

RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR COM DUPLA BANDA: ESTUDO PROSPECTIVO COM SEGUIMENTO DE DOIS ANOS

DOUBLE-BUNDLE ANATOMICAL RECONSTRUCTION OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT: A PROSPECTIVE STUDY WITH TWO-YEAR FOLLOW-UP

Julio Cesar Gali¹, Maurício Sante Bettio Mod², Hélio Massahiro Mimura², Walberto Kushiya³

RESUMO

Objetivo: Avaliação prospectiva dos resultados da reconstrução do ligamento cruzado anterior com dupla banda, de pacientes de nossa clínica, através do protocolo *International Knee Documentation Committee 2000*. **Desenho do Estudo:** Série de casos; nível de evidência IV. **Métodos:** Cinquenta e oito pacientes submetidos à reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior, com enxerto autólogo de tendões flexores, pela técnica da dupla banda, foram avaliados de acordo com o protocolo do IKDC 2000. A idade dos pacientes variou de 17 a 58 anos, com média de 35,2 anos. O seguimento variou de 24 a 37 meses (média de 28,9 meses). **Resultados:** No pós-operatório 89,65% dos testes do *pivot shift* foram negativos; na avaliação final, 44 (75,86%) joelhos dos pacientes foram graduados normais, 13 (22,41%), como praticamente normais e um (1,72%), como anormal. **Conclusão:** A técnica utilizada foi eficaz em promover o retorno da estabilidade articular, sem comprometer a mobilidade.

Descritores – Ligamento Cruzado Anterior; Procedimentos Ortopédicos; Resultados de Tratamento

ABSTRACT

Objective: To prospectively evaluate the results from double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament, among patients at our clinic, by means of the 2000 protocol of the *International Knee Documentation Committee (IKDC)*. **Study Design:** Case series; level of evidence IV. **Methods:** Fifty-eight patients who underwent anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament using an autologous flexor tendon graft by means of the double-bundle technique were evaluated in accordance with the IKDC 2000 protocol. The patients' ages ranged from 17 to 58 years, with a mean of 35.2 years. The follow-up ranged from 24 to 37 months (mean of 28.9 months). **Results:** Postoperatively, 89.65% of the pivot-shift test findings were negative. In the final evaluation, 44 (75.86%) of the patients' knees were graded as normal, 13 (22.41%) as nearly normal and one (1.72%) as abnormal. **Conclusion:** The technique used was effective in promoting restoration of joint stability, without compromising mobility.

Keywords – Anterior Cruciate Ligament; Orthopedic Procedures; Treatment Results

1 - Doutor em Ortopedia e Traumatologia pela Faculdade de Medicina da USP, Médico Assistente da Ápice Ortopedia e Traumatologia, Sorocaba, SP, Brasil.

2 - Médicos Assistentes da Ápice Ortopedia e Traumatologia e do Hospital Unimed Sorocaba, SP, Brasil.

3 - Mestre em Ortopedia e Traumatologia pela UNIFESP, Médico Assistente da Ápice Ortopedia e Traumatologia, Sorocaba, SP, Brasil.

Trabalho realizado na Ápice Ortopedia e Traumatologia S/C Ltda.

Correspondência: Av. Eugênio Salerno, 387, CEP 18035-430 – Sorocaba, SP – E-mail: juliogali@apice.med.br

Trabalho recebido para publicação: 02/03/10, aceito para publicação: 29/10/10.

Declaramos inexistência de conflito de interesses neste artigo

INTRODUÇÃO

Existe muito interesse na reconstrução cirúrgica do ligamento cruzado anterior (LCA), já que os resultados a longo prazo do tratamento conservador não são satisfatórios, com baixa porcentagem de retorno ao mesmo nível pré-lesão, sem restrições, além de queixas frequentes de instabilidade, levando à necessidade de reconstrução secundária⁽¹⁾. Há, ainda, probabilidade de osteoartrite futura entre 60 e 100% dos casos, depois de 20 anos⁽²⁾.

A técnica cirúrgica mais comumente utilizada para seu tratamento é a da reconstrução artroscópica, com uma única banda, sendo o túnel femoral feito através do túnel tibial, favorecendo que o primeiro seja confeccionado em uma localização mais alta no intercôndilo⁽³⁾, diferente da descrição anatômica do sítio de inserção femoral⁽⁴⁾.

A avaliação por meta-análise da porcentagem de sucesso das reconstruções do LCA com banda única (BU) variam de 69% a 95%^(5,6) e estudo baseado em evidência mostra que sinais radiográficos de osteoartrite ocorre em 50% dos pacientes submetidos à reconstrução cirúrgica do LCA, independente da técnica empregada⁽⁷⁾.

A constatação desses fatos motivou a pesquisa de novas técnicas que procuraram reconstruir o ligamento cruzado anterior de modo anatômico, com dupla banda (DB). Estudos de ciência básica têm demonstrado vantagens da reconstrução com DB, em comparação à reconstrução com BU⁽⁸⁻¹⁰⁾, assim como artigos prospectivos e randomizados⁽¹¹⁻¹⁷⁾.

O objetivo de nosso trabalho foi analisar os resultados da reconstrução anatômica do LCA com DB, em nosso meio, pelo protocolo do *International Knee Documentation Committee 2000*⁽¹⁸⁾.

MATERIAL E MÉTODOS

Acompanhamos, prospectivamente, 58 pacientes submetidos a reconstruções anatômicas do LCA do joelho, utilizando enxertos autólogos de tendões flexores, pela técnica da DB, a partir de março de 2006, todos originados de nossa clínica particular.

Os pacientes foram avaliados com uma semana, 30 dias e com dois, três, quatro e seis meses, com um e dois anos de pós-operatório. Nestas visitas, avaliamos e registramos, rotineiramente, a estabilidade e o grau de mobilidade.

Consideramos como critérios de exclusão para este trabalho pacientes com cirurgias bilaterais, com cirurgias ligamentares prévias e aqueles com lesões ligamentares associadas.

O seguimento variou de 24 a 37 meses (média de 28,9 meses). A idade variou de 17 a 58 anos, com média de 35,2 anos, sendo quatro do sexo feminino (6,89%) e 54, do masculino (93,10%). O lado direito foi acometido em 32 casos (55,17%) e o esquerdo, em 26 destes (44,82%).

Técnica cirúrgica

Fazemos uma incisão de cerca de 4cm, no terço proximal e medial da perna. Com o auxílio de um extrator, retiramos os tendões flexores, grácil e semitendíneo. O tendão do semitendíneo dá origem à banda anteromedial (AM) do enxerto do LCA e o tendão do grácil, à banda posterolateral (PL).

Para simplificar, usamos rotineiramente um Endobutton 25 para a banda AM e um 20, para a banda PL; efetuamos artroscopia diagnóstica e para tratamento de lesões meniscais ou condrais.

As inserções femorais e tibiais das bandas AM e PL são marcadas com radiofrequência e mantidas intactas, para preservar a vascularização e a propriocepção.

Com o mesmo instrumento, demarcamos as inserções tibiais. A inserção tibial da banda PL é localizada anterior e medial à raiz posterior do menisco lateral, anterior e lateral ao ligamento cruzado posterior (LCP). O sítio de inserção da banda tibial AM é ligeiramente anterior e medial à localização convencional do túnel tibial usado na técnica com BU⁽¹⁹⁾.

Um portal anteromedial acessório (AMA) é estabelecido usando um Abocath 14, sob visualização direta, inferior e medial ao portal AM padrão. A colocação é crítica para se obter a trajetória correta da broca para confecção do túnel femoral PL, a fim de se evitar lesar a superfície do côndilo femoral medial ou o menisco medial, durante a perfuração.

O túnel femoral posterolateral é demarcado 5mm posterior à cartilagem anterior do côndilo femoral lateral (CFL) e 3mm superior à cartilagem inferior deste, com o joelho fletido a 90°. Uma vez determinado o ponto ideal fazemos uma perfuração com um *bone pick*.

O joelho é fletido a 110° para proteger o nervo fibular comum; o túnel femoral PL é perfurado pelo portal AMA, com broca de 5mm, atravessando a cortical lateral do CFL.

Para a confecção dos túneis tibiais o guia para perfuração é ajustado na marca de 55°; mantemos uma ponte óssea de pelo menos 1cm entre os fios guia (Figura 1).

A confecção do túnel femoral AM é profunda em relação ao bordo do túnel PL. O fio-guia pode ser introduzido via transtibial, pelo túnel PL, ou pelo portal AMA da artroscopia. Temos preferência pela via transtibial, que deixa os túneis femorais divergentes.

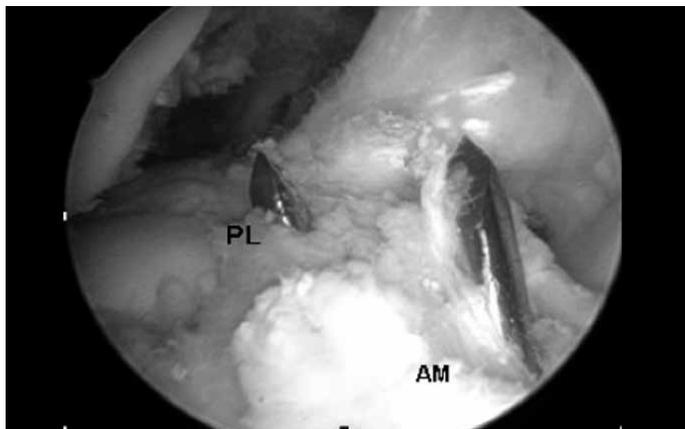


Figura 1 – Visão intraoperatória dos fios-guia na superfície articular tibial.

O túnel femoral AM é perfurado com uma broca de 5mm e deve atravessar a cortical femoral; depois, usamos uma broca de 7mm que perfura o CFL por 35mm de profundidade (Figura 2).

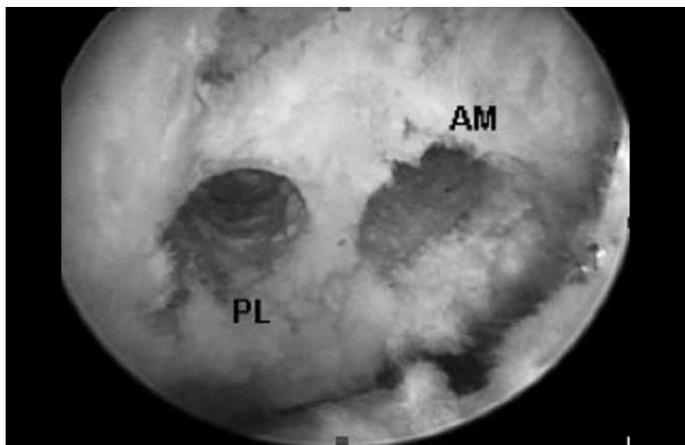


Figura 2 – Vista dos túneis femorais AM e PL, pelo portal artroscópico anteromedial.

Um fio-guia perfurado, com fio Vicryl 1 em dois orifícios, é passado pelo portal AMA, pelo túnel femoral PL e pela pele da coxa lateral, enquanto uma extremidade dupla do Vicryl 1 é mantida dentro da articulação. Em seguida, essa extremidade é puxada para o interior do túnel tibial PL, com auxílio de um gancho, e trazida para a região externa da perna.

Um fio-guia perfurado, com fio Ethibond 5 em dois orifícios, é passado pelo túnel tibial PL, pelo túnel femoral AM e pela pele da face lateral da coxa; a extremidade dupla do fio de Ethibond fica intra-articular e é tracionada para o interior do túnel tibial AM. Também com auxílio do gancho é trazida para a região externa da perna. São usados dois fios de cores diferentes, para facilitar a identificação de cada componente.

Em seguida, o enxerto PL é passado pelos túneis tibial e femoral e é feito o “tombo” do Endobutton, provendo fixação femoral. Depois, o enxerto AM é passado pelos túneis correspondentes. É feito o “tombo” do Endobutton, de modo similar ao enxerto PL.

Antes da fixação, cada componente do enxerto é pré-tensionado através da movimentação de flexoextensão do joelho, por 25 vezes, usando tensão manual.

Usamos parafuso de interferência metálico 25x8 para fixar o enxerto no túnel AM e 30x8 para fixar o enxerto no túnel PL. Parafusos de interferência absorvíveis de comprimento e diâmetros semelhantes também podem ser usados.

O enxerto AM é fixado com o joelho flexionado a 45°; o enxerto PL é fixado com o joelho fletido a 15°. Em ambas situações, realizamos tensão manual nos fios da extremidade tibial do enxerto (Figuras 3 e 4).

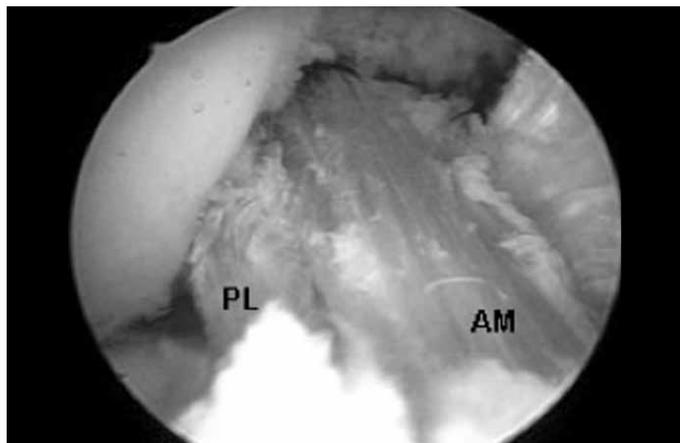


Figura 3 – Visão artroscópica das bandas AM e PL, pelo portal anterolateral.

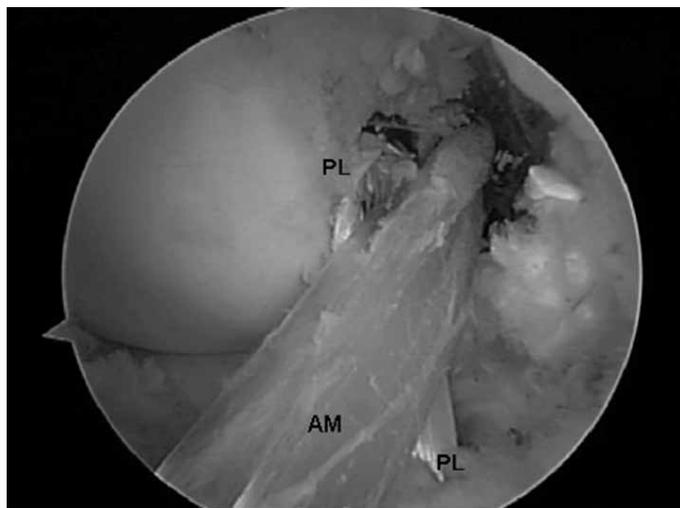


Figura 4 – Visão artroscópica das bandas AM e PL, pelo portal anteromedial.

Fonte: Ápice Ortopedia e Traumatologia

Reabilitação

Permitimos apoio parcial, com muletas, no dia seguinte à cirurgia, passando para o apoio total, de acordo com a dor. Retiramos as muletas por volta do sétimo dia, quando normalmente se consegue 90° de flexão, e realizamos treino de marcha. O alongamento suave dos isquiotibiais deve ser iniciado imediatamente, para minimizar aderências dolorosas.

De modo geral, seguimos os mesmos parâmetros já descritos anteriormente⁽²⁰⁾.

Avaliação dos resultados

Os resultados pós-operatórios foram avaliados pelo protocolo do *International Knee Documentation Committee 2000*.

RESULTADOS

Em 25 pacientes realizamos meniscectomia medial parcial no mesmo ato cirúrgico da reconstrução ligamentar; em três, efetuamos meniscectomia lateral parcial e, em outros nove, foram feitas ressecções parciais de ambos meniscos. Em nenhum caso foi realizado qualquer procedimento reconstrutivo da cartilagem articular.

Pelo grupo 1 (derrame articular), 54 joelhos dos pacientes (93,1%) foram graduados como normais (A) e quatro (6,89%), como próximos ao normal (B); no grupo 2 (déficit motor passivo), 53 (91,37%) foram classificados como normais (A) e cinco (8,62%), como próximos ao normal (B); no grupo 3 (exame ligamentar), 52 joelhos (89,65%) foram classificados como normais (A), cinco (8,62%) como próximos ao normal (B) e um (1,72%), como anormal (C).

Na avaliação final, 44 (75,86%) dos joelhos dos pacientes foram graduados como normais (A), 13 (22,41%) como próximos ao normal (B) e um (1,72%) como anormal (C) (Figura 5).

Não tivemos nenhuma complicação importante e não registamos nenhuma infecção.

DISCUSSÃO

O ligamento cruzado anterior é composto de duas bandas anatômicas, a anteromedial e a posterolateral, de acordo com sua inserção tibial⁽⁴⁾. Funcionalmente, a banda AM fica tensa em flexão, enquanto que nesta posição a banda PL relaxa; por outro lado, a banda PL é tensionada em extensão e, aqui, a banda AM relaxa⁽²¹⁾.

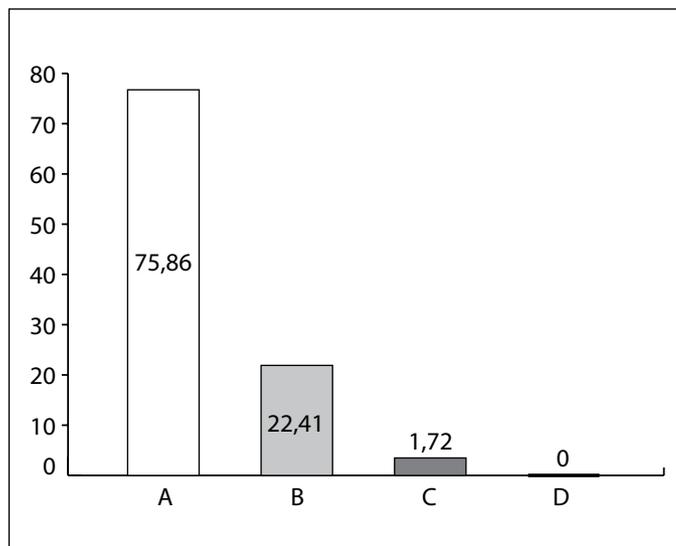


Figura 5 – Resultados da avaliação final pelo IKDC 2000.

Publicações recentes utilizando navegação na reconstrução primária do LCA com DB verificaram que o componente anteromedial e o posterolateral controlam tanto a translação anterior como a rotação durante o teste do *pivot shift*^(22,23).

Na técnica descrita, o portal AM proporciona melhor visão do CFL e das inserções femorais do LCA do que o portal AL, tradicionalmente usado para as reconstruções. O artroscópio é colocado no portal AM e, pelo portal AMA, fazemos as marcas das inserções do LCA no CFL, além da perfuração do túnel femoral PL.

Preferencialmente, fazemos o túnel femoral AM pelo túnel tibial PL, porque este pode produzir túneis divergentes e mais longos. Quando isso não é possível, fazemos também o túnel femoral AM pelo acesso AMA, o que geralmente resulta em um túnel mais curto e paralelo ao túnel femoral PL.

Fu *et al*⁽²⁴⁾ reportaram acurácia da confecção do túnel femoral AM através do túnel tibial AM em apenas 10% dos casos; pelo túnel tibial PL em 60% destes e, pelo portal AMA, em 100% das vezes em que este foi o acesso escolhido.

Até o presente momento, em todos os nossos casos, o túnel femoral PL pode ser, simplificada, feito apenas com a broca de 5mm, sem necessidade de aumentar o diâmetro da porção mais próxima à articulação, pois o enxerto feito com o grácil tem o diâmetro suficientemente estreito para passar o enxerto pelo túnel e permitir o “tombo” do Endobutton.

Importante destacar que não há necessidade de guias especiais, pois trata-se de uma técnica de sítios de inserção, garantindo uma reconstrução que não é afetada por variações anatômicas do paciente ou por outras referências intra-articulares.

Em nossa avaliação pelo IKDC, quatro pacientes (6,89%) informaram presença de algum inchaço e a movimentação articular total foi obtida em 53 (91,37%) dos joelhos. Observamos, sem comprovação estatística, que, com a técnica da DB, os pacientes têm tendência a realizar flexão total do joelho mais precocemente.

No exame ligamentar, o teste do *pivot shift* foi negativo em 44 (89,65%) dos joelhos dos pacientes; em cinco (8,62%), o resultado do teste do *pivot shift* foi 1+. A paciente graduada como C (*pivot shift* 2+) sofreu falha traumática, depois de escorregar em piso liso, aos dois meses de pós-operatório.

Na avaliação final, 44 joelhos (75,86%) dos joelhos de nossos pacientes foram graduados como A, 13 (22,41%) como B e um (1,72%) como C.

Fu *et al*⁽²⁴⁾, em um estudo prospectivo sem grupo controle, como em nossa pesquisa, avaliaram 73 pacientes com seguimento mínimo de dois anos; 65% apresentaram o teste de Lachman normal e 33% como próximo ao normal; para o teste do *pivot shift*, 94% foram considerados normais e 6% como próximos ao normal.

Em 2008 Järvelä *et al*⁽¹⁴⁾ reportaram que a reconstrução com DB produz melhor estabilidade rotacional; sugerem que ela pode proteger o joelho de novas lesões que produziriam falha do enxerto. Na avaliação final pelo IKDC, 59% dos pacientes foram classificados como normais, 36% como próximos ao normal e 4% como anormais.

Siebold *et al*⁽¹⁵⁾ publicaram, também em 2008, seus resultados. Na avaliação pelo IKDC o grupo tratado por DB teve graduação A em 78% dos casos; B em 19% e D, em 3%, sendo uma rerruptura traumática.

Aglietti *et al*⁽¹⁷⁾, em 2010, avaliaram 35 pacientes com lesão crônica do LCA tratados com reconstrução por DB. Esses autores encontraram, na avaliação final, 80% dos pacientes classificados como normais, 17% como próximos ao normal e 3% graduados como anormais.

Song *et al*⁽²⁵⁾ usaram sistema de navegação para medida de estabilidade rotacional intraoperatória e concluíram que a reconstrução com DB efetivamente reduz o *pivot shift* residual, após a reconstrução do LCA.

Ainda que o tempo cirúrgico não aumente significativamente⁽²⁵⁾, a cirurgia de reconstrução do LCA com DB não é para cirurgião de joelho ocasional. Sobre esse tópico, Lyman *et al*⁽²⁶⁾ concluíram que o risco de reoperação do LCA aumenta nos casos tratados por cirurgiões com baixo volume de cirurgia.

Importante destacar que existem situações mais apropriadas para a reconstrução do LCA com BU: inserção do LCA menor que 14mm, intercôndilo estreito (menor que 12mm), placa fisária aberta, artrose grau III ou maior, lesões ligamentares múltiplas e contusões ósseas severas⁽¹⁹⁾.

Talvez o “efeito colateral” mais importante de se descrever a técnica e resultados da reconstrução com DB é a conscientização da necessidade de se respeitar os sítios de inserção anatômica do LCA, ou seja, mesmo quando se utilize BU, a inserção femoral deve ser obliquada, feita pelo portal AMA, evitando fazer o túnel femoral pela via transtibial. Essa reconstrução, respeitando a anatomia de cada paciente, torna-se necessária para que a função do joelho com LCA reconstruído seja mais próxima à normal.

Quanto a este assunto, Scanlan *et al*⁽²⁷⁾ concluíram que a colocação do enxerto desempenha papel crítico para restaurar a mecânica normal da marcha depois da reconstrução do LCA, e que isto pode explicar parcialmente a incidência de artrose prematura a longo prazo.

A despeito das vantagens biomecânicas e dos resultados iniciais serem animadores, são necessários equipamentos que possam quantificar a frouxidão rotacional e estudos prospectivos multicêntricos a longo prazo, comparando técnicas homogêneas de reconstrução com BU e DB verdadeiramente anatômicas, com descrição precisa, para poder comprovar resultados funcionais superiores, diminuição da probabilidade de novas lesões meniscais e da cartilagem articular e, ainda, do risco de futura osteoartrose causada pela insuficiência do LCA.

CONCLUSÃO

A reconstrução com dupla banda é, em nossas mãos, uma técnica segura e eficaz para restaurar a estabilidade articular após a lesão do LCA, sem prejudicar o grau de mobilidade e com baixa incidência de complicações.

REFERÊNCIAS

- Scavenius M, Bak K, Hansen S, Norring K, Jensen KH, Jorgensen U. Isolated total ruptures of the anterior cruciate ligament—a clinical study with long-term follow-up of 7 years. *Scand J Med Sci Sports*. 1999;9(2):114-9.
- Louboutin H, Debarge R, Richou J, Selmi TA, Donell ST, Neyret P, et al. Osteoarthritis in patients with anterior cruciate ligament rupture: a review of risk factors. *Knee*. 2009;16(4):239-44.
- 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.
- Girgis FG, Marshall JL, Al Monajem, AR. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res*. 1975;(106):216-31.
- Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med*. 2003;31(1):2-11.
- Yunes M, Richmond JC, Engels EA, Pinczewski, LA. Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis. *Arthroscopy*. 2001;17(3):248-57.
- Andersson D, Samuelsson K, Karlsson J. Treatment of anterior cruciate ligament injuries with special reference to surgical technique and rehabilitation: an assessment of randomized controlled trials. *Arthroscopy*. 2009;25(6):653-85.
- Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH, Woo SL. Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2002;30(5):660-6.
- Petersen W, Tretow H, Weimann A, Herbolt M, Fu FH, Raschke M, et al. Biomechanical evaluation of two techniques for double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: one tibial tunnel versus two tibial tunnels. *Am J Sports Med*. 2007;35(2):228-34.
- Morimoto Y, Ferretti M, Ekdahl M, Smolinski P, Fu FH. Tibiofemoral joint contact area and pressure after single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2009;25(1):62-9.
- Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Tanabe Y, Tohyama H. Clinical evaluation of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedure using hamstring tendon grafts: comparisons among 3 different procedures. *Arthroscopy*. 2006;22(3):240-51.
- Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, Yoshiya S, Kurosaka M. Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;(454): 100-7.
- Muneta T, Koga H, Mochizuki T, Ju YJ, Hara K, Nimura A, et al. A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy*. 2007;23(6):618-28.
- Järvelä T, Moisala AS, Sihvonen R, Järvelä S, Kannus P, Järvinen M. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts and bioabsorbable interference screw fixation: prospective, randomized, clinical study with 2-year results. *Am J Sports Med*. 2008;36(2):290-7.
- Siebold R, Dehler C, Ellert T. Prospective randomized comparison of double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2008;24(2):137-45.
- Ibrahim SAR, Hamido F, Al Misfer AK, Mahgoob A, Ghafar SA, Alhran H. Anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstring double bundle graft compared with single bundle procedures. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(10):1310-5.
- 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.
- Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, et al. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*. 2001;29(5):600-13.
- 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.
- Gali JC, Camanho GL. A reabilitação acelerada após reconstrução do ligamento cruzado anterior com enxerto de tendão patelar é segura? *Rev Bras Ortop*. 1998;33(8):645-50.
- Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73(2):260-7.
- Ishibashi Y, Tsuda E, Yamamoto Y, Tsukada H, Toh S. Navigation evaluation of the pivot-shift phenomenon during double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: is the posterolateral bundle more important? *Arthroscopy*. 2009;25(5):488-95.
- Robinson J, Carrat L, Granchi C, Colombet P. Influence of anterior cruciate ligament bundles on knee kinematics: clinical assessment using computer-assisted navigation. *Am J Sports Med*. 2007;35(12):2006-13.
- 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.
- Song EK, Oh LS, Gill TJ, Li G, Gadikota HR, Seon JK. Prospective comparative study of anterior cruciate ligament reconstruction using the double-bundle and single-bundle techniques. *Am J Sports Med*. 2009;37(9):1705-11.
- Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, Do H, Mandl LA, Marx RG. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction. trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(10):2321-8.
- Scanlan SF, Blazek K, Chaudhari AMW, Safran MR, Andriacchi TP. Graft orientation influences the knee flexion moment during walking in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2009;37(11):2173-8.