

# ESTUDO ANATÔMICO DA INSERÇÃO FEMORAL DO LIGAMENTO CRUZADO POSTERIOR

## FEMORAL INSERTION OF THE POSTERIOR CRUCIATE LIGAMENT: AN ANATOMICAL STUDY

Ricardo de Paula Leite Cury<sup>1</sup>, Nilson Roberto Severino<sup>2</sup>, Osmar Pedro Arbix Camargo<sup>3</sup>, Tatsuo Aihara<sup>4</sup>, Leopoldo Viana Batista Neto<sup>5</sup>, Dedley Nelson Goarayeb<sup>5</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** Identificar parâmetros objetivos para guiar a correta localização do LCP no fêmur. **Métodos:** Os LCP de 20 cadáveres humanos foram ressecados. As seguintes porções foram medidas: da porção mais distal do ligamento, próximo ao teto, até a borda da cartilagem mais anterior (AB); distância da porção mais proximal do ligamento, próximo ao teto, até a cartilagem mais anterior (AC); distância entre as duas porções do ligamento próximo ao teto (BC); distância da borda distal do ligamento na sua porção posterior até a borda articular mais posterior (D-E); distância da borda distal do ligamento na sua porção posterior até o teto intercondilar (DF); e, finalmente, o formato da inserção ligamentar e área de abrangência no côndilo femoral. **Resultados:** O LCP tem a forma de um quarto de elipse, com área de, em média, 153,5mm<sup>2</sup>. As distâncias médias encontradas foram: AB de 2,1mm; AC de 10,7mm, BC de 8,6mm, D-E de 12,4mm e DF de 16,8mm. **Conclusões:** A borda próxima ao teto do feixe anterolateral é mais próxima da cartilagem articular (2,1mm) comparada com o feixe posteromedial, que mede 12,4mm a partir de sua borda proximal da cartilagem. Estas referências devem ajudar em um posicionamento melhor e mais acurado dos túneis femorais na reconstrução do LCP.

**Descritores** – Ligamento Cruzado Posterior/anatomia & histologia; Joelho; Dissecção; Traumatismos do Joelho

### ABSTRACT

**Objective:** To identify objective parameters to guide correct location of the posterior cruciate ligament (PCL) in the femur. **Methods:** The PCLs of 20 human cadavers were resected. The following portions were measured: distance from the most distal portion of the PCL, close to the roof, to the most anterior edge of the cartilage (AB); distance from the most proximal portion of the PCL, close to the roof, to the most anterior cartilage (AC); distance between the two parts of the ligament close to the roof (BC); distance from the distal edge in its posterior portion, to the more posterior joint edge (DE); distance from the distal edge of the ligament in its posterior portion, to the intercondylar roof (DF); and finally, the format of the ligament insertion and area of coverage on the femoral condyle. **Results:** The PCL has the shape of a quarter ellipse, with an average area of 153.5mm<sup>2</sup>. The mean distances found were: AB of 2.1mm, AC of 10.7mm, BC of 8.6mm DE of 12.4mm and DF of 16.8mm. **Conclusions:** The edge close to the roof of the anterolateral bundle is closer to the joint cartilage (2.1mm) than the posteromedial bundle is, which is 12.4mm from the edge proximal to the cartilage. These references should assist in better and more accurate positioning of femoral tunnels in PCL reconstruction.

**Keywords** – Posterior Cruciate Ligament/anatomy & histology; Knee; Dissection; Knee Injuries

### INTRODUÇÃO

Estudos mostram que o ligamento cruzado posterior (LCP) é o principal estabilizador da translação tibial posterior e o estabilizador secundário para contenção

de varo, valgo e rotação externa<sup>(1-3)</sup>. Essas funções são executadas por seus dois feixes, o anterolateral (AL), tenso entre 70 e 90 graus, e o posteromedial (PM), tenso em extensão quase completa. Estudos biomecânicos

- 1 - Professor Instrutor do Grupo de Cirurgia do Joelho do Departamento de Ortopedia e Ortopedia da Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCMSP) – São Paulo, SP, Brasil.
- 2 - Professor Assistente, Chefe do Grupo de Cirurgia do Joelho do Departamento de Ortopedia e Ortopedia da Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCMSP) – São Paulo, SP, Brasil.
- 3 - Professor Adjunto do Grupo de Cirurgia do Joelho do Departamento de Ortopedia e Ortopedia da Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCMSP) – São Paulo, SP, Brasil.
- 4 - Médico Assistente do Grupo de Cirurgia do Joelho do Departamento de Ortopedia e Ortopedia da Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCMSP) – São Paulo, SP, Brasil.
- 5 - Médico estagiário do Grupo de Cirurgia do Joelho do Departamento de Ortopedia e Ortopedia da Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCMSP) – São Paulo, SP, Brasil.

Trabalho realizado no Departamento de Ortopedia e Ortopedia da Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SCMSP).

Correspondência: Rua Barata Ribeiro 380, cj. 66, Bela Vista – 01308-000 – São Paulo, SP, Brasil. E-mail: contato@drRicardocury.com.br

Trabalho recebido para publicação: 20/07/2010, aceito para publicação: 16/02/2011.

Os autores declaram inexistência de conflito de interesses na realização deste trabalho / The authors declare that there was no conflict of interest in conducting this work

Este artigo está disponível online nas versões Português e Inglês nos sites: [www.rbo.org.br](http://www.rbo.org.br) e [www.scielo.br/rbort](http://www.scielo.br/rbort)  
This article is available online in Portuguese and English at the websites: [www.rbo.org.br](http://www.rbo.org.br) and [www.scielo.br/rbort](http://www.scielo.br/rbort)

demonstram a superioridade da reconstrução cirúrgica com dois feixes sobre a reconstrução simples<sup>(4-9)</sup>, embora esses resultados não tenham sido demonstrados em todos os estudos em humanos<sup>(10-12)</sup>. O mau posicionamento dos túneis na reconstrução do LCP é identificado como uma causa de falha da reconstrução desse ligamento. No entanto, erros no posicionamento femoral têm maior impacto sobre a estabilidade final do que um mau posicionamento tibial<sup>(13)</sup>. Este estudo anatômico visa fornecer parâmetros objetivos para orientar o posicionamento correto do LCP no fêmur.

## MÉTODOS

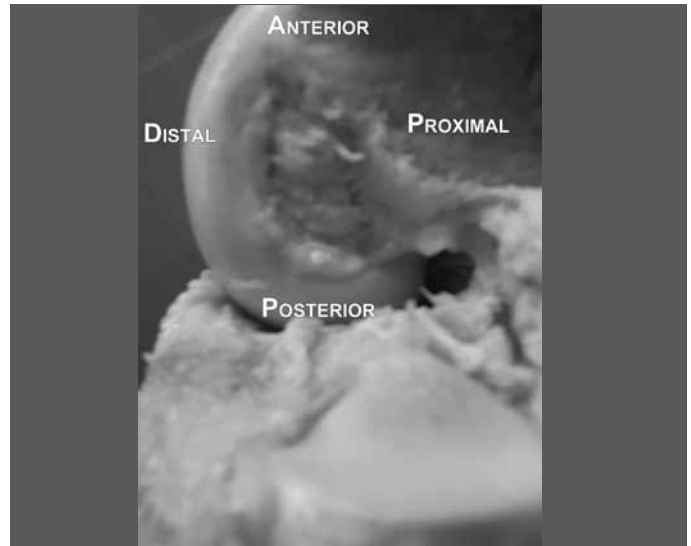
Vinte joelhos de cadáveres frescos, 14 dos quais eram do sexo masculino, foram utilizadas neste estudo. A idade variou de 13 a 84 anos, com uma média de 56,3 anos. Doze joelhos direitos e oito joelhos esquerdos foram dissecados.

Uma incisão mediana anterior foi feita no joelho, incluindo pele e tecido subcutâneo, seguida pela secção do ligamento patelar e anteriorização do mecanismo extensor, para a visualização da articulação. Em seguida, usando uma serra oscilatória, o côndilo femoral lateral foi osteotomizado em “L” invertido com visualização completa da inserção do LCP no fêmur (côndilo femoral medial). A ressecção parcial do LCP foi realizada, enquanto uma pequena parte do ligamento foi mantida inserida no côndilo para permitir a avaliação adequada das variáveis em estudo.

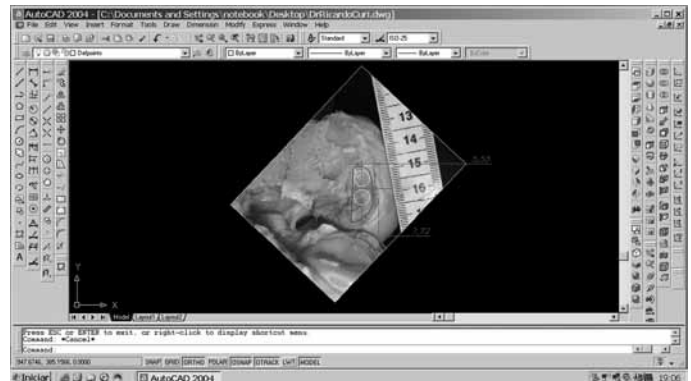
Demarcou-se a porção do ligamento mais proximal e distal junto ao teto, a extremidade mais distal, em sua porção posterior, e o ápice da parábola formada pelo ligamento próxima à borda da cartilagem articular. As imagens foram digitalizadas e analisadas utilizando o programa AutoCAD (Autodesk, versão 2006), que permite definir e determinar o formato das imagens, as distâncias e as áreas de cobertura a serem medidas (Figura 1). Usando esse programa, uma linha foi traçada no teto intercondilar, e através deste *link* e dos pontos de reparo inseridos durante a dissecação, alguns pontos no ligamento foram determinados: o ponto “B” era a borda mais distal do ligamento cruzado perto do teto, o ponto “C” era a borda mais proximal do ligamento perto do teto, o ponto “D” era a borda proximal do ligamento em sua porção posterior, e o “F” ponto era a distância estabelecida a partir de uma sessão marcada por uma linha a partir do ponto “D” ao ponto perpendicular de passagem no teto intercondilar (Figura 2).

Através da união de B, C e D, foi possível determinar o formato do ligamento. Ao definir um segmento de linha entre os pontos BC, outro segmento entre DC e uma parábola DB, uma figura de um quarto de elipse foi obtida.

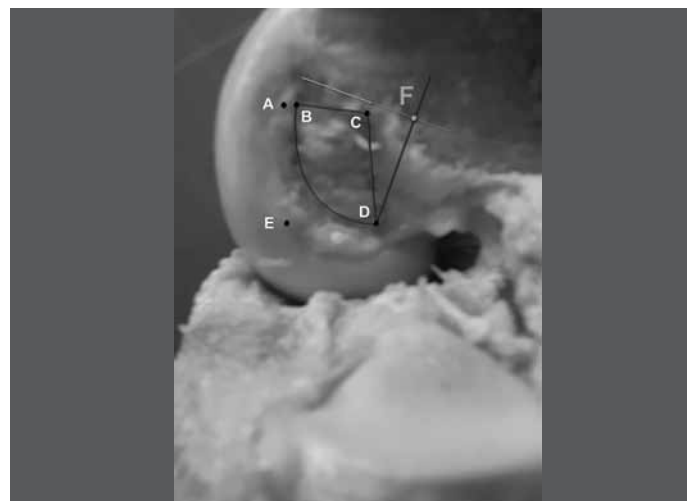
Tendo definido o formato, foi possível calcular a área de inserção do ligamento na parte lateral do côndilo femoral medial (Figura 3).



**Figura 1** – Ressecção parcial do ligamento cruzado posterior e sua inserção femoral.



**Figura 2** – As medições pelo software AutoCAD 2006.



**Figura 3** – Marcação dos pontos na inserção femoral do ligamento cruzado posterior para as medições pelo software AutoCAD 2006.

O ponto A foi determinado através do traçado de uma linha dos pontos B e C, paralela à diáfise, até a borda mais anterior da cartilagem articular do côndilo medial. O ponto E foi determinado por uma linha paralela à diáfise, através de D, e estendido até a borda da cartilagem. Os pontos A e E são as referências utilizadas para medir as distâncias a partir do ligamento à borda da cartilagem.

As distâncias entre os seguintes pontos foram medidas: Distância A-B: a porção mais distal do ligamento, perto do teto, para a borda da cartilagem anterior;

Distância A-C: a porção mais proximal do ligamento, próximo do teto, até a borda da cartilagem anterior;

Distância B-C: entre as duas porções do ligamento cruzado, perto do teto;

Distância D-E: a partir da borda proximal do ligamento em sua porção posterior, até a borda mais posterior da articulação;

Distância D-F: da extremidade distal do ligamento em sua porção posterior até o teto intercondilar.

Todas essas distâncias foram medidas tomando-se uma linha paralela à diáfise como padrão. Todos os valores foram expressos em milímetros e registrados em uma tabela. Os valores médios entre os pontos e a extensão média do ligamento no seu local de inserção no côndilo foram calculados. Intervalo de confiança de 95% foi calculado.

## RESULTADOS

Todos os ligamentos tinham duas bandas (anterolateral e posteromedial) e estavam sob a forma de um quarto de elipse, variando apenas no tamanho (Tabela 1).

As áreas de cobertura variaram de 89,5 a 248,5mm<sup>2</sup>, com uma média de 153,5mm<sup>2</sup>. Para as distâncias do ligamento à cartilagem articular, os seguintes valores foram obtidos:

**Tabela 1** – Distância entre o ligamento e a cartilagem articular, com base nos pontos-padrão.

| Distância | Média | Desvio padrão | Mínimo | Máximo | Intervalo de confiança |                 |
|-----------|-------|---------------|--------|--------|------------------------|-----------------|
|           |       |               |        |        | Limite inferior        | Limite superior |
| BC        | 8,6   | 1,9           | 6,3    | 12,2   | 7,6                    | 9,5             |
| AB        | 2,1   | 0,8           | 0,8    | 3,2    | 1,7                    | 2,5             |
| AC        | 10,7  | 2,0           | 7,8    | 14,6   | 9,7                    | 11,6            |
| DE        | 12,4  | 4,3           | 6,4    | 20,1   | 10,2                   | 14,5            |
| DF        | 16,8  | 4,7           | 9,5    | 26,9   | 14,5                   | 19,2            |

Distância A-B: média de 2,1mm, variando de 0,8 a 3,2mm;  
 Distância A-C: média 10,7mm, variando de 7,8 a 14,6mm;  
 Distância B-C: média de 8,6mm, variando de 6,3 a 12,2mm;  
 Distância D-E: média de 12,4mm, variando de 6,4 a 20,1mm;  
 Distância D-F: média de 16,8mm, variando de 9,5 a 26,4mm.

## DISCUSSÃO

O surgimento de novas técnicas de reconstrução ligamentar do joelho, como a reconstrução *in lay* ou a utilização de dois feixes no fêmur, tem o objetivo de melhorar os resultados clínicos. Com relação ao LCP, estudos anatômicos e biomecânicos têm sido de grande importância para uma melhor compreensão e aprimoramento dos resultados<sup>(4-6,14,15)</sup>.

De acordo com a revisão de Van Dommelen e Fowler<sup>(1)</sup>, o LCP está localizado perto do eixo de rotação, ligeiramente medial ao centro do joelho, inserido na porção lateral do côndilo femoral medial. Mejia *et al*<sup>(16)</sup> compararam o sulco intercondilar com os braços de um relógio, concluindo que a LCP estaria em uma posição entre 12 e quatro horas no joelho direito, e entre 12 e oito horas no joelho esquerdo. Harner *et al*<sup>(17)</sup> investigaram a área de transecção dos ligamentos cruzados de cinco cadáveres de seres humanos, avaliando a substância ligamentar e os seus locais de inserção no fêmur e na tibia, e concluíram que a inserção femoral do LCP é relativamente plana, com uma forma de meia-lua e uma linha de separação entre as bandas anterolateral e posteromedial, na direção proximal para distal. Girgis *et al*<sup>(18)</sup> concluíram que o LCP, em seu local de inserção no fêmur, tinha a forma de semicírculo horizontal. Outros autores, entretanto, como Inderster *et al*<sup>(19)</sup>, descobriram que a origem femoral do LCP tem formas diferentes – elipse, meia-elipse e elipse parcial –, e que seu maior diâmetro foi sempre orientado dorsoventralmente. Mejia *et al*<sup>(16)</sup> também não encontraram um padrão em suas disseções, embora o formato elíptico foi mais frequente, em alguns joelhos um padrão oval foi observado, tal como descrito por Lopes *et al*<sup>(20)</sup> em 20 joelhos, 15 dos quais tinham um formato de semicírculo e cinco eram ovais. Em nosso estudo, encontramos a forma de um quarto da elipse como constante, variando apenas em suas dimensões. Acreditamos que as variações nas descrições acima, apesar da precisão dos métodos utilizados na coleta e análise de dados anatômicos, também estão sob o julgamento dos autores, envolvendo interpretação e aspectos subjetivos.

Girgis *et al*<sup>(18)</sup> estudaram joelhos de 24 cadáveres

frescos e 20 pacientes. Eles concluíram que o comprimento médio do LCP foi de 38mm e seu diâmetro foi de 13mm. Além disso, observaram que a inserção femoral foi de 32mm de comprimento em seu maior diâmetro. Inderster *et al*<sup>(19)</sup> concluíram que os diâmetros dorsoventral e proximal-distal na origem femoral do LCP foram de 20,9 x 12,2mm, respectivamente.

Harner *et al*<sup>(3)</sup> avaliaram a inserção femoral do LCP em oito cadáveres humanos e concluíram que é 500% maior do que a área de inserção da transecção intrasubstancial. Os autores avaliaram cinco joelhos de cadáveres frescos e constataram que a área de inserção do LCP na sua inserção femoral foi, em média, três vezes maior que a área ao nível da substância do ligamento, e variou de  $128 \pm 22\text{mm}^2$ . Eles também determinaram o comprimento de cada feixe ao nível do fêmur, e descobriram que cada componente ocupa aproximadamente 50% da inserção do LCP, mas a área transversal do feixe AL foi duas vezes maior do que o feixe PM. Esta informação não foi investigada em nosso estudo, mas a área total observada em nossos casos foi de  $153,5\text{mm}^2$ . Lopes *et al*<sup>(20)</sup>, por sua vez, descrevem uma área ainda maior, de  $209\text{mm}^2$ , com  $118\text{mm}^2$  para o feixe AL e  $90\text{mm}^2$  para o PM. Eles acreditam que a diferença encontrada em seu estudo, em comparação com a literatura, é devida ao método de avaliação tridimensional utilizado pelos autores, e também à inclusão na medição de todas as fibras periféricas do LCP. Os dados mostram a grande área de inserção do LCP, e talvez a necessidade de enxertos mais espessos ou de mais de um enxerto na reconstrução do ligamento. O LCP não tem comportamento isométrico, ou seja, a reconstrução simples no chamado ponto isométrico não restaura a estabilidade da região posterior do joelho, e uma reconstrução anatômica do ligamento é necessária. Assim, o posicionamento anatômico dos feixes na reconstrução dos túneis é descrito como um dos principais fatores que ditam o sucesso da reconstrução ligamentar<sup>(13,21)</sup>.

Mejia *et al*<sup>(16)</sup> avaliaram 12 joelhos não pareados de cadáveres humanos e descreveram quatro formas de medir a distância entre o LCP e a borda da cartilagem, através de linhas perpendiculares à cartilagem, linhas paralelas à diáfise do fêmur, linhas paralelas ao teto intercondilar e linhas radiais à cartilagem articular. Eles concluíram que a precisão é maior na avaliação com linhas paralelas à diáfise e linhas perpendiculares à cartilagem. Na primeira medição, eles encontraram uma distância de 2,38mm da extremidade distal do LCP, e

de 13,75mm da parte proximal à cartilagem articular na mesma posição de uma hora. A espessura nesta região foi de 11,38mm. À posição de quatro horas, as distâncias foram 3,78mm para a parte distal, 11,06mm para a parte proximal entre o LCP e a cartilagem articular, e a espessura do ligamento foi 7,39mm. Em nosso estudo, avaliamos a relação entre o LCP e a cartilagem articular por meio de linhas paralelas à diáfise femoral, devido à precisão do método, e porque acreditamos que, durante a reconstrução do ligamento, a diáfise do fêmur é uma referência prática que é fácil de visualizar. Nossos resultados também são consistentes com os de Mejia *et al*<sup>(16)</sup>; em nosso estudo, a distância entre a porção mais distal do ligamento, perto do teto (feixe AL) para a borda mais anterior da cartilagem articular (distância AB), mostrou uma média de 2,1mm, variando de 0,8mm a 3,2mm, e, para o feixe PM, a distância entre a borda proximal do ligamento em sua porção posterior até a porção mais posterior da cartilagem articular mostrou uma média de 12,4mm, variando de 6,4mm a 20,1mm, semelhante aos 11,06mm para a parte proximal do LCP às quatro horas, de acordo com Mejia *et al*<sup>(16)</sup>. Lopes *et al*<sup>(20)</sup> descreveram uma proeminência no osso proximal à inserção do LCP, que chamaram de borda medial intercondilar. Esta proeminência óssea estava presente em 18 dos 20 joelhos dissecados e corresponde ao limite proximal do LCP; a sua distância à cartilagem articular é de 11,63mm, semelhante aos 12,4mm encontrados em nosso estudo. Lopes *et al*<sup>(20)</sup> também mediram a distância do centro dos feixes de AL e PM para a cartilagem articular, para os quais os valores foram de  $7 \pm 11,02\text{mm}$  e  $8 \pm 0,99\text{mm}$ . Por causa da forma de inserção (um quarto de elipse em nosso estudo), mesmo com a possibilidade de isolar os dois feixes do LCP, a avaliação correta do centro de cada feixe era questionável, e a sua localização, um tanto subjetiva. Assim, baseamos nossa avaliação sobre os limites periféricos do ligamento como descrito acima.

## CONCLUSÃO

A inserção do LCP no fêmur assume a forma de um quarto de elipse, cobrindo uma área de  $153,5\text{mm}^2$ . A borda próxima do teto do feixe AL está mais próxima da cartilagem articular (2,1mm), comparada com a do feixe PM, que mede 12,4mm da borda proximal à cartilagem. Devido à natureza da reconstrução anatômica do LCP, acreditamos que essas referências podem contribuir para um melhor e mais preciso posicionamento de túneis femorais.

## REFERÊNCIAS

1. Van Dommelen BA, Fowler PJ. Anatomy of the posterior cruciate ligament. A review. *Am J Sports Med.* 1989;17(1):24-9.
2. Covey DC, Sapega AA. Anatomy and function of the posterior cruciate ligament. *Clin Sports Med.* 1994;13(3):509-18.
3. 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.
4. Race A, Amis AA. PCL reconstruction. In vitro biomechanical comparison of "isometric" versus single and double-bundle 'anatomic' grafts. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80(1):173-9.
5. 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.
6. 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.
7. Valdevit A, Kambic H, Lilly D, Graham S, Parker R, Bergfeld J. Non-linear fitting of mechanical data for efficacy determination of single versus double bundle Achilles tendon grafts for PCL reconstructions. *Biomed Mater Eng.* 2002;12(3):309-17.
8. Shearn JT, Grood ES, Noyes FR, Levy MS. Two-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: how bundle tension depends on femoral placement. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(6):1262-70.
9. Markolf KL, Feeley BT, Jackson SR, McAllister DR. Biomechanical studies of double-bundle posterior cruciate ligament reconstructions. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(8):1788-94.
10. Wang CJ, Weng LH, Hsu CC, Chan YS. Arthroscopic single - versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstructions using hamstring autograft. *Injury.* 2004;35(12):1293-9.
11. Hatayama K, Higuchi H, Kimura M, Kobayashi Y, Asagumo H, Takagishi K. A comparison of arthroscopic single - and double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: review of 20 cases. *Am J Orthop.* 2006;35(12):568-71.
12. Fanelli GC, Edson CJ, Reinheimer KN, Garofalo R. Posterior cruciate ligament and posterolateral corner reconstruction. *Sports Med Arthrosc.* 2007;15(4):168-75.
13. Galloway MT, Grood ES, Mehalik JN, Levy M, Saddler SC, Noyes FR. Posterior cruciate ligament reconstruction. An in vitro study of femoral and tibial graft placement. *Am J Sports Med.* 1996;24(4):437-45.
14. Whiddon DR, Zehms CT, Miller MD, Quinby JS, Montgomery SL, Sekiya JK. Double compared with single-bundle open inlay posterior cruciate ligament reconstruction in a cadaver model. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(9):1820-9.
15. Berg EE. Posterior cruciate ligament tibial inlay reconstruction. *Arthroscopy.* 1995;11(1):69-76.
16. Mejia EA, Noyes FR, Grood ES. Posterior cruciate ligament femoral insertion site characteristics. Importance for reconstructive procedures. *Am J Sports Med.* 2002;30(5):643-51.
17. 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.
18. 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.
19. Inderster A, Benedetto KP, Klestil T, Künzel KH, Gaber O. Fiber orientation of posterior cruciate ligament: an experimental morphological and functional study, Part 2. *Clin Anat.* 1995;8(5):315-22.
20. Lopes OV Jr, 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.
21. Covey DC, Sapega AA, Sherman GM. Testing for isometry during reconstruction of the posterior cruciate ligament. Anatomic and biomechanical considerations. *Am J Sports Med.* 1996;24(6):740-6.