

# Reconstrução anatómica do LCA com duplo túnel Onde nos encontramos hoje?

Marta Massada, Alcindo Silva

*Hospital de Santa Maria. Porto. Portugal.  
Hospital Militar D. Pedro V. Porto. Portugal.*

---

**Marta Massada**

Assistente Hospitalar  
Hospital de Santa Maria

**Alcindo Silva**

Assistente Hospitalar  
Hospital Militar D. Pedro V

**Submetido em:** 26 agosto 2012

**Revisto em:** 26 novembro 2013

**Aceite em:** 26 novembro 2013

**Publicação eletrónica em:** 15 janeiro 2014

**Tipo de Estudo:** Terapêutico

**Nível de Evidência:** IV

**Declaração de conflito de interesses:**

Nada a declarar.

**Correspondência:**

Marta Massada  
Hospital de Santa Maria  
Rua de Camões, 906  
4049-025 Porto  
Portugal  
martamassada@gmail.com

**RESUMO**

A reconstrução do ligamento cruzado anterior é um dos procedimentos ortopédicos mais comuns, verificando-se uma evolução permanente na técnica desde a sua introdução em 1900. As técnicas tradicionais de reconstrução de um único feixe do ligamento cruzado anterior demonstraram consistentemente resultados clínicos e funcionais bons a excelentes, permitindo a muitos dos doentes retornar as atividades desportivas de elevada exigência. No entanto, após estudos recentes terem reportado instabilidade persistente e uma incidência preocupante de osteoartrose com este tipo de técnica, muitos centros defenderam a reconstrução dos dois feixes funcionais (anteromedial e posterolateral), na tentativa de restaurar a cinemática normal e prevenir as alterações degenerativas precoces do joelho. Este artigo sumariza alguns dos aspetos anatómicos, biomecânicos e técnicos da reconstrução anatómica do ligamento cruzado anterior.

**Palavras chave:**

Ligamento cruzado anterior, duplo túnel, reconstrução anatómica, estabilidade rotacional, resultados clínicos

**ABSTRACT**

Arthroscopic reconstruction for anterior cruciate ligament rupture is a common orthopaedic procedure and the technique has been evolving since its introduction in 1900. Standard ACL reconstruction with a single-bundle graft has been consistently associated with good to excellent clinical and functional outcomes and with high rates of return to previous levels of activity. However, after reports of persistent instability and the development of osteoarthritis after this procedure, some authors have advocated a double-bundle reconstruction as a way

of better controlling knee rotational torque, a potential cause of failure after single-bundle reconstruction. The authors investigated outcomes of single-bundle versus double-bundle ACL reconstruction and tried to summarize the anatomical, biomechanical and technical aspects of the anatomical approach of ACL repair.

**Key words:**

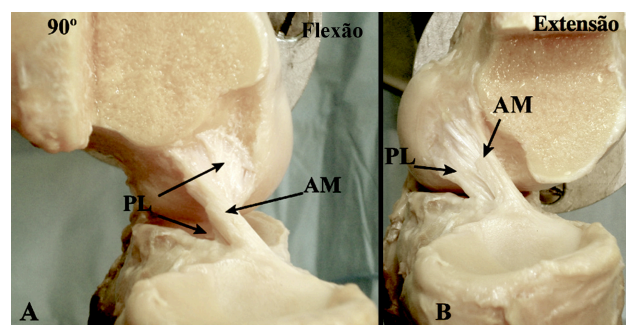
Anterior cruciate ligament, double bundle, anatomical reconstruction, rotational stability, clinical results

## INTRODUÇÃO

A reconstrução artroscópica de um feixe único do ligamento cruzado anterior (LCA) com enxerto autólogo como o tendão rotuliano, isquiotibiais ou quadricípites permanece o *gold standard* no tratamento da rotura do LCA no doente ativo<sup>[1,2,3]</sup>. Durante os anos 90, a universalidade do conceito de “isometria” defendia a localização postero-superior do túnel femoral na chanfradura intercondiliana (entre as 12 e 1 horas no joelho esquerdo, 11 e 12 horas no joelho direito, com uma flexão de 90°), replicando essencialmente as fibras anteriores do LCA<sup>[4]</sup>. Estudos anatómicos recentes<sup>[5-7]</sup> vieram contrariar o conceito anterior, revelando que, ao invés de uma estrutura homogênea de um feixe simples, o LCA compreende dois feixes funcionais independentes, designados segundo a sua inserção na tibia: o feixe anteromedial (AM) e o feixe posterolateral (PL) (Figura 1). Durante o arco de movimento funcional do joelho, o LCA funciona essencialmente como freio à translação anteroposterior excessiva. Estudos biomecânicos demonstraram ainda que o LCA, mais especificamente o feixe PL, desempenha um papel crucial na resistência às forças rotacionais impostas ao joelho<sup>[8]</sup>. Na sequência destes estudos, alguns autores questionaram o princípio utilizado na ligamentoplastia tradicional do LCA. Zantop e Fu<sup>[9]</sup> reportaram resultados insatisfatórios em 11 a 30% dos doentes submetidos a reconstrução do LCA com feixe simples e, numa meta-análise recente, Biau *et al*<sup>[10]</sup> revelaram que apenas cerca de 60% dos doentes atingem níveis de recuperação completos após a reconstrução segundo este princípio. Adicionalmente, está sobejamente descrita na

literatura a incidência de alterações degenerativas 5 a 10 anos após a reconstrução do LCA<sup>[11,12]</sup>. Jonsson *et al*<sup>[13]</sup> associaram o desenvolvimento de atividade cintigráfica subcondral, incapacidade de retorno a níveis de atividade prévios e scores funcionais subjetivos pouco satisfatórios à persistência de um teste *pivot-shift* positivo, tendo concluído que a eliminação do pivoting poderá ter maior influência na prevenção das alterações osteoartrosicas do joelho do que a normalização da laxidez anteroposterior. Foi com base tanto no conhecimento anatómico atual, que enfatiza a importância do feixe PL na restauração da cinemática normal do joelho<sup>[14]</sup>, como nos resultados menos positivos que foram associados à reconstrução de um único feixe, que surgiu o conceito de reconstrução anatómica do LCA.

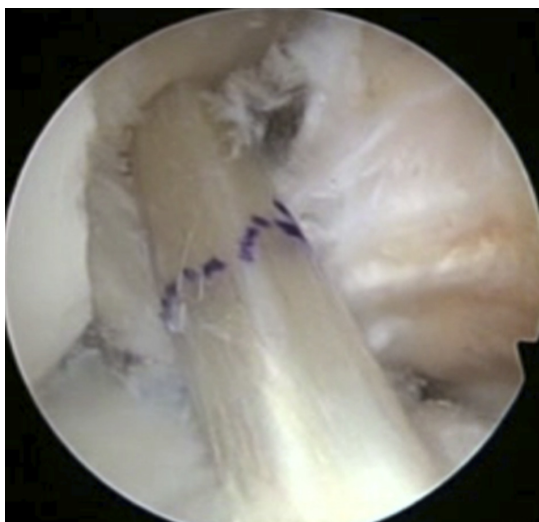
Estudos biomecânicos em cadáver revelam que, de facto, a reconstrução anatómica dos dois feixes estruturais do LCA permite restabelecer de forma



**Figura 1.** Modelo cadavérico com osteotomia do côndilo femoral interno e visualização dos dois feixes estruturais do LCA. A) Feixe AM, tenso em flexão; B) Feixe PL, tenso em extensão.

mais aproximada a estabilidade anteroposterior e rotacional do joelho LCA-deficiente, quando comparada com a reconstrução tradicional<sup>[15,16]</sup>. Quando consideramos a estabilidade rotacional em particular, estes estudos refletem um melhor controle com a reconstrução adicional do feixe PL, comparativamente à reconstrução de um feixe simples<sup>[16,17]</sup>. O conceito cirúrgico de duplo túnel é igualmente suportado por outros trabalhos anatómicos e biomecânicos que relacionam a reprodução do *footprint* (pegada) nativo com a restauração das funções biomecânicas do joelho<sup>[18,19]</sup>.

A técnica de replicação da anatomia complexa do LCA, através de um procedimento de duplo-túnel, para a reconstrução separada dos feixes AM e PL foi descrita inicialmente por Mott<sup>[20]</sup> em 1983. Rosenberg e Graft<sup>[21]</sup>, em 1984, introduziram um procedimento assistido por artroscopia utilizando dois túneis femorais e um túnel tibial (Figura 2). Atualmente, são vários os aspetos técnicos e variações ao mesmos descritos na literatura<sup>[9,22-26]</sup>, todavia, importa salientar que nem todas as técnicas duplo-túnel podem ser consideradas reconstruções anatómicas, sendo que alguns autores defendem que apenas reconstruções que incluam dois túneis femorais e dois túneis tibiais poderão ser assim designadas<sup>[27]</sup>. Apesar



**Figura 2.** Visualização artroscópica da chanfradura intercondiliana (90°) com os enxertos em posição.

da florescência deste conceito nos últimos anos, os ensaios clínicos controlados são ainda raros e os existentes apresentam follow-ups curtos. A transferência intra-operatória da anatomia nativa dos dois feixes do LCA em extensão para a anatomia artroscópica em flexão tem dificuldades associadas com aspetos técnicos fulcrais como a identificação da posição artroscópica correta dos pontos de inserção, direção dos quatro túneis, enxertos ideais e técnicas de fixação<sup>[28]</sup>. Outra das dificuldades na abordagem da lesão e planeamento da cirurgia passa inevitavelmente, pela ausência de ferramentas que permitam abordar a cinemática complexa da estabilidade ligamentar durante os movimentos pivotantes do joelho *in vivo*.

## PRINCÍPIOS BÁSICOS NA RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO LCA

A anatomia é a base da cirurgia ortopédica. Dentro do conceito de reconstrução anatômica do LCA residem quatro princípios fundamentais. O primeiro é a reconstrução dos dois feixes funcionais do LCA. O segundo passa pela reprodução dos pontos de inserção do LCA nativo através do posicionamento dos túneis na sua verdadeira localização anatómica. O terceiro princípio assenta na obtenção do padrão de tensionamento adequado para cada feixe, sabendo que o feixe AM se encontra tenso durante todo o arco de movimento atingindo um máximo entre os 45 e os 60°, enquanto que o feixe PL se encontra tenso essencialmente em extensão (Figura 1). O quarto e último princípio é advogado por inúmeras escolas<sup>[18,29]</sup> e defende cirurgia individualizada para cada doente.

A origem femoral do LCA é uma área ovoide que ocupa cerca de 18x11mm<sup>[30]</sup>. Nesta área, o feixe AM ocupa a porção mais proximal e o feixe PL ocupa uma posição mais distal, próxima da superfície articular anterior do côndilo femoral externo. Cada um dos feixes ocupa aproximadamente 50% da inserção femoral total, com áreas de 47±13 mm<sup>2</sup> para o feixe AM e 49±13mm<sup>2</sup> para o feixe PL<sup>[31]</sup>. Na tibia, as inserções para os feixes AM e PL localizam-se entre as espinhas medial e lateral, numa área ampla que se estende posteriormente até à raiz posterior do menisco

externo<sup>[18]</sup>. A área de inserção total na tíbia foi descrita como sendo de forma oval, com um diâmetro de 11 mm no plano coronal e 17 mm no plano sagital<sup>[32]</sup>. Os feixes do LCA são designados de acordo com a sua posição dentro desta área estando o feixe AM localizada na sua porção mais anterior e medial e o feixe PL na sua posição mais posterior e lateral. O tamanho da inserção tibial do LCA é cerca de 120% o da inserção femoral<sup>[18]</sup>.

## CONSIDERAÇÕES BIOMECÂNICAS

O LCA é um elemento fulcral na resistência tanto à translação anterior da tíbia como ao torque rotacional imposto ao joelho<sup>[14]</sup>. Conforme referido anteriormente, a literatura atual sugere que cada um dos feixes do LCA contribui de forma singular para a cinemática do joelho. Apesar de ambos os feixes funcionarem em conjunto, o feixe AM revela-se o principal antagonista da translação anterior, enquanto que o feixe PL tem maior influência na estabilidade rotacional<sup>[8]</sup>. A distribuição das forças entre os feixes AM e PL em resposta a cargas de direção anterior aplicadas na tíbia foi estudada por Sakane *et al*<sup>[33]</sup> através da utilização de tecnologia robótica. Neste estudo, o feixe PL suportou a maior parte da força entre os 0 e os 15° de flexão e o feixe AM assumiu a maior parte da carga a partir dos 30° de flexão.

A reconstrução do LCA que segue estes princípios assume assim vantagens biomecânicas potenciais sobre a reconstrução de um único feixe por permitir um maior controlo da translação anterior da tíbia e melhorar a resposta às cargas rotacionais combinadas impostas ao joelho<sup>[28,34]</sup>. Tashman *et al*<sup>[35]</sup> desenvolveram uma análise cinemática de joelhos normais e joelhos submetidos a reconstrução de um feixe único do LCA, avaliando a translação antero-posterior e a rotação do joelho durante a atividade desportiva em plano inclinado. Os doentes submetidos a cirurgia de reconstrução do LCA demonstraram padrões de translação anterior da tíbia muito semelhantes aos sujeitos com LCA intacto, revelando, contudo, uma cinemática rotacional anormal<sup>[35]</sup>. Os resultados de Tashman foram confirmados por Ristanis *et al*<sup>[36]</sup> que

sublinharam a falência da reconstrução tradicional do LCA na restauração da mecânica rotacional normal da articulação do joelho durante atividades de elevada exigência.

## RESULTADOS CLÍNICOS E LIMITAÇÕES

Os resultados clínicos disponíveis parecem defender a superioridade da reconstrução duplo-túnel na restauração da estabilidade anteroposterior e rotacional após rotura do LCA<sup>[24,28,37-43]</sup>.

Siebold *et al*<sup>[28]</sup>, num estudo de nível I de evidência, compararam os resultados clínicos em 70 doentes randomizados prospetivamente para reconstrução anatómica com duplo túnel ou reconstrução de um feixe único, tendo verificado vantagens significativas no grupo submetido a reconstrução duplo-túnel tanto no que respeita à estabilidade anterior e rotacional como na pontuação obtida na escala International Knee Documentation Committee (IKDC) 2000. As pontuações na escala subjetiva de Cincinnati, escala de Lysholm e IKDC subjetivo não demonstraram, contudo, diferenças significativas entre grupos. Yasuda *et al*<sup>[40]</sup> compararam igualmente os resultados clínicos entre os dois tipos de técnicas, tendo demonstrado menos laxidez anterior na reconstrução anatómica, com base nas medições do KT-2000. As vantagens da reconstrução duplo-túnel são, assim, evidenciadas em vários estudos<sup>[18,19,22,23,25,28]</sup>, no entanto, não foram ainda demonstradas diferenças significativas nos resultados subjetivos. Meredith *et al*<sup>[44]</sup>, numa meta-análise de 2008, reportaram não existirem diferenças clínicas significativas nem na laxidez instrumentada com artrómetro (KT-1000) nem no teste de *pivot-shift* nos doentes submetidos a reconstrução com duplo-túnel. Os resultados obtidos não permitem, portanto, suportar a filosofia da reconstrução anatómica do LCA que defende um melhor controlo da rotação do joelho. Por outro lado, verifica-se que nem todos os procedimentos duplo-túnel poderão ser considerados anatómicos já que a realização de dois túneis na tíbia e dois túneis no fémur não resulta, *per se*, numa restauração anatómica do LCA<sup>[29]</sup>. Importa ainda referir que a identificação da posição dos túneis após a

reconstrução do ligamento pode revelar-se difícil com a ressonância magnética ou com o estudo radiográfico simples, já que estes são representações 2D de uma situação 3D.

A comparação das diferentes técnicas e avaliação dos resultados de forma a corroborar dados com significância é atualmente muito dificultada pela carência de um instrumento que permita ao ortopedista quantificar em termos absolutos e simultaneamente a estabilidade anteroposterior e rotacional do joelho.

## RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA FEIXE-ÚNICO

O conceito e os princípios associados à reconstrução anatômica do LCA que decorreram da investigação da técnica de duplo-túnel podem ser igualmente aplicados à reconstrução de um único feixe. Conhecendo detalhadamente as inserções do LCA, o cirurgião poderá aproximar a posição e o tamanho dos túneis à anatomia do LCA nativo<sup>[29]</sup>. Freddie Fu<sup>[29]</sup>, conhecido defensor da técnica duplo-túnel, defende a reconstrução anatômica de um feixe simples quando o ponto de inserção é inferior a 14 mm, face às dificuldades técnicas que a realização de dois túneis poderá comportar. Aliás, na Universidade de Pittsburgh, cerca de 30% das ligamentoplastias do LCA são realizadas reconstruindo apenas um único dos feixes, respeitando, no entanto, o princípio da anatomia. Está advogada a reconstrução rotineira de apenas um dos feixes do LCA nos doentes esqueléticamente imaturos, com alterações degenerativas do joelho, lesões multiligamentares ou que apresentem contusão medular dos côndilos femorais<sup>[29]</sup>. Ao conceito anatômico aplicado à reconstrução tradicional têm-se associado resultados clínicos e biomecânicos satisfatórios conforme demonstrado recentemente por Ho *et al*<sup>[45]</sup>, que obtiveram resultados cinemáticos equivalentes entre a reconstrução anatômica feixe-único centralizada nas inserções femoral e tibial do LCA e a reconstrução duplo-túnel.

## CONCLUSÃO

A reconstrução anatômica do LCA permanece um assunto complexo e um procedimento exigente do ponto de vista técnico. Os objetivos major da reconstrução duplo-túnel passam pela replicação dos parâmetros biomecânicos nativos e da anatomia normal do joelho. No entanto, deve ser enfatizado que a ciência atual não providenciou ainda estudos a longo-prazo que documentem, de forma inequívoca, as vantagens clínicas das técnicas de reconstrução independente dos dois feixes do LCA. Adicionalmente, o desenvolvimento de uma medida objetiva da estabilidade rotacional do joelho assume importância fundamental para que o clínico possa avaliar a cinemática in vivo do joelho reconstruído, já que a persistência pós-operatória de um teste pivot-shift positivo é, neste momento, a principal condicionante de mau prognóstico após reconstrução do LCA<sup>[13]</sup>. Por outro lado, os valores da laxidez instrumentada (KT) que fazem parte da escala de prognóstico IKDC não demonstraram uma correlação evidente com os resultados subjetivos<sup>[44]</sup>.

Os principais oponentes desta técnica mantêm acesa a discussão relativa ao posicionamento adequado dos túneis, padrões de tensionamento do enxerto, tempo aumentado de cirurgia e custos associados. Dependendo das técnicas de fixação escolhidas pelo cirurgião, os custos de uma abordagem duplo-túnel aumentam de forma significativa quando comparada com as técnicas tradicionais. Não obstante, toda a controvérsia relativa à reconstrução duplo-túnel e à abordagem anatômica da ligamentoplastia do LCA conduziu ao “renascimento” da cirurgia do LCA, fomentando a análise crítica da anatomia ligamentar e das técnicas utilizadas na prática clínica.

Ainda que os ensaios controlados em laboratório e os estudos clínicos relativos à reconstrução dos dois feixes funcionais do LCA pareçam promissores, são fulcrais estudos clínicos adicionais que permitam o aperfeiçoamento e a estandarização desta técnica.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

“*Siga as pegadas*” esta pode acabar por ser a melhor metáfora para a reconstrução do LCA. Os autores acreditam que respeitar os *footprints* é crítico para o sucesso da reconstrução do LCA. A curva de aprendizagem, o tempo aumentado de cirurgia, a dificuldade na revisão e, essencialmente, a ausência atual de evidência que suporte de forma inequívoca a técnica duplo-túnel, são aspetos capitais que condicionam a nossa opção de prosseguir com o aperfeiçoamento das técnicas anatómicas de feixe-único. Entretanto, absorvemos com interesse o desenrolar da discussão científica atual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chen CH, Chuang TY, Wang KC, Chen WJ, Shih CH (2006) Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon autograft: Clinical outcome in 4-7 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14:1077-1085.
2. Gobbi A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B (2003) Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective clinical investigation in athletes. *Arthroscopy* 19:592-601.
3. Siebold R, Webster KE, Feller JA, Sutherland AG, Elliott J (2006). Anterior cruciate ligament reconstruction in females: A comparison of hamstring tendon and patellar tendon and patellar tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14:1070-1076.
4. Unwin, A (2010) What's new in anterior cruciate ligament surgery? *Orthop Trauma* 24:2 - 100-6.
5. Amis AA, Zavras TD (1995). Isometricity and graft placement during anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 2:5-17.
6. Colombet P, Robinson J, Christel P, et al (2006). Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: A cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy* 22:984-992.
7. Mochizuki T, Muneta T, Nagase T, et al (2006) Cadaveric knee observation study for describing anatomic femoral tunnel placement for two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 22:356-361.
8. Zantop T, Herbort M, Raschke M, et al (2007) The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. *Am J Sports Med* 35:223-227.
9. Zantop T, Kubos, Petersen W, Musahl V, Fu FH (2007) Current Techniques in Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 23:9 - 938-947.
10. Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, et al (2007) ACL reconstruction: A meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop Relat Res* 458:180-187.
11. Ferretti A, Conteduca F, DeCarli A, Fontana M, Mariani PP (1991) Osteoarthritis of the knee after ACL reconstruction. *Int Orthop* 15:367-371.
12. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR (1994) Fate of the ACL-injured patient: a prospective outcome study. *Am J Sports Med* 22:632-644.
13. Jonsson H, Riklund-Åhlström K, Lind J (2004) Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis: 63 patients followed 5-9 years after surgery. *Acta Orthop Scand* 75:594-599
14. Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE (2004) Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res* 22:85-89.
15. Zantop T, Diermann N, Schumacher T, Schanz S, Fu FH, Petersen W (2008) Anatomical and Nonanatomical Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction : Importance of Femoral Tunnel Location on Knee Kinematics. *Am J Sports Med* 36: 678;
16. Tsai A, Wijdicks C, Walsh M, LaPrade R (2010) Comparative Kinematic Evaluation of All-Inside Single-Bundle and Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction : A Biomechanical Study. *Am J Sports Med* 38: 263

17. Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH, Woo SL-Y. Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2002;30:660-666.
18. Buoncristiani AM, Tjoumakaris PF, Starman JS, Ferretti BSM, Fu FH (2006). Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 22:1000-1006.
19. Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB (1999) Current trends in anterior ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 27: 821-830.
20. Mott HW (1983) Semitendinosus anatomic reconstruction for cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res* 90-92.
21. Rosenberg TD, Graf B (1994) Techniques for ACL reconstruction with Multi-Trac drill guide. Mansfield, MA: Acufex Micro-surgical.
22. Bellier G, Christel P, Colombet P, Djian P, Franceschi JP, Sbihi A (2004) Double-stranded hamstring graft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 20:890-894.
23. Cha PS, Brucker PU, West RV, Fu FH (2005) Arthroscopic double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction: An anatomic approach. *Arthroscopy* 21:1275. 13.
24. Hamada M, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Miyama T, Shiozaki T (2001) Single- versus bi-socket anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous multiple-stranded hamstring tendons with endobutton femoral fixation: A prospective study. *Arthroscopy* 17:801-807.
25. Hara K, Kubo T, Suginoshita T, Shimizu C, Hirasawa Y (2000) Reconstruction of the anterior cruciate ligament using a double bundle. *Arthroscopy* 16:860-864.
26. Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Iacono F, Presti ML (2003) Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthroscopy* 19: 540-546.
27. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, et al (2004) Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy* 20:1015-1025.
28. Siebold R, Dehler C, Ellert T (2008) Prospective Randomized Comparison of Double-Bundle Versus Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 24, 2:137-145.
29. Martins CAQ, Kropf EJ, Shen W, van Eck CF, Fu FH (2008). The Concept of Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Op Tech Sports Med* 16, 3:104-115.
30. Odensten M, Gillquist J (1985) Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 67:257-262.
31. Takahashi M, Doi M, Abe M, Suzuki D, Nagano A (2006) Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 34:787-792.
32. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A (1975) The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res* 216-231.
33. Sakane M, Fox RJ, Woo SL, et al (1997) In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res* 15:285-293.
34. Kurosaka M, Kuroda R, Kubo S, Hoshino Y, Araki D, Yoshiya S (2008) Double-Bundle Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The Technique and Clinical Experience. *Op Tech Sports Med* 16,3:125-130.
35. Tashman S, Collon D, Anderson K, et al (2004) Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 32:975-983.
36. Ristanis S, Stergiou N, Patras K, Vasiliadis HS, Giakas G, Georgoulis AD (2005) Excessive tibial rotation during high-demand activities is not restored by anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 21:1323-1329.
37. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y (2004) Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single- versus double-bundle multi-stranded hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br* 86:515-520.
38. Colombet P, Robinson J, Jambou S, Allard M, Bousquet V, de Lavigne C (2006) Two-bundle, four-tunnel anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14:629-636.
39. Muneta T, Koga H, Morito T, Yagishita K, Sekiya (2006) A retrospective study of the midterm outcome of two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using quadrupled semitendinosus tendon in comparison with one-bundle reconstruction. *Arthroscopy* 22:252-258.
40. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Tanabe T, Tohyama H (2006) Clinical evaluation of the anatomic double-bundle ACL reconstruction procedure using hamstring tendon grafts: Comparison among 3 different procedures. *Arthroscopy* 22:240-251;
41. Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, et al (2007) Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop Relat Res* 454:100- 107.
42. Järvelä T (2007) Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 15:500-507.
43. Aglietti P, Giron F, Cuomo P, et al (2007) Single-and double-incision double- bundle ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 454:108-113.
44. Meredick RB, Vance KJ, Appleby D, Lubowitz JH (2008) Outcome of Single-Bundle Versus Double-Bundle Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: A Meta-Analysis. *Am J Sports Med* 36,7: 1414-21.
45. Ho JY, Gardiner A, Shah V, Steiner ME (2009) Equal Kinematics Between Central Anatomic Single-Bundle and Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstructions. *Arthroscopy* 25,5: 464-472.

Texto em conformidade com as regras do novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, convertido pelo programa Lince (© 2010 - ILTEC).