



RBO

REVISTA BRASILEIRA DE ORTOPEDIA

www.rbo.org.br/



Artigo Original

Inserções tibiais do ligamento cruzado posterior: anatomia topográfica e estudo morfométrico

Julio Cesar Gali,^{1,*} Hector Campora de Sousa Oliveira,² Bruno Cesar Bracher Lisboa,³
Bruno DiSerio Dias,³ Fabiana de Godoy Casimiro,³ Edie Benedito Caetano⁴

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

²Ex-Residente do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da PUC-SP, Sorocaba, SP, Brasil.

³Residente do 3º ano do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da PUC-SP, Sorocaba, SP, Brasil.

⁴Professor Livre-Docente; Chefe do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da PUC-SP, Sorocaba, SP, Brasil.

Trabalho feito na Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da PUC-SP, Sorocaba, SP, Brasil.

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 22 de janeiro de 2012

Aceito em 5 de junho de 2012

Palavras-chave:

Tíbia

Ligamento cruzado posterior

Procedimentos ortopédicos

R E S U M O

Objetivo: Descrever o formato, a localização e as medidas das inserções tibiais do ligamento cruzado posterior (LCP) para ajudar o cirurgião a criar túneis tibiais anatômicos, durante a reconstrução cirúrgica desse ligamento. **Materiais e métodos:** Estudamos a anatomia topográfica e a morfometria das inserções tibiais do LCP em 24 peças anatômicas de joelhos. Fotografamos as inserções ligamentares nas peças anatômicas com uma câmera digital e usamos programa Image J para medir a área de inserção das bandas, em milímetros quadrados, e as distâncias entre pontos significativos, em milímetros. **Resultados:** Em 54,2% dos joelhos o formato das inserções foi côncavo; na maioria das peças (41,6%) o formato da inserção foi oval. A área média total da inserção tibial do LCP foi de $88,33 \pm 21,66$ mm²; a área média da inserção tibial da banda anterolateral (AL) foi de $46,79 \pm 14,10$ mm² e da banda posteromedial (PM), de $41,54 \pm 9,75$ mm². **Conclusões:** A banda AL tem uma área de inserção tibial maior do que a PM; as áreas de inserção dessas bandas em nosso estudo foram menores do que as encontradas na literatura. As variações da área de inserção tibial do LCP sugerem que deve haver indicação para reconstruções anatômicas desse ligamento com o uso do túnel tibial único ou duplo, de acordo com as características individuais.

© 2013 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado pela Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob a licença de [CC BY-NC-ND](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

*Autor para correspondência: R. Caracas 418. CEP 14046-718. Sorocaba, SP, Brasil. Fax (+55 15) 3233-4171.

E-mail: juliogali@globo.com

Posterior cruciate ligament's tibial insertions: topographic anatomy and morphometric study

A B S T R A C T

Keywords:

Tibia

Posterior cruciate ligament

Orthopedic procedures

Objective: To provide anatomical and morphometric basis of the posterior cruciate ligament's tibial insertions in order to assist the creation of anatomical tibial tunnels, in the ligament surgical reconstruction. **Material and methods:** The topographic anatomy and morphometry of the posterior cruciate ligament's anterolateral and posteromedial bundles' tibial insertions were analyzed in 24 anatomical knee pieces. The pieces were photographed by a digital camera and the images obtained were studied by the software ImageJ, where the bundles' insertion areas were measured in square millimeters, and the length of structures and the distances between significant points were measured in millimeters. **Results:** In 54.2% of the knees the insertion' shape was concave; in most pieces (41.6%) the form of insertion was oval. The average posterior cruciate ligament's tibial insertion total area was $88.33 \pm 21.66 \text{ mm}^2$; the average anterolateral bundle's tibial insertion area was $46.79 \pm 14.10 \text{ mm}^2$ and it was $41.54 \pm 9.75 \text{ mm}^2$ for the posteromedial bundle. **Conclusions:** The anterolateral bundle has a tibial insertion area larger than the posteromedial bundle; the insertion areas of those bundles in our study, were smaller than the ones found in the literature. The variations in the posterior cruciate ligament's tibial insertion area suggest that there should be an indication for anatomical reconstructions of this ligament using single or double tibial tunnels according to individual characteristics.

© 2013 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob a licença de [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Introdução

O LCP tem sua origem na face lateral do côndilo femoral medial (CFM). Cruza a articulação do joelho no sentido posterior, lateral e distal e se insere na tibia posterior e proximal, na área intercondilar, estendendo-se na superfície tibial posterior adjacente por alguns milímetros.^{1,2}

É composto por duas bandas funcionais, a AL e a PM. A banda AL é tensionada na flexão, enquanto a PM é tensionada na extensão.²

É considerado estabilizador primário do joelho, porque provê o eixo central de rotação,³ e responde por 95% do deslocamento posterior da tibia sobre o fêmur.⁴ Também é restritor secundário ao varo, valgo e à rotação externa dessa articulação.⁵

A lesão do LCP provoca alterações na cinemática articular que resultam em osteoartrose femorotibial medial ou generalizada, numa média de 25 anos após a lesão.⁶

Para se obter estabilidade articular e prevenir artrose secundária, o tratamento cirúrgico dessas lesões, para pacientes ativos, é frequentemente indicado. Sua reconstrução cirúrgica, no entanto, requer um bom conhecimento anatômico, para se colocar o enxerto corretamente.⁷

O objetivo de nosso trabalho foi o de fornecer detalhes da anatomia e morfometria das inserções tibiais do LCP, para poder auxiliar os cirurgiões a localizar os pontos de perfuração de túneis tibiais anatômicos, em sua reconstrução cirúrgica.

Materiais e métodos

Estudamos a anatomia topográfica e a morfometria das inserções tibiais do LCP em 24 peças anatômicas de joelhos, 12 direitas e 12 esquerdas, desemparelhadas, todas com a cartilagem articular e os ligamentos cruzados anterior e posterior íntegros.

A preparação das peças, antes da dissecação, foi feita da seguinte maneira: fixação em formol a 10% e conservação numa mistura de fenol a 2,5%, formol a 2,5% e cloreto de sódio a 1%. Posteriormente, as peças foram mantidas em glicerina líquida por 60 dias.

Inicialmente a cobertura sinovial do LCP, suas expansões fibrosas e os ligamentos meniscofemorais foram cuidadosamente retirados (Fig. 1); depois cada banda foi delicadamente removida com um bisturi com lâmina 11 e pinça de dissecação, enquanto seus limites foram demarcados com pequenos pontos de tinta. Assim sendo, as inserções ósseas das bandas AL e PM na tibia proximal puderam ser delimitadas.

A princípio, os detalhes das inserções tibiais das bandas AL e PM do LCP foram observados macroscopicamente; em seguida, com uma máquina Canon EOS Rebel T1i e um marcador de referência, fotografamos todas as peças. (Fig. 2)

Para medir a área de inserção das bandas, em milímetros quadrados, e as distâncias entre pontos significativos, em milímetros, usamos o programa Image J.

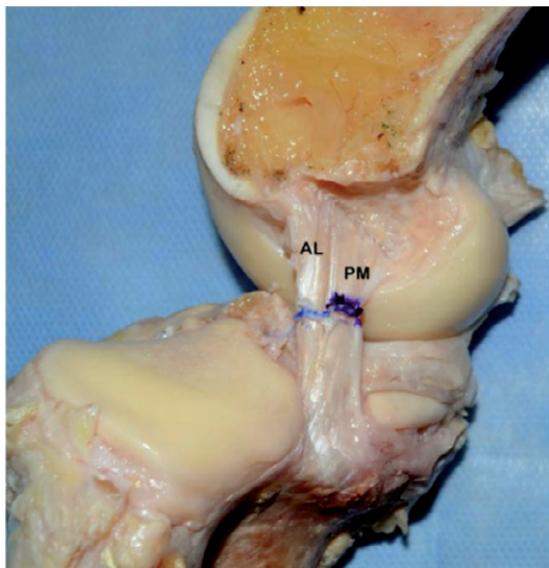


Fig. 1 - Visão das bandas anterolateral (a) e posteromedial (b) do ligamento cruzado e suas inserções, depois da retirada dos ligamentos meniscofemorais.

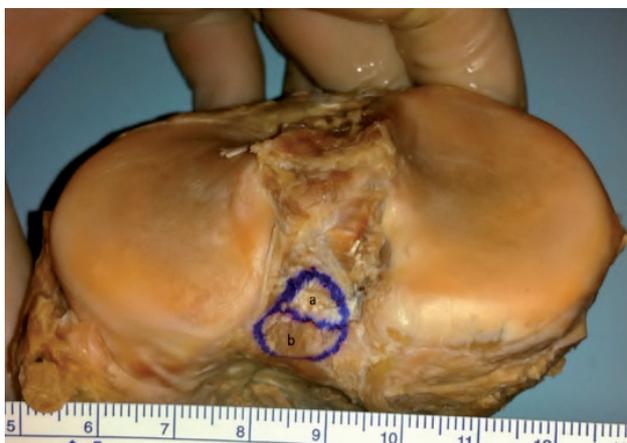


Fig. 2 - Aspecto macroscópico das áreas de inserções tibiais das bandas anterolateral (a) e posteromedial (b) do ligamento cruzado posterior na fossa intercondilar posterior tibial de um joelho direito e marcador de referência.

Resultados

A inserção da banda PM foi distal e medial à inserção da banda AL. Observamos, na análise macroscópica, variações tanto no aspecto topográfico quanto na forma geométrica das inserções tibiais do LCP.

Em 13 joelhos (54,2%) o formato das inserções foi côncavo; oito peças (33,3%) tinham um formato de inserção plano e em três peças (12,5%) notamos a área de inserção de formato convexo.

Quanto à forma geométrica das inserções do LCP, observamos formato oval em dez joelhos (41,6%), quadrangular em oito (33,3%) e trapezoidal (25%) em seis peças dissecadas.

Encontram-se na Tabela 1 as medidas das áreas de inserção das bandas AL e PM, o comprimento e a largura dessas bandas, as distâncias entre os seus centros de inserção 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 a variação entre os menores e os maiores valores.

Discussão

A colocação indevida dos túneis para a reconstrução do LCP pode levar ao encurtamento ou alongamento do enxerto com a flexão e subsequente falha.⁸

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

Em relação à anatomia descritiva, verificamos que o LCP se insere na fossa intercondilar posterior, sendo que a banda AL se insere em seu aspecto superolateral e a PM na porção inferomedial dessa fossa. Moorman et al.⁹ descreveram o sítio de inserção tibial como “faceta do LCP”.

Em nosso estudo, a forma geométrica das inserções tibiais do LCP foi variável e oval na maioria dos casos (41,6%). Sheps et al.¹⁰ a descreveram como de formato trapezoidal; para Harner et al.⁷ e Dargel et al.,¹¹ a inserção tibial tem formato retangular.

Edwards et al.¹² estudaram 39 joelhos de cadáveres. As imagens com escala, obtidas de fotografias digitais das inserções tibiais do LCP, foram analisadas por um software. Encontraram as seguintes medidas para o comprimento e a largura médios da inserção da banda AL: 8 ± 2 mm e 9 ± 2 mm; o comprimento e a largura médios da inserção da banda PM foram 6 ± 1 mm e 10 ± 2 mm, respectivamente.

Para Tajima et al.,¹³ o comprimento e a largura médios da inserção da banda AL foram $7,8 \pm 1,5$ mm e $9,2 \pm 1,6$ mm; o comprimento e a largura médios da inserção da banda PM foram $9,4 \pm 1,4$ mm e $15,0 \pm 2,7$ mm, respectivamente.

Apenas a largura da inserção da banda AL de nossa casuística foi maior do que a de Edwards et al.;¹² os demais valores foram inferiores aos encontrados por esses autores e também àqueles reportados por Tajima et al.¹³

Em nossa casuística, notamos que a área média da inserção da banda AL, de $46,79 \pm 14,10$ mm², foi maior do que a área média de inserção da banda PM, de $41,54 \pm 9,75$ mm².

Harner et al.⁷ também informaram que a área média de inserção da banda AL foi maior do que a da banda PM (AL = 70 ± 26 mm² e PM = 62 ± 17 mm²).

Por outro lado, para Tajima et al.¹³ e para Takahashi et al.,¹⁴ a média da área de inserção tibial da banda PM foi maior do que a média da área de inserção da banda AL.

Determinamos também qual a menor distância, em milímetros, entre as bordas das cartilagens articulares dos côndilos tibiais lateral e medial e os centros das bandas AL e PM, que foram, respectivamente, $7,30 \pm 1,73$ mm e $8,59 \pm 1,63$ mm.

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

	Média e Desvio Padrão	Varição
Área (mm ²)		
Ligamento Cruzado Posterior	88,33 ± 21,66	(52,00 - 136,00)
Banda Anterolateral	46,79 ± 14,10	(25,32 - 83,68)
Banda Posteromedial	41,54 ± 9,75	(22,65 - 59,00)
Comprimento (mm)		
Banda Anterolateral	5,66 ± 1,18	(4,22 - 9,15)
Banda Posteromedial	5,47 ± 1,23	(4,03 - 9,62)
Largura (mm)		
Banda Anterolateral	7,20 ± 1,18	(5,25 - 10,34)
Banda Posteromedial	8,08 ± 1,34	(5,74 - 11,02)
Distância Entre os Centros de Inserção da Banda Anterolateral e da Banda Posteromedial (mm)	6,67 ± 1,00	(4,23 - 7,98)
Menor Distância (mm) entre a Borda da Cartilagem Articular do Platô Medial e o Centro da		
Banda Anterolateral	9,79 ± 2,08	(5,78 - 15,49)
Banda Posteromedial	11,04 ± 2,25	(8,22 - 17,32)
Menor Distância (em mm) entre a Borda da Cartilagem Articular do Platô Lateral e o Centro da		
Banda Anterolateral	7,30 ± 1,73	(4,76 - 10,71)
Banda Posteromedial	8,59 ± 1,63	(5,28 - 11,27)

Em nosso estudo, o centro de inserção das bandas do LCP foi mais proximal do que o tradicionalmente recomendado na reconstrução cirúrgica desse ligamento. Segundo Christel,¹⁵ o pino guia para a criação do túnel tibial deve ser centrado na inserção tibial do LCP, 15 mm abaixo da linha articular, ou seja, numa posição mais distal do que a que encontramos em nosso estudo anatômico.

Nesse tipo de reconstrução, o enxerto precisa fazer uma curva aguda, conhecida como *killer turn*, ao redor da tibia proximal, que pode afrouxá-lo. Isso poderia explicar a falha do procedimento em restaurar a frouxidão posterior.¹⁶ A criação de túneis mais proximais, de acordo com as inserções anatômicas das bandas do LCP verificadas em nosso estudo, possivelmente pode evitar essa situação.

A área total do LCP em nosso estudo, de 88,33 mm², foi menor do que as reportadas por outros autores, sendo cerca de 85% da área dos joelhos avaliados por Dargel et al.¹¹ e apenas 36% da área dos joelhos avaliados por Tajima et al.¹³

Tajima et al.¹³ avaliaram 21 joelhos de cadáveres desparelhados. As inserções tibiais foram estudadas por fotografia a laser tridimensional e analisadas por software específico. A média da área de inserção da banda AL foi de 93,1 ± 16,6 mm² e da banda PM foi de 150,8 ± 31,0 mm².

Takahashi et al.¹⁴ avaliaram 33 tibiás por fotografias com escala de medidas e analisadas por computador. A média da área de inserção tibial da banda AL foi de 46,7 ± 15,6 mm² e da banda PM foi de 115,8 ± 54,6 mm².

Dargel et al.¹¹ examinaram 30 pares de joelhos fixados em formalina cujas inserções tibiais do LCP foram marcadas com emulsão de sulfato de bário radiopaco, radiografadas e

avaliadas por um software de processamento de imagens. Reportaram que a média da área de inserção tibial do LCP foi de 110,4 ± 36,7 mm² nos joelhos esquerdos e de 103,9 ± 28,46 mm² nos direitos.

Tajima et al.¹³ informaram que a diferença entre seus achados e os da literatura se deve ao fato de terem incluído, em sua avaliação, as fibras periféricas do LCP, especialmente as da banda PM, que se inserem de modo mais extenso no periósteo da tibia distal.

Em nosso estudo, pelo contrário, procuramos delimitar, com dissecação cuidadosa, apenas o corpo do ligamento propriamente dito, no sítio ósseo de inserção tibial do LCP.

Notamos em nosso estudo e nas demais publicações um desvio-padrão alto na média das áreas de inserção do LCP na tibia, variando entre 17% e 44% da área média. Isso possivelmente é um reflexo de uma diferença importante entre as medidas individuais das amostras avaliadas.

Considerando que a área média de inserção total do LCP de nossa casuística foi 88,33 mm², que para o desvio-padrão inferior essa área foi de 66,67 mm² e que para o desvio-padrão superior foi de 109,99 mm², calculamos qual seria o diâmetro necessário para que um túnel ósseo tibial, a ser preenchido por um enxerto, possa cobrir a área de inserção total do LCP.

Como o diâmetro é igual a duas vezes a raiz quadrada da área dividida por pi, seria necessário um túnel tibial de 10,60 mm de diâmetro para ocupar a área média de inserção tibial do LCP; para a área média do desvio-padrão inferior necessitaríamos de um túnel de 9,21 mm de diâmetro e para o desvio-padrão superior de um túnel de 11,83 mm de diâmetro, maior do que os túneis únicos normalmente usados.

Isso contraria a publicação de Sheps et al.,¹⁰ que consideraram que a área de inserção tibial do LCP é suficientemente grande para permitir a colocação de dois túneis independentes. As variações individuais encontradas em nosso estudo sugerem que deva haver indicação individualizada para criação de túneis tibiais únicos ou duplos nas reconstruções anatômicas.

Nosso estudo tem algumas limitações. Por causa da grande variação anatômica encontrada, nossa amostra de 24 joelhos pode ser considerada pequena. Também as fotografias das inserções tibiais do LCP com câmera digital não proporcionam uma ideia tridimensional da inserção ligamentar.

Conclusões

Confirmamos que o LCP tem duas bandas de inserção tibiais, a AL e a PM, e a banda AL tem uma área de inserção maior do que a PM. As áreas de inserção dessas bandas, em nosso estudo, foram menores do que as encontradas na literatura.

O centro de inserção das bandas do LCP foi mais proximal do que o comumente recomendado na reconstrução cirúrgica desse ligamento. A criação de túneis mais proximais, respeitando as inserções anatômicas das bandas do LCP, provavelmente pode evitar o fenômeno conhecido como killer turn e o possível afrouxamento do enxerto usado nas reconstruções com túneis transtibiais.

As variações de tamanho da área de inserção do LCP entre os joelhos estudados sugerem que deva existir indicação para reconstruções anatômicas desse ligamento com túnel tibial único ou duplo, de acordo com as características individuais.

Conflitos de interesse

Os autores declaram inexistência de conflitos de interesse na feitura deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Holt BT, Parks NL, Engh GA, Lawrence JM. Comparison of 1. Amis AA, Gupte CM, Bull AM, Edwards A. Anatomy of the posterior cruciate ligament and the meniscofemoral ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):257-63.
- 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.
- Hughston JC, Bowden JA, Andrews JR, Norwood, LA. Acute tears of the posterior cruciate ligament. Results of operative treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(3):438-50.
- Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(2):259-70.
- Grood ES, SF Stowers, FR Noyes. 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.
- 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.
- 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.
- 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):194-9.
- Moorman CT 3rd, Zane SM, Bansai S, Cina SJ, Wickiewicz TL, Warren RF, et al. Tibial insertion of the posterior cruciate ligament: a sagittal plane analysis using gross, histologic, and radiographic methods. *Arthroscopy.* 2008;24(3):269-75.
- Sheps DM, Otto D, Fernhout M. The Anatomic characteristics of the tibial insertion of the posterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 2005;21(7):820-5.
- Dargel J, Pohl P, Tzikaras P, Koebeke J. Morphometric side-to-side differences in human cruciate ligament insertions. *Surg Radiol Anat.* 2006;28(4):398-402.
- 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.
- Tajima G, Nozaki M, Iriuchishima T, Ingham SJ, Shen W, Smolinski P, et al. Morphology of the tibial insertion of the posterior cruciate ligament. *J. Bone Joint Surg Am.* 2009;91(4):859-66.
- 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.
- Christel P. Basic principles for surgical reconstruction of the PCL in chronic posterior knee instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003;11(5):289-96.
- McAllister DR, Markolf KL, Oakes DA, Young CR, McWilliams J. A biomechanical comparison of tibial inlay and tibial tunnel posterior cruciate ligament reconstruction techniques: graft pretension and knee laxity. *Am J Sports Med.* 2002;30(3):312-7.