



Artigo Original

Estudo radiográfico da inserção tibial do ligamento cruzado posterior[☆]



Julio Cesar Gali*, Paulo Esquerdo, Marco Antonio Pires Almagro e Phelipe Augusto Cintra da Silva

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 5 de fevereiro de 2014

Aceito em 11 de junho de 2014

On-line em 16 de setembro de 2014

Palavras-chave:

Tíbia

Ligamento cruzado posterior/radiografia

Cadáver

R E S U M O

Objetivo: Estabelecer as distâncias radiográficas dos centros das inserções tibiais do ligamento cruzado posterior (LCP) até as corticais medial e lateral da tíbia, nas radiografias em anteroposterior, e desses centros até o ponto mais proximal da faceta do LCP, nas radiografias em perfil, para que possam orientar a criação de túneis anatômicos na reconstrução do LCP e para análise pós-operatória do posicionamento dos túneis.

Desenho: Estudo laboratorial controlado.

Métodos: Vinte joelhos de cadáveres foram avaliados. As inserções tibiais das bandas do LCP foram identificadas e demarcadas com marcadores metálicos e os joelhos foram radiografados. Nas radiografias determinamos a localização do centro de inserção das bandas relativa à medida mediolateral da tíbia e as distâncias do ponto mais proximal da faceta do LCP até o centro de inserção das bandas. Todas as medidas foram calculadas com o software ImageJ. **Resultados:** Nas radiografias em anteroposterior a distância média entre o centro da inserção da banda anterolateral (AL) até a borda medial da tíbia foi de $40,68 \pm 4,10$ mm; a distância entre o centro de inserção da banda posteromedial (PM) até a borda medial da tíbia foi, em média, de $38,74 \pm 4,40$ mm. Nas radiografias em perfil as distâncias médias entre o ponto mais proximal da faceta do LCP e os centros de inserção das bandas AL e PM foram de $5,49 \pm 1,29$ mm e $10,53 \pm 2,17$ mm, respectivamente.

Conclusões: Foi possível estabelecer um padrão radiográfico das inserções tibiais das bandas do LCP que pode ser útil para o controle intraoperatório da localização dos túneis e para análise pós-operatória da posição dos túneis.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

[☆] Trabalho desenvolvido na Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Sorocaba, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: juliogali@globo.com (J.C. Gali).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2014.06.010>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Radiographic study on the tibial insertion of the posterior cruciate ligament

A B S T R A C T

Keywords:

Tibia
Posterior cruciate
ligament/radiography
Cadaver

Objective: To establish the radiographic distances from posterior cruciate ligament (PCL) tibial insertions centers to the lateral and medial tibial cortex in the anteroposterior view, and from these centers to the PCL facet most proximal point on the lateral view, in order to guide anatomical tunnels drilling in PCL reconstruction and for tunnel positioning postoperative analysis.

Study design: Controlled laboratory study.

Methods: Twenty cadaver knees were evaluated. The PCL's bundles tibial insertions were identified and marked out using metal tags, and the knees were radiographed. On these radiographs, the bundles insertion sites center location relative to the tibial mediolateral measure, and the distances from the most proximal PCL facet point to the bundle's insertion were determined. All measures were calculated using the ImageJ software.

Results: On the anteroposterior radiographs, the mean distance from the anterolateral (AL) bundle insertion center to the medial tibial edge was 40.68 ± 4.10 mm; the mean distance from the posteromedial (PM) bundle insertion center to the medial tibial edge was 38.74 ± 4.40 mm. On the lateral radiographs, the mean distances from the PCL facet most proximal point to AL and PM bundles insertion centers was 5.49 ± 1.29 mm and 10.53 ± 2.17 mm respectively.

Conclusions: It was possible to establish a radiographic pattern for PCL tibial bundles insertions, which may be useful for intraoperative tunnels locations control and for postoperative tunnels positions analysis.

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

Introdução

O posicionamento anatômico do enxerto é requisito para se conseguir um bom resultado nas reconstruções do ligamento cruzado posterior (LCP).¹⁻³ O êxito do tratamento cirúrgico das lesões do LCP está relacionado à restauração precisa de sua anatomia.⁴ Em publicação recente foram descritas a localização anatômica e as medidas das inserções tibiais do LCP.⁵

A localização inadequada dos túneis, na reconstrução do LCP, pode causar encurtamento ou alongamento do enxerto durante a flexão do joelho e insucesso ulterior.⁶

Para que a função do ligamento reconstruído seja normal, a reconstrução anatômica de suas bandas anterolateral (AL) e posteromedial (PM) deve ser cogitada, já que estudos biomecânicos mostraram que a reconstrução do LCP com dupla banda é superior à reconstrução com banda única.⁷⁻⁹

A demarcação correta dos sítios das inserções das bandas AL e PM do LCP e de suas imagens radiográficas correlatas pode cooperar para maior precisão das reconstruções cirúrgicas desse ligamento.¹⁰⁻¹²

A tomografia computadorizada é uma ferramenta potencialmente útil na avaliação da localização dos túneis ósseos, até com possibilidade de reconstruções tridimensionais,¹³ porém não é possível seu uso na sala operatória.

A ressonância magnética é menos efetiva para avaliar o posicionamento dos túneis nas reconstruções dos ligamentos cruzados porque parafusos de interferência ou outros

artefatos metálicos usados na fixação do enxerto podem interferir na qualidade das imagens.¹¹

O objetivo do nosso estudo foi definir as distâncias radiográficas dos centros das inserções tibiais das bandas do ligamento cruzado posterior até as corticais medial e lateral da tibia, nas radiografias em anteroposterior, e desses centros até o ponto mais proximal da faceta do LCP, nas radiografias em perfil, a fim de que possam orientar a criação de túneis anatômicos, durante as cirurgias, e para que sirvam de parâmetros analíticos do posicionamento dos túneis ósseos, no pós-operatório.

Métodos

As inserções das bandas AL e PM do LCP foram avaliadas em 20 peças anatômicas de joelhos de cadáveres adultos, 11 direitas e nove esquerdas. As peças eram desemparelhadas e os dados de sexo e idade, desconhecidos. Todos os joelhos tinham os ligamentos cruzados anterior e posterior íntegros e nenhum mostrava sinal macroscópico de artrose.

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%. Depois permaneceram 60 dias em glicerina líquida.

Identificamos e isolamos as inserções tibiais das bandas AL e PM do LCP e, depois, as ressecamos. Os centros das bandas foram determinados pela interseção dos diâmetros da altura e largura e foram assinalados com marcadores metálicos

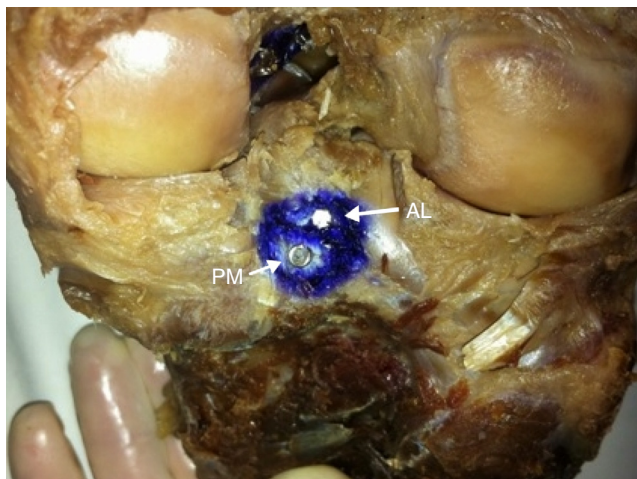


Figura 1 – Fotografia de peça dissecada que mostra a inserção das bandas anterolateral (AL) e posteromedial (PM).

colados diretamente no osso, com cola especial. Foram usados marcadores de formato diferente para cada banda (fig. 1).

Foram feitas radiografias digitais nas incidências anteroposteriores (AP), com o joelho em extensão, e em perfil absoluto (P), com flexão de 30°. Foi seguida uma padronização técnica para que as radiografias fossem feitas: distância do tubo às peças de 120 cm, voltagem de 48 Kv e dosagem de 5 mAs.

Nas radiografias em AP, a localização do sítio de inserção das bandas AL e PM foi estabelecida, em porcentagem, pela razão entre a distância do ponto de inserção de cada banda até a borda medial da tibia, dividida pela maior medida mediolateral da face articular tibial superior (fig. 2).

Nas imagens radiográficas em P, traçamos uma linha sobre a região inclinada da porção mais proximal da tibia, local da inserção do LCP, definida por Moorman et al. como “faceta do LCP”.¹⁴ Medimos o tamanho da faceta do LCP e a distância do ponto mais proximal dessa linha até a inserção das bandas AL e PM (fig. 3). O software ImageJ foi usado para mensurar todas as distâncias descritas acima.

Resultados

Em todas as imagens radiográficas analisadas o centro de inserção da banda PM esteve distal e medial ao centro de inserção da banda AL.

A extensão média entre o centro da inserção da banda AL até a borda medial da tibia foi de $40,68 \pm 4,10$ mm, o que correspondeu a $52,32\% \pm 4,55\%$ da medida mediolateral da face articular tibial superior.

Em relação à banda PM, a distância entre o centro de sua inserção até a borda medial da tibia foi, em média, de $38,74 \pm 4,40$ mm, equivalente a $49,85\% \pm 4,92\%$ da mensuração do intervalo entre as bordas medial e lateral da face articular tibial superior. Os dados referentes às inserções tibias do LCP nas radiografias em AP estão apresentados na [tabela 1](#).

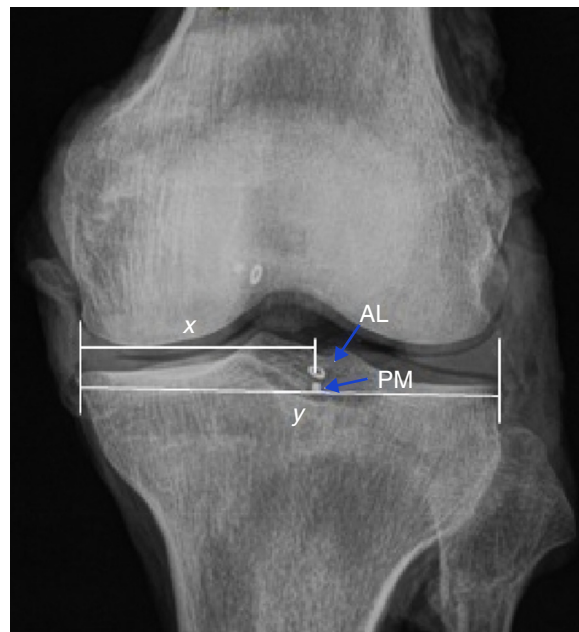


Figura 2 – Radiografia em AP que mostra a inserção das bandas anterolateral (AL) e posteromedial (PM); x = distância do ponto de inserção da banda até a borda medial da tibia; y = maior distância mediolateral da face articular tibial superior.

Na avaliação das radiografias em P, o comprimento médio da faceta do LCP foi de $15,43 \pm 2,47$ mm; a distância média entre o ponto mais proximal da faceta do LCP e os centros de inserção das bandas AL e PM foi de $5,49 \pm 1,29$ mm e $10,53 \pm 2,17$ mm, respectivamente ([tabela 2](#)).



Figura 3 – Radiografia em perfil que mostra a linha sobre a “faceta do LCP” e a inserção das bandas anterolateral (AL) e posteromedial (PM).

Tabela 1 – Distância, em mm, do centro das inserções das bandas AL e PM até a borda medial das tíbias e a porcentagem dessa distância em relação à maior distância mediolateral da face articular tibial superior, nas radiografias em AP

Peça anatômica	Lado	Faceta do LCP (mm)	Distância do ponto mais proximal da faceta do LCP até a inserção da banda	
			AL (mm)	PM (mm)
1	D	15,87	5,34	9,58
2	E	15,77	6,62	11,99
3	D	12,29	4,16	7,9
4	E	13,47	4,33	9,61
5	E	13,46	3,99	9,75
6	D	13,2	4,27	8,7
7	D	13,13	5,18	9,29
8	D	14,32	4,15	9,51
9	E	12,66	5,47	7,75
10	D	18,42	6,07	12,24
11	E	22,03	8,74	15,29
12	E	15,04	5,79	11,82
13	D	15,77	6,1	11,33
14	D	17,8	5,81	9,43
15	E	15,72	6,26	8,92
16	D	19,2	7,85	15,03
17	D	14,67	4,15	8,12
18	D	17,08	6,32	12,68
19	E	13,71	4,66	9,76
20	E	15,1	4,59	11,91
Média		15,436	5,493	10,531
DP		2,472	1,291	2,176
Máx		22,030	8,740	15,290
Min		12,290	3,990	7,750

Discussão

O preceito geral ortopédico de que as cirurgias devem reproduzir a anatomia sugere que enxertos colocados longe de sua verdadeira inserção anatômica podem ter sua função comprometida.¹⁴ Desse modo, orientações radiográficas para guiar a colocação dos túneis no tratamento cirúrgico das lesões do LCP são essenciais para fazer reconstruções anatômicas.¹⁵

A localização radiográfica das bandas do LCP são pontos de referência que independem do tamanho do joelho. A fluoroscopia intraoperatória pode, portanto, ser uma ferramenta de ajuda na colocação correta dos túneis.¹²

Estudos biomecânicos mostraram que a reconstrução do LCP com dupla banda é superior à reconstrução com banda única.⁷⁻⁹ No entanto, o fator mais importante para bons resultados é a perfeita colocação anatômica das bandas.⁹ Alguns estudos sobre o LCP não descreveram separadamente a localização das bandas AL e PM.^{10,12,16}

Verificamos que o centro de inserção da banda PM esteve sempre medial e distal ao centro de inserção da banda AL. Nas radiografias em AP, a distância média entre os centros das inserções das bandas AL e PM até a borda medial da tíbia foi de $40,68 \pm 4,10$ mm e de $38,74 \pm 4,40$ mm, respectivamente. O centro da inserção da banda AL esteve numa localização que correspondeu a $52,32\% \pm 4,55\%$ da medida mediolateral da face articular tibial superior; para o centro de inserção da banda PM essa localização representou $49,85\% \pm 4,92\%$ da medida da face articular tibial superior.

Lorenz et al.¹² estudaram a inserção do LCP em 16 joelhos de cadáveres. Para eles, o ponto comum da inserção do

Tabela 2 – Comprimento da faceta do LCP e distância do ponto mais proximal da faceta até o centro das inserções das bandas AL e PM do LCP, nas radiografias em perfil

Peça anatômica	Lado	Centro da banda AL - borda medial tibial, em mm	Centro da banda PM - borda medial tibial, em mm	Porcentagem da distância da inserção da banda AL	Porcentagem da distância da inserção da banda PM
1	D	42,50	39,30	48,82	46,07
2	D	38,60	37,80	46,73	45,76
3	D	41,10	37,70	52,29	47,96
4	E	44,70	42,50	54,37	51,70
5	E	42,00	39,10	53,77	50,06
6	D	38,20	37,60	47,33	46,59
7	E	42,40	40,20	57,06	54,10
8	D	38,00	35,10	54,20	50,07
9	D	29,30	26,40	42,83	38,57
10	D	37,90	35,60	47,79	44,89
11	D	43,70	42,60	55,17	53,78
12	E	44,20	41,50	53,70	50,42
13	E	42,50	40,50	55,26	52,66
14	E	42,70	41,80	57,31	56,10
15	E	38,00	36,40	49,41	47,33
16	D	42,60	41,30	51,26	49,69
17	D	37,50	35,70	50,74	48,30
18	E	49,40	48,80	63,09	62,32
19	D	36,90	35,00	50,34	47,74
20	E	41,30	39,80	54,84	52,85
Média		40,68	38,74	52,32	49,85
DP		4,10	4,40	4,55	4,92
Máximo		49,40	48,80	63,09	62,32
Mínimo		29,30	26,40	42,83	38,57

LCP esteve localizado a $49\% \pm 2\%$ do diâmetro mediolateral da tíbia, em relação à borda medial. Greiner et al.,¹³ em um estudo por tomografia computadorizada com 10 joelhos de cadáveres, verificaram que a distância média entre a inserção tibial do LCP e a borda medial do planalto tibial foi de 36,6 mm, equivalente a 49% do total da largura do planalto tibial.

Edwards et al.,¹⁷ em seu estudo com 39 joelhos de cadáveres, comprovaram uma forte correlação entre a posição do centro das bandas AL e PM e a largura do planalto tibial, que foi de $48\% \pm 4\%$ para a banda AL ($p < 0,001$) e de $48\% \pm 5\%$ para a banda PM ($p < 0,002$).

De acordo com Osti et al.,¹⁸ que avaliaram 15 joelhos de cadáveres humanos, os centros de inserções tibiais das bandas AL e PM foram encontrados a 47,88% e 50,93% do diâmetro mediolateral tibial total, respectivamente. Takahashi et al.¹⁹ estudaram 33 tíbias de cadáveres. Para esses autores, as distâncias da margem medial da cartilagem articular do planalto tibial até os centros das inserções tibiais das bandas AL e PM, relativas à largura do planalto tibial, foram de 51,0% e 50,0%, respectivamente.

Em nossa casuística, a distância do ponto mais proximal da linha traçada sobre a faceta do LCP até a inserção da banda AL foi de $5,49 \pm 1,29$ mm e de $10,53 \pm 2,17$ mm para a banda PM. Para Osti et al.,¹⁸ as medidas das inserções das bandas AL e PM do LCP até a superfície articular foram de 5,3 mm e 12,8 mm, respectivamente. Por outro lado, para Racanelli e Drez,¹⁰ numa pesquisa com 12 joelhos de cadáveres humanos, a distância da inserção comum do LCP até a face articular tibial foi de 8 mm.

Concordamos plenamente com Johannsen et al.¹⁵ quando afirmaram que os achados mais importantes são referentes à visão radiográfica lateral, mais frequentemente usada no intraoperatório.

As diferentes medidas de avaliação que usamos podem ser aplicadas nas reconstruções cirúrgicas do LCP, tanto como auxílio para criação de túneis anatômicos como para verificação pós-operatória.

Conclusões

Nosso estudo estabeleceu um modelo radiográfico para identificar os sítios das inserções tibiais das bandas do LCP baseado nas distâncias dos centros de suas inserções até as corticais medial e lateral da tíbia e desses centros até o ponto mais proximal de sua faceta do LCP. Os resultados de nossa pesquisa podem contribuir para a reconstrução anatômica do LCP, pois o correto posicionamento dos túneis pode ser verificado com fluoroscopia, antes da perfuração deles. Os dados obtidos também podem auxiliar na análise da localização dos túneis, no pós-operatório.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver de conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Petersen W, Lenschow S, Weimann A, Strobel MJ, Raschke MJ, Zantop T. Importance of femoral tunnel placement in double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: biomechanical analysis using a robotic/universal force-moment sensor testing system. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):456-63.
- Yasuda K, Kitamura N, Kondo E, Hayashi R, Inoue M. One-stage anatomic double-bundle anterior and posterior cruciate ligament reconstruction using the autogenous hamstring tendons. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(7):800-5.
- McGuire DA, Hendricks SD. Comparison of anatomic versus non-anatomic placement of femoral tunnels in Achilles double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2010;26(5):658-66.
- 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.
- Gali JC, Oliveira HC, Lisboa BCB, Dias BD, Casimiro FG, Caetano EB. Inserções tibiais do ligamento cruzado posterior: anatomia topográfica e estudo morfométrico. *Rev Bras Ortop.* 2013;48(3):263-7.
- 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.
- Race A, Amis AA. PCL reconstruction. In vitro biomechanical comparison of "isometric" versus single and double-bundled "anatomic" grafts. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80(1):173-9.
- Harner CD, Janaushek MA, Kanamori A, Yagi M, Vogrin TM, Woo SL. Biomechanical analysis of a double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2000;28(2):144-51.
- Mannor DA, Shearn JT, Grood ES, Noyes FR, Levy MS. Two-bundle posterior cruciate ligament reconstruction. An in vitro analysis of graft placement and tension. *Am J Sports Med.* 2000;28(6):833-45.
- Racanelli JA, Drez D Jr. Posterior cruciate ligament tibial attachment anatomy and radiographic landmarks for tibial tunnel placement in PCL reconstruction. *Arthroscopy.* 1994;10(5):546-9.
- Brand JC Jr, Cole J, Sumida K, Caborn DN, Johnson DL. Radiographic analysis of femoral tunnel position in postoperative posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2002;18(7):688-94.
- Lorenz S, Elser F, Brucker PU, Obst T, Imhoff AB. Radiological evaluation of the anterolateral and posteromedial bundle insertion sites of the posterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(6):683-90.
- Greiner P, Magnussen RA, Lustig S, Demey G, Neyret P, Servien E. Computed tomography evaluation of the femoral and tibial attachments of the posterior cruciate ligament in vitro. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(11):1876-83.
- Moorman CT 3rd, Zane MS, Bansai S, Cina SJ, Wickiewicz TL, Warren RF, Kaseta MK. Tibial insertion of the posterior cruciate ligament: a sagittal plane analysis using gross, histologic, and radiographic methods. *Arthroscopy.* 2008;24(3):269-75.
- Johannsen AM, Anderson CJ, Wijdicks CA, Engebretsen L, LaPrade RF. Radiographic landmarks for tunnel positioning in posterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2013;41(1):35-42.
- Lee YS, Ra HJ, Ahn JH, Ha JK, Kim JG. Posterior cruciate ligament tibial insertion anatomy and implications for tibial tunnel placement. *Arthroscopy.* 2011;27(2):182-7.
- Edwards A, Bull AM, Amis AA. The attachments of the fiber bundles of the posterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy.* 2007;23(3):284-90.

-
18. Osti M, Tschann P, Künzel KH, Benedetto KP. Anatomic characteristics and radiographic references of the anterolateral and posteromedial bundles of the posterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2012;40(7):1558-63.
 19. 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.