

Anatomía y complicaciones postquirúrgicas de la ligamentoplastia del ligamento cruzado anterior valoradas mediante RM.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: Mercedes Vallejo Márquez, Marta Del Rio Arteaga, Amaya Fernández-Argüelles García, Vinicius Bianchi Batista, Rafael Muela Velasco, Maximo Villalba Varona

Objetivos Docentes

Mostrar la anatomía postquirúrgica de la **ligamentoplastia del LCA** y sus complicaciones más frecuentes.

La ligamentoplastia del LCA es una técnica quirúrgica que sustituye un LCA degenerado, roto o ausente por un injerto (alo-, autoinjerto o sintético, según la técnica empleada) en pacientes jóvenes o que independientemente de la edad tienen una importante actividad física diaria.

Conocer la semiología RM de la ligamentoplastia bien posicionada y sus complicaciones es una herramienta que ayuda al traumatólogo a la valoración integral de estos pacientes (Fig 1).

Imágenes en esta sección:

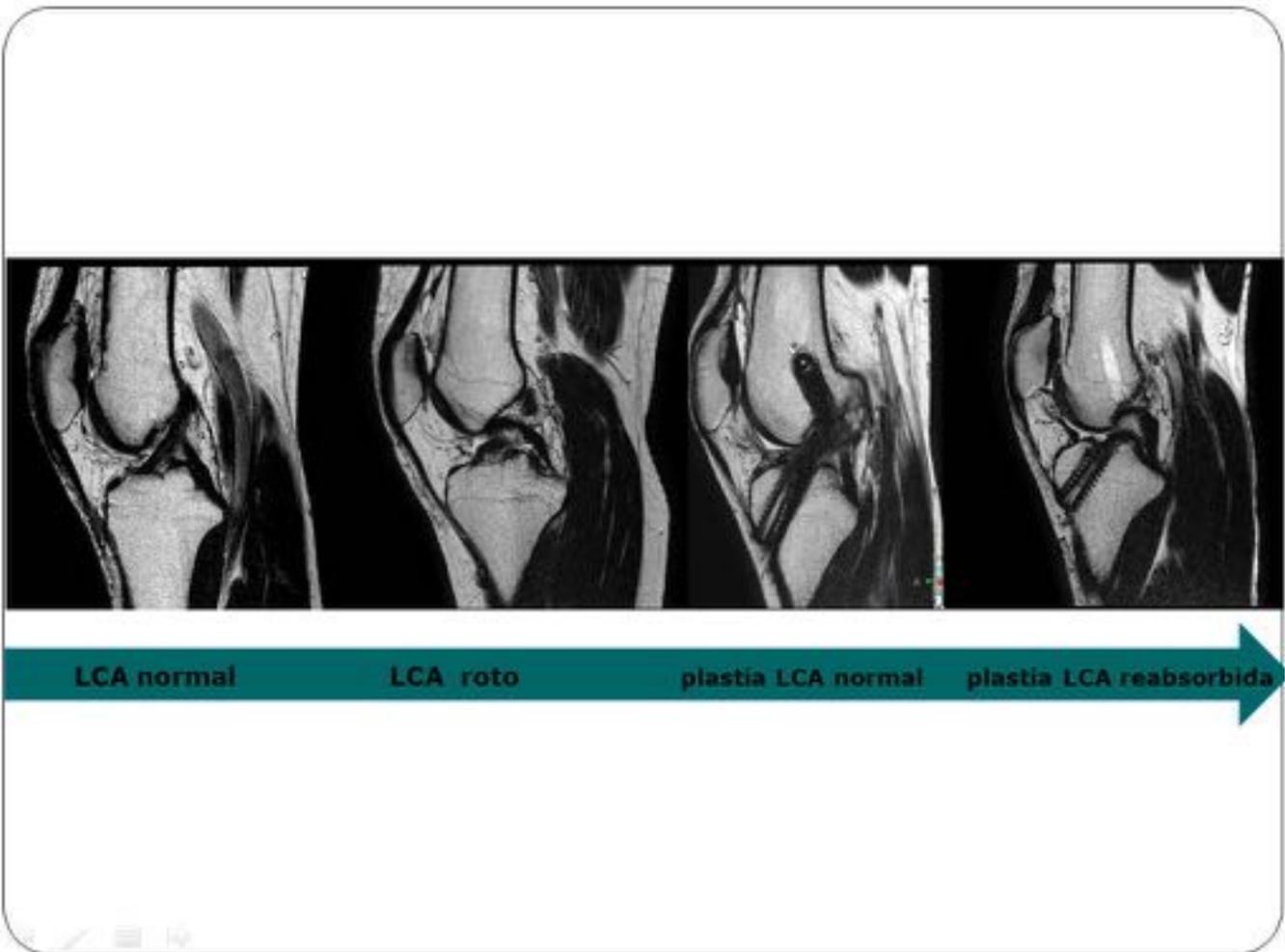


Fig. 1: Cronología de un LCA intervenido: LCA normal, LCA roto, intervenido, rotura/reabsorción de plastia del LCA.

Revisión del tema

Contestaremos a las siguientes preguntas a lo largo de la presentación:

¿Por qué es importante estudiar este tema?

¿Cuáles son las técnicas quirúrgicas más frecuentes en la actualidad?

¿Cuáles son las secuencias RM que usamos?

¿En qué detalles anatómicos tenemos que prestar especial atención a la hora de evaluar una rodilla operada mediante esta intervención?. Semiología en RM de una ligamentoplastia normal.

¿Qué patología podemos encontrar asociada a la plastia del LCA?

¿Por qué es importante estudiar este tema?

El ligamento cruzado anterior (**LCA**) es uno de los ligamentos que se lesionan con mayor frecuencia en jugadores de deportes de contacto. Representa aprox. 200.000 lesiones al año en Estados Unidos. Con el mismo nivel de actividad, las mujeres son cuatro veces más propensas a las lesiones del LCA. Hay varios factores predisponentes como las alteraciones neuromusculares y biomecánicas, mutaciones en los genes de colágeno, las hormonas sexuales femeninas o una laxitud articular anormal.

El LCA es el **ligamento del cuerpo que se repara con mayor frecuencia**.

En general, cuando las roturas son parciales y/o pacientes sedentarios, pensaremos en un tratamiento conservador. Por el contrario, en roturas completas y/o pacientes jóvenes o con vida activa, pensaremos en un tratamiento quirúrgico. La asociación a roturas de menisco, roturas de ligamentos colaterales o a inestabilidades fémoropatelares son indicadores de cirugía.

Cada año, se realizan unas 100.000 cirugías del LCA en EE.UU. Según la encuesta de actividad artroscópica en España en 2014 de la AEA, el número total de artroscopias fue aprox. 215.000; un 57% de rodilla, de las cuales de menisco más de un 50%, ligamentoplastias anteriores 30%, y no llegan al 10% procedimientos más complejos como las plastias de LCP.

¿Cuáles son las técnicas quirúrgicas más frecuentes en la actualidad?

Aunque la historia de esta técnica quirúrgica es reciente, ha evolucionado rápidamente hacia nuevas y mejores intervenciones.

- A.W. Mayo Robson (Leeds, Inglaterra) realiza la primera sutura de ambos ligamentos cruzados en 1895.
- En 1920, Hey Groves (Bristol) describía en la British Journal of Surgery sus observaciones sobre anatomía y fisiología de los ligamentos cruzados, las roturas y reparaciones.
- En 1935, Campbell (Memphis) describía la primera técnica en la que se usaba el tendón rotuliano como plastia
- En 1939, Harry B. Macey (Rochester) describía la primera técnica que usaba el tendón semitendinoso, el cual pasaba por un túnel tibial y otro femoral y se fijaba al periostio.

Uno de los objetivos que se persigue con la reconstrucción del LCA es **mantener la plastia isométrica**; entendiéndose la isometría como el mantenimiento de una longitud y tensión constantes del injerto durante los movimientos de flexo-extensión de la rodilla. La isometría de la plastia está directamente relacionado con la posición de los túneles, así un desplazamiento anterior del túnel femoral se asocia a una elongación de la plastia y consiguiente inestabilidad de la rodilla.

Las **técnicas de reconstrucción del LCA** se clasifican en extra, intraarticulares o mixtas:

Las técnicas **extraarticulares**, poco usadas en la actualidad, se asocian a una persistente traslación anterior de la tibia.

Las técnicas **intraarticulares** (vía artroscópica) tienen mejores resultados que las extra-articulares, y son las más usadas en la actualidad. Incluyen (Fig 2):

- la que utiliza como injerto el tercio medio central del tendón rotuliano ampliado a las pastillas óseas de

rótula y tuberosidad anterior de la tibia [**BPTB**]. Las pastillas óseas permiten la integración del injerto hueso a hueso. Se fija con tornillos interferenciales. Este injerto es 1,5 veces más fuerte que el LCA nativo. Se habla de un 90 % de buenos resultados, aunque también de comorbilidad de la zona donante.

- la segunda técnica más realizada en la actualidad, usa como injerto los **isquitobiales** de la misma pierna del paciente [hamstring]. Al doblar este injerto [ya de por sí doble= ST + RI] se consigue una **plastia tetrafascicular**. *Es ésta la realizada en nuestro hospital.*

- las últimas tendencias hablan de un injerto de fascículo doble que imita los fascículos pósterolateral y ánteromedial del LCA nativo, consiguiéndose así una anatomía más próxima a la realidad.

Existe un claro **cambio de tendencia respecto** a la preferencia del **tipo de injerto**.

Actualmente entre un 75%–80% de las ligamentoplastias en nuestro país se realizan con isquiotibiales, y un 20% con BPTB. En 2001 el % estaba invertido a favor de BPTB [72%] frente a un 26% con isquiotibiales.

En estudios comparativos **el autoinjerto ha dado mejores resultados** que el aloinjerto. Dentro de los primeros, el BPTB se asocia con una mayor estabilidad de la rodilla en el postoperatorio inmediato pero tiene una mayor tasa de morbilidad. Sin embargo, en términos de resultados funcionales, tanto BPTB como el injerto de isquiotibiales son similares a largo plazo.

Existe una clara **preferencia por los sistemas de fijación suspensorios en fémur** (más de un 50%) y **tornillo interferencial en tibia** (cercano al 75%). Le siguen los métodos transfixiantes en tibia (más de un 25%) y fémur (más de un 10%).

La mayoría de los dispositivos de fijación modernos tienen la fuerza suficiente para fijar el injerto, cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

Puesto que hay variedad de opciones disponibles, la selección de una combinación óptima [injerto y dispositivos de fijación] debe ser individualizada, según el paciente y la experiencia del cirujano.

Actualmente se considera como mejor opción la reconstrucción temprana seguida por rehabilitación acelerada, ya que la reconstrucción diferida se asocia con un peor pronóstico (Fig 3).

Describimos a continuación la **técnica quirúrgica realizada en nuestro hospital** (Fig 4):

- Se realiza artroscopia de rodilla por portales habituales anteromedial y anterolateral y se confirma el diagnóstico de lesión del LCA.

- Se procede a la extracción de porción de tendones isquiotibiales ipsilateral [injerto].

- Portal medial accesorio para túnel femoral anatómico con brocas flexibles para evitar lesionar el cóndilo femoral lateral. Brocado de 4,5 mm completo hasta cortical lateral y medición del túnel.

Brocado de diámetro según medición de la plastia tetrafascicular obtenida (generalmente entre 7- 9mm) con una longitud 10-15 mm inferior a la distancia del túnel completo.

- Realización del túnel tibial con guía compás específica, con grosor de la plastia ya indicado anteriormente.

- Colocación de la plastia en el sistema de suspensión e introducción de la misma a través del túnel tibial y hacia túnel femoral. Comprobación de apoyo del sistema de fijación en cortical externa tirando fuertemente de la plastia desde su salida por túnel tibial.

- Comprobar por CAR la correcta colocación de la misma.

- Finalizar fijando plastia en tibia generalmente mediante tornillo interferencial.

En caso de no poder realizar plastia con semitendinoso-recto interno, podemos obtener plastia BPTB autóloga o aloinjerto H-T-H de banco. Esta última es la elección de nuestros compañeros traumatólogos para reintervenciones ya que mediante el tallado de las pastillas óseas pueden rellenar defectos de los túneles previos.

¿Qué secuencias RM usamos? (Fig 5)

RM PHilips 1,5 T.

- **Axial y coronal DP SPAIR**, saturación espectral de la grasa.

TR:3000. TE:30. Grosor de corte 3,5 mm y reconstrucción de 3,8 mm.

- **Sagital T1 TSE**.

TR 513,6. TE: 18. Grosor de corte 3,3 mm y reconstrucción de 3,6 mm.

- **Sagital T2 FFE**.

TR. 554,1. TE: 13,8.

Grosor de corte 3,3 mm y reconstrucción de 3,6 mm.

- Sagital **específica** siguiendo trayecto del **LCA**.

T2 TSE. TR 2013,6. TE:100.

Grosor de corte 2,5 mm y reconstrucción de 2,7 mm.

Semiología RM de una ligamentoplastia normal.

1º Rx AP y L: valoraremos túneles óseos, desplazamiento anterior de la tibia y la fosa intercondílea.

2º para la valoración postquirúrgica de la ligamentoplastia del LCA mediante RM proponemos la siguiente sistemática:

1º.- posicionamiento de los túneles óseos.

2º.- orientación, integridad y señal de la plastia en las distintas secuencias

3º.- fosa intercondílea.

4º.- zona donante

5º.- resto de la rodilla.

1º.- Túneles óseos (Fig 6).

El *túnel femoral* en el plano sagital debe localizarse en la escotadura posterior a 2 mm de la cortical posterior. En imágenes coronales, el túnel femoral se coloca a la hora 11 si se trata de la rodilla derecha y a la 1, si se trata de la izquierda.

La correcta localización del túnel femoral se asocia al carácter isométrico del injerto.

El *túnel tibial* debe localizarse justo posterior a la línea de Blumensaat . Una mala localización del túnel

tibial se asocia a pinzamiento de la plastia.

El edema medular alrededor de los túneles persiste varias semanas /meses.

El liquido dentro de los túneles desaparece habitualmente a los 18 meses.

2°.- **Plastia** (Fig 7).

La **ligamentación** es el término que se usa para describir los 4 estadios histológicos por los que pasa el injerto del LCA tras ser colocado. El LCA nativo es una estructura extraarticular mientras que el injerto va a convertirse en una estructura intraarticular, a la cual van a llegar fibroblastos desde la sinovial y vasos del hueso a través de los túneles.

Estadio I: necrosis avascular.

Estadio II: revascularización [completa a las 20 semanas]

Estadio III: proliferación celular.

Estadio IV: remodelación.

El injerto presenta una hipointensidad relativamente uniforme las primeras semanas tras la cirugía.

Inicia la ligamentación a los 2-3 meses, observándose hiperintenso en las secuencias con TE corto y pudiendo presentar cierto engrosamiento.

Tras pasar la IV fase, tanto la forma como la histología, y por tanto la señal en RM, será similar a la del LCA nativo, **hipointensidad uniforme en todas las secuencias.** (Fig 8)

Las zonas hiperintensas en T2 son normales hasta 4 años o más tras la cirugía. No están correlacionadas con inestabilidad y pinzamiento, y están presentes en la mayoría de los pacientes con buena posición de los túneles.

3°.- **Fosa intercondílea** (Fig 9).

Una disminución del espacio de la fosa intercondílea [ej. 2° a osteofitos en los márgenes lateral o medial] puede contactar con la plastia, determinando un pinzamiento de la misma y a largo plazo su rotura.

Se trata mediante trocleoplastia, con extirpación de las prominencias óseas.

4°.- **Zona donante** (Fig 10).

Cuando el autoinjerto es de tendón rotuliano veremos el defecto del 1/3 central del tendón [zona de obtención del injerto].

El tendón residual permanecerá engrosado e irregular los 12-18 meses siguientes a la cirugía.

Podemos observar un ligero edema medular en la rótula y en la tuberosidad tibial, que desaparece tras varias semanas.

5º.- Resto de la rodilla.

No podemos olvidar valorar el resto de las estructuras de la rodilla siguiendo nuestra sistemática habitual: Articulación fémoropatelar, meniscos, articulación fémorotibial, LCP, ligamentos colaterales, médula ósea, hueso poplíteo, y partes blandas.

¿Qué patología podemos encontrar asociada a la plastia del LCA?

Recordamos la lectura sistemática propuesta, ilustrada con ejemplos de nuestro hospital, todos con correlación artroscópica.

1º.- Patología de los túneles óseos.

2º.- Patología de la plastia.

3º.- Patología de la fosa intercondílea.

4º.- Patología de la zona donante

5º.- Patología del resto de la rodilla.

1º.- Patología de los túneles óseos (Fig 11).

- Con un túnel femoral demasiado anterior, la longitud y tensión del injerto aumentan en flexión. Cuando es demasiado posterior, aumentan en extensión.

- Con un túnel tibial demasiado posterior, el injerto está vertical y disminuye la estabilización tibial anterior. Cuando el túnel tibial es demasiado anterior, se produce pinzamiento anterior de la plastia por el techo de la escotadura intercondílea.

En este caso (Fig 11), paciente que acude por distensión/laxitud de la rodilla. Intervenido hace 1 año, podemos observar :

- la plastia elongada, engrosada y con aumento de la señal, sin signos de rotura.
- traslación anterior de la tibia (el túnel tibial se sitúa por delante de la línea de Blumensaat).
- osteofito del borde intercondíleo medial que comprime la plastia.
- pequeño fragmento de la zona distal del tornillo interferencial que fija la plastia en la tibia, roto en la articulación.

En este otro caso (Fig 12), paciente que acude por dolor en cara externa de la rodilla, en el lugar de inserción de la plastia, podemos ver:

- los túneles óseos y plastia conservados.
- aumento de la señal en partes blandas adyacentes a la placa femoral. Se confirma dicho hallazgo en artroscopia, identificándose granuloma alrededor del tornillo cross-pin. Se retira el tornillo con gubio y se procede a limpieza de granuloma.

2º.- Patología de la plastia.

2.1.- Puede existir **rotura** de fibras parcial o completa, observándose las fibras de la plastia en una posición horizontal en el plano sagital o una laxitud de la plastia. Se suele acompañar de:

- tumefacción de partes blandas circundantes.
- contusiones medulares en meseta tibial pósterolateral y cóndilo femoral lateral cerca del surco terminal.
- derrame articular.

2.2.- **Degeneración mucinosa** del injerto:engrosamiento e hiperintensidad en T1 y T2 sin signos de rotura.

Cuando existe rotura del injerto existe un desplazamiento e inestabilidad tibial anterior similar al que ocurre en la rotura primaria del LCA.

Hablamos de fracaso temprano, si ocurre en los primeros 6 meses desde la cirugía. Normalmente se debe a una posición incorrecta o fallo de integración.

El fracaso tardío ocurre pasados los 6 meses desde la cirugía, por traumatismos de repetición.

Este paciente (Fig 13) sufrió una reabsorción de la plastia tras una artritis séptica a los 6 meses de la intervención, 2º a una infección de origen bucal por *Streptococcus pyogenes*.

Está pendiente de una nueva intervención con injerto de tendón rotuliano de banco. Se van a usar los mismos túneles, ya que se encuentran en buen estado.

Un nuevo caso de reabsorción de la plastia (Fig 14). Se trataba de un injerto liofilizado de tendón de banco donante (en general los injertos liofilizados producen un fenómeno de reabsorción que impide una correcta ligamentización de la plastia y disminuye la integración con el hueso).

Podemos ver el túnel tibial parcialmente calcificado por reabsorción parcial del tornillo tibial.

En este otro caso (Fig 15), el paciente sufre rotura completa de la plastia, que se confirma en artroscopia. Se reinterviene con tendones autólogos de semitendinoso y recto interno de rodilla contralateral, usando mismos túneles, pero el paciente sufre nueva rotura de la plastia (Fig 16). En estos momentos está pendiente de 2º rescate.

En caso de un rescate, se pueden usar los mismos túneles óseos si están en buen estado. En caso contrario, se realizan nuevas tunelizaciones óseas (Fig 17).

3º.- Patología de la fosa intercondílea.

Paciente intervenido hace 1 años de plastia de LCA, que acude por laxitud de rodilla, identificándose entre otros hallazgos un osteofito en el reborde intercondíleo medial que comprime la plastia del LCA (Fig 18).

Se trató mediante extirpación del osteofito.

De forma habitual la trocleoplastia se realiza durante la colocación del injerto, en el mismo acto quirúrgico.

5°.- Patología del resto de la rodilla.

Paciente intervenido hace 2 años, que acude al servicio de traumatología por gonalgia aguda al realizar giro. En RM, se observan los túneles óseos y plastia conservados y una **rotura en asa de cubo del MI** (Fig 19).

En la Fig. 20. mostramos el caso de un paciente intervenido de MI y LCA hace 3 años, que acude por gonalgia aguda al realizar giro. En RM, vemos los túneles óseos y la plastia de características normales, así como:

Artrosis del compartimento medial de la articulación fémoro-tibial .

Edema/contusión en CPME.

Edema óseo en margen posterior de ambos patillos tibiales, con **fractura trabecular ósea asociada tibial externa.**

Imágenes en esta sección:



Extracción del injerto del tendón rotuliano. Técnica en desuso por comorbilidad de la zona donante.



Extracción del injerto del tendón recto interno y semitendinoso (isquiotibiales) Menor comorbilidad de la zona donante.

Fig. 2: Técnicas de reconstrucción del LCA más usadas: tendón rotuliano e isquiotibiales.

TIEMPO DESDE LA CIRUGÍA	PRECOZ [menos de 3 meses]	TARDÍA [más de 1 año]
	<ul style="list-style-type: none"> -Artrofibrosis. - RHB prolongada 	<ul style="list-style-type: none"> - Osteoartritis. -Lesiones meniscales -Lesiones osteocondrales - Desgarros ligamentosos

Fig. 3: Tabla. Complicaciones precoces y tardías de la ligamentoplastia de LCA.

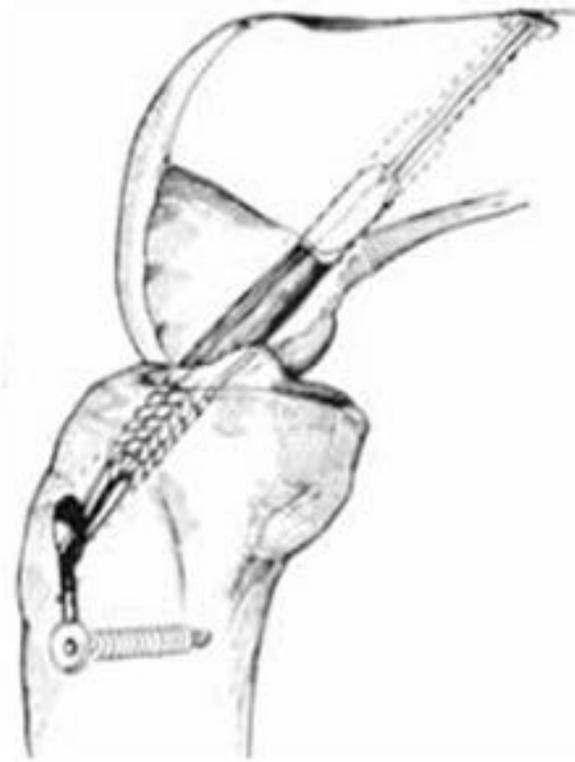


Fig. 4: Ilustración sobre procedimiento quirúrgico.

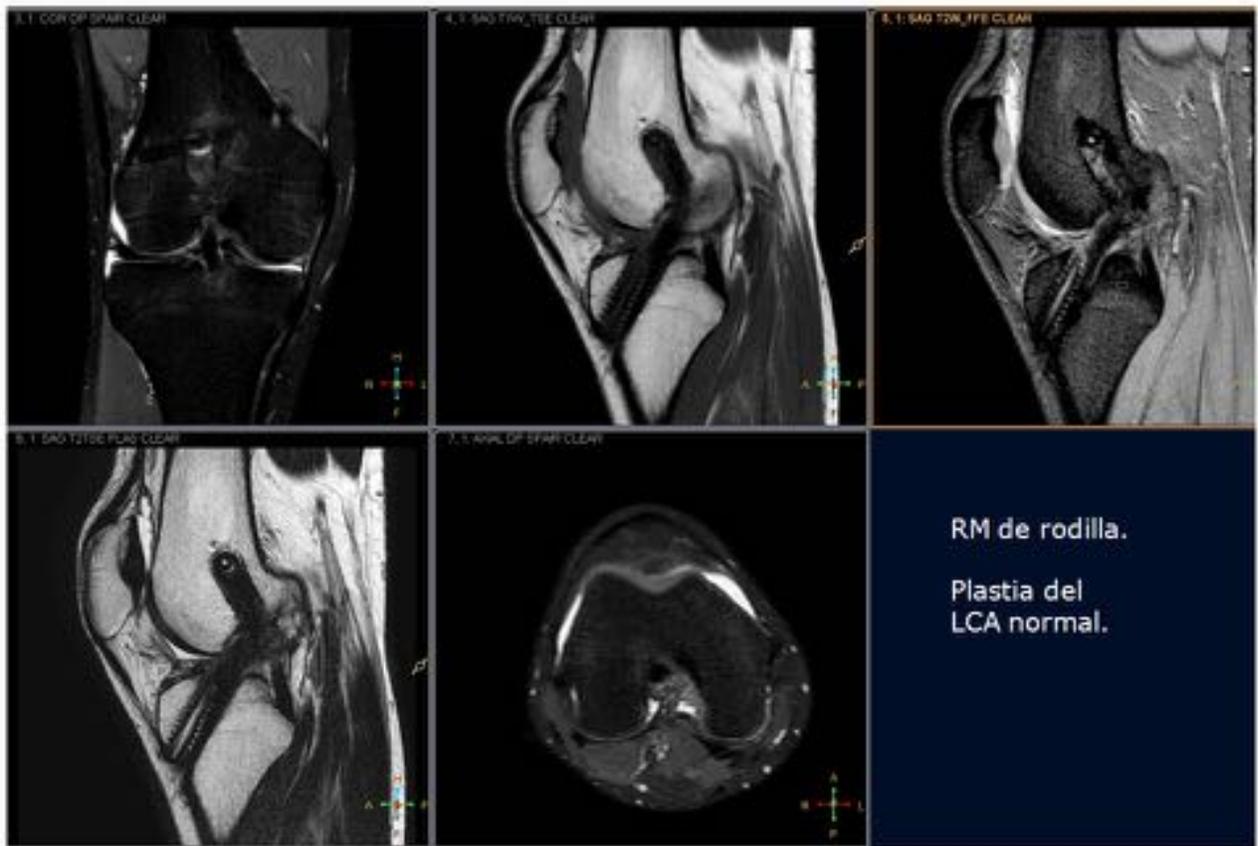


Fig. 5: Protocolo RM de rodilla realizado en nuestro centro.

1º.- Túneles óseos.



Fig. 6: Cómo valorar la posición de los túneles óseos, en el plano sagital y coronal.

2º.- Plastia [ligamentación].



Fig. 7: Ligamentación de la plastia de LCA.

2º.- Plastia.

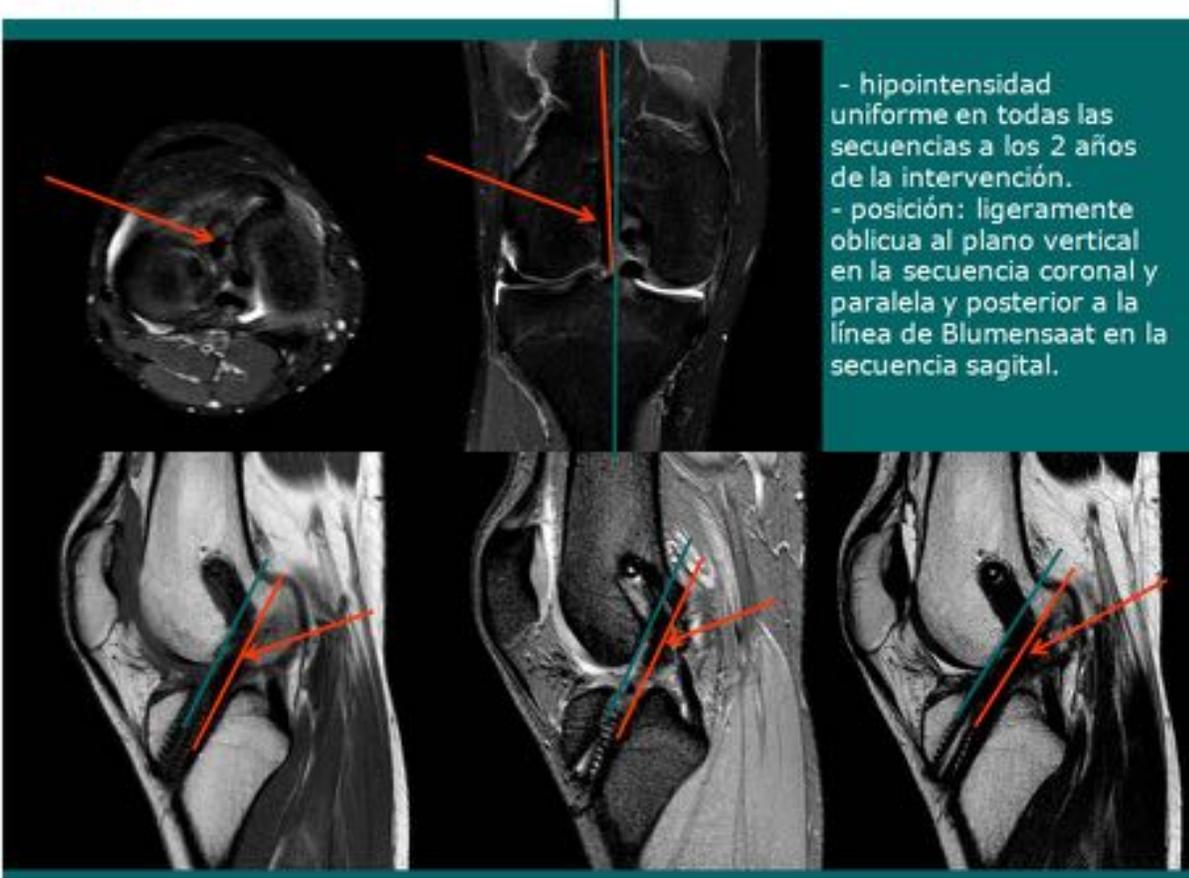


Fig. 8: Anatomía normal de la plastia de LCA en RM.

3º.- Fosa intercondílea.



Fig. 9: Valoración de las dimensiones de la fosa intercondílea y su relación con la plastia.

4º.- zona donante/tendón rotuliano.

- defecto del 1/3 central del tendón.
- tendón residual engrosado e irregular (12-18 meses).
- ligero edema medular en la rótula y en tuberosidad tibial (varias semanas).

Cambios post-extracción de injerto rotuliano dentro de la normalidad.



Fig. 10: Valoración de la zona donante si se trata de injerto de tendón rotuliano.

1º.- Patología de los túneles óseos y material quirúrgico de fijación

Pequeño fragmento de la zona distal del tornillo interferencial roto en la articulación.



- **Plastia engrosada, con aumento de su señal y elongada**, sin signos de rotura.
- **Traslación anterior de la tibia** (el túnel tibial se sitúa por delante de la línea de Blumensaat).
- **Osteofito del reborde intercondíleo medial** que comprime la plastia del LCA.
- **Pequeño fragmento de la zona distal del tornillo interferencial** (Biosteon Screw) que fija la plastia en la tibia, que se ha roto en la articulación.

Fig. 11: Caso clínico.

1º.- Patología de los túneles óseos y material quirúrgico de fijación



granuloma alrededor del tornillo cross-pin.

Plastia de grosor, señal y situación normales.

Paciente que acude por dolor en cara externa de la rodilla en lugar de inserción de la plastia. En RM se observan los túneles óseos y plastia conservados. **Aumento de la señal en partes blandas adyacentes a la placa femoral.** Se confirma hallazgo en artroscopia, identificándose **granuloma alrededor del tornillo cross-pin.** Se retira el tornillo con gubio y se procede a limpieza de granuloma.

Fig. 12: Caso clínico.

2º.- Patología de la plastia.



Reabsorción de la plastia tras artritis séptica a los 6 meses de la intervención, 2º a infección de origen bucal por *Streptococcus pyogenes*. Está pendiente de una intervención con injerto de tendón rotuliano de banco. Se van a usar los mismos túneles, ya que se encuentran en buen estado.

Fig. 13: Caso clínico.

2º.- Patología de la plastia.



Reabsorción de plastia, liofilizado de tendón de banco donante.

Fig. 14: Caso clínico.

2º.- Patología de la plastia.



1º RM. Rotura completa de plastia, que se confirma en artroscopia.

Fig. 15: Caso clínico.

2º.- Patología de la plastia.



2º RM. Rotura completa de plastia, que se confirma en artroscopia.

Fig. 16: Caso clínico.

2º.- Patología de la plastia.

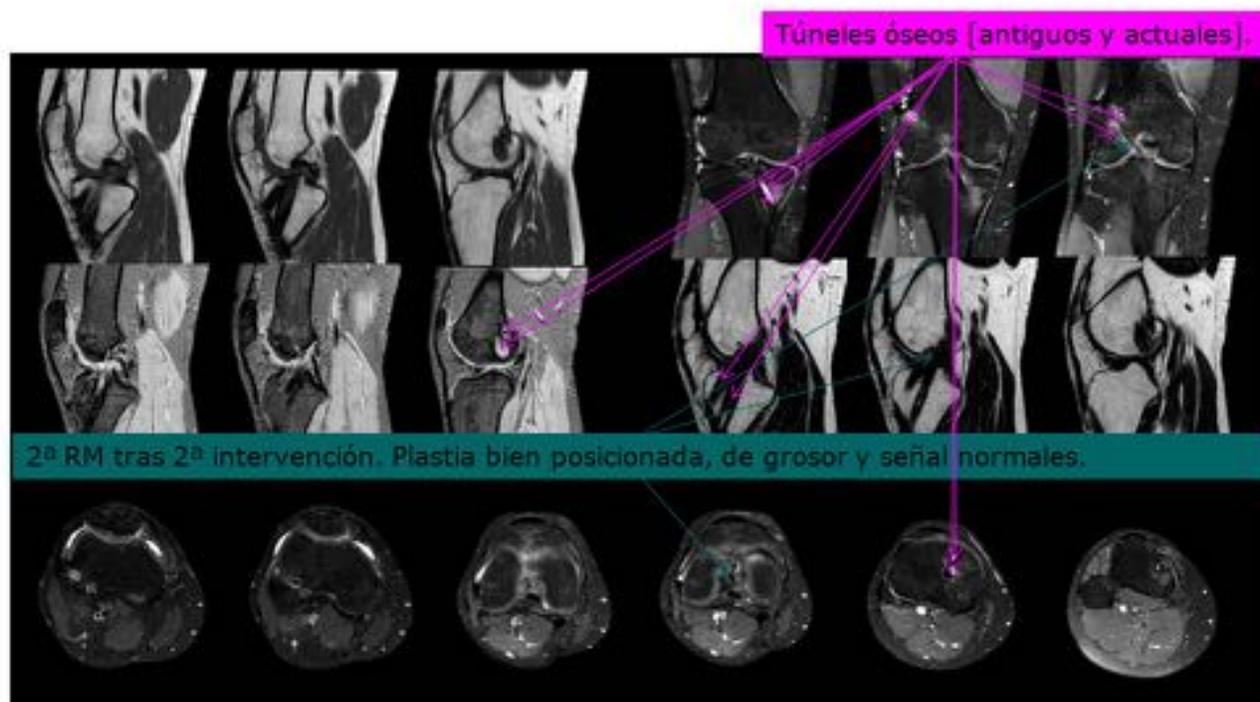
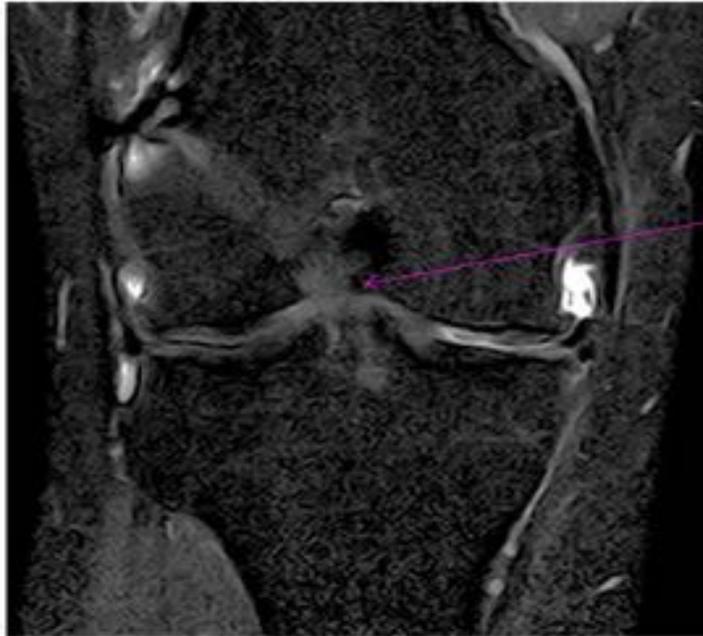


Fig. 17: Caso clínico.

3º.- Patología de la fosa intercondílea.



osteofito del reborde intercondíleo medial que comprime la plastia del LCA.

Fig. 18: Patología de la fosa intercondílea. Osteofito en margen medial que determina pinzamiento de la plastia.

5º.- Patología en resto de rodilla en paciente con plastia conservada.



Fig. 19: Rotura en asa de cubo MI. Plastia de LCA conservada.

5º.- Patología en resto de rodilla en paciente con plastia conservada.

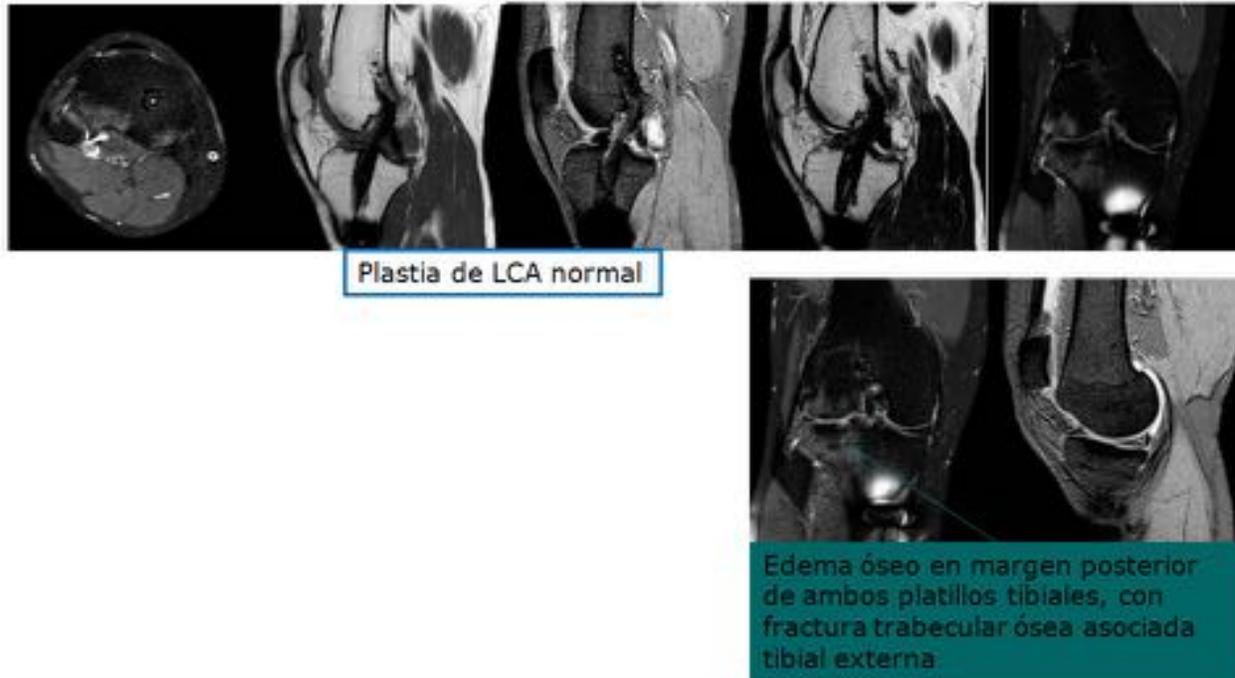


Fig. 20: Artrosis fémoro-tibial, afectación del CPME y edema/fractura trabecular tibial externa, en paciente con plastia conservada.



Falso + (diagnóstico +, enfermedad ausente).

RM: dudoso pinzamiento anterior de la plastia con el techo de la escotadura intercondílea. Como la clínica era dudosa, se sometió a exploración artroscópica, donde se observó una plastia conservada y funcional.

Fig. 21: Falso +.

Conclusiones

Es fundamental la comunicación con nuestros compañeros traumatólogos. Una buena orientación clínica nos lleva a realizar una lectura más completa de las imágenes.

Los hallazgos RM han de correlacionarse con los encontrados en artroscopia (Fig 21).

Conocer la anatomía radiológica mediante RM de la ligamentoplastia del LCA y sus complicaciones es fundamental en la valoración integral de los pacientes sometidos a esta intervención.

Bibliografía / Referencias

1.- Stoller DW. Magnetic Resonance Imaging in Orthopaedics and Sports Medicine, 3rd Edition.

- 2.- Sonin et al. Diagnóstico por la imagen. Musculoesquelético 1: Lesiones traumáticas. Marban. 6.76-6.81
- 3.- Schoderbek RJ et al. Bone-Patella Tendon-Bone Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Clin Sports Med 2007; 26: 525-547.
- 4.- Lawhorn KW et al. Principles for Using Hamstring Tendons for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Clin Sports Med 2007; 26: 567-585.
- 5.- Recht MP, et al. Imaging of the Postoperative Knee: A Pictorial Essay. RadioGraphics 2002; 22: 765-774.
- 6.- Frick MA et al. Postoperative Imaging of the knee. Radiol Clin N Am 2006 (44): 367-389.
- 7.- Naraghi A, et al. MRI Evaluation of the Postoperative Knee: Special Considerations and Pitfalls. Clin Sports Med 2006 (25): 703-725.
- 8.- Colombet PH et al. L'Histoire de la Chirurgie du LCA. (Le journal francais de l'orthopedic).
- 9.-Kevin M. Rak, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: evaluation with MR Imaging. RSNA, 1991.
- 10.- Gwinn DE et al. The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy. Am J Sports Med. 2000;28:98-102.
- 11.-Shultz SJ et al. ACL Research Retreat VI: an update on ACL injury risk and prevention. Athl Train. 2012;47:591-603.
- 12.- Chalmers PN, et al. Does ACL reconstruction alter natural history? A systematic literature review of long-term outcomes. J Bone Joint Surg Am.2014;96:292-300
- 13.- Smith TO, et al. Early versus delayed surgery for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Smith TO, Davies L, Hing CB. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2010;18:304-311.
- 14.- Church S, Keating JF. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: timing of surgery and the incidence of meniscal tears and degenerative change. J Bone Joint Surg. 2005;87:1639-1642
- 15.- Shaerf DA, Pastides PS, Sarraf KM, Willis-Owen CA Anterior cruciate ligament reconstruction best practice: A review of graft choice . World J Orthop. 2014;5:23-29.
- 16.- Goddard M et al. Incidence of graft rupture 15 years after bilateral anterior cruciate ligament reconstructions. Bone Joint J. 2013;95-B:798-802
- 17.- Yau WP et al. Tunnel positions in transportal versus transtibial anterior cruciate ligament reconstruction: a case-control magnetic resonance imaging study. Arthroscopy. 2013;29:1047-1052.
- 18.- Mandal A et al. Transportal versus transtibial drilling technique of creating femoral tunnel in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autograft. J Indian Med Assoc. 2012;110:773-775