

Plastia de ligamento cruzado anterior anatómica con fijación invertida

A. Espejo-Baena¹, B. Martín-Castilla¹, J. Serrano-Fernández¹, A. Espejo-Reina²

¹ Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Virgen de la Victoria. Málaga

² Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Complejo Hospitalario de Jaén

Correspondencia:

Dr. Alejandro Espejo-Baena
Hospital Universitario Virgen de la Victoria
Campus Universitario Teatinos, s/n. 29010 Málaga
Correo electrónico: espejoreina@terra.es

Existen varios puntos de controversia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Con respecto a la ubicación del túnel femoral, está aceptada en la actualidad una posición más posterior y distal que la realizada clásicamente, la cual reproducía únicamente el fascículo anteromedial. La realización de este túnel femoral en posición anatómica tanto desde un abordaje transtibial como a través del portal anteromedial no está exenta de inconvenientes. Otra cuestión a discutir sería la fijación del injerto.

Se describe una técnica de reconstrucción del LCA con tendones isquiotibiales y fijación inversa que presenta las siguientes características: los túneles (femoral y tibial) se realizan con una guía y técnica fuera-dentro. El paso de la plastia se realiza de proximal a distal. La fijación tibial se realiza sobre un *cross pin* corto incrustado en la salida del túnel tibial y la femoral con tornillo interferencial. También permite la realización de un doble túnel femoral, pasando cada cabo del injerto por un túnel (anteromedial y posterolateral) y fijándolo independientemente.

Se trata de una técnica que permite una fácil realización del túnel femoral en posición anatómica consiguiendo una fijación, femoral y tibial fiable para llevar a cabo una rehabilitación precoz y agresiva.

Palabras clave: *Ligamento cruzado anterior. Reconstrucción anatómica. Técnica quirúrgica.*

Anatomical ACL-plasty with inverted fixation

There are a number of controversial aspects in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. As to the location of the femoral tunnel, a more posterior and distal position than the classical one is currently accepted, as the classical one only reproduced the anteromedial fasciculus. The actual establishment of this femoral tunnel in anatomic position, either through a transtibial approach or through the anteromedial portal, is not devoid of disadvantages. A further point to debate is that if the fixation of the implant. An ACL reconstruction technique using the ischio-tibialis tendon and inverse fixation is here reported, which presents the following features: the tunnels (femoral and tibial) are prepared with the help of a guide and with outside-inside technique. The passage of the implant is performed from proximal to distal. The tibial fixation is carried out over a short cross-pin embedded in the outlet of the tibial tunnel, and the femoral one with an interferential screw. This technique also allow for the establishment of a double femoral tunnel, passing each end of the implant through one tunnel (anteromedial and posterolateral) and fixing each of the ends independently.

This technique allows an easy establishment of the femoral tunnel in anatomical position, achieving a reliable femoral and tibial fixation in order to carry out an early and aggressive rehabilitation.

Key words: *Anterior cruciate ligament. Anatomic reconstruction. Surgical technique.*

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años, existe consenso en la utilización de los tendones isquiotibiales para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Sin embargo, existen varios puntos de controversia aún no completamente resueltos.

Por una parte, hasta hace poco tiempo, se aceptaba la ubicación de la plastia en el fémur en una situación proximal y anterior en la cara interna del cóndilo femoral externo, correspondiendo a la inserción anatómica real del fascículo anteromedial (a las 11 en la rodilla derecha y a la 1 en la izquierda según el símbolo horario)⁽¹⁻⁴⁾. Esto daría lugar a una posición de la plastia más vertical que la del LCA original^(5,6).

Debido a que en la literatura aparecían resultados no completamente satisfactorios en la reconstrucción del LCA con fascículo único y con la ubicación descrita, en la que se informa de presencia de *pivot-shift* en el 14-30% de los casos⁽⁷⁻⁹⁾, pobres resultados a largo plazo en el 11-30% de los casos⁽¹⁰⁾ y otros más en los que no se restituía la estabilidad rotacional^(11,12), en los últimos años se propuso la reconstrucción más anatómica del ligamento mediante técnicas de doble banda⁽¹³⁻¹⁶⁾. En la mayoría de los estudios comparativos se encuentra mejor estabilidad con estas técnicas de doble banda con respecto a las de fascículo único⁽¹⁷⁻²⁵⁾.

Siguiendo el concepto de la reconstrucción anatómica, se diseñaron técnicas de un solo fascículo en las que el emplazamiento femoral se situaba en una posición más inferior, más en el centro de la huella de inserción del LCA⁽²⁶⁻²⁸⁾, con el objeto de horizontalizar la dirección de la misma para intentar un mejor control de la estabilidad rotacional. De hecho, se han publicado estudios en los que no aparecen diferencias entre la plastia de doble fascículo y la de fascículo único en posición anatómica⁽²⁹⁻³¹⁾.

Sin embargo, para la realización del túnel femoral en dicha ubicación mediante un abordaje transtibial pueden presentarse algunas dificultades, por lo que se ha propuesto realizar dicho túnel a través del portal anteromedial de la artroscopia⁽³²⁻³⁵⁾.

Por otra parte, el abordaje a través del portal anteromedial no está exento de inconvenientes, como el hecho de tener que realizarlo con

la rodilla en 120° de flexión, lo que dificulta la realización de la técnica. Además, se ha descrito el riesgo de complicaciones relacionadas con las estructuras de la cara posteroexterna de la rodilla^(26,36).

Una técnica que podría permitir la realización del túnel femoral de forma muy fácil y en la ubicación que le parezca más apropiada al cirujano es la técnica fuera-dentro⁽¹⁶⁾.

Otro aspecto a tener en cuenta sería el de la fijación de la plastia. Generalmente, en la actualidad existe la tendencia de utilizar fijación femoral del tipo de la suspensión⁽³⁷⁻⁴⁰⁾ o transversal^(40,41), aunque sigue estando plenamente vigente la utilización de los tornillos interferenciales para esta fijación femoral⁽⁴²⁾. En un estudio en modelo porcino pendiente de publicación, nuestro grupo de trabajo ha podido comprobar que la resistencia del tornillo interferencial no presenta diferencias significativas con respecto a otras técnicas como la del *cross pin*.

Para la fijación tibial, por lo general, se propone fijación con tornillos interferenciales⁽⁴³⁻⁴⁵⁾ u otros sistemas de fijación por expansión⁽⁴⁶⁾, así como otros, como los tornillos con arandela⁽⁴⁷⁾.

En la literatura consultada no se han encontrado referencias en cuanto a la utilización de sistemas de *cross pin* en la fijación tibial del LCA, apareciendo sólo algunas para la fijación tibial del LCP⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾.

En el trabajo anteriormente mencionado sobre modelo porcino, nuestro grupo de trabajo también ha podido comprobar la muy buena resistencia de un *cross pin* de 27 mm de longitud y 6 mm de diámetro incrustado en la salida del túnel tibial en comparación con otros métodos de fijación de la plastia en la tibia.

El propósito de este trabajo es describir una técnica de reconstrucción del LCA con tendones isquiotibiales denominada de fijación inversa, la cual presenta las siguientes características:

- Realización de los túneles (femoral y tibial) fuera-dentro.
- Paso de la plastia en sentido proximal a distal.
- Fijación tibial sobre un *cross pin* corto incrustado en la salida del túnel de la tibia.
- Fijación femoral con tornillo interferencial (Figura 1).

Con esta técnica es posible también la realización de una plastia con doble túnel en el fémur,

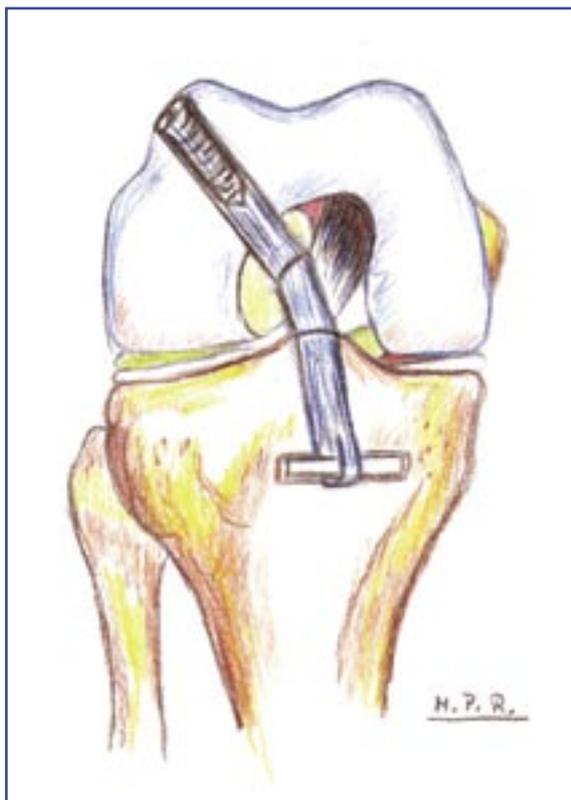


Figura 1. Esquema de la plastia.

realizando dos túneles femorales, en la ubicación de los fascículos anteromedial y posterolateral, a través de los cuales se pasaría cada cabo del injerto, fijándose cada uno con un tornillo independiente.

TÉCNICA QUIRÚRGICA

Artroscopia

Se coloca al paciente, bajo anestesia regional o general, en decúbito supino, con mangui-

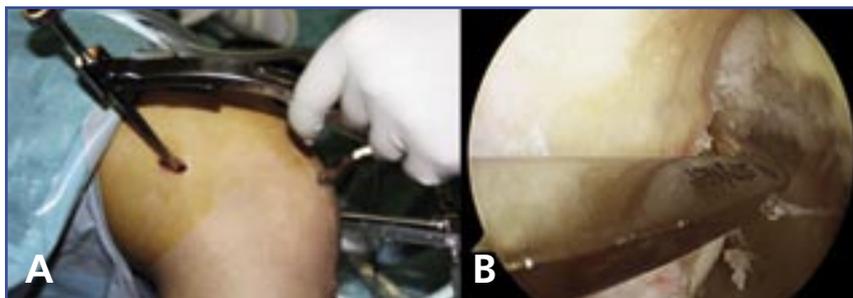


Figura 3. Colocación de la guía para el túnel femoral. A: Imagen extraarticular. B: Imagen intraarticular.



Figura 2. Injerto preparado.

to de isquemia y la extremidad en sujetador de muslo. Generalmente, utilizamos un portal central transtendinoso para la óptica en la plastia de los ligamentos cruzados (para tener una mejor visión de la escotadura intercondílea) y un portal anteromedial para el instrumental.

Se explora la articulación y se actúa sobre las lesiones acompañantes si las hubiera.

Extracción y preparación de los tendones

A continuación, se realiza la extracción de los tendones del semitendinoso y recto interno a través una incisión cutánea oblicua de unos 3 cm anteromedial a la tuberosidad tibial anterior. Tras la localización de los tendones y liberación de tejidos adyacentes, se extraen dichos tendones con la ayuda de un disector.

Los tendones son preparados en una mesa auxiliar. Se realiza la limpieza del tejido muscular y se suturan los cabos de la plastia juntos, lo cual le da más resistencia a la fijación con tornillo interferencial⁽⁵¹⁻⁵⁴⁾. En el extremo

opuesto, se coloca un hilo sobre el bucle para más tarde traccionar de la plastia (Figura 2).

Realización de los túneles

Se comienza con el túnel femoral, colocando la óptica en el portal anteromedial. Se utiliza una guía de LCA (habitualmente utilizada para la realización

del túnel tibial) que debe permitir una apertura de al menos 90°. Se introduce esta guía en la articulación a través del portal transtendinoso. Se localiza el punto de salida intraarticular en la cara interna del cóndilo externo en una localización anatómica, intermedia a la inserción del LCA original (**Figura 3A y B**). A través de una incisión de 1 cm realizada en la zona supracondílea externa se coloca una aguja-guía con técnica fuera-dentro.

Tras dejar colocada la aguja-guía femoral, se vuelve a colocar la óptica en el portal transtendinoso. Con la misma guía introducida a través del portal anteromedial se coloca la aguja-guía para el túnel tibia según la forma habitual empleada para la mayoría de las técnicas de plastia del LCA (**Figura 4A y B**).

Una vez colocadas las agujas-guía femoral y tibial, se procede a la perforación de los túneles fuera-dentro con una broca del diámetro previamente medido del injerto.

En la salida del túnel tibial se labra un canal transversal de 27 mm de longitud y 6 mm de anchura y de profundidad, que más tarde alojará un *cross pin* del mismo tamaño para la fijación de la plastia en la tibia.

Paso del injerto

El hilo de tracción colocado en el extremo de la plastia en forma de bucle se pasa por ambos túneles desde proximal a distal, entrando en la articulación a través del túnel femoral y saliendo de la misma por el tibial. Se tracciona de dicho hilo y se pasa la plastia por los túneles (**Figura 5**).

Fijación del injerto

Una vez pasada la plastia, se enhebra un *cross pin* de 6 mm de diámetro y 27 mm de longitud en la lazada de la misma, y se tracciona del injerto en sentido proximal. El *cross pin* queda incrustado en el canal previamente labrado y la plastia quedará fijada en la tibia abrazando dicho *cross pin* (**Figura 6A y B**).

La fijación femoral se realiza tras tracción manual en el otro extremo de la plastia y colocando un tornillo interferencial de la máxima longi-



Figura 4. Colocación de la guía para el túnel tibial. A: Imagen extraarticular. B: Imagen intraarticular.



Figura 5. Paso del injerto.

tud posible y de un diámetro 1 mm superior al del túnel (**Figura 7**).

Por último, se comprueba artroscópicamente la correcta tensión de la plastia.

Se coloca un drenaje que se mantiene durante 24-48 horas.

DISCUSIÓN

Uno de los aspectos más debatidos sobre la reconstrucción del LCA es la ubicación de los túneles, especialmente en el fémur, estando aceptada en la actualidad para la plastia de fascículo una situación más posterior y distal (en el centro de la inserción del LCA original)⁽²⁶⁻²⁸⁾ que la que se venía realizando clásicamente, la cual reproducía únicamente el fascículo anteromedial del ligamento. Sin embargo, la realización de este túnel femoral en dicha posición anatómica desde dentro de la articulación no está exenta de inconvenientes, como el hecho de que es muy difícil la localización del punto anatómico desde un abordaje transtibial, lo que obli-

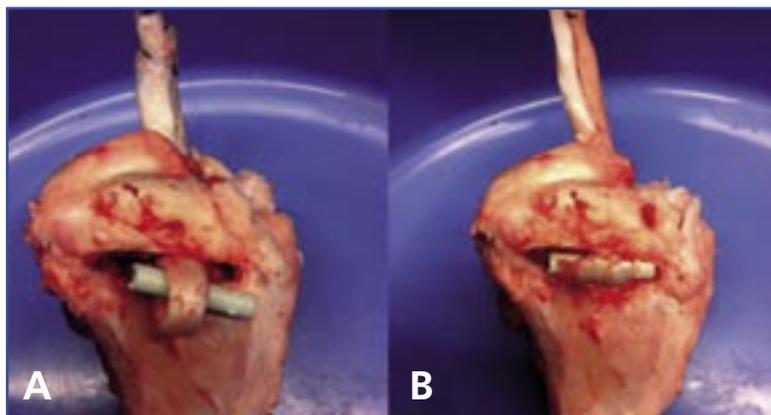


Figura 6. Colocación del cross pin en la tibia en trabajo experimental en modelo porcino.



Figura 7. Fijación femoral con tornillo interferencial.

ga a hacerlo a través del portal anteromedial con una posición de flexión forzada de la rodilla⁽³²⁻³⁵⁾. Con la técnica que proponemos, al hacer el túnel con técnica fuera-dentro, la aguja-guía puede ser ubicada con mucha facilidad en la posición deseada por el cirujano; para ello, sólo es necesaria una guía de LCA que permita un ángulo de apertura de 80-90°.

Otra de las cuestiones a discutir sería la fijación del injerto. Normalmente, las fijaciones transversales en la plastia del LCA se han colocado en el fémur^(37,40,41) (sí ha sido descrita una técnica de fijación tibial mediante *cross pin* para plastia del LCP⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾ y los tornillos interferenciales en la tibia. La fijación invertida propuesta en esta técnica se basa en el hecho de

colocar la fijación con tornillo interferencial en el hueso que presenta más densidad (fémur), lo cual hace esta fijación más resistente que en la tibia⁽⁵⁵⁾. Por otra parte, la fijación mediante *cross pin* en la tibia ha demostrado tener una resistencia comparable a la del *cross pin* en el fémur y superior al tornillo interferencial en la tibia⁽⁵⁶⁾. Esto mismo lo ha podido comprobar nuestro grupo de trabajo en un estudio realizado en modelo porcino utilizando un *cross pin* de 27 mm en la tibia pendiente de publicación.

Esta técnica ha sido realizada por nosotros experimentalmente en modelo porcino, y hemos comprobado, como se ha dicho anteriormente, la plena fiabilidad de los sistemas de fijación en comparación con otros existentes. Además, desde hace un año, venimos realizando en cirugía real una técnica muy similar, en la que únicamente cambia el sistema de fijación tibial que se realiza apoyando la plastia en una grapa metálica y colocando además un tornillo interferencial en la tibia. Al llevar a cabo la cirugía, hemos podido comprobar la gran facilidad técnica, tanto en la realización de los túneles como en el paso y la fijación de la plastia.

En conclusión, pensamos que la técnica que se presenta aporta las siguientes características:

- Facilidad de ejecución: es asequible incluso a cirujanos no muy expertos en artroscopia.
- Permite una fácil realización del túnel femoral en posición anatómica.
- Simplicidad del instrumental: se utiliza una única guía para ambos túneles.
- Muy fácil paso de la plastia a través de los túneles y la articulación.
- Fijación, tanto femoral como tibial, plenamente fiable para llevar a cabo una rehabilitación precoz y agresiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. Markolf KL, Hame S, Hunter DM, Oakes DA, Zoric B, Gause P, Finerman GA. Effects of femoral tunnel placement on knee laxity and forces in an anterior cruciate ligament graft. *J Orthop Res* 2002; 20 (5): 1016-24.
2. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SL. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. 2002 Richard O'Connor Award paper. *Arthroscopy* 2003; 19 (3): 297-304.
3. Herbolt M, Lenschow S, Fu FH, Petersen W, Zantop T. ACL mismatch reconstructions: influence of different tunnel placement strategies in single-bundle ACL reconstructions on the knee kinematics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18 (11): 1551-8.
4. Sadoghi P, Kröpfel A, Jansson V, Müller PE, Pietschmann MF, Fischmeister MF. Impact of tibial and femoral tunnel position on clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2011; 27 (3): 355-64.
5. Hantes ME, Zachos VC, Liantis A, Venouziou A, Karantanas AH, Malizos KN. Differences in graft orientation using the transtibial and anteromedial portal technique in anterior cruciate ligament reconstruction: a magnetic resonance imaging study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17 (8): 880-6.
6. Kopf S, Forsythe B, Wong AK, Tashman S, Anderst W, Irrgang JJ, Fu FH. Nonanatomic tunnel position in traditional transtibial single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction evaluated by three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92 (6): 1427-31.
7. Karlson JA, Steiner ME, Brown CH, Johnston J. Anterior cruciate ligament reconstruction using gracilis and semitendinosus tendons. Comparison of through-the-condyle and over-the-top graft placements. *Am J Sports Med* 1994; 22 (5): 659-66.
8. Lerat JL, Chotel F, Besse JL, Moyen B, Binet G, Craviari T, et al. [The results after 10-16 years of the treatment of chronic anterior laxity of the knee using reconstruction of the anterior cruciate ligament with a patellar tendon graft combined with an external extra-articular reconstruction]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1998; 84 (8): 712-27.
9. Nedeff DD, Bach BR Jr. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autografts: a comprehensive review of contemporary literature. *Am J Knee Surg* 2001 Fall; 14 (4): 243-58.
10. Jomha NM, Pinczewski LA, Clingeleffer A, Otto DD. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament with patellar-tendon autograft and interference screw fixation. The results at seven years. *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81 (5): 775-9.
11. Georgoulis AD, Papadonikolaos A, Papageorgiou CD, Mitsou A, Stergiou N. Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *Am J Sports Med* 2003; 31 (1): 75-9.
12. Tashman S, Collon D, Anderson K, Kolowich P, Anderst W. Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2004; 32 (4): 975-83.
13. Hara K, Kubo T, Suginoshita T, Shimizu C, Hirasawa Y. Reconstruction of the anterior cruciate ligament using a double bundle. *Arthroscopy* 2000; 16 (8): 860-4.
14. Kato Y, Hoshino Y, Ingham SJ, Fu FH. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sci* 2010; 15 (2): 269-76.
15. van Eck CF, Schreiber VM, Mejia HA, Samuelsson K, van Dijk CN, Karlsson J, Fu FH. "Anatomic" anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of surgical techniques and reporting of surgical data. *Arthroscopy* 2010; 26 (9 Suppl): S2-12.
16. Espejo-Baena A, Serrano-Fernandez JM, de la Torre-Solis F, Irizar-Jimenez S. Anatomic double-bundle ACL reconstruction with femoral cortical bone bridge support using hamstrings. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17 (2): 157-61.
17. 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.
18. Yamamoto Y, Hsu WH, Woo SL, Van Scyoc AH, Takakura Y, Debski RE. Knee stability and graft function after anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of a lateral and an anatomical femoral tunnel placement. *Am J Sports Med* 2004; 32 (8): 1825-32.
19. 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.
20. Kondo E, Yasuda K, Azuma H, Tanabe Y, Yagi T. Prospective clinical comparisons of anatomic double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedures in 328

- consecutive patients. *Am J Sports Med* 2008; 36 (9): 1675-87.
21. 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.
 22. Izawa T, Okazaki K, Tashiro Y, Matsubara H, Miura H, Matsuda S, et al. Comparison of rotatory stability after anterior cruciate ligament reconstruction between single-bundle and Double-Bundle Techniques. *Am J Sports Med* 2011 Feb 24. [Epub ahead of print]
 23. Plaweski S, Grimaldi M, Courvoisier A, Wimsey S. Intraoperative comparisons of knee kinematics of double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011 Feb 11. [Epub ahead of print]
 24. Musahl V, Bedi A, Citak M, O'Loughlin P, Choi D, Pearle AD. Effect of single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions on pivot-shift kinematics in anterior cruciate ligament- and meniscus-deficient knees. *Am J Sports Med* 2011; 39 (2): 289-95.
 25. Branch TP, Siebold R, Freedberg HI, Jacobs CA. Double-bundle ACL reconstruction demonstrated superior clinical stability to single-bundle ACL reconstruction: a matched-pairs analysis of instrumented tests of tibial anterior translation and internal rotation laxity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19 (3): 432-40.
 26. Gelber PE, Reina F, Torres R, Pelfort X, Tey M, Monllau JC. Anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction from the anteromedial portal: evaluation of transverse femoral fixation in a cadaveric model. *Arthroscopy* 2010; 26 (5): 651-7.
 27. Steiner M. Anatomic single-bundle ACL reconstruction. *Sports Med Arthrosc* 2009; 17 (4): 247-51.
 28. Silva A, Sampaio R, Pinto E. Placement of femoral tunnel between the AM and PL bundles using a transtibial technique in single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18 (9): 1245-51.
 29. Ho JY, Gardiner A, Shah V, Steiner ME. Equal kinematics between central anatomic single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy* 2009; 25 (5): 464-72.
 30. Park SJ, Jung YB, Jung HJ, Jung HJ, Shin HK, Kim E, et al. Outcome of arthroscopic single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: a preliminary 2-year prospective study. *Arthroscopy* 2010; 26 (5): 630-6.
 31. Misonoo G, Kanamori A, Ida H, Miyakawa S, Ochiai N. Evaluation of tibial rotational stability of single-bundle vs. anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction during a high-demand activity - A quasi-randomized trial. *Knee* 2011 Feb 12. [Epub ahead of print]
 32. Gavriilidis I, Motsis EK, Pakos EE, Georgoulis AD, Mitsionis G, Xenakis TA. Transtibial versus anteromedial portal of the femoral tunnel in ACL reconstruction: a cadaveric study. *Knee* 2008; 15 (5): 364-7.
 33. Schneider T. Femoral bone tunnel placement using the transtibial tunnel or the anteromedial portal in ACL reconstruction: a radiographic evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17: 220-7.
 34. Strauss EJ, Barker JU, McGill K, Cole BJ, Bach BR Jr, Verma NN. Can anatomic femoral tunnel placement be achieved using a transtibial technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med* 2011 Feb 18. [Epub ahead of print]
 35. Piasecki DP, Bach BR Jr, Espinoza Orias AA, Verma NN. Anterior cruciate ligament reconstruction: can anatomic femoral placement be achieved with a transtibial technique? *Am J Sports Med* 2011 Feb 18. [Epub ahead of print]
 36. Nakamura M, Deie M, Shibuya H, Nakamae A, Adachi N, Aoyama H, Ochi M. Potential risks of femoral tunnel drilling through the far anteromedial portal: a cadaveric study. *Arthroscopy* 2009; 25 (5): 481-7.
 37. Kamelger FS, Onder U, Schmoelz W, Tecklenburg K, Arora R, Fink C. Suspensory fixation of grafts in anterior cruciate ligament reconstruction: a biomechanical comparison of 3 implants. *Arthroscopy* 2009; 25 (7): 767-76.
 38. Ping LW, Bin S, Rui Y, Yang S, Zheng ZZ, Yue D. Arthroscopic ACL reconstruction with reverse "Y"-plasty grafts and fixation in the femur with either a bioabsorbable interference screw or an Endobutton. *Knee* 2010 Dec 13. [Epub ahead of print]
 39. Miller CD, Gerdeman AC, Bennett CG, Hart JM, Miller MD. A biomechanical comparison of the endobutton cl using transtibial drilling and endobutton direct using anteromedial arthroscopic drilling. *Arthroscopy* 2010; 26 (10): 1311-7.
 40. Price R, Stoney J, Brown G. Prospective randomized comparison of endobutton versus cross-pin femoral fixation in hamstring anterior cruciate ligament reconstruction with 2-year follow-up. *ANZ J Surg* 2010; 80 (3): 162-5.
 41. Papastergiou SG, Koukoulas NE, Dimitriadis T, Pappis G, Parisis CA. RigidFix femoral fixation: a test for detecting inaccurate cross pin positioning. *Arthroscopy* 2007; 23 (11): 1247.e1-3.

42. Harilainen A, Sandelin J. A prospective comparison of 3 hamstring ACL fixation devices--Rigidfix, Bio-Screw, and Intrafix--randomized into 4 groups with 2 years of follow-up. *Am J Sports Med* 2009; 37 (4): 699-706.
43. Volpi P, Marinoni L, Bait C, Galli M, de Girolamo L. Tibial fixation in anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone and semitendinosus-gracilis autografts: a comparison between bioabsorbable screws and bioabsorbable cross-pin fixation. *Am J Sports Med* 2009; 37 (4): 808-12.
44. Shen C, Jiang SD, Jiang LS, Dai LY. Bioabsorbable versus metallic interference screw fixation in anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Arthroscopy* 2010; 26 (5): 705-13.
45. Emond CE, Woelber EB, Kurd SK, Ciccotti MG, Cohen SB. A comparison of the results of anterior cruciate ligament reconstruction using bioabsorbable versus metal interference screws: a meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93 (6): 572-80.
46. Choi NH, Lee JH, Son KM, Victoroff BN. Tibial tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendons using Rigidfix femoral fixation and Intrafix tibial fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18 (1): 92-7.
47. Yoo JC, Ahn JH, Kim JH, Kim BK, Choi KW, Bae TS, Lee CY. Biomechanical testing of hybrid hamstring graft tibial fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 2006; 13 (6): 455-9.
48. Foukas AF, Learmonth DJ, Phillips JE, Pugh C. A new technique for posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2002; 18 (1): E3.
49. Lee YS, Ahn JH, Jung YB, Wang JH, Yoo JC, Jung HJ, Kang BJ. Transtibial double bundle posterior cruciate ligament reconstruction using TransFix tibial fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007; 15 (8): 973-7.
50. Lee YS, Han SH, Kim JH. A biomechanical comparison of tibial back side fixation between suspensory and expansion mechanisms in trans-tibial posterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 2011 Jan 11. [Epub ahead of print]
51. Bernstein J, Tan V. Suture V technique: a method for supplementing soft-tissue interference fixation of anterior cruciate ligament grafts. *Orthopedics* 2003; 26 (2): 139-41.
52. Eisen SH, Davidson PA, Rivenburgh DW. Supplemental tibial fixation for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2008; 24 (9): 1078-80.
53. Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Heck M, Brüggemann GP, Koecke J. Comparison of initial fixation properties of sutured and nonsutured soft tissue anterior cruciate ligament grafts with femoral cross-pin fixation. *Arthroscopy* 2008; 24 (1): 96-105.
54. Prado M, Martín Castilla B, Ezquerro F, Pérez de la Blanca A, Espejo-Baena A, Serrano-Fernández J. In vitro biomechanical assessment of three methods to improve initial tibial fixation when using a biodegradable interference screw in ACL reconstruction. [Pendiente de publicación].
55. Brand JC Jr, Pienkowski D, Steenlage E, Hamilton D, Johnson DL, Caborn DN. Interference screw fixation strength of a quadrupled hamstring tendon graft is directly related to bone mineral density and insertion torque. *Am J Sports Med* 2000; 28 (5): 705-10.
56. Lee YS, Wang JH, Bae JH, Lim HC, Park JH, Ahn JH, et al. Biomechanical evaluation of cross-pin versus interference screw tibial fixation using a soft-tissue graft during transtibial posterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2009; 25 (9): 989-95.