

Tunelizaciones en la reconstrucción del ángulo posterolateral de la rodilla. Valoración mediante TC en un modelo cadavérico

P.E. Gelber^{1,2}, J.J. Erquicia², F. Abat¹, G. Sosa², X. Pelfort², M. Tey², J.C. Monllau^{1,2}

¹ Servicio de Ortopedia y Traumatología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Universitat Autònoma de Barcelona

² Unidad de Artroscopia y Rodilla. ICATME-Institut Universitari Dexeus. Universitat Autònoma de Barcelona

Correspondencia:

Pablo Eduardo Gelber

Servicio de Ortopedia y Traumatología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
Universitat Autònoma de Barcelona. c/ Sant Quintí, 89. 08041 Barcelona

Tel: + 34 93 553 70 31 • Fax: + 34 93 553 70 33

Correo electrónico: pablogelber@gmail.com

Objetivo: Establecer el mejor ángulo de los túneles del ligamento colateral lateral (LCL) y tendón poplíteo (TP) en la reconstrucción del ángulo posterolateral de la rodilla.

Métodos: Se realizaron artroscópicamente los túneles del ligamento cruzado anterior (LCA) y posterior (LCP) en 8 rodillas cadavéricas. Se simularon los túneles del LCL y TP con agujas de Kirchsner a 0° y 30° en el plano coronal y axial. Mediante tomografía computada se establecieron sus relaciones con el intercóndilo y con los túneles del LCA y LCP.

Resultados: El túnel del TP tiene riesgo de colisión con el del LCA a 0° en el plano coronal ($p < 0,001$) y con el de LCP a 0° en ambos planos y a 30° en el axial ($p < 0,001$). El LCL sólo evitaba interferir con el del LCA a 30° de desviación axial y 0° de desviación coronal.

Conclusiones: En la reconstrucción combinada del ángulo posterolateral de la rodilla y ligamentos cruzados, los túneles del TP se deben realizar a 30° de desviación axial y coronal. Por su parte, los túneles del LCL se deben realizar a 30° en el plano axial y 0° en el plano coronal.

Palabras clave: *Ángulo posterolateral. Interferencia de túneles. Rodilla multiligamentaria. Luxación de rodilla.*

Tunnelizations in the reconstruction of the posterolateral angle of the knee. CT assessment in a cadaveric model

Aim: To assess the best possible angle for the tunnels for the lateral collateral ligament (LCL) and the popliteal tendon (PT) in the reconstruction of the posterolateral angle of the knee.

Methods: The tunnels for the anterior and posterior cruciate ligaments (ACL and PCL, respectively) were arthroscopically bored in eight cadaver knees. The LCL and PT tunnels were simulated with Kirschner wire nails inserted at 0° and 30° angles to the coronal and axial planes. Their relationships to the intercondylus and to the ACL and PCL tunnels were established through CT imaging.

Results: The PT tunnel shows a risk of collision with the ACL one at 0° to the coronal plane ($p < 0.001$) and with the PCL one at 0° to both planes and at 30° to the axial one ($p < 0.001$). The LCL tunnel avoided interference with the ACL one only at 30° axial and 0° coronal deviation.

Conclusions: In the combined reconstruction of the posterolateral angle and cruciate ligaments of the knee, the PT tunnels should be bored at 30° deviation to the axial and coronal planes. The LCL tunnels should be bored at 30° deviation to the axial plane and at 0° deviation to the coronal one.

Key words: *Posterolateral angle. Tunnel interference. Multiligamentary knee. Knee luxation.*

INTRODUCCIÓN

Las infrecuentes lesiones del ángulo posterolateral (APL) de la rodilla pueden conducir a una discapacidad crónica secundaria a una inestabilidad persistente y al deterioro del cartílago articular si no son apropiadamente tratadas. Estudios anatómicos y biomecánicos recientes sobre el APL han remarcado su importancia en la estabilidad de la rodilla^(1,2).

Para entender el APL y consecuentemente afrontar su reconstrucción, es elemental un completo conocimiento de su anatomía y biomecánica, ya que son la base de un correcto diagnóstico clínico, imagenológico y abordaje quirúrgico.

Mientras que el bíceps femoral, el tracto ilirotibial, la cabeza lateral del gemelo y el complejo poplíteo proveen la estabilidad dinámica del APL, la estabilidad estática es principalmente proporcionada por el ligamento colateral lateral (LCL) y el ligamento poplíteo-peroneo (LPP).

Un diagnóstico temprano puede permitir la reparación primaria de las estructuras dañadas en lugar de su reconstrucción en los casos de lesiones de más tiempo de evolución. Las lesiones del APL que no son tratadas han demostrado que incrementan los fallos de las plastias del LCA y LCP^(3,4,5).

Se han descrito innumerables técnicas de reconstrucción del LPP y del LCL. La gran mayoría de ellas incluyen la realización de tunelizaciones a través del cóndilo femoral lateral, que acaban interesando tanto al intercóndilo como al cóndilo medial. Aún más, como en la gran mayoría de casos las reconstrucciones del APL se realizan concomitantemente a reconstrucciones de los ligamentos cruzados, se presentan desafíos de falta de espacio en cuanto a dichos túneles. Hay en la bibliografía cientos de artículos que estudian los túneles del LCA y sus implicancias en cuanto a su biomecánica, riesgos neurovasculares, relaciones con estructuras lindantes, riesgos de roturas de los túneles, etc.^(6,7,8,9). Sin embargo, llama la atención la falta de estudios en la bibliografía respecto a la realización de túneles para reconstruir las estructuras del APL.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue precisamente el estudio de dichos túneles en cuanto a la angulación en los tres planos del espacio, y su relación tanto con el espacio intercondíleo como de los túneles usados en la reconstrucción tanto del LCP y del LCA.

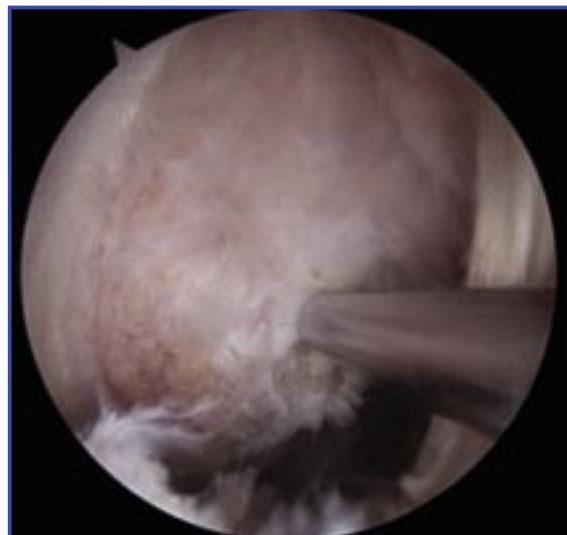


Figura 1. Imagen artroscópica de una rodilla derecha. El túnel femoral del LCA fue situado en el centro anatómico de su huella femoral.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 8 rodillas cadavéricas frescas del departamento de Ciencias Morfológicas de la Universitat Autònoma de Barcelona. Tenían una media de edad de 74,7 años (5 izquierdas y 3 derechas). Se descartaron previamente aquellas rodillas que presentaban cambios degenerativos, signos de intervenciones quirúrgicas previas, o una movilidad inferior a 135° de flexión. Los especímenes se montaron en un soporte específico de rodilla (Extremity Holder, Sawbones, Suecia).

Se realizaron mediante técnica artroscópica por el mismo cirujano, los túneles femorales del LCA y del LCP:

- El túnel femoral del LCA se realizó en el centro anatómico de su huella (**Figura 1**) a través del portal anteromedial, con las siguientes características técnicas: 5 mm en todo el espesor del cóndilo femoral lateral y 10 mm menos de un diámetro de 9 mm. Esto simula la utilización de un sistema de suspensión cortical.
- El túnel femoral del LCP se realizó en el centro anatómico del fascículo anterolateral (**Figura 2**), alto (aproximadamente a la 1 en punto en la esfera horaria en una rodilla derecha) y a unos 7 mm en profundidad desde el margen del cartílago articular. Se realizó dicho túnel de 9 mm de diámetro en todo el espesor del cóndilo femoral medial, simulando una técnica fuera dentro.



Figura 2. Imagen artroscópica de una rodilla derecha. El túnel femoral del LCP fue centrado en la huella de su fascículo anterolateral.

Posteriormente se realizó la disección de las partes blandas de la región posterolateral de la rodilla, aislando sin desinsertar el LCL y el TP. Se inició el estudio de dos tipos de túneles: uno a nivel de la inserción femoral del LCL y otro a nivel de la inserción del tendón del músculo poplíteo. Con una aguja guía de 2,4 mm se realizaron 4 diferentes perforaciones en cada uno de los dos puntos de entrada citados. Se valoraron 2 angulaciones en el plano coronal y otras 2 en el plano axial; por tanto, fueron realizados 4 diferentes perforaciones en cada uno de los dos túneles estudiados (**Figura 3**).

1. LCL con 0° en el plano axial y 0° en el plano coronal.
2. LCL con 0° en el plano axial y 30° en el plano coronal.
3. LCL con 30° en el plano axial y 0° en el plano coronal.
4. LCL con 30° en el plano axial y 30° en el plano coronal.
5. TP con 0° en el plano axial y 0° en el plano coronal.
6. TP con 0° en el plano axial y 30° en el plano coronal.
7. TP con 30° en el plano axial y 0° en el plano coronal.
8. TP con 30° en el plano axial y 30° en el plano coronal.

Una vez estudiadas las relaciones mediante TC, se calculó que el túnel en una situación clínica sería de 7 mm, por tanto, los límites del tú-

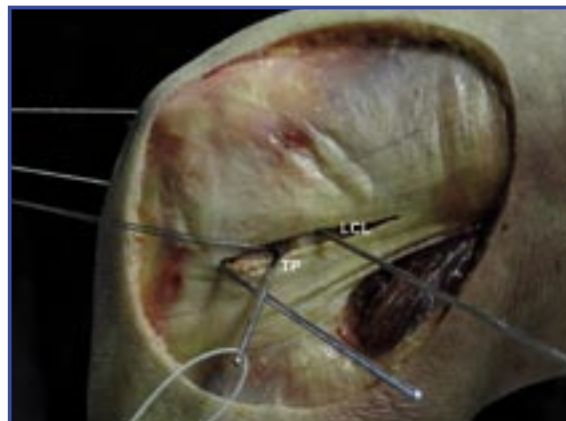


Figura 3. Se realizaron 4 túneles con las 4 angulaciones testeadas a través del mismo punto de entrada. En este caso, se observan las agujas guía del LCL a 0° en el plano axial y coronal y la aguja guía del TO a 0° en el plano axial y 30° en el plano coronal.

nel serían 2,3 mm más anchos que el túnel realizado (se determinó un margen de seguridad 0,2 mm más amplio).

Teniendo en cuenta una referencia bibliográfica reciente⁽¹⁰⁾, se descartó realizar previamente 3 orientaciones en cada plano. Este estudio encontró diferencias entre los túneles realizados a 0° con los realizados a 20°/40°, por eso se eligieron 0° y 30°.

Estudio mediante tomografía computada

Se utilizó una técnica volumétrica con reconstrucciones en 3D en el tomógrafo LightSpeed VCT Pro 5-Beat Cardiac with AW VolumeShare (GE Healthcare, Waukesha, WI, USA) en el Institut Universitari Dexeus de Barcelona. Se midieron las relaciones de cada perforación respecto tanto al espacio intercondíleo (clínicamente produciría la apertura del túnel intrarticularmente) como de los túneles femorales del LCA y LCP (clínicamente produciría el daño de la plastia o su sistema de fijación dentro de ellos).

Se midió la distancia más corta de cada túnel de 2,4 mm en cada uno de los tres planos del espacio. Como se comentó previamente, se estableció un margen de seguridad de 2,5 mm.

Las mediciones se realizaron en referencia con:

- Túnel del LCA.
- Túnel del LCP.



Figura 4. Imagen de tomografía computada de una rodilla izquierda. En este caso se observa cómo el túnel del LCL atraviesa por el medio el túnel del LCA(*).

Tabla 1	
DISTANCIAS DESDE EL TP Y LCL AL TÚNEL DEL LCA	
	Túnel LCA
A) Túnel del tendón poplíteo	
0° axial/0° coronal	1,8 (6,6 ± 3,7)
0° axial/30° coronal	0 (1,7 ± 1,4)
30° axial/0° coronal	7,5 (10,5 ± 2,9)
30° axial/30° coronal	3,9 (5,7 ± 2,1)
P	< 0,001
B) Túnel del ligamento colateral lateral	
0° axial/0° coronal	1,9 (6,3 ± 2,6)
0° axial/30° coronal	0 (3,6 ± 3,1)
30° axial/0° coronal	5 (10,2 ± 2,8)
30° axial/30° coronal	0 (6,6 ± 3,7)
P	< 0,001

Los datos se expresan en milímetros como mínimo (media ± desviación estándar).

- Profundidad de seguridad para no caer en el intercóndilo (es decir, con cada túnel se midió cuántos mm eran necesarios hasta el techo del intercóndilo. Se diferenciaron los que por su trayectoria caen en el intercóndilo, de los túneles que no invaden el intercóndilo.
- Determinación de los casos de coalescencia de los túneles de TP y LCL con el del LCA.

Análisis estadístico

Las variables categóricas se presentan como porcentajes y frecuencias. La media y desviación estándar, así como la mediana, mínimo y máximo fueron calculados para cada variable continua.

El análisis de la varianza (ANOVA) con mediciones repetidas fue usado para las comparaciones múltiples de los valores medios de cada ángulo estudiado. El test de Greenhouse-Geisser fue usado para evitar cualquier posible violación de la asunción de esfericidad.

El análisis estadístico fue realizado con el software SPSS 19 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA), y la significancia estadística fue la habitual de 0,05.

RESULTADOS

Con el túnel del TP a 0° de desviación axial, se observó un alto riesgo de colisión con el túnel del LCA (Figura 4) (Tabla 1A).

Sólo se evitó la colisión del TP con el túnel del LCP cuando se angulaba la guía 30° en el plano coronal ($p < 0,001$).

Sólo el túnel del TP realizado a 30° en ambos planos evitó atravesar el espacio intercondíleo.

Sólo los túneles del LCL a 30° en el plano axial y 0° coronal no colisionaron con el túnel del LCA ($p < 0,001$) (Tabla 1B).

Sólo los túneles del LCL realizados a 0° en ambos planos atravesaron el intercóndilo o interfirieron con el túnel del LCP ($p < 0,001$).

DISCUSIÓN

El presente estudio demostró un alto riesgo de colisión entre túneles cuando el ángulo posterolateral de la rodilla es reconstruido concomitantemente con los ligamentos cruzados. Sin embargo, dicha situación puede ser evitada dirigiendo el túnel del LCL anteriormente con una desviación en el plano axial de 30° manteniéndose a 0° en el plano coronal y dirigiendo el túnel del TP también 30° en el plano axial, pero con una dirección proximal de 30° en el plano coronal (Figura 4).

El ángulo posterolateral de la rodilla tiene una anatomía muy compleja, en parte debido a sus cambios filogenéticos. En animales inferiores, la cabeza del peroné articulaba con el

fémur y el músculo poplíteo se originaba del peroné. En animales superiores, el peroné migró distalmente y el tendón poplíteo adquirió una inserción femoral mientras mantuvo su inserción peroneal⁽¹¹⁾.

Para entender el APL y consecuentemente afrontar su reconstrucción, es elemental un completo conocimiento de su anatomía y biomecánica, ya que son la base para un correcto diagnóstico clínico, imagenológico y abordaje quirúrgico. Mientras que el bíceps femoral, el tracto iliotibial, la cabeza lateral del gemelo y el complejo poplíteo proveen la estabilidad dinámica del APL, la estabilidad estática es proporcionada principalmente por el LCL y el LPP. La importancia de un correcto conocimiento y tratamiento del ángulo posterolateral se basa en el hecho conocido de que las lesiones de esta región de la rodilla no diagnosticadas han demostrado incrementar la tasa de fallo de las reconstrucciones de los ligamentos cruzados⁽³⁻⁵⁾.

Respecto al método de valoración de los tú-

neles utilizado en este estudio, el mismo ha sido recientemente validado⁽¹⁰⁾.

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentra el hecho de que sólo se valoraron 4 angulaciones de los túneles; sin embargo, angulaciones adicionales fueron descartadas basándose en un estudio recientemente publicado⁽¹⁰⁾. Otra limitación es que sólo se evaluaron 2 tipos de túneles femorales del LCA y del LCP.

La actual investigación demostró que tanto el túnel del LCL como el del TP deben ser realizados a unas determinadas angulaciones. Esto es más relevante incluso cuando se realizan en el contexto de reconstrucciones concomitantes de los ligamentos cruzados. En este sentido, el túnel del TP debe ser realizado a 30° en los planos axial y coronal y el túnel del LCL también a 30° en el plano axial, pero manteniendo una angulación neutra de 0° en el plano coronal, ya que otras angulaciones pueden conducir a colisiones con los túneles de los ligamentos cruzados o a desembocar prematuramente en el espacio intercondíleo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Moorman CT, LaPrade RF. Anatomy and biomechanics of the posterolateral corner of the knee. *J Knee Surg* 2005; 18: 137-45.
2. Sánchez AR, Sugalski MT, LaPrade RF. Anatomy and biomechanics of the lateral side of the knee. *Sports Med Arthrosc Rev* 2006; 14: 2-11.
3. Harner CD, Vogrin TM, Hoher J, Ma CB, Woo SL. Biomechanical analysis of a posterior cruciate ligament reconstruction: Deficiency of the posterolateral structures as a cause of graft failure. *Am J Sports Med* 2000; 28: 32-9.
4. LaPrade RF, Resig S, Wentorf F, Lewis JL. The effects of grade III posterolateral knee complex injuries on anterior cruciate ligament graft force: A biomechanical analysis. *Am J Sports Med* 1999; 27: 469-75.
5. O'Brien SJ, Warren RF, Pavlov H, Panariello R, Wickiewicz TL. Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73: 278-86.
6. Alburquerque RF, Amatuzzi MM, Pacheco AP, Angelini FJ, Campos Jr O. Positioning of the femoral tunnel for arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament: comparative study of 2 techniques. *Clinics* 2007; 62: 613-8.
7. Gelber PE, Torres R, Reina F, Pelfort X, Tey M, Monllau JC. Anatomic single bundle anterior cruciate ligament reconstruction from the anteromedial portal. Evaluation of the transverse femoral fixation in a cadaveric model. *Arthroscopy* 2010; 26: 651-7.
8. Gelber PE, Torres R, Reina F, Monllau JC. Anatomical single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with a transverse femoral fixation can be performed safely: A cadaveric study. *Am J Sport Med* 2010; 38: 1877-84.
9. Gelber PE, Erquicia J, Abat F, Torres R, Pelfort X, Rodríguez-Baeza A, Alomar X, Monllau JC. Effectiveness of a footprint guide to establish an anatomical femoral tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction. Computed tomography evaluation in a cadaveric model. *Arthroscopy* 2011 Jun; 27: 817-24.
10. Camarda L, D'Arienzo M, Palermo-Patera G, Filosto L, LaPrade RF. Avoiding tunnel collisions between fibular collateral ligament and ACL posterolateral bundle reconstruction. *Knee Surg Traumatol Arthrosc* 2011; 19: 598-603.
11. LaPrade RF, Ly TV, Wentorf FA, Engbretsen L. The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon. *Am J Sports Med* 2003; 31: 854-60.