

O COMPRIMENTO DOS TÚNEIS FEMORAIS VARIA COM A FLEXÃO DO JOELHO NA RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

FEMORAL TUNNELS' LENGTH CHANGES WITH KNEE FLEXION ANGLE IN ANATOMICAL ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION

Julio Cesar Gali¹, Heetor Campora de Sousa Oliveira², Bruno Asprino Ciâncio², Marcos Vianna Palma², Ricardo Kobayashi², Edie Benedito Caetano³

RESUMO

Objetivo: O propósito de nosso trabalho foi avaliar o efeito que o grau de flexão do joelho, durante a perfuração dos túneis femorais, pode causar no comprimento desses túneis, na reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior. **Métodos:** Medimos o comprimento dos túneis femorais anteromedial e posterolateral do ligamento cruzado anterior, em 20 peças anatômicas de joelhos desparelhadas, 10 direitas e 10 esquerdas, todas com a cartilagem e ligamentos cruzados íntegros. Os túneis foram perfurados com os joelhos flexionados a 90, 110 e 130 graus de flexão, através do portal anteromedial acessório, com uma broca de 2,5mm. Os estudos estatísticos foram realizadas pela análise de variância de Friedman e pelo teste de Mann-Whitney. **Resultado:** A média dos comprimentos dos túneis femorais anteromediais medidos com os joelhos flexionados a 90, 110 e 130 graus foram $33,7 \pm 3,72$ mm, $37,4 \pm 2,93$ mm e $38,8 \pm 3,31$ mm, respectivamente. Para o comprimento dos túneis posterolaterais, os resultados obtidos a 90, 110 e 130 graus foram $32,1 \pm 4,24$ mm, $37,3 \pm 4,85$ mm e $38,4 \pm 2,51$ mm, respectivamente. A análise de variância de Friedman mostrou diferença significativa entre os comprimentos dos túneis perfurados com 90 e 110 graus de flexão das peças, porém não mostrou diferença significativa entre os obtidos com flexão de 110 e 130 graus ($p < 0,05$). **Conclusão:** É possível perfurar os túneis femorais através do portal anteromedial acessório com o joelho flexionado em 110°, de maneira a obter um túnel com comprimento suficiente para uma boa interface enxerto-osso.

Descritores – Ligamento Cruzado Anterior; Joelho; Fêmur; Tibia; Procedimentos Cirúrgicos Reconstitutivos

ABSTRACT

Objective: The objective of our study was to evaluate the effect that knee flexion angle while femoral tunnels are being drilled may have on the length of these tunnels, in anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament. **Methods:** We measured the lengths of anteromedial and posterolateral tunnels for the anterior cruciate ligament in 20 unpaired anatomical knee specimens (10 right and 10 left knees), all with the cartilage and cruciate ligaments intact. Tunnels were drilled with the knees flexed at 90°, 110° and 130°, through the accessory anteromedial portal, with a 2.5 mm drill. The statistical analysis was done by means of Friedman's variance analysis and the Mann-Whitney U test. **Results:** The mean anteromedial femoral tunnel lengths measured with the knees flexed at 90°, 110° and 130° were $33.7 (\pm 3.72)$ mm, $37.4 (\pm 2.93)$ mm and $38.8 (\pm 3.31)$ mm, respectively. For the posterolateral femoral tunnel lengths, the results were $32.1 (\pm 4.24)$ mm, $37.3 (\pm 4.85)$ mm and $38.4 (\pm 2.51)$ mm, respectively. Friedman's variance analysis showed that there was a significant difference between the lengths of the tunnels drilled with 90° and 110° of flexion angle, but showed that there was no significant difference between the tunnels drilled with flexion of 110° and 130° ($P < 0.05$). **Conclusions:** It is possible to drill the femoral tunnels through the accessory anteromedial tunnel with the knee flexed at 110° in such a way as to produce a tunnel of sufficient length for a good bone-graft interface.

Keywords – Anterior Cruciate Ligament; Knee; Femur; Tibia; Reconstructive Surgical Procedures

1 – Doutor 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 – Sorocaba, SP, Brasil.

2 – Ex-Residente do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo Sorocaba, SP, Brasil.

3 – Professor Livre-Docente, Chefe do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Sorocaba, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – Sorocaba, SP, Brasil.

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

Correspondência: Julio Cesar Gali, Av. Eugênio Salerno, 387 – 18035-430 – Sorocaba. E-mail: juliogali@globo.com

Trabalho recebido para publicação: 17/03/2011, aceito para publicação: 04/08/2011.

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 e www.scielo.br/rbort
This article is available online in Portuguese and English at the websites: www.rbo.org.br and www.scielo.br/rbort

INTRODUÇÃO

Existe, nos dias de hoje, uma tendência à mudança na técnica de reconstrução cirúrgica do ligamento cruzado anterior (LCA). Até recentemente, preconizava-se, na reconstrução artroscópica desse ligamento, que o túnel femoral fosse feito através do túnel tibial, predispondo a uma localização mais alta do túnel femoral no intercôndilo, em uma posição não anatômica⁽¹⁾.

Essa nova propensão busca a reconstrução anatômica desse ligamento, definida como aquela que proporciona restauração do LCA às suas dimensões, orientação do colágeno e sítios de inserção nativos, na tentativa de replicar sua anatomia, o que, possivelmente, poderá resultar em resultados clínicos superiores⁽²⁾.

A maneira ideal para se atingir os sítios de inserção femorais anteromedial (AM) e posterolateral (PL) do LCA é pelo portal anteromedial acessório (AMA)⁽³⁾. Entretanto, essa via pode produzir túneis femorais mais curtos que a via transtibial⁽⁴⁾, o que pode comprometer a qualidade da interface osso-enxerto⁽⁵⁾.

O posicionamento dos túneis para a colocação do enxerto é o fator mais crítico que influencia os resultados da reconstrução do LCA^(6,7). Este é potencialmente influenciado, entre outras coisas, pelo ângulo de flexão do joelho no momento da perfuração dos túneis, pela localização dos portais e pelas variações anatômicas individuais⁽⁸⁾.

Nossa hipótese foi a de que quanto mais flexionado o joelho durante a perfuração dos túneis femorais maior o comprimento desses túneis. Deste modo, o objetivo de nosso estudo foi avaliar o efeito que a flexão do joelho pode causar no comprimento dos túneis femorais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Medimos e comparamos o comprimento dos túneis femorais anteromedial e posterolateral feitos em 20 peças anatômicas de joelhos, 10 direitas e 10 esquerdas, desparelhadas, sem identificação de sexo e idade, com a cartilagem articular e os ligamentos cruzados anterior e posterior íntegros.

As peças frescas foram fixadas em formol a 10% e conservadas em uma mistura de fenol a 2,5%, formol a 2,5%, e cloreto de sódio a 1%. Posteriormente, foram mantidas por 60 dias em glicerina líquida, antes da dissecação.

Por via aberta, retiramos as inserções AM e PL originais do LCA e demarcamos seu centro com um *bone pick*.

A perfuração dos túneis foi feita nessas marcas, com brocas de 2,5mm, pelo portal AMA. As peças anatômicas

foram flexionadas para a confecção dos túneis a 90°, 110° e 130°; o grau de flexão foi determinado por um goniômetro alinhado com as diáfises femorais e tibiais. A perfuração foi sempre feita por duas pessoas, uma manteve a flexão desejada enquanto a outra perfurava nos sítios anatômicos femorais AM e PL do LCA (Figura 1).

Procuramos manter a broca, no máximo, a 4mm da cartilagem do côndilo femoral medial (CFM), sempre pelo mesmo ponto de entrada, para simular as situações intraoperatórias das reconstruções artroscópicas.

Não utilizamos guias para as perfurações. Depois de retirar o LCA, demarcamos os pontos de inserção femorais das bandas AM e PL e direcionamos a broca no sentido lateral e ligeiramente oblíquo, em direção à cortical femoral lateral (Figuras 2 e 3). Uma vez perfurada a cortical femoral lateral, medimos o comprimento dos túneis em milímetros, com medidor de profundidade.

O estudo estatístico foi feito pela análise de variância de Friedman e pelo teste de Mann-Whitney.



Figura 1 – Vista frontal de uma peça anatômica de joelho esquerdo com uma broca pelo portal anteromedial acessório. O goniômetro indica o grau de flexão do joelho.

RESULTADOS

O comprimento médio dos túneis femorais AM medidos a 90°, 110° e 130° de flexão foram, respectivamente, $33,7 \pm 3,7$ mm, $37,4 \pm 2,9$ mm e $38,8 \pm 3,3$ mm. Para os



Figura 2 – Peça anatômica de joelho esquerdo com a broca na inserção posterolateral no côndilo femoral lateral.



Figura 3 – Peça anatômica de joelho esquerdo com a broca na inserção anteromedial no côndilo femoral lateral.

túneis femorais PL, os comprimentos obtidos foram $32,1 \pm 4,2\text{mm}$, $37,3 \pm 4,8\text{mm}$ e $38,4 \pm 2,5\text{mm}$ (Tabela 1).

Em nenhum caso houve violação da cortical posterior do túnel femoral AM, nem dano ao ligamento colateral lateral ou ao tendão poplíteo.

A análise de variância de Friedman mostrou que o grupo dos túneis feitos a 90° de flexão foram significativamente mais curtos que os outros grupos, mas não mostrou diferença estatística entre os grupos medidos com flexão de 110° e 130° ($p < 0,05$) (Tabela 2).

O teste de Mann-Whitney mostrou que as peças foram provenientes de populações diferentes; isto é, os joelhos direitos e esquerdos puderam ser somados para formar um único e heterogêneo grupo ($p \leq 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 1 – Comprimento dos túneis femorais AM e PL, em mm, a 90° , 110° e 130° graus de flexão.

Joelhos	90°		110°		130°	
	AM	PL	AM	PL	AM	PL
1	30	31	39	36	42	39
2	39	34	40	40	40	43
3	33	32	36	36	37	37
4	35	29	38	35	38	37
5	34	30	36	33	37	34
6	32	33	36	37	37	39
7	32	30	34	36	36	37
8	40	42	42	45	48	42
9	31	30	36	37	36	38
10	31	30	37	38	37	38
11	38	30	40	34	42	40
12	41	40	42	42	43	42
13	30	32	34	33	39	36
14	35	40	36	41	38	38
15	32	30	35	32	36	34
16	28	24	34	26	34	34
17	30	32	37	38	38	39
18	33	36	34	39	34	39
19	38	32	39	38	40	38
20	36	32	38	37	39	38
Média	33,9	32,45	37,15	36,65	38,55	38,1
DP	3,72	4,24	2,53	4,05	3,31	2,51

Abreviações: AM = anteromedial; PL = posterolateral; DP = desvio padrão.

Tabela 2 – Comprimento dos túneis femorais, em mm, perfurados a 90° , 110° e 130° graus de flexão.

Análise de variância de Friedman ($90^\circ \times 110^\circ \times 130^\circ$)	
AM	PL
$\chi^2 = 34,9$	$\chi^2 = 28,42$
($P < 0,0001$)	($P < 0,0001$)
110° e $130^\circ > 90^\circ$	110° e $130^\circ > 90^\circ$

Abreviações: AM = anteromedial; PL = posterolateral.

Tabela 3 – Média dos comprimentos do túneis direito x esquerdo.

Teste de Mann-Whitney (direito x esquerdo)			
AM	90°	110°	130°
	Z = 0,15	Z = 0,52	Z = 0,22
PL	Z = 0,68	Z = 0,11	Z = 0,18

Abreviações: AM = anteromedial; PL = posterolateral.

DISCUSSÃO

O resultado clínico da reconstrução cirúrgica do LCA é influenciado por diferentes fatores, entre eles a perfeita localização dos túneis⁽⁶⁾ e a quantidade de enxerto dentro dos túneis⁽⁵⁾, que é determinada, em último caso, pelo comprimento do túnel em si.

A decisão final da escolha do sítio para criação dos túneis depende do conhecimento anatômico e da visão artroscópica do cirurgião, que pode ser distorcida pelo posicionamento do joelho; assim, 90° de flexão parece ser a angulação que proporciona melhores resultados para prevenir colocação indevida do enxerto⁽⁸⁾.

Em nosso trabalho, os túneis femorais foram perfurados pelo portal AMA, já que a técnica de fazer o túnel femoral, independente do túnel tibial, possibilita confecção de túneis femorais mais anatômicos⁽⁹⁾ e com função superior⁽¹⁰⁾, quando comparada à técnica de fazer túneis femorais pela via transtibial.

No entanto, o grau de flexão do joelho no momento da perfuração pode influenciar o comprimento do túnel⁽¹¹⁾. Relatos técnicos sugerem que a perfuração seja feita entre 110° e flexão total⁽¹²⁻¹⁶⁾.

Cha *et al*⁽¹²⁾, assim como Basdekis *et al*⁽¹³⁾, recomendam fletir o joelho a 110° durante a perfuração femoral; para Zantop *et al*⁽¹⁴⁾, a perfuração a 110° proporciona distância mais segura do osso subcondral e de sua cartilagem. Já Bedi e Altchek⁽¹⁵⁾ aconselham flexão de 115° antes de perfuração, para aumentar o comprimento do túnel em direção superior. Para Giron *et al*⁽¹⁶⁾, a perfuração do túnel femoral, pelo portal AM, deve ser feita em flexão total. Estudo em cadáveres, como o nosso, podem refletir mais proximamente a variação individual dos joelhos⁽¹⁴⁾. Procuramos reproduzir o mais próximo possível as condições cirúrgicas de reconstrução do LCA: utilizamos o portal AMA para criação dos túneis e pudemos visualizar diretamente os sítios de inserção anatômica AM e PL do LCA no côndilo femoral lateral, além de tomarmos cuidado para não lesar a cartilagem do côndilo femoral medial e o menisco medial durante a perfuração.

Preferimos usar brocas de 2,5mm para a criação dos túneis femorais, porque, desde que sua origem no aspecto lateral do CFL foi sempre a mesma, fios lisos poderiam criar falsos trajetos.

Assim, à medida em que aumentamos a flexão das peças anatômicas durante a perfuração dos túneis, estes passaram a ser feitos mais no sentido anterior, tornando-se mais verticais no plano frontal e mais longos (Figura 4).

De modo geral, o comprimento dos túneis femorais mais laterais, quando perfurados pelo portal AM, são mais curtos que os túneis mais anteriores e mediais criados a partir da via transtibial⁽¹⁷⁾.

Em três publicações o aumento da flexão do joelho, no momento da perfuração, produziu túneis femorais mais longos.

Neven *et al*⁽¹⁷⁾, também em um estudo com cadáveres, encontraram medidas entre 32 e 44mm (média de 36,92mm) para o túnel PL, perfurado por um portal AM baixo, a 120° de flexão, medido de dentro para fora.

Basdekis *et al*⁽¹³⁾ avaliaram as medidas dos túneis femorais AM perfurados pelo portal AM, em oito cadáveres recentes. As medidas intraósseas verificadas para os túneis femorais AM, em mm, com os joelhos flexio-



Figura 4 – Vista lateral de uma peça anatômica de joelho esquerdo. Os marcadores 1, 2 e 3 indicam o ponto de saída, no CFL, dos túneis posterolaterais perfurados a 90, 110 e 130 graus de flexão, respectivamente. Os marcadores 4, 5 e 6 indicam o ponto de saída no CFL dos túneis anteromediais perfurados a 90, 110 e 130 graus de flexão, respectivamente. O aumento do grau de flexão produz túneis mais verticais e anteriores.

nados a 90°, 110°, 130° e com flexão máxima, foram de, respectivamente, $27,1 \pm 9,0$, $38,9 \pm 9,0$, $38,8 \pm 9,0$ e $39,2 \pm 4,1$. Entretanto, ambos os estudos foram feitos com artroscopia, usando o portal anterolateral para visualização e o portal AM para perfurar os túneis, ao invés de se colocar o artroscópio pelo portal AM, que permite melhor visão do intercôndilo lateral⁽¹⁸⁾.

Os mesmos autores, em um outro estudo⁽¹⁹⁾, desta vez com nove cadáveres recentes, mediram o comprimento dos túneis femorais PL, perfurados pelo portal AM, com as peças anatômicas flexionadas a 90°, 110° e 130° e encontraram os seguintes valores em mm, respectivamente: $33,2 \pm 2,6$, $35,4 \pm 4,0$ e $35,9 \pm 3,4$, referindo que o comprimento não varia significativamente e que a 90° de flexão existe o risco de violação da parede posterior.

Em nosso trabalho, a perfuração dos túneis foi feita com visão direta das inserções femorais AM e PL do LCA. Também usamos 20 joelhos desemparelhados, um grupo heterogêneo que fez nossa amostra ser maior que as três publicações anteriormente referidas.

Por outro lado, Bedi *et al*⁽²⁰⁾, em um estudo com nove pares de cadáveres humanos, com os túneis femorais feitos pela via AM e centrados na inserção femoral do LCA, encontraram as seguintes medidas dos túneis a 100°, 110° e 120° de flexão, respectivamente: $30,9 \pm 2,6$ mm, $25,7 \pm 5,4$ mm e $21,3 \pm 4,8$ mm. O aumento da flexão resultou em aumento de risco de violação da parede posterior do túnel, fato que ocorreu em 19,4% dos túneis, quando estes foram feitos pela via AM.

Além do mais, verificaram uma redução paradoxal na diminuição do comprimento dos túneis, o que, para eles, poderia ser explicado pelo uso de um guia transtibial

referenciando a parede posterior do CFL. Teoricamente, quanto mais enxerto dentro do túnel ósseo maior o preenchimento com tecido colágeno e maior a chance de incorporação entre o enxerto e o túnel. Como a falta de integração enxerto-osso pode ser causa de falha na reconstrução cirúrgica do LCA⁽²¹⁾, a quantidade mínima de enxerto de partes moles no interior dos túneis ósseos, para que ocorra união entre ambos sem comprometer os resultados cirúrgicos, necessita ser determinada.

Zantop *et al*⁽⁵⁾, em um modelo intra-articular com ovelhas, realizaram reconstruções com enxertos de tendão calcaneano. Sugerem que não há correlação negativa entre enxertos de 15mm de comprimento nos túneis femorais e as propriedades cinemáticas e estruturais resultantes. No entanto, o comprimento mínimo de enxerto no interior dos túneis ósseos, em humanos, ainda está para ser estabelecido.

Podemos indicar dois pontos que podem ser considerados pontos fracos de nosso estudo. O primeiro é que, ao usarmos peças anatômicas, a direção da perfuração dos túneis poderia mudar e alterar o comprimento dos mesmos. Para poder evitar que isso acontecesse, entramos na articulação com a broca pelo portal AMA previamente determinado e procuramos mantê-la, no máximo, a 4mm do CFM, na tentativa de simular as condições

cirúrgicas. O segundo ponto é que fizemos três perfurações para cada inserção das bandas do LCA, e, assim, o instrumento perfurante poderia pegar uma direção preestabelecida. Para minimizar essa possibilidade, não usamos fios lisos para perfuração dos túneis, preferimos usar brocas de 2,5mm de diâmetro para evitar criar falsos trajetos. Os resultados de nosso estudo fizeram com que incluíssemos alguns ajustes em nossa prática cirúrgica: promovemos leve flexão do quadril na mesa cirúrgica, para que o joelho fique a 90° de flexão; não utilizamos *leg holder*, para permitir maior flexão articular; marcamos os sítios de inserções femorais do LCA com o joelho flexionado a 90°, para melhor visualização, e perfuramos com flexão de 110°.

CONCLUSÃO

É possível perfurar os túneis femorais AM e PL com o joelho flexionado a 110°, de maneira que tenham comprimento mínimo suficiente para a integração osso-enxerto.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Prof. Dr. Neil Ferreira Novo pelo auxílio no estudo estatístico deste artigo.

REFERÊNCIAS

1. Arnold MP, Kooloos J, van Kampen A. Single-incision technique misses the anatomical femoral anterior cruciate ligament insertion: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9(4):194-9.
2. 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.
3. Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N, Irrgang JJ. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36(7):1263-74.
4. Chang CB, Yoo JH, Chung BJ, Seong SC, Kim TK. Oblique femoral tunnel placement can increase risks of short femoral tunnel and cross-pin protrusion in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2010;38(6):1237-45.
5. Zantop T, Ferretti M, Bell KM, Brucker PU, Gilbertson L, Fu FH. Effect of tunnel-graft length on the biomechanics of anterior cruciate ligament-reconstructed knees: intra-articular study in a goat model. *Am J Sports Med.* 2008;36(11):2158-66.
6. Aglietti P, Giron F, Losco M, Cuomo P, Ciardullo A, Mondanelli N. Comparison between single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, single-blinded clinical trial. *Am J Sports Med.* 2010;38(1):25-34.
7. Khalfayan EE, Sharkey PF, Alexander AH, Bruckner JD, Bynum EB. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1996;24(3):335-41.
8. Hoshino Y, Nagamune K, Yagi M, Araki D, Nishimoto K, Kubo S, et al. The effect of intra-operative knee flexion angle on determination of graft location in the anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(9):1052-60.
9. Abebe ES, Moorman CT 3rd, Dziedzic TS, Spritzer CE, Cothran RL, Taylor DC, et al. Femoral tunnel placement during anterior cruciate ligament reconstruction: an in vivo imaging analysis comparing transtibial and 2-incision tibial tunnel-independent techniques. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1904-11.
10. Steiner ME, Battaglia TC, Herning JF, Rand JD, Festa A, Baria M. Independent drilling outperforms conventional transtibial drilling in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1912-9.
11. Golish SR, Baumfeld JA, Schoderbek RJ, Miller MD. The effect of femoral tunnel starting position on tunnel length in anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study. *Arthroscopy.* 2007;23(11):1187-92.
12. Cha PS, Brucker PU, West RV, Zelle BA, Yagi M, Kurosaka M, et al. Arthroscopic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an anatomic approach. *Arthroscopy.* 2005;21(10):1275.
13. Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Influence of knee flexion angle on femoral tunnel characteristics when drilled through the anteromedial portal during anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2008;24(4):459-64.
14. Zantop T, Haase AK, Fu FH, Petersen W. Potential risk of cartilage damage in double bundle ACL reconstruction: impact of knee flexion angle and portal location on the femoral PL bundle tunnel. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(5):509-13.
15. Bedi A, Altchek DW. The "footprint" anterior cruciate ligament technique: an anatomic approach to anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2009;25(10):1128-38.
16. Giron F, Buzzi R, Aglietti P. Femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction using three techniques. A cadaver study. *Arthroscopy.* 1999;15(7):750-6.
17. Neven E, D'Hooghe P, Bellemans J. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study on the posterolateral tunnel position and safety of the lateral structures. *Arthroscopy.* 2008;24(4):436-40.
18. Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N, Irrgang JJ. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36(7):1263-74.
19. Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Effect of knee flexion angle on length and orientation of posterolateral femoral tunnel drilled through anteromedial portal during anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2009;25(10):1108-14.
20. Bedi A, Raphael B, Maderazo A, Pavlov H, Williams RJ 3rd. Transtibial versus anteromedial portal drilling for anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study of femoral tunnel length and obliquity. *Arthroscopy.* 2010;26(3):342-50.
21. Carson EW, Anisko EM, Restrepo C, Panariello RA, O'Brien SJ, Warren RF. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: etiology of failures and clinical results. *J Knee Surg.* 2004;17(3):127-32.