Knochenmuss DR, Hefzy MS. Posterior cruciate ligament anatomy and length-tension behavior of PCL surface fibers. *Am J Knee Surg.* 1996;9(4):194-99.
9. Edwards A, Bull AMJ, Amis AA. The attachments of the fiber bundles of the posterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy.* 2007;23(3):284-90.
10. Dargel J, Pohl P, Tzikaras P, Koebke J. Morphometric side-to-side differences in human cruciate ligament insertions. *Surg Radiol Anat.* 2006;28(4):398-402.
11. Lopes OV, Ferretti M, Shen W, Ekdahl M, Smolinski P, Fu FH. Topography of the femoral attachment of the posterior cruciate ligament. *J. Bone Joint Surg Am.* 2008;90(2):249-55.
12. Cury RPL, Severino NR, Camargo OPA, Aihara T, Batista Neto LV, Goarayeb DN. Estudo anatômico da inserção femoral do ligamento cruzado posterior. *Rev Bras Ortop.* 2011;46(5):591-5.
13. Takahashi M, Matsubara T, Doi M, Suzuki D, Nagano A. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anterolateral and posteromedial bundles of human posterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(11):1055-9.
14. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. The anatomic origin of the posterior cruciate ligament: where is it? Reference landmarks for PCL reconstruction. *Arthroscopy.* 1997;13(3):325-31.