



## TÍTULO

**TÉCNICA TRANSTIBIAL VS ANATÓMICA (SIMPLE BUNDLE) EN  
LA RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.  
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## AUTOR

**Rafael López Lobato**

**Esta edición electrónica ha sido realizada en 2017**

<b>Director</b>	Gabriel Domecq Fernández de Bobadilla
<b>Tutor</b>	Salvador Fornell Pérez
<b>Curso</b>	<i>Máster Universitario en Patología de la Rodilla (2016/17)</i>
<b>ISBN</b>	978-84-7993-621-1
©	Rafael López Lobato
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
<b>Fecha documento</b>	2017



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

**TÉCNICA TRANSTIBIAL VS ANATÓMICA (SIMPLE BUNDLE) EN LA  
RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.  
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA**

## **ABSTRACT**

**Introducción:** El LCA es el ligamento encargado de controlar la traslación anterior tibial, controlar la rotación tibial, evitar la hiperextensión y actuar como estabilizador medio-lateral con la rodilla en extensión. Es el segundo ligamento en frecuencia que se lesiona en la rodilla tras el LCM siendo los traumatismo deportivos la primera causa de esta lesión. La técnica Gold Standard en la actualidad es la reconstrucción con banda simple, ya sea tetrafascicular de isquiotibiales o HTH (Autólogo o aloinjeto)

**Propósito de estudio:** Realizar una actualización bibliográfica que ponga de manifiesto la existencia o no de diferencias en cuanto a estabilidad y satisfacción, en la reconstrucción del LCA con las dos técnicas descritas.

**Metodología:** Se realiza una búsqueda bibliográfica a través de las bases de datos Pub med, biblioteca Cochrane, Medline plus y CSIC. Tras acotar la búsqueda obtuve 39 artículos que han sido la base para el desarrollo del trabajo

**Resultados:** La técnica anatómica por el portal anteromedial, reproduce mejor la isometría del LCA, consiguiendo un mejor control rotacional de las rodillas.

Con el desarrollo de la técnica transtibial modificada, se consigue igualmente una inclusión de la plastia sobre la huella del LCA nativo y por ello, no se encuentran diferencias significativas en cuanto a estabilidad anteroposterior, rotacional o satisfacción del paciente se refiere. No obstante, en comparación con la técnica transtibial tradicional, la técnica anatómica presenta mejores resultados significativos en cuanto a estabilidad rotacional

**Conclusiones:** No existen diferencias significativas en estabilidad ni satisfacción de los pacientes cuando se comparan los resultados de la reconstrucción del LCA mediante la técnica transtibial modificada y anatómica través del portal anteromedial. Por ello cada cirujano debe realizar aquella con la se encuentre más familiarizado

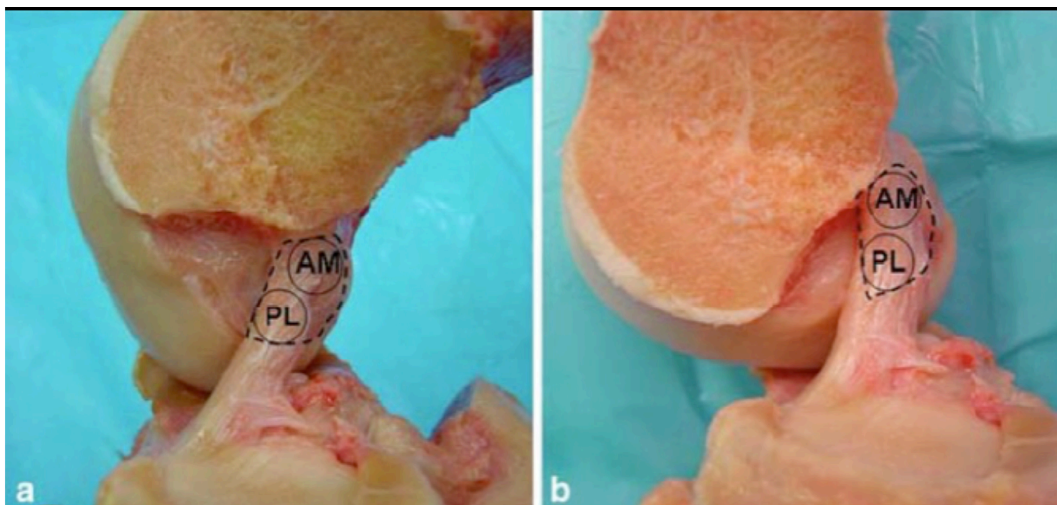
**Palabras clave:** Transtibial ACL, Anatomic ACL, Anatomical ACL, Anteromedial ACL, Transtibial ACL, Single Bundle ACL y Transtibial versus anteromedial ACL.

## INTRODUCCIÓN

Mecánicamente el LCA se encarga de restringir la traslación anterior de la tibia sobre el fémur, controla la rotación tibial y evita la hiperextensión de la rodilla. Por su parte, también interviene en los movimientos de deslizamiento y rollback articular, suponiendo además un estabilizador secundario mediolateral con la rodilla en extensión<sup>(1)</sup>.

Se ha llegado al consenso de que el LCA está formado por dos haces o fascículos, que se comportan funcionalmente de diferente forma. El nombre de cada banda viene determinada por su posición en su origen tibial<sup>(2)</sup>. Si bien, la banda Antero-lateral (AM) se tensa tanto en flexión como en extensión, alcanzando su pico máximo sobre los 45-60 grados de flexión, la banda póstero-lateral (PL) sólo se encuentra tensa en extensión. No obstante, a pesar de tener sus picos de tensión a distintos ángulos, funcionan de forma sincrónica.<sup>(3)</sup>

A nivel femoral, se inserta en la parte más posterior de la superficie medial del cóndilo femoral lateral, en su totalidad por detrás de la cresta intercondílea lateral<sup>(2)</sup>.



Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006;14:982–992

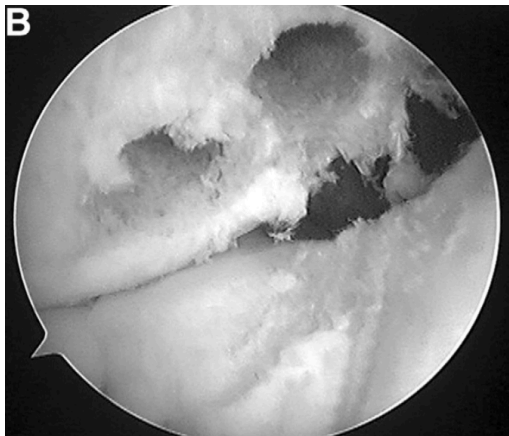
La lesión del LCA presenta una incidencia aproximada de 1/3000, alcanzando una incidencia de 1/1750 en el intervalo de edad de 15-45 años, siendo el segundo ligamento más frecuente en lesionarse en la rodilla, por detrás del LCM.<sup>(4)</sup> La gran mayoría de estas lesiones se producen durante la práctica deportiva. La fuerza deformante en valgo con la rodilla en semiflexión y el pie apoyado es la principal causa de dicha lesión, pudiendo también producirse por un mecanismo de hiperextensión o incluso (aunque menos frecuentes) por fuerzas en varo, asociadas a fuerza de rotación con el pie en apoyo<sup>(5)</sup>

El 85% de los pacientes que presentan lesión del LCA, refieren inestabilidad de rodilla, definida como “sensación de fallo de la articulación durante el apoyo”. Esta inestabilidad que impide al paciente desarrollar una vida normal, no solo deportiva sino laboral o social, nos obliga a reparar este ligamento lesionado con el fin de que estas rodillas vuelvan a recuperar su adecuada funcionalidad.

En la actualidad, la técnica Gold Estándar es la reconstrucción del LCA mediante una banda simple, ya sea tetrafascicular de isquiotibiales o HTH, autólogo o aloinjerto<sup>(6)</sup>

El LCA no es un ligamento isométrico ya que su tensión varía según el grado de flexión de la rodilla, y cada uno de los 2 fascículos presentan un punto de máxima tensión diferente. Por ello, e intentando reproducir al máximo la anatomía nativa del ligamento, en la década de los 80 se desarrollaron las técnicas de reconstrucción del LCA mediante doble banda (double-bundle). El mayor coste, la mayor complejidad de la técnica, el impedimento de hacerlo en rodillas pequeñas, así como la mayor pérdida de stock óseo (dos túneles femorales que pueden complicar una futura cirugía de revisión) han hecho que sean técnicas que se reserven para determinados paciente bien seleccionados<sup>(7)</sup>. En los últimos años, la bibliografía<sup>(8,9,10,11)</sup> muestra mejores resultados en cuanto a control de estabilidad rotacional para la reconstrucción con doble banda aunque los resultados de satisfacción, continúan sin mostrar diferencia.

Recientemente se ha publicado el estudio randomizado de Adravanti P<sup>(12)</sup>, que no muestra ninguna diferencia en cuanto a estabilidad ni satisfacción de la doble banda con respecto a la simple. Por ello, ante la disparidad de resultados de los estudios y la mayor complejidad de la técnica, la banda simple continúa siendo en la actualidad la técnica habitual de elección.



Nakamae A, Ochi M, Adachi N, Deie M, Nakasa T M.D. Clinical Comparisons Between the Transtibial Technique and the Far Anteromedial Portal Technique for Posterolateral Femoral Tunnel Drilling in Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy*. 2012;28(5):658-666

**FUENTES CONSULTADAS. TAMAÑO DE LA MUESTRA REVISADA**

He llevado a cabo la búsqueda bibliográfica a través de las bases de búsqueda PubMed, biblioteca Cochrane, medline plus y CSIC.

Los descriptores utilizados para la misma han sido: Transtibial ACL, Anatomic ACL, Anatomical ACL, Anteromedial ACL, Transtibial ACL, Single Bundle ACL y Transtibial versus anteromedial ACL.

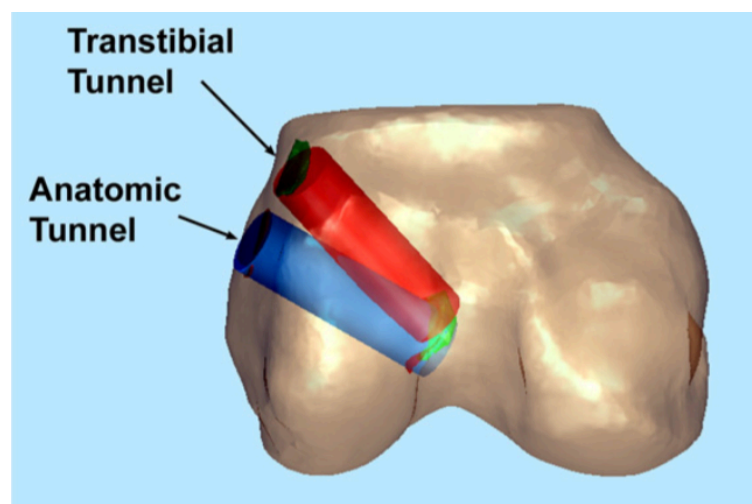
Inicialmente y sin acotar la búsqueda, se obtienen más de 20.000 artículos relacionados con el tema. Ante esta elevadísima muestra, limité los campos a artículos de revista, idioma inglés y posteriores a 2010. Con esta acotación revisé aquellos en los que se comparaban ambas técnicas, ya sean mediante estudios en cadáver, in vivo y/o estudios radiográficos, obteniendo un total de 39 artículos, sobre los que he basado dicho trabajo fin de máster. Entre ellos hay 4 metaanálisis, 2 Revisiones bibliográficas y 33 artículos originales.



### OBJETIVOS Y RESULTADOS

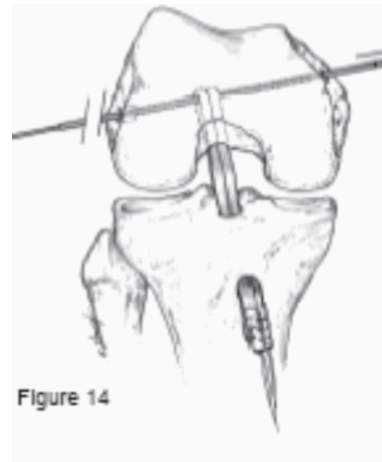
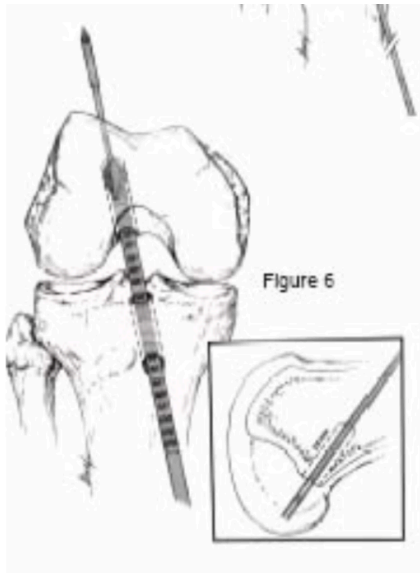
El objetivo de esta revisión es comparar las dos técnicas más utilizadas para la reconstrucción del LCA, como son la transtibial y la anatómica a través del portal anteromedial.

En la técnica transtibial, el túnel femoral depende directamente de la realización del túnel tibial. Una vez realizado el túnel tibial, la guía femoral se introduce a través de dicho túnel y se apoya sobre la escotadura intercondilea (Over de top) para realizar el túnel óseo femoral. Con la técnica tradicional se obtiene una disposición más vertical de la plastia, la cual no se inserta en la huella nativa femoral del LCA<sup>(13,14)</sup>. La técnica transtibial ha sido el método estándar durante los últimos 20 años. Con ésta técnica, generalmente se conseguía un satisfactorio control de la estabilidad anteroposterior tras la reconstrucción del LCA. No obstante, algunos pacientes presentaban un mal control de la estabilidad rotacional, especialmente durante los movimientos de pivote. La mayor verticalidad de la pastica, no reproduce la banda PL y por ello se consigue peor control de la estabilidad rotacional<sup>(15,16,17)</sup>.



#### Diferencias de orientación de los túneles femorales según técnica transtibial o anatómica

13. Potter MS, Werner FW, Sutton LG, Schweizer SK. A comparison of anterior cruciate ligament graft orientation: anatomic vs transtibial. *Clinical Biomechanics*. 2012;27:602-606



©Reproducido de Stryker técnica quirúrgica LCA transtibial

En la técnica anatómica a través del portal anteromedial, se elaboran dos túneles independientes. A través del portal accesorio anteromedial y utilizando aguja y broca flexible, el cirujano es el que localiza la inserción nativa del LCA, sobre la que realiza el brocado del túnel para la inserción de la plastia. De esta forma, la plastia queda alojada en la huella nativa del LCA. Esto origina una plastia con una oblicuidad similar a la original que restaura mejor la isometría del LCA obteniendo un mejor control de la estabilidad rotacional<sup>(17)</sup>. Esta técnica no está exenta de complicaciones, siendo las más frecuentes la lesión del cóndilo femoral medial durante el brocado del túnel femoral, la lesión de la cortical posterior del túnel, túnel femoral más corto, mayor tiempo quirúrgico...<sup>(18)</sup>

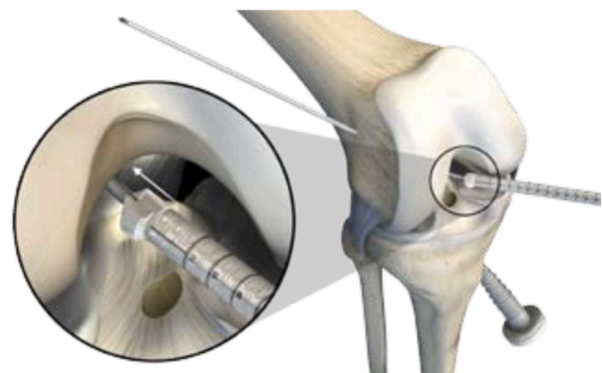
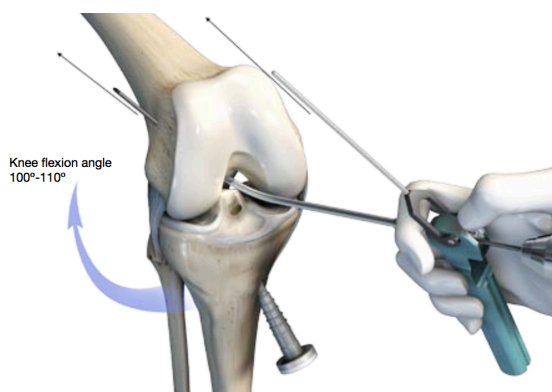
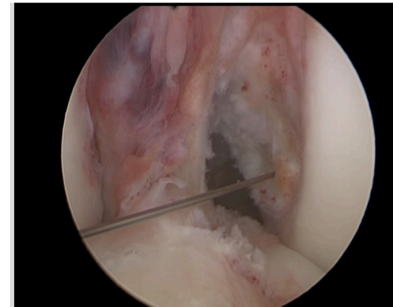
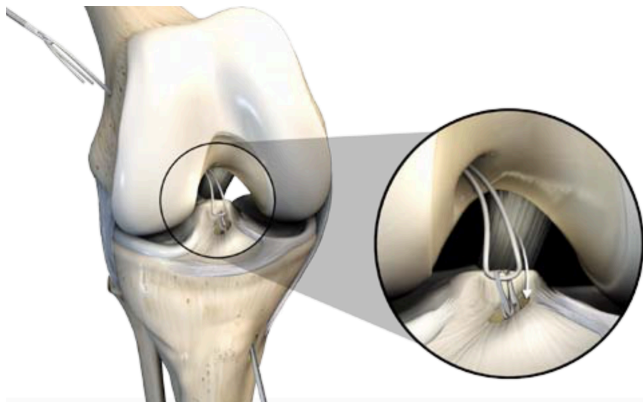


Figure 6.

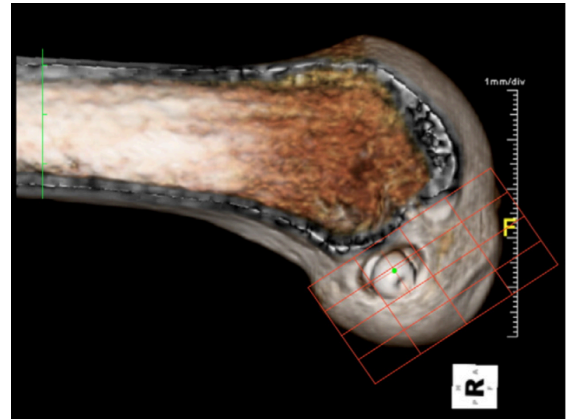
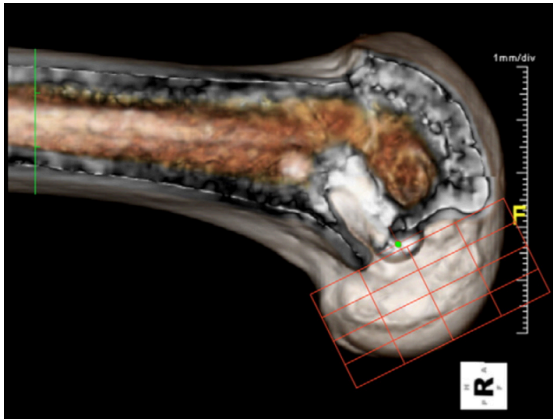


©Reproducido de Stryker. Vertitomic. Reconstrucción anatómica LCA

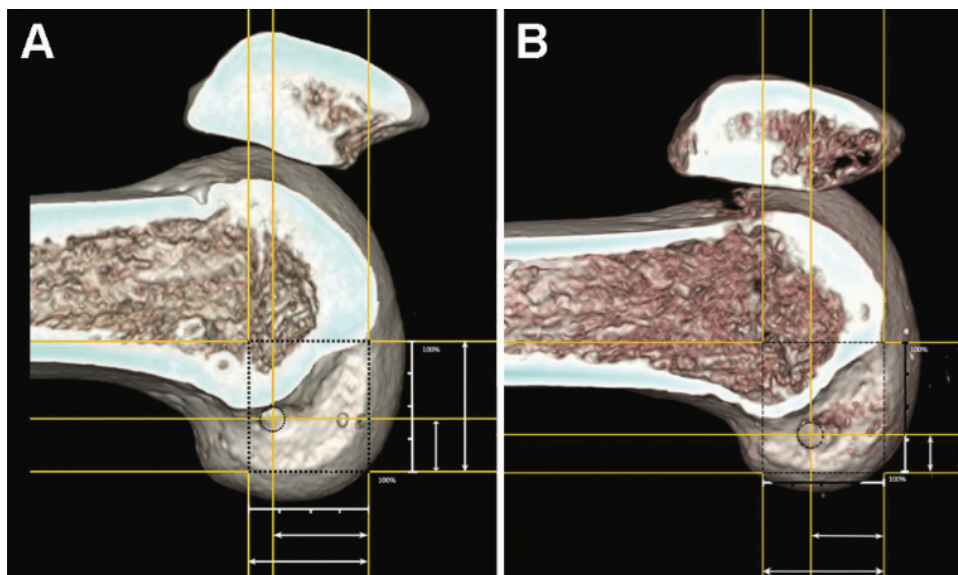
Imagen de la escotadura central desde el portal de visión de Antero-medial. 31

Hasta 2010, no se había publicado ningún estudio comparativo de dichas técnicas desarrollado in vivo. En ese año, Alentorn<sup>(15)</sup> publicó un metaanálisis basado en 21 estudios que incluían un total de 859 pacientes (257 anatómicos vs 602 transtibial). El grupo anteromedial demostró un retorno a actividades deportivas más precoz y mayor rango de movilidad (estadísticamente significativo) en los 2 primeros años, que desaparecía con el seguimiento más prolongado. No se encontraron diferencias en cuanto a estabilidad se refiere. Pocos meses después, el mismo autor publicó el primer estudio in vivo comparativo de las dos técnicas<sup>(16)</sup>. El estudio se basa en 47 pacientes (futbolistas profesionales). 21 en el grupo transtibial y 26 en el anatómico, realizando un seguimiento medio de 2-5 años. Alentorn llega a la conclusión que los pacientes intervenidos con la técnica anatómica, se reincorporan antes a la actividad física, presentando una mayor estabilidad antero-posterior y rotacional (KT-1000, Lachman y pivot shift) significativa. Por el contrario no encuentra diferencias en cuanto a balance articular, dolor y resultado en las escalas Lysholm, Tegner y SF-12.

Estudios posteriores, tanto in vivo como en cadáveres, respaldan los resultados de Alentorn: la reconstrucción anatómica controla mejor la estabilidad rotacional<sup>(19,20)</sup> Por su parte, los estudios mediante pruebas de imagen mostraban una mejor situación en cuanto a proximidad de la plastia con respecto a la huella nativa para las plastias realizadas a través del portal anteromedial con respecto a las transtibiales tradicionales<sup>(13,17,21,22,23,24,25)</sup>



Comparativa de puntos de inserción. Izquierdo técnica transtibial (no anatómico). Derecho anatómico por portal anteromedio.  
 23: Moreira G, Soares D, Ribeiro EL et al. Clinical and three-dimensional computed tomographic comparison between ACL transtibial versus ACL transtibial single-bundle reconstructions with hamstrings. *The Knee*. 2014;21:1203-1209



A: Punto de inserción de la plastia con técnica TT. B: Técnica de inserción con técnica AMP  
 17. Young-Soo S, Kyung-Han R et al. Location of the femoral tunnel aperture in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Comparison of the transtibial, anteromedial portal and outside-in techniques. *Am J Sport Med* 2013; 41(11):2533-

En 2013, Riboh<sup>(26)</sup> publica un metaanálisis comparativo de ambas técnicas basado en 15 estudios, mostrando resultados similares en ambos grupos en IKDC y Tegner score pero significativamente mejor control de la estabilidad rotacional para el grupo de la reconstrucción anatómica. Los mismos resultados se presentan en estudios previos como los de Hussein (281 casos)<sup>(27)</sup>, Mirzatolooei (168 casos)<sup>(28)</sup> y Seon JK (62 casos)<sup>(29)</sup>.

Chalmers<sup>(30)</sup> presentó también en 2013 una revisión sistemática basada en 9 estudios en cadáveres y en vivo. Determina que los resultados no son concluyentes ya que algunos estudios muestran mejoría de resultados y mayor estabilidad rotatoria en el grupo del portal anteromedial y otros no encuentran diferencia. No hay estudios que demuestren superioridad de la técnica transtibial pero sí que reproduce unos resultados similares. Por su parte Azboy I<sup>(31)</sup> presenta un año después un nuevo estudio (64 casos) con el que concluye que la localización anatómica a través del portal anteromedial permite una mejor localización de la plastia sobre la huella anatómica (86.7% en AMP vs 14.7% en TT) y una reincorporación más precoz a la actividad deportiva, pero no encuentra diferencias entre ambos grupos en términos de pivot shift, lachman test ni en los resultados de las escalas Lysholm, Tegner ni IKDC.

El metaanálisis publicado por Chen Y<sup>(32)</sup> en 2015, obtiene unos resultados similares al de Riboh. En este se incluyen 10 artículos. En este caso determinan que la técnica anatómica se muestra superior en cuanto a estabilidad de acuerdo con los resultados del IKDC knee score, test Lachman y pivot shift, pero no se muestra superior en cuanto a resultados funcionales (test Lysholm & Tegner).

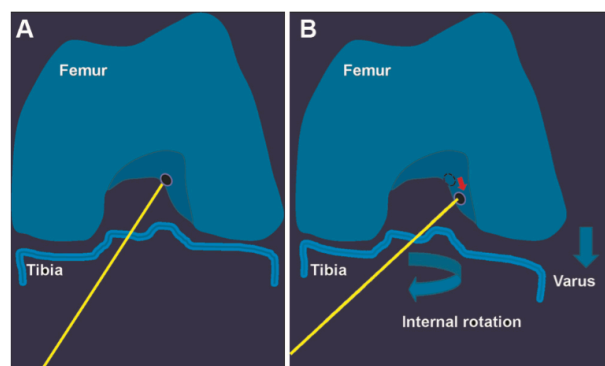
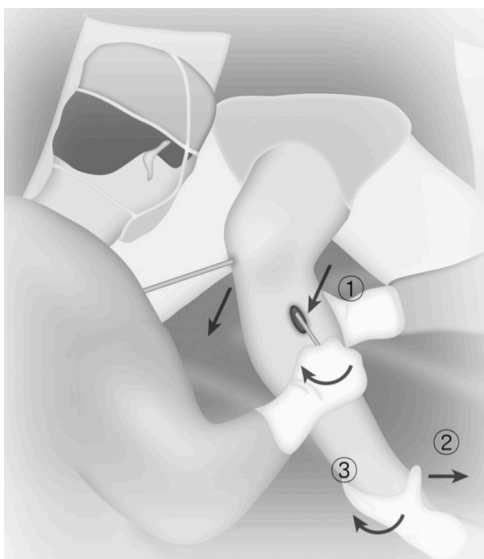
Bohn<sup>(33)</sup> publicó en 2015 un estudio en el que comparaba mediante estudio de la marcha en 3D pacientes intervenidos mediante técnica transtibial, anatómica por vía anteromedial y doble banda. La medición se hizo de forma preoperatoria y al año de la cirugía. El análisis tridimensional demostró que la rotación interna y la rigidez rotacional no presenta diferencia entre las 3 técnicas de reconstrucción del LCA durante la marcha, la carrera y los movimientos de pivote al año de seguimiento.

Desde entonces hasta la fecha, la producción bibliográfica comparativa entre ambas técnicas no se ha estancado, apareciendo artículos<sup>(34,35,36,37)</sup>, incluyendo un nuevo metaanálisis en 2016<sup>(38)</sup>. En todos los casos presenta un mejor control rotacional en la técnica anatómica (35 sin diferencia significativa), sin diferencias significativas subjetivas por parte de los pacientes (No existen diferencias respecto a resultados de escalas de Tegner y Lysholm)

A partir de 2011 <sup>(39,40)</sup>, se comienza a hablar en la literatura de las modificaciones de la técnica transtibial. Así, Bowers explica como medializando y retrasando el túnel tibial consigue dar mayor oblicuidad a la plastia alcanzando la inserción nativa del LCA a nivel femoral. De esta forma no hay diferencia significativa en cuanto a estabilidad rotacional. Celentano<sup>(41)</sup> en 2012 presenta una guía modificada que permite alcanzar la huella nativa del LCA con la técnica transtibial.

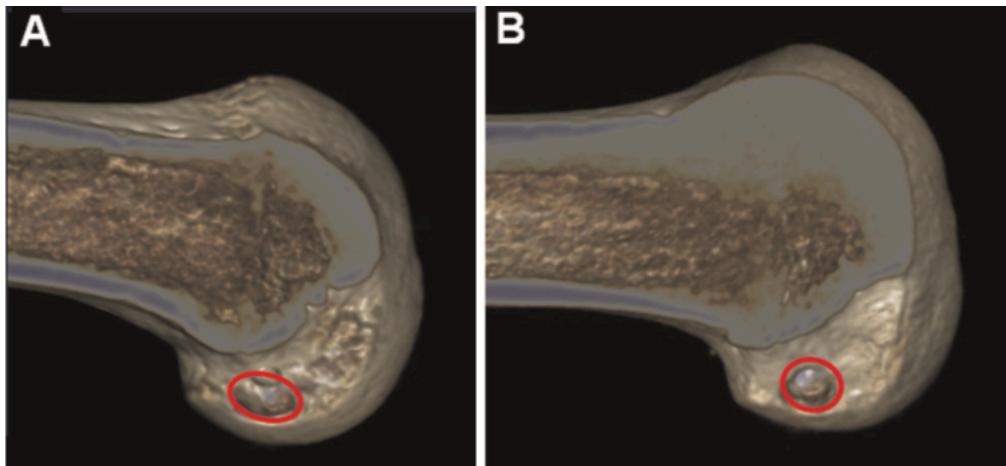
En 2014, Lee JK<sup>(42)</sup>, Youm YS<sup>(43)</sup> y Sohn OJ<sup>(44)</sup>, presentan casi de forma simultánea, una modificación de la técnica transtibial sin modificar las características del túnel tibial y con la que consiguen situar la plastia en la huella nativa del LCA obteniendo los mismos resultados en cuanto a estabilidad traslacional y rotacional así como satisfacción, que con la técnica anatómica por portal anteromedial. De esta forma, se evitan las complicaciones derivadas de la técnica anatómica por el portal anteromedial como son el riesgo de daño de cóndilo medial, un túnel femoral más corto, riesgo de lesión de la cortical femoral posterior..., obteniendo los mismos resultados.

Según los autores, dando varo y rotación interna a la pierna a la hora de situar la guía femoral, se consigue que la aguja se posicione sobre la huella nativa del LCA.



Maniobras de rotación tibial interna, varo y cajón anterior para situar la plastia en la huella nativa a través del portal transtibial.

© 42,43



Corte transversal de los túneles creados por (A) la técnica transtibial modificada y (B) por portal anteromedial.

43. Youm YS, Cho SD, Lee SH, Youm CH. Modified transtibial versus anteromedial portal technique in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Comparison of femoral tunnel position and clinical results. *Am J Sports Med.* 2014;2(12):2941-47

Posteriormente nuevos artículos usan las modificaciones de la técnica transtibial obteniendo resultados muy similares a la anatómica anteromedial, medializando la salida del túnel tibial obteniendo una oblicuidad de 60-65° en el plano coronal. Los resultados presentados son muy similares en ambos grupos. El mayor riesgo de la medialización del túnel tibial es la lesión articular del platillo tibial medial y el riesgo de túnel tibial corto<sup>(18,32,34,45,46)</sup>

En cuanto a la tasa de fallos de la ligamentoplastia, muchos son los estudios que han reportado resultados similares, indicando que la principal causa de fallo de la plastia es la orientación más vertical (no inserción de la plastia en huella nativa) de la misma.<sup>(47,48,49,50)</sup>

En 2013 Rahr-Wagner<sup>(51)</sup>, en el mayor estudio realizado hasta la fecha, muestra un aumento del riesgo de revisión con la técnica anatómica anteromedial en comparación con la transtibial. Su hipótesis sugiere que estos hechos pueden ser debidos a la mayor complejidad de la técnica AMP o a las mayores fuerzas a las que se somete a la plastia inserta en la huella anatómica, provocando una mayor tasa de rotura de la misma.

Este año (2017), Jaecker V<sup>(52)</sup> presentó su estudio original en el cual presenta unos resultados cuanto menos interesantes. Revisa 147 casos de fallos de ligamentoplastias, de los que incluye 101 en el estudio. 64 realizados mediante técnica transtibial y 37 vía anatómica anteromedial. Los autores no encuentran diferencias significativas en la incidencia en cuanto a la localización no anatómica del túnel femoral entre la técnica transtibial (79%) y anteromedial (73%). Esta posición no anatómica ha sido indentificada como la principal causa de revisión, presentada en el 79% de los casos revisados



### **CONCLUSIONES**

En la actualidad, la reconstrucción del LCA mediante banda simple se considera la técnica de elección. Existen multitud de técnicas, siendo la transtibial y la anatómica a través del portal anteromedial las dos más utilizadas por los cirujanos ortopédicos.

Basándonos en los estudios que comparan la técnica transtibial tradicional (no alcanza la huella anatómica femoral) con la técnica anatómica, la mayoría presentan unos resultados estadísticamente significativos superiores en cuanto a estabilidad rotacional (Pivot Shift) para la técnica anatómica. No obstante, no encuentran diferencias en cuanto a satisfacción de los pacientes (Lysholm y Tegner), lo que nos indica que esa relativa inestabilidad rotacional no tiene significación clínica en la actividad habitual de los pacientes.

Los estudios más reciente que comparan la técnica anatómica por portal anteromedial con la técnica transtibial modificada, no han conseguido demostrar superioridad de una técnica sobre la otra en cuanto a estabilidad antero-posterior, rotacional, ni satisfacción de los pacientes se refiere. Las técnicas modificadas basadas en las modificaciones del túnel tibial no están exentas de complicaciones, siendo el riesgo de lesión del platillo tibial medial y el túnel tibial corto las más frecuentes.

La localización anatómica se considera habitualmente como la principal causa de fallo de la plastia, a pesar de los resultados del estudio danés, que indica que las tasas de revisión son mayores en las plastias que presentan inserción femoral anatómica

Por ello, se puede llegar a la conclusión que cualquiera de las dos técnicas realizadas de forma correcta y minuciosa va a dotar a la rodilla intervenida de estabilidad suficiente para realizar una vida deportiva adecuada, y que cada cirujano debe utilizar la técnica con la que se encuentra más familiarizado y sea capaz de desarrollar con más garantías para el paciente.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Amis AA, Dawkins CPC. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament: fiber bundle actions related to ligament replacements and injuries. J Bone Joint Surg Br. 1991. 73B:260-267.
2. Anderson CJ, Zieger CG, Wijdicks CA, Engebretsen L, LaPrade RF. Arthroscopically pertinent anatomy of the anterolateral and posteromedial bundles of the posterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg Am. 2012. 94(21):1936-1945.
3. Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. Sports medicine and arthroscopy review. 2011 Jun 1;19(2):82-92.
4. Segawa H, Omori G, Koga Y. Long-term results of non-operative treatment of anterior cruciate ligament injury. Knee. 2001 Mar;8(1):5-11
5. Garret WE, Speer KP, Kirkendall DT. Principles and practice of orthopaedic sports medicine. Lippincott, Williams &Wilkins; Philadelphia, PA, 2000;pp:626.33
6. Duquin TR, Wind WM, Finberg MS, Smolinski RJ, Buyea CM. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. J Knee Surg. 2009;22:7-12
7. Muller B, Hofbauer M, Wongcharoenwatana J, Fu FH. Indications and contraindications for double-bundle ACL reconstruction. Int Orthop. 2013;37(2):239-46
8. Chen G, Wang S. Comparison of single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction after a minimum of 3-year follow-up: a meta-analysis of randomized controlled trials. 2015;8(9):14604-14

9. Tiamklang T, Sumanont S, Foocharoen T, Laopaiboon M. Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligamente ruptura in adults. Cochrane database Syst Rev 2012. Jan[cited 2015 Dec 8];11:CD00841
10. Zhang Y, Xu C, Dong S. et al. Systemic Review of anatomic single versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: does femoral tunnel drilling technique matter? Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg. 2016;32(9):1887-1904
11. Zaffagnini S, Brunin D, et al. Single-bundle patellar tendón versus non-anatomical double-bundle hamstring ACL reconstruction: a prospective randomized study at 8-year minimun follo-up. Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc. 2011;19:390-97
12. Adravanti P, Dini F et al. Single-Bundle versus double bundle anterior cruciate ligament reconstrucion: a prospective randomized controlled trial with 6-year follow-up. J Knee Surg. 2017 Feb 20. Doi: 01.1055/s-0037-1598176
13. Potter MS, Werner FW, Sutton LG, Schweizer SK. A comparison of anterior cruciate ligament graft orientation: anatomic vs transtibial. Clinical Biomechanics. 2012;27:602-606
14. Lubowitz JH. Anatomic ACL reconstruction produces greater graft length change during knee range-of-motion than transtibial technique. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg. 2014;22:1190-1195
15. Alentorn-Geli E, Lajara F et al. The transtibial versus the anteromedial portal technique in the arthroscopic bone-patellar tendón-bone anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2010;18:1013-1037
16. Alentorn-Geli E, Samitier et al. Anteromedial portal versus transtibial drilling techniques in ACL reconstruction: a blinded cross-sectional study at two-to five year follow up. International orthopaedics (SICOT) 2010;34:747-754

17. Young-Soo S, Kyung-Han R et al. Location of the femoral tunnel aperture in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Comparison of the transtibial, anteromedial portal and outside-in techniques. *Am J Sport Med* 2013; 41(11):2533-39
18. Zehir S, Sahin E, Songür M, Kalem M. Conventional trans-tibial versus anatomic medial portal technique for femoral tunnel preparation in anterior cruciate ligament reconstruction; comparison of clinical outcomes. *Niger J Clin Pract* 2016;19:475-9.
19. Bedi A, Musahl V, Seuber V, et al. Transtibial versus anteromedial portal reaming in anterior cruciate ligament reconstruction: an anatomic and biomechanical evaluation of surgical technique. *Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg.* 2011; 27(3):380-390
20. Sim JA, Gadikota HR, Li JS et al. Biomechanical evaluation of knee joint laxities and graft forces after anterior cruciate ligament reconstruction by anteromedial portal, outside-in, and transtibial techniques. *Am J Sport Med.* 2011;39(12):2604-10
21. Gaditoka HR, Sim JA, Ali Hm et al. The relationship between femoral tunnels created by the transtibial, anteromedial portal, and outside-in techniques and the anterior cruciate ligament footprint. *Am J Sport Med.* 2012; 40(4):882-888
22. Lim HC, Yoon YC, Wang JH, Bae JH. Anatomical versus non-anatomical single bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study of comparison of knee stability. *Clinics in orthopedic surgery* 2012;4:249-255
23. Moreira G, Soares D, Ribeiro EL et al. Clinical and three-dimensional computed tomographic comparison between ACL transportal versus ACL transtibial single-bundle reconstructions with hamstrings. *The Knee.* 2014;21:1203-1209.
24. Osti M, Krawinkel A, Ostermann M et al. Femoral and tibial graft tunnel parameters after transtibial, anteromedial portal, and outside-in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med* 2015;43(9):2250-58

- 25.** Al Sobeai M, Al Turki A, Al Eissa S, et al. Radiographic (IRM) evaluation of the anteromedial versus the transtibial technique in anterior cruciate ligament reconstruction. *Saudi Journal of Sport Medicine*. 2015 May;15(2):181-186
- 26.** Riboh JC, Hasselvlad V, Godin JA, Mather RC. Transtibial versus independent drilling techniques for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sport Med*. 2013;41:2693-702
- 27.** Hussein M, van Eck, Crtnik A, Dinevsky D, Fu FH. Prospective randomized clinical evaluation of conventional single-bundle, anatomic single-bundle, and anaatomic doublé-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: 281 cases with 3-to 5-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2012;40:512-20.
- 28.** Mirzatolooei F. Comparison of short term clinical outcomes between transtibial and transportal transfix femoral fixation in hamstring ACL reconstruction. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2012;46(5):361-366
- 29.** Seon JK, Park SJ, Lee KB et al. In vivo stability and clinical comparison of anterior cruciate ligament reconstruction using low or high femoral tunnel positions. *Am J Sports Med*. 2011;39(1):127-133
- 30.** Chalmer PN, Mall NA, Cole BJ et al. Anteromedial versus transtibial tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstructions: A systematic review. *Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg*. 2013; 29(7):1235-1242
- 31.** Azboi I, Demirtas A, Gem M et al. A comparison of the anteromedial and transtibial drilling technique in ACL reconstruction after a short-term follow up. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2014;134:963-969
- 32.** Chen Y, Chua KHZ, Singh A et al. Outcome of single-bundle hamstring anterior cruciate ligamente reconstruction using the anteromedial versus the transtibial

technique: a systematic review and meta-analysis. *Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg.* 2015; 31(9):1784-1794

**33.** Bohn MB, Sørensen H, Petersen MK, Søballe K, Lind M. Rotational laxity after anatomical ACL reconstruction measured by 3-D motion analysis: a prospective randomized clinical trial comparing anatomic and nonanatomic ACL reconstruction techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 23:3473–3481

**34.** Nassef NM, Mansour AMR, Radwan YA. Anteromedial portal technique versus trans-tibial technique for anterior cruciate ligament single-bundle reconstruction: in-vivo anatomical study. *Egypt Orthop J.* 2017;51:131-136

**35.** Kilinc BE, Kara A, Oc Y et al. Trans-tibial vs anatomical single bundle technique for anterior cruciate ligament reconstruction: A retrospective cohort study. *Int J Surg.* 2016; 29:62-69

**36.** Yanasse RH, Lima AA, Antoniassi RS et al. Trans-tibial technique versus two incisions in anterior cruciate ligament reconstruction: tunnel positioning, isometricity and functional evaluation. *Rev Bras Ortop.* 2016; 51(3):274-281

**37.** Herdoizq CA, Sánchez-Pérez E, Reyes-Mares A, Maldonado-Vega M. Resultados de la satisfacción subjetiva y traslación tibial residual entre 3 técnicas de reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Rev Latinoam Cir Ortop.* 2016;1(3):83-87

**38.** Lee DH, Kim HJ, Ahn HS Bin SI. Comparison of femoral tunnel length and obliquity between trans-tibial, anteromedial portal, and outside-in surgical techniques in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis.

**39.** Bowers AL, Bedi A, Lipman JD et al. Comparison of anterior cruciate ligament tunnel position and graft obliquity with trans-tibial and anteromedial portal femoral tunnel reaming techniques using high-resolution magnetic resonance imaging. *Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg.* 2011;27(11):1511-1522

- 40.** Bedi A, Musahl V, Steuber V, et al. Transtibial versus anteromedial portal reaming in anterior cruciate ligament reconstruction: An anatomic and biomechanical evaluation of surgical technique. *Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg.* 2011;27:380-390
- 41.** Celentano U, Cardoso MPA, Martins CA et al. Use of transtibial aimer via the accessory anteromedial portal to identify the center of the ACL footprint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20:69-74
- 42.** Lee JK, Lee S, Seong SC, Lee MC. Anatomic single-bundle ACL reconstruction is posible with use of the modified transtibial technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:664-72
- 43.** Youm YS, Cho SD, Lee SH, Youm CH. Modified transtibial versus anteromedial portal technique in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Comparison of femoral tunnel position and clinical results. *Am J Sports Med.* 2014;2(12):2941-47
- 44.** Sohn OJ, Lee DC, Park KH, Ahn HS. Comparison of the modified transtibial tehniqe, anteromedial portal technique and outside-in technique in ACL reconstruction. *Knee Surg Relat Res.* 2014;26(4)241-8
- 45.** Chung JY, Ha CW, Lee DH, et al. Anatomic placement of the femoral tunnel by a modified trasntibial technique using a large-offset femoral tunnel guide: a cadaveric study. *The Knee.* 2016;23:659-665
- 46.** Betoni-Guglielmetti LG, Leite-Cury RP, Arbix-Camargo OP, et al. Transtibial versus anteromedial portal techniques in ACL reconstruction. *Rev Bras Med Esport.* 2016;22(5):368-373
- 47.** Kamath GV, Redfern JC, Greis PE, Bruks RT. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):199-217

48. Duffee A, Magnussen RA, Pedroza AD, Flanigan DC, et al. Transtibial ACL femoral tunnel preparation increases odds of repeat ipsilateral knee surgery. *J Bone Jt Surg Am*. 2013;95(22):2035-2042

49. Morgan JA, Dahm D, Levy B, Stuart MJ, Group MS. Femoral tunnel malposition in ACL revision reconstruction. *The journal of knee surgery*. 2012;25(5):361-368

50. Marchant BG, Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C. Prevalence of nonanatomical graft placement in a series of failed anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med*. 2010;38(10):1987-96

51. Rahr-Wagner L, Thillemann TM, Pedersen AB, Lind MC. Increased risk of revision after anteromedial compared with transtibial drilling of the femoral tunnel during primary anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish Knee Ligament Reconstruction Register. *Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg*. 2013;29(1):98-105

52. Jaecker V, Zapf T, Naendrup JH, et al. High non-anatomic tunnel position rates in ACL reconstruction failure both transtibial and anteromedial tunnel drilling techniques. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;DOI 10.1007/s00402-017-2738-3