



ELSEVIER



## Artigo Original

# Enxerto ideal para ligamento cruzado anterior: correlação em ressonância magnética entre LCA, isquiotibiais, tendão patelar e tendão quadríceps<sup>☆</sup>

Fabiano Kupczik<sup>a</sup>, Marlus Eduardo Gunia Schiavon<sup>b</sup>, Bruno Sbrissia<sup>b</sup>, Rodrigo Caldonazzo Fávaro<sup>b</sup> e Rafael Valério<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Mestre em Cirurgia, Ortopedista e Chefe do Grupo do Joelho do Hospital Universitário Cajuru, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Curitiba, PR, Brasil

<sup>b</sup> Ortopedista do Grupo do Joelho do Hospital Universitário Cajuru PUC-PR, Curitiba, PR, Brasil

<sup>c</sup> Médico Residente de Ortopedia e Traumatologia do Hospital Universitário Cajuru PUC-PR, Curitiba, PR, Brasil

### INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 13 de setembro de 2012

Aceito em 7 de novembro de 2012

Palavras-chave:

Anatomia

Espectroscopia de ressonância magnética

Ligamento cruzado anterior

### R E S U M O

**Objetivos:** Mensurar em exames de ressonância magnética (RM) o tamanho da origem, a inserção e o comprimento do ligamento cruzado anterior (LCA) e seus possíveis enxertos para cirurgia de reconstrução em caso de lesão. Além desse, fez-se o cruzamento estatístico entre os dados para testar a hipótese de relação proporcional entre essas medidas anatômicas.

**Materiais e métodos:** Foram feitos 52 exames de RM entre 2008 e 2011 e avaliados de maneira aleatória em um estudo epidemiológico longitudinal retrospectivo. Para a mensuração da largura do LCA foi usado o corte coronal oblíquo, para o comprimento o corte sagital, para a inserção tibial o corte coronal e para a inserção femural o corte coronal oblíquo.

**Resultados:** O diâmetro médio do LCA foi de 4,80 mm (3,1-8,3 mm) e o comprimento de 3,8 cm (2,85-4,5 cm). A origem variou entre 9,7 mm e 15,4 mm. A inserção média na tibia foi de 13,3 mm. O diâmetro médio do semitendíneo foi de 4,38 mm e o diâmetro médio do grácil de 3,42 mm. O quadríceps apresentou diâmetro de 7,67 mm e comprimento de 35,34 mm e o tendão patelar 4,54 mm de diâmetro e 26,62 mm de comprimento médio.

**Conclusão:** Os dados obtidos fornecem informações pré-operatórias importantes para o cirurgião, facilitam o planejamento pré-operatório, apresentam opções viáveis e evitam enxertos inadequados.

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

<sup>☆</sup> Trabalho realizado no Hospital Universitário Cajuru, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

\* Autor para correspondência: Av. São José, 300, Cristo Rei, Curitiba, PR. CEP 80050-350.

E-mails: valerio\_rafael@hotmail.com, fabkup@hotmail.com (R. Valério).

**ACL ideal graft: MRI correlation between ACL and humstrings, PT and QT**

## A B S T R A C T

**Keywords:**

Anatomy  
Anterior cruciate ligament  
Magnetic resonance  
spectroscopy

**Objective:** The objective of this study was to measure in MRI scans, the size of the origin, insertion and length of the anterior cruciate ligament and possible graft for reconstruction surgery in case of injury. Besides this, there was a cross between statistical data to test the hypothesis of proportional relationship between these anatomical extent.

**Materials and methods:** 52 MRI examinations performed between 2008 and 2011, valued at random in a longitudinal retrospective epidemiological study. To measure the width of the ACL was used coronal oblique to the length of the sagittal section, for inserting the tibial coronal femoral insertion and was also used oblique coronal section.

**Results:** The average diameter of the ACL was 4.80 mm (3.1 to 8.3 mm), a length of 3.8 cm (2.85 to 4.5 cm). The origin ranged from 9.7 mm to 15.4 mm. The average insertion on the tibia was 13.3 mm. The average diameter of the semi-tendinous was 4.38 mm and the average diameter was 3.42 mm gracilis. The quadriceps presented diameter of 7.67 mm, a length of 35.34 mm and 4.54 mm patellar tendon diameter and 26.62 mm in average length.

**Conclusion:** These data provide important information for the pre operative surgeon, facilitating preoperative planning and providing viable alternatives and avoiding inadequate grafts.

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

**Introdução**

Por causa da elevada incidência de suas lesões na população, o ligamento cruzado anterior (LCA) tem sido objeto de muitos estudos contemporâneos.<sup>1-7</sup> Ele faz a função de principal estabilizador para translação anterior da tibia e tem participação secundária na restrição da rotação interna do joelho.<sup>3,4,8</sup>

O LCA tem origem na porção posterior do côndilo femoral lateral, apresenta um curso intrarticular e extrassinovial e insere-se lateral e anteriormente à espinha tibial medial. O modelo mais aceito hoje é o de duas bandas, criado por Girgis et al.,<sup>6</sup> no qual uma banda ântero-medial (AM) emerge mais proximal e posteriormente ao fêmur, enquanto a banda pósterolateral (PL) é mais distal e anterior. As bandas são torcidas em seu trajeto no intercôndilo e a inserção na tibia segue a ordem que lhes dá o nome: ântero-medial para AM e pósterolateral para PL.

Em função da instabilidade provocada por sua lesão e das possíveis comorbidades consequentes a sua ruptura, como lesão condral, meniscal e possivelmente osteoartrose precoce, o tratamento preconizado é cirúrgico, com a reconstrução ligamentar.<sup>9,10</sup>

Atualmente, diversas fontes de enxerto têm-se mostrado eficazes na reconstrução do LCA e a escolha pelo enxerto ideal é individualizada no perfil do paciente e sua lesão, além da experiência pessoal do cirurgião. Enxertos derivados do tendão quadrípital e dos flexores surgiram como opção ao enxerto patelar após estudos relacionados a dor anterior no joelho e comorbidades do sítio doador.<sup>11-14</sup> A escolha do enxerto ideal ainda é controversa e a literatura demonstra que um dos principais fatores na tomada de decisão é a largura final do enxerto. Enxertos com largura menor do que 7 mm tendem a falhar com maior facilidade, enquanto enxertos mais largos são mais seguros.<sup>12,13,15</sup>

Alguns estudos têm tentado demonstrar possíveis fatores preditores para o diâmetro dos enxertos habitualmente usados em cirurgias de reconstrução entre a mensuração do LCA.<sup>12,16-19</sup> Em nossa revisão na literatura não encontramos qualquer artigo que tentasse estabelecer alguma relação entre as características do LCA com os seus possíveis enxertos.

O primeiro objetivo deste trabalho é mensurar em exames de ressonância magnética o tamanho da origem, da inserção e do comprimento do ligamento cruzado anterior na população de Curitiba. Também foram mensurados os possíveis enxertos para reconstrução do LCA. O segundo objetivo deste estudo é fazer o cruzamento entre esses dados e testar a hipótese de relação proporcional entre as medidas do LCA e seus possíveis enxertos.

**Materiais e métodos**

Após aprovação do Comitê de Ética por meio do site Plataforma Brasil sob o número do Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 01338212.5.0000.0100, coletamos exames feitos entre novembro de 2011 e janeiro de 2012. Foram revisados 52 exames de ressonância magnética feitos entre 2008 e 2011 em um estudo epidemiológico longitudinal retrospectivo.

**Crêterios de inclusão:** (1) Pacientes esqueleticamente maduros e com idade inferior a 40 anos; (2) Ausência de lesões ligamentares ou degenerativas prévias.

**Crêterios de exclusão:** (1) Pacientes com fise aberta; (2) Cirurgia prévia; (3) Lesão ligamentar prévia; (4) Hiperfrouxidão ligamentar; (5) Doenças degenerativas; (6) Uso contínuo de corticoides; (7) Hipoplasia intercondilar (largura do fêmur distal/fossa condilar <0,2).

As variáveis deste trabalho foram mensuradas em exames de ressonância magnética por um único médico radiologista. Para tanto foi usado um Siemens Magnetom Avanto 1.5t®.



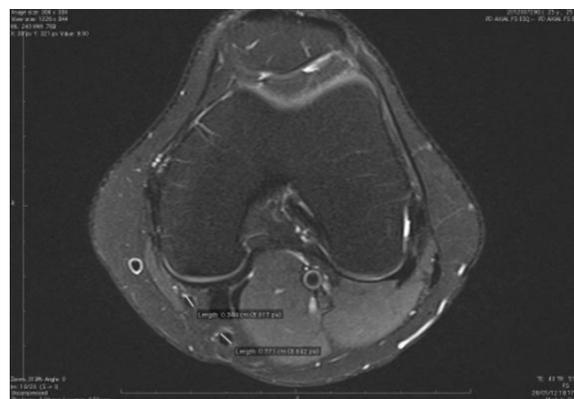
**Figura 1 – Mensuração da largura do LCA (A); Mensuração do comprimento do LCA (B); Mensuração da inserção tibial do LCA (C); Mensuração da origem femoral do LCA (D).**

Todos os exames foram feitos com a técnica de densidade de prótons com supressão de gordura.

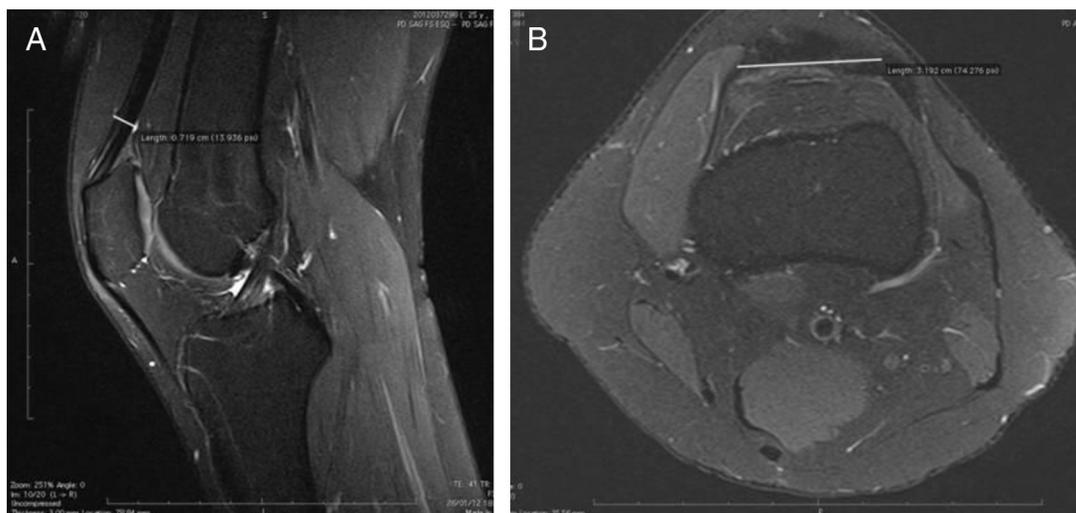
Para a mensuração da largura do LCA foi usado o corte coronal oblíquo. Foram traçadas duas linhas paralelas, uma no início e uma no fim do intercôndilo, e uma linha perpendicular a elas. A medida era obtida da largura do LCA na metade dessa linha perpendicular. Para o comprimento do LCA foi usado o corte sagital, que demonstrava o LCA em seu maior comprimento. Para a inserção tibial do LCA foi usado o corte coronal, que demonstrava a maior espessura. Para a inserção femoral foi usado o corte coronal oblíquo (fig. 1).

Os tendões do semitendíneo e do grácil foram medidos no seu maior diâmetro no plano axial com o uso como nível de corte do epicôndilo medial (fig. 2).

Para a mensuração do comprimento látero-lateral do tendão quadrícipital foi usado o corte axial em um nível de corte de 3 cm proximal à sua inserção patelar. O diâmetro ântero-posterior do tendão foi mensurado no corte sagital com o uso do mesmo nível de corte (fig. 3).



**Figura 2 – Mensuração da largura dos tendões do semitendíneo e do grácil.**



**Figura 3 – Mensuração do comprimento látero-lateral do tendão quadricipital (A); Mensuração do diâmetro ântero-posterior do tendão quadricipital (B).**

Para a mensuração do comprimento látero-lateral do tendão patelar foi usado o corte axial, com nível de corte na metade do comprimento do tendão. O diâmetro ântero-posterior do tendão foi mensurado no corte sagital com o uso do mesmo nível de corte. O comprimento do tendão foi mensurado no corte sagital, que demonstrava seu maior comprimento (fig. 4).

### Metodologia estatística

Para a investigação da associação linear entre variáveis estimou-se o coeficiente de correlação de Pearson e se considerou essa estimativa como evidência para avaliação da hipótese de correlação nula na população.

Valores de *p* menores do que 0,05 indicaram significância estatística.

### Resultados

Foram examinados 52 estudos de ressonância magnética que abrangeram 31 homens e 21 mulheres. A média de idade dos pacientes foi de 28 anos, com variação de 18 a 36 anos.

Para avaliação da associação linear entre pares de variáveis foi estimado o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis sob avaliação. Para cada par de variáveis testou-se a hipótese nula de correlação linear igual a zero versus a hipótese opcional de correlação linear diferente de zero. Na sequência são apresentadas as estimativas dos coeficientes estimados, bem como os valores de *p* dos testes estatísticos.

A média de largura (diâmetro) do LCA no terço médio do intercôndilo foi de 4,80 mm (3,1-8,3 mm). O comprimento médio do LCA nos cortes sagitais foi de 3,8 cm (2,85-4,5 cm). A origem do LCA variou de 9,7 mm a 15,4 mm, com média de 12,3 mm. A inserção média do LCA na tibia foi de 13,3 mm, com variação de 9,1 a 17,5 mm.

A média de diâmetro do semitendíneo foi de 4,38 mm, com variação de 3,4 a 7,2 mm. O diâmetro médio do grácil foi de 3,42 mm, com variação de 2,4 a 4,9 mm.

Com relação ao quadríceps, o diâmetro foi de 7,67 mm, com variação de 5,5 a 9,9 mm. O diâmetro do tendão patelar médio foi de 4,54 mm, com variação de 3,5 a 6,6 mm.

O comprimento do tendão quadríceps foi de 35,34 mm, com variação de 26,9 a 45,8 mm. Já o tendão patelar apresentou um comprimento médio de 26,62 mm, com variação de 22,4 a 35,7 mm.

### Correlação de dados

Os coeficientes de correlação entre as medidas do LCA e os tendões semitendíneo e grácil estão expressos na tabela 1.

Os coeficientes de correlação entre as medidas do LCA e o tendão patelar estão expressos na tabela 2.

**Tabela 1 – Correlação do LCA com os tendões do semitendíneo e do grácil**

Variável	Coef. correl.	Valor de <i>p</i>
<i>LCA fêmur</i>		
Semitendíneo	0,317	0,022
Grácil	0,364	0,008
<i>LCA tibia</i>		
Semitendinoso	0,064	0,654
Grácil	0,072	0,611
<i>LCA largura</i>		
Semitendinoso	0,119	0,400
Grácil	0,122	0,390
<i>LCA comprimento</i>		
Semitendinoso	0,346	0,012
Grácil	0,334	0,015

LCA, ligamento cruzado anterior.



**Figura 4 – Mensuração do comprimento látero-lateral do tendão patelar (A); Mensuração do diâmetro ântero-posterior do tendão patelar (B); Mensuração do comprimento do tendão patelar (C).**

Os coeficientes de correlação entre as medidas do LCA e o quadríceps estão expressos na tabela 3.

## Discussão

Ao correlacionar as medidas do LCA na população avaliada no estudo, encontramos os valores de comprimento médio de 38,13 mm (28,5-45), origem femural média de 12,31 mm (9,7-15,4) e inserção tibial média de 13,30 mm (9,1-17,5).

Nenhum trabalho avaliou exatamente as mesmas medidas que este estudo, mas Dienst et al.<sup>4</sup> encontraram os valores de comprimento médio de 32 mm, com variação de 22 a 41, e largura na origem femural com variação de 7 a 12 mm.

Duthon et al.<sup>7</sup> encontraram tamanho médio do LCA de 30 mm (7-12), origem femural entre 11-24 mm e inserção tibial entre 8-12 mm.

Já o estudo de Zantop et al.<sup>20</sup> encontrou o valor médio da origem femural de 11 mm e a inserção tibial aproximada de 13,2 mm.

Na tentativa de buscar fatores preditores para os possíveis enxertos usados em reconstrução do ligamento cruzado anterior, alguns trabalhos têm se destacado na literatura.<sup>12,16-19</sup>

Xie et al.<sup>17</sup> analisaram 235 chineses para buscar uma correlação entre fatores antropométricos, atividade esportiva, idade e gênero e as medidas de comprimento e diâmetro dos tendões flexores. Encontraram que a correlação mais importante que ocorre entre diâmetro e comprimento do semitendíneo e do grácil é com altura, gênero e peso do indivíduo.

Na mesma linha de pesquisa, Tuman et al.<sup>18</sup> fizeram um estudo de coorte com 106 pacientes e concluíram que a altura é o fator predisponente mais importante para o diâmetro dos flexores, principalmente nas mulheres.

O estudo de Bickel et al.<sup>21</sup> encontrou correlação importante entre as áreas somadas ST e G com valores acima de 18 mm<sup>2</sup> em cortes axiais de ressonância nuclear magnética (RNM). Segundo eles, esse valor proporcionará um enxerto suficiente em 88% dos casos.

Em um estudo com o uso de imagens de ressonância magnética na tentativa de prever o tamanho do enxerto dos tendões flexores, Wernecke et al.<sup>16</sup> recomendam uma área de 10 mm<sup>2</sup> para o tendão do grácil e 17 mm<sup>2</sup> para o tendão do semitendíneo a considerar-se um enxerto quádruplo.

**Tabela 2 – Correlação LCA e tendão patelar**

Variável	Coef. correl.	Valor de p
<i>LCA fêmur</i>		
T. patelar LL	0,438	0,001
T. patelar AP	0,283	0,042
<i>LCA tibia</i>		
T. patelar LL	0,233	0,096
T. patelar AP	0,173	0,221
<i>LCA largura</i>		
T. patelar LL	0,415	0,002
T. patelar AP	0,099	0,487
<i>LCA comprimento</i>		
T. patelar LL	0,451	0,001
T. patelar AP	0,476	<0,001

AP, ântero-posterior; LCA, ligamento cruzado anterior; LL, látero-lateral.

**Tabela 3 – Correlação LCA e tendão do quadríceps**

Variável	Coef. correl.	Valor de p
<i>LCA fêmur</i>		
Quadríceps LL	0,223	0,113
Quadríceps AP	0,272	0,051
<i>LCA tibia</i>		
Quadríceps LL	0,082	0,563
Quadríceps AP	0,269	0,053
<i>LCA largura</i>		
Quadríceps LL	0,367	0,007
Quadríceps AP	0,309	0,026
<i>LCA comprimento</i>		
Quadríceps LL	0,094	0,510
Quadríceps AP	0,370	0,007

AP, ântero-posterior; LCA, ligamento cruzado anterior; LL, látero-lateral.

Não encontramos na literatura trabalhos que tentassem relacionar as características do LCA com seus possíveis enxertos em exames de RNM.

Não existe um padrão recomendado para altura do corte usado na mensuração dos possíveis enxertos para o ligamento cruzado. Na literatura encontramos estudos que usam os mesmos cortes, no entanto com pontos de referência ou níveis divergentes.<sup>11,12,16,22</sup>

Para mensuração dos tendões flexores, Wernecke et al.<sup>16</sup> usaram a porção mais saliente do epicôndilo medial como ponto de referência para o corte axial, Ericksson et al.<sup>11</sup> usaram um corte a 5 cm da articulação do joelho e Bickel et al.,<sup>21</sup> em seu estudo que envolveu adolescentes, usaram a linha fisária como ponto de referência. Por fim, Rispoli et al.<sup>22</sup> usaram o polo superior da patela como parâmetro para seu corte axial.

Em nosso estudo usamos como referência o epicôndilo medial, no mesmo contexto de Wernecke et al.<sup>16</sup>

Na mensuração do tendão patelar empregamos o mesmo corte usado por Kartus et al.,<sup>12</sup> que têm como referência o ponto intermediário entre o polo inferior da patela e a tuberosidade anterior da patela (TAT).

Com relação ao quadríceps, não foi possível a mensuração de seu comprimento por causa do fato de que os exames avaliados não dispunham de cortes proximais da coxa, local de sua origem. Estabelecemos um ponto de referência a 3 cm de sua inserção na patela para sua avaliação por acreditar que o limite proximal é muscular e não existe ponto preciso.

Em nosso estudo a característica morfológica do LCA que isoladamente mostrou a maior correlação com os possíveis enxertos foi o comprimento do LCA. No entanto, não teve correlação com a largura do látero-lateral do tendão do quadríceps.

Considerando a individualidade de cada possível enxerto, encontramos resultados interessantes. Os tendões flexores apresentam coeficientes de correlação fortes com a inserção do LCA no fêmur e seu comprimento. No entanto, a inserção tibial e a largura do LCA no intercôndilo não demonstraram correlação.

Para o tendão patelar, os padrões mais fidedignos também foram a origem femural e o comprimento do LCA. Esse último parâmetro é o que melhor presume o diâmetro ântero-posterior do tendão. Para o diâmetro látero-lateral os coeficientes de origem femural e comprimento são equivalentes. Tanto a inserção do LCA quanto a sua largura no intercôndilo não evidenciaram correlação.

O tendão quadricipital demonstrou uma relação importante com a largura do LCA no intercôndilo. Essa variável foi um bom indicador tanto para seu diâmetro látero-lateral (maior correlação) quanto para o ântero-posterior. No entanto, o comprimento do LCA é a variável com maior correlação com o diâmetro ântero-posterior.

A pesquisa dos fatores preditores de enxerto é um campo ainda a ser explorado em nosso meio. Acreditamos que a individualização de cada caso com diferentes variáveis, com a soma dos dados antropométricos com os da RNM, pode nos guiar numa escolha de enxerto mais precisa e de menor risco. Necessitamos de trabalhos com casuísticas maiores.

## Conclusão

Os valores das medidas encontradas na população estudada foram semelhantes aos valores encontrados na literatura, tanto em comprimento quanto em origem e inserção.

Acreditamos que num exame de ressonância magnética com cortes rotineiros a melhor forma de predizer o diâmetro dos tendões flexores e do tendão patelar é pelo comprimento do LCA. A largura do LCA é o melhor preditor para o tendão do quadríceps. O comprimento do LCA é a característica isolada que tem maior correlação com os possíveis enxertos e a inserção tibial não é um parâmetro confiável.

Nossos dados provêm informações pré-operatórias importantes para o cirurgião, facilitam o planejamento pré-operatório, fornecem opções viáveis e evitam enxertos inadequados.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## REFERÊNCIAS

1. Kim SJ, Jo SB, Kim TW, Chang JH, Choi HS, Oh KS. A modified arthroscopic anterior cruciate ligament double-bundle reconstruction technique with autogenous quadriceps tendon graft: remnant-preserving technique. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009;129:403-7.
2. Tsukada H, Ishibashi Y, Tsuda E, Fukuda A, Toh S. Anatomical analysis of the anterior cruciate ligament femoral and tibial footprints. *J Orthop Sci.* 2008;13:122-9.
3. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:257-62.
4. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* 2002;33:605-20.
5. Staebli HU, Adam O, Becker W, Burgkart R. Anterior cruciate ligament and intercondylar notch in the coronal oblique plane: anatomy complemented by magnetic resonance imaging in cruciate ligament-intact knees. *Arthroscopy.* 1999;15:349-59.
6. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1975:216-31.
7. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:204-13.
8. Petersen W, Tillmann B. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Orthopade.* 2002;31:710-8.
9. Jacobson K. Osteoarthritis following insufficiency of the cruciate ligament in man: a clinical study. *Acta Orthop Scand.* 1977;48:520-6.
10. Woods GW, O'Connor DP. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med.* 2004;32:201-10.
11. Eriksson K, Hamberg P, Jansson E, Larsson H, Shalabi A, Wredmark T. Semitendinosus muscle in anterior cruciate ligament surgery: morphology and function. *Arthroscopy.* 2001;17:808-17.

12. Kartus J, Lindahl S, Stener S, Eriksson BI, Karlsson J. Magnetic resonance imaging of the patellar tendon after harvesting its central third: a comparison between traditional and subcutaneous harvesting techniques. *Arthroscopy*. 1999;15:587-93.
13. Hamada M, Shino K, Mitsuoka T, Abe N, Horibe S. Cross-sectional area measurement of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1998;14:696-701.
14. Miller MD, Nichols T, Butler CA. Patella fracture and proximal patellar tendon rupture following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1999;15:640-3.
15. Maeda A, Shino K, Horibe S, Nakata K, Buccafusca G. Anterior cruciate ligament reconstruction with multistranded autogenous semitendinosus tendon. *Am J Sports Med*. 1996;24:504-9.
16. Wernecke G, Harris IA, Houang MT, Seeto BG, Chen DB, MacDessi SJ. Using magnetic resonance imaging to predict adequate graft diameters for autologous hamstring double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011;27:1055-9.
17. Xie G, Huangfu X, Zhao J. Prediction of the graft size of 4-stranded semitendinosus tendon and 4-stranded gracilis tendon for anterior cruciate ligament reconstruction: a Chinese Han patient study. *Am J Sports Med*. 2012;40:1161-6.
18. Tuman JM, Diduch DR, Rubino LJ, Baumfeld JA, Nguyen HS, Hart JM. Predictors for hamstring graft diameter in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2007;35:1945-9.
19. Treme G, Diduch DR, Billante MJ, Miller MD, Hart JM. Hamstring graft size prediction: a prospective clinical evaluation. *Am J Sports Med*. 2008;36:2204-9. Erratum in: *Am J Sports Med*. 2009;37(4):836.
20. Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006;14:982-92.
21. Bickel BA, Fowler TT, Mowbray JG, Adler B, Klingele K, Phillips G. Preoperative magnetic resonance imaging cross-sectional area for the measurement of hamstring autograft diameter for reconstruction of the adolescent anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*. 2008;24:1336-41.
22. Rispoli DM, Sanders TG, Miller MD, Morrison WB. Magnetic resonance imaging at different time periods following hamstring harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2001;17:2-8.