

## Artículo de revisión

# Manejo actual de las roturas del ligamento cruzado posterior. Una revisión narrativa

S. Perelli<sup>1,2</sup>, Á. Masferrer-Pino<sup>1</sup>, R. Morales-Ávalos<sup>1,3</sup>, D. Barastegui Fernández<sup>4,5</sup>,  
A. Espinosa Ruiz<sup>6</sup>, J. Tejada Gallego<sup>7</sup>, R. Idiart<sup>8</sup>, Á. Acebrón Fabregat<sup>9</sup>, N. Urquiza Alcaraz<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Rodilla. Hospital Universitari Dexeus. Institut Català de Traumatologia i Medicina de l'Esport (ICATME). Universitat Autònoma de Barcelona

<sup>2</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital del Mar. Universitat Autònoma de Barcelona

<sup>3</sup> Servicio de Ortopedia y Traumatología. Hospital Universitario. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, NL, México

<sup>4</sup> Instituto Cugat. Hospital Quirónsalud Barcelona

<sup>5</sup> Mutualidad Catalana de Futbolistas. Federación Catalana de Fútbol. Real Federación Española de Fútbol

<sup>6</sup> Hospital Quirónsalud Ciudad Real

<sup>7</sup> Clínica Universidad de Navarra

<sup>8</sup> Hospital Vithas Xanit de Benalmádena. Hospital CHIP Málaga. Instituto Malagueño de Traumatología y Medicina del Deporte (IMATDE)

<sup>9</sup> Unión de Mutuas. Valencia

<sup>10</sup> Hospital Quirónsalud Bizkaia

## Correspondencia:

Dr. Rodolfo Morales-Ávalos

Correo electrónico: rodolfot59@hotmail.com

Recibido el 19 de enero de 2021

Aceptado el 10 de abril de 2021

Disponible en Internet: septiembre de 2021

## RESUMEN

El ligamento cruzado posterior (LCP) es el restrictor primario de la traslación posterior de la tibia y juega un papel fundamental en la estabilidad articular de la rodilla. Además de proveer una limitación para el desplazamiento posterior, el LCP también aporta estabilidad rotacional interna y externa a la rodilla. La edad media de la lesión es de 27 años, considerándose los accidentes de tráfico (45%) y las lesiones deportivas (40%) su principal etiología. Los mecanismos de producción primarios más comunes son el traumatismo directo sobre la tibia proximal con la rodilla flexionada a 90°, así como la hiperflexión e hiperextensión forzada de la rodilla. Las lesiones combinadas del LCP se suelen producir por mecanismos de varo y valgo forzados intensos que afectan a los estabilizadores primarios y secundarios de la rodilla. Las lesiones del LCP pueden identificarse en fase aguda, subaguda o crónica, siendo la exploración esencial para identificar lesiones asociadas. La radiografía simple y las pruebas de estrés permiten evaluar la gravedad de la

## ABSTRACT

### Current management of posterior cruciate ligament rupture. A narrative review

The posterior cruciate ligament (PCL) is the primary restrictor of posterior translation of the tibia and plays a key role in knee joint stability. In addition to affording limitation of posterior displacement, the PCL also provides internal and external rotational stability of the knee. The mean patient age at PCL injury is 27 years, with traffic accidents (45%) and sports injuries (40%) being the leading causes. The most common primary causal mechanisms are direct proximal tibial trauma with the knee flexed 90°, as well as forced hyperextension and hyperflexion of the knee. Combined PCL injuries usually occur via intense forced varus and valgus mechanisms that affect the primary and secondary stabilizers of the knee. Posterior cruciate ligament injuries can be identified in the acute, subacute or chronic phase, with exploration being essential in order to detect associated lesions. Plain radiographs



<https://doi.org/10.24129/j.reaca.28373.fs2101003>

© 2021 Fundación Española de Artroscopia. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® (www.fondoscience.com). Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

lesión y son un buen complemento a la resonancia magnética, que es esencial en el diagnóstico. El patrón de lesión del LCP se divide en 3 tipos según su imagen en resonancia magnética: lesión parcial o intrasustancia, lesión completa y fractura avulsión en la inserción tibial. Se recomienda tratar de manera conservadora a pacientes con una lesión parcial aislada del LCP o con una lesión completa aislada que provoque solo una inestabilidad menor. Las indicaciones de tratamiento quirúrgico ante una lesión del LCP son: 1) fallos en el tratamiento conservador; 2) lesiones aisladas con traslaciones tibiales posteriores mayores de 1 cm; y 3) lesión del LCP en el contexto de una lesión multiligamentosa de rodilla.

**Palabras clave:** Ligamento cruzado posterior. Tratamiento. Diagnóstico. Rodilla.

### Introducción

Los avances en el conocimiento de la anatomía, la biomecánica y el tratamiento del ligamento cruzado posterior (LCP) han ido evolucionando en los últimos años y, por ende, las tendencias en el tratamiento han cambiado. Las lesiones aisladas del LCP son menos comunes, ocurren típicamente de manera simultánea con roturas del ligamento cruzado anterior (LCA) o ligamentos colaterales, con mayor predominancia en el género masculino y generalmente en el contexto de actividad deportiva o accidentes de tráfico.

El objetivo de la presente revisión narrativa es analizar los aspectos prácticos más relevantes en el diagnóstico de la rotura del LCP, así como examinar las diferentes opciones para su tratamiento, estableciendo recomendaciones específicas para su manejo, basadas en la literatura más reciente. Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica para consensuar los puntos clave del diagnóstico, el tratamiento y la rehabilitación de las lesiones del LCP. La presente revisión ofrece un panorama integral al lector de la patología del LCP que abarca desde los aspectos anatómicos y biomecánicos básicos hasta las diferentes modalidades de tratamiento conservador y quirúrgico existentes.

### Anatomía y biomecánica

El LCP recibe su nombre de su inserción posterior en la tibia;

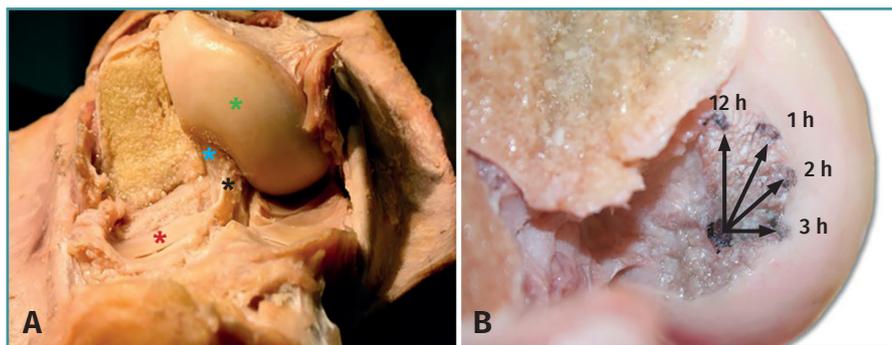
and stress tests allow us to evaluate the severity of the lesion, and are a good complement to magnetic resonance imaging (MRI), which is the key to diagnosis. Posterior cruciate ligament injuries are divided into three types according to their MRI characteristics: partial or intrasubstance lesions, complete lesions and avulsion fractures at the tibial insertion. Conservative management is advised in patients with isolated partial PCL injury or an isolated complete lesion causing only minor instability. Surgery in patients with PCL injury is indicated in the following situations: 1) failure of conservative management; 2) isolated lesions with posterior tibial translation >1 cm; and 3) PCL injury in the context of multiple ligament damage of the knee.

**Key words:** Posterior cruciate ligament. Treatment. Diagnostics. Knee.

este tiene una amplia inserción femoral (115 mm<sup>2</sup>), que abarca la mitad superior de la cara medial del cóndilo femoral medial, encontrándose su centro a unos 7,9 mm del cartílago articular distal (**Figura 1**), y se inserta en una depresión ósea de unos 70 mm<sup>2</sup> de área situada entre ambos platillos tibiales ubicada entre 5 y 10 mm por debajo del margen articular posterior de la tibia. Estudios previos han determinado que la longitud promedio del LCP es de 30 mm y tiene un diámetro promedio de 11 mm. Su irrigación proviene de manera primordial de la arteria geniculada media<sup>(1)</sup>.

En relación con el LCP se encuentran los ligamentos menisfemorales anterior y posterior, los cuales reciben su nombre de su relación con el LCP; se encuentra al menos uno de ellos en el 99% de las rodillas.

El LCP es el restrictor primario de la traslación posterior de la tibia y juega un papel fundamental en la estabilidad articular de la rodilla. El LCP está conformado



**Figura 1.** A: disección anatómica del ligamento cruzado posterior (LCP) (asterisco azul) donde puede observarse su inserción femoral en el cóndilo femoral medial (asterisco verde), así como su relación anterior con el ligamento menisofemoral anterior (asterisco negro) y el menisco lateral (asterisco rojo); B: disección de la inserción femoral ósea del LCP en el cóndilo femoral medial, así como esquema representativo del sistema de coordenadas de manecillas del reloj.

por 2 fascículos funcionalmente diferenciables: el gran fascículo anterolateral (AL) y el fascículo posteromedial (PM), de menor tamaño. El fascículo AL tiene una actividad primordialmente en flexión y el PM en extensión; sin embargo, previamente se ha demostrado que existe un cambio gradual y sinérgico en el patrón de tensión-relajación entre los 2 fascículos con el rango de movimiento de la rodilla, contribuyendo ambos en cierta medida. Además de proveer una limitación para el desplazamiento posterior, el LCP también aporta estabilidad rotacional interna y externa a la rodilla<sup>(1)</sup>.

## Epidemiología y mecanismo lesional

Las lesiones del LCP han sido clásicamente infradiagnosticadas, por lo que es difícil determinar su prevalencia. Sin embargo, se estima que puede ser de alrededor del 3% de todas las lesiones ligamentosas de la rodilla. La edad media de la lesión es de 27 años y se consideran los accidentes de tráfico (45%) y las lesiones deportivas (40%) sus principales etiologías. Tanto las lesiones aisladas como las combinadas son más frecuentes en hombres, con unas tasas que oscilan entre el 73 y el 97%<sup>(2)</sup>.

Para su correcto diagnóstico global, es importante tener en cuenta que suelen existir lesiones concomitantes; son más frecuentes las del ligamento colateral medial (LCM) en un 42% de los casos, las del LCA con un 12% y las lesiones condrales en el compartimento femorotibial lateral en un 32%. Solamente el 5% de todas las lesiones ocurre aisladamente<sup>(3,4)</sup>.

Las lesiones del LCP pueden ocurrir como consecuencia tanto de un traumatismo de alta energía como de un traumatismo de baja energía. En los traumatismos de alta energía predominan los accidentes de tráfico y los accidentes en deportes de contacto. En los accidentes de tráfico, la lesión puede estar asociada a fracturas de fémur distal o tibia proximal<sup>(5)</sup>.

Los mecanismos de lesión más frecuentes son los siguientes: 1) traumatismo directo sobre la tibia proximal con la rodilla en flexión de 90°. Es el más frecuente y se suele producir en accidentes de tráfico por el choque del extremo proximal de la tibia contra el salpicadero del coche; 2) caída con hiperflexión forzada de la rodilla con el tobillo en flexión plantar. Este es

el segundo mecanismo en frecuencia y se produce por el traumatismo sobre la tuberosidad tibial anterior, lo que ocasiona el desplazamiento posterior de la tibia sobre el fémur. Se trata del mecanismo más frecuente en la práctica deportiva; y 3) la hiperextensión forzada, que lleva asociada la lesión de la cápsula posterior.

Las lesiones combinadas del LCP se suelen producir por mecanismos de varo y valgo forzados intensos que afectan a los estabilizadores primarios y secundarios de la rodilla<sup>(6)</sup>.

## Diagnóstico

### Historia clínica

Las lesiones aisladas del LCP pueden pasar inadvertidas por varias razones, a diferencia de la lesión del LCA. En la **Tabla 1**<sup>(6-8)</sup> se presentan los signos y síntomas en las diferentes etapas de una lesión del LCP.

Respecto a las alteraciones en la marcha, el paciente puede presentar una marcha antiálgica en las primeras fases después de la lesión<sup>(9)</sup>. A continuación, en algunos casos, la pérdida de restricción en la rotación externa de la tibia puede causar una marcha con desviación en varo (*varus thrust*) o en hiperextensión de la rodilla que se notará en la fase de apoyo<sup>(9)</sup>. Esta desviación en varo consiste en una inclinación lateral dinámica durante la fase de apoyo que produce una mayor carga en el compartimento medial. Otros pacientes pueden caminar con una rodilla ligeramente flexionada para evitar el dolor y la inestabili-

**Tabla 1. Signos y síntomas presentados por el paciente durante las diferentes etapas temporales de la patología del ligamento cruzado posterior (LCP)**

Fases de la patología	Signos y síntomas
Fase aguda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin dolor o dolor leve</li> <li>• Derrame articular leve o moderado</li> <li>• Pasada esta fase, si no se diagnostica una rotura del LCP, la mayoría de los pacientes pueden volver a su actividad diaria, incluso a la actividad deportiva previa a la lesión</li> <li>• El 30% puede percibir una sensación de inestabilidad subjetiva<sup>(6-8)</sup></li> </ul>
Fase subaguda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dolor de rodilla inespecífico (especialmente al ponerse de cuclillas o arrodillarse)</li> <li>• Pérdida de los últimos grados de flexión<sup>(6-8)</sup></li> </ul>
Fase crónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensación de inestabilidad anteroposterior al bajar escaleras en caso de tratarse de una lesión aislada</li> <li>• Sensación de inestabilidad multidireccional durante los movimientos básicos cotidianos cuando la lesión esté asociada a lesiones en otros ligamentos de la rodilla</li> <li>• Dolor localizado en el compartimento medial, relacionado frecuentemente con la subluxación anterior del cóndilo femoral respecto a la meseta medial</li> <li>• Dolor anterior, relacionado con un aumento de las presiones a nivel femoropatelar<sup>(6-8)</sup></li> </ul>

dad asociada a la desviación en varo<sup>(9)</sup>. Estos patrones de marcha se suelen observar más en lesiones combinadas que afecten al complejo posterolateral (CPL), del mismo modo que la alteración del eje en varo<sup>(9)</sup>.

### Exploración física

Algunas maniobras exploratorias son específicas de la lesión del LCP y otras indican lesiones asociadas. Su sensibilidad y especificidad están recogidas en la **Tabla 2**. Se recomienda realizar siempre las maniobras de forma bilateral, en ambas rodillas, para poder distinguir una hiperlaxitud fisiológica de una inestabilidad patológica.

• **Cajón posterior.** Se realiza con el paciente en decúbito supino y la rodilla en flexión de 90°. Consiste en la aplicación de una presión en dirección posterior de la región proximal de la tibia, observándose una traslación tibial

posterior en la rodilla lesionada respecto a la contralateral (**Figura 2**). Si el desplazamiento posterior de la tibia es de 0 a 5 mm, se considera que el grado de lesión es I; de 6 a 10 mm, grado II; y, si hay una traslación superior a los 10 mm, grado III. La valoración del grado de desplazamiento es subjetiva y, por lo tanto, con una elevada variabilidad interobservador. Se considera que si el platillo tibial permanece en una situación anterior respecto al cóndilo femoral medial se trata de una lesión de grado I, si queda al mismo nivel del cóndilo femoral, de grado II y, si se desplaza más allá del cóndilo femoral medial, de grado III (**Figura 2**)<sup>(10,11)</sup>.

• **Test de Godfrey (posterior sag sign).** Evalúa la traslación tibial posterior colocando al paciente en decúbito supino con ambas rodillas y caderas flexionadas 90°. El examinador colocará su brazo debajo de ambos tendones de Aquiles para dejar las tibias de los pacientes colgando. Si el LCP está lesionado, se puede observar un borramiento/hundimiento de la tuberosidad tibial anterior en una visión lateral, especialmente si se compara con la rodilla sana (**Figura 3**)<sup>(10,11)</sup>.

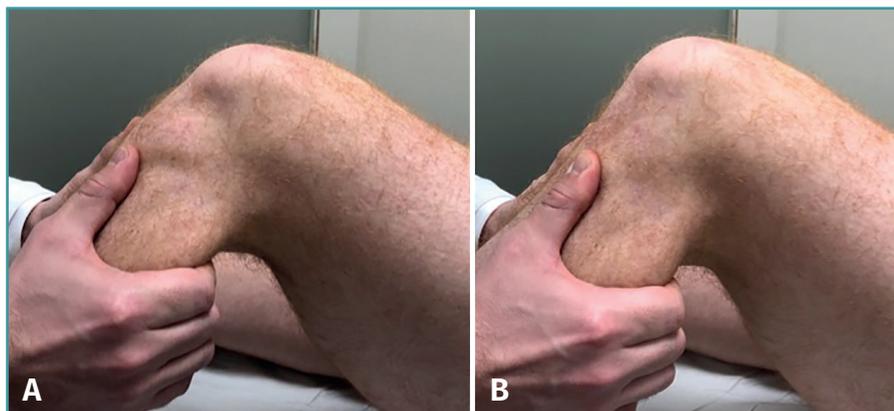
• **Prueba activa de cuádriceps (quadriceps active test).** Se realiza con la rodilla en flexión de 90° y el pie sobre la mesa de exploración. Se solicita al paciente que intente deslizar el pie hacia delante manteniéndolo bloqueado, lo cual induce una contracción isométrica del cuádriceps. Si esta acción traduce una traslación tibial anterior de al menos 2 mm, es sugestiva de lesión del LCP<sup>(10,11)</sup>.

Como se ha descrito anteriormente, los pacientes con inestabilidad posterior de rodilla presentan con frecuencia lesiones concomitantes que incluyen lesiones del LCM, así como del CPL. Por ello, es recomendable incorporar maniobras complementarias de exploración para detectar estas posibles lesiones concomitantes:

• **Test del recurvatum y rotación tibial externa.** Puede indicar una lesión combinada del LCA o el LCP junto con el CPL. El examinador puede detectar la posición en varo, recurvatum y rotación externa de la tibia elevando las piernas en extensión aguantando solamente el primer dedo del

**Tabla 2. Sensibilidad y especificidad de las maniobras exploratorias en las lesiones aisladas del ligamento cruzado posterior (LCP)**

Técnica	Sensibilidad	Especificidad
Cajón posterior	0,22-1,00	0,98
Test de Godfrey	0,46-1,00	1,00
Prueba activa del cuádriceps	0,53-0,98	0,96-1,00
<b>Maniobras complementarias</b>		
Test del recurvatum en rotación externa	0,22-0,39	0,98
Pivot shift inverso	0,19-0,26	0,95
Varo-valgo a 0°	0,28-0,94	1,00
Varo a 30°	0,00-0,17	No hay datos
Valgo a 30°	0,20-0,78	No hay datos
Dial test	No hay datos	No hay datos



**Figura 2.** Posición inicial de la tibia reducida en la maniobra del cajón posterior (A) en comparación con la traslación tibial posterior sin reducir (B).



**Figura 3.** El test de Godfrey muestra la diferencia entre la traslación tibial posterior en una rodilla derecha con lesión del ligamento cruzado posterior (LCP) respecto a la izquierda sana.

pie. Si hay diferencia entre las 2 piernas, será sugestiva de lesión del CPL<sup>(10,11)</sup>.

- **Pivot shift inverso.** Se realiza con el paciente en decúbito supino, la rodilla con flexión de 45° y el pie en rotación externa. El examinador aplica una fuerza en valgo al mismo tiempo que realiza la extensión de la rodilla, observando que el platillo tibial lateral se reduce desde su posición de subluxación posterior en el caso de lesiones combinadas del LCP y el CPL<sup>(10,11)</sup>.

- **Dial test.** Es una maniobra que evalúa la inestabilidad rotacional. Con el paciente en decúbito prono, se mide la rotación tibial externa en 30 y 90° de flexión de rodilla, considerándose patológica una diferencia mayor de 10° entre la rodilla sana y la lesionada. Si la asimetría solo se encuentra a 30°, sería sugestivo de una lesión aislada del CPL, mientras que si aparece a los 30° y a los 90° habría que sospechar lesión combinada del CPL y el



**Figura 4.** El dial test muestra la diferencia de rotación externa en 90° entre la rodilla derecha con lesión del ligamento cruzado posterior (LCP) y el complejo posterolateral (CPL), respecto a una rodilla izquierda sana.

LCP (**Figura 4**). A pesar de que es una prueba cuestionada respecto a su precisión diagnóstica, ha sido validada biomecánicamente para evaluar la gravedad de las lesiones posterolaterales de la rodilla<sup>(10,11)</sup>.

### Diagnóstico por imagen

Las pruebas de imagen ante una lesión del LCP son importantes para cuantificar la inestabilidad, ya que solo la evaluación clínica puede llegar a ser poco fiable para distinguir el grado de desplazamiento de la tibia con respecto al fémur.

### Radiología simple

Pese a que en la radiografía simple no se visualizan las partes blandas, el comportamiento del marco óseo nos puede proporcionar una información indirecta de la lesión del LCP o de la presencia de lesiones asociadas. En las proyecciones simples anteroposterior (AP) y de perfil se pueden evaluar fracturas o avulsiones (*arcuate sign*) de la cabeza del peroné, de los cóndilos femorales o avulsiones óseas tibiales.

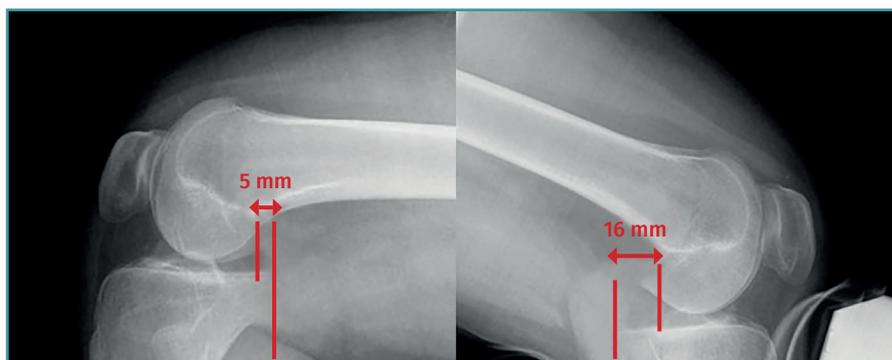
### Radiografías en estrés

Las radiografías comparativas en estrés juegan un papel importante, ya que permiten cuantificar y objetivar la caída posterior de la tibia en las lesiones del LCP y valorar las inestabilidades sagitales que se pueden asociar<sup>(12,13)</sup>.

- **Hamstring contraction view:** se realiza con el paciente sentado y la rodilla en 90° de flexión. Mientras pedimos al paciente que realice una contracción máxima de los isquiotibiales contra una resistencia que se coloca en el calcáneo, realizamos una proyección de perfil estricto de la rodilla. Comparando el perfil de ambas rodillas sabremos si la contracción de los isquiotibiales causa un desplazamiento posterior de la tibia<sup>(12,13)</sup>.

- **Kneeling view:** el paciente se coloca de rodillas sobre un alza que llegue hasta la tuberosidad tibial anterior. Las rodillas deben estar en flexión de 90° y las caderas a 180°. Se toma un perfil estricto de ambas las rodillas evaluando la diferencia en la traslación tibial posterior. Esta proyección simula la cuantificación del test del cajón posterior, siendo la proyección más fácil de realizar, así como la más utilizada en la práctica clínica<sup>(12,13)</sup>.

- **Sistema Telos:** gracias a este sistema podemos realizar una fuerza constante y cuantificable en la rodilla en diferentes planos. Si queremos evaluar el LCP, la fuerza se ejercerá en la tuberosidad anterior tibial con la rodilla flexionada 90°. Se realiza un perfil estricto de ambas rodillas y se evalúa la diferencia de traslación tibial posterior<sup>(12,13)</sup>.



**Figura 5.** Sistema Telos. La línea roja indica la medición de la traslación posterior de la tibia: la diferencia entre la rodilla derecha sana y la rodilla izquierda es de 11 mm en este caso, sugestiva de una lesión completa aislada del ligamento cruzado posterior (LCP).

El patrón de lesión del LCP se divide en 3 tipos según su imagen en RM: lesión parcial o intrasustancia (**Figura 6A**), lesión completa (**Figura 6B**) y fractura avulsión a nivel de la inserción tibial (**Figura 6C**)<sup>(13,14)</sup>. La mayoría de las lesiones completas se producen en la porción media del ligamento, que no se llega a visualizar correctamente en los planos axial y coronal, por lo que el *gold standard* es la evaluación de las imágenes en cortes sagitales<sup>(13,14)</sup>.

La clasificación de las lesiones del LCP en función de la traslación posterior sería:

- Lesiones parciales del LCP si hay un aumento de la traslación posterior de menos de 8 mm.
- Lesión completa aislada si la traslación está entre 8 y 12 mm
- Lesión del LCP con otras lesiones asociadas (postero-lateral o PM) si hay más de 12 mm de traslación posterior.

Se mide la traslación posterior de la tibia como la distancia mínima entre una línea tangencial a la cortical posterior de la tibia y otra línea tangencial al borde posterior del cóndilo femoral en el punto más dorsal de la línea de Blumensaat (**Figura 5**)<sup>(12,13)</sup>.

### Resonancia magnética

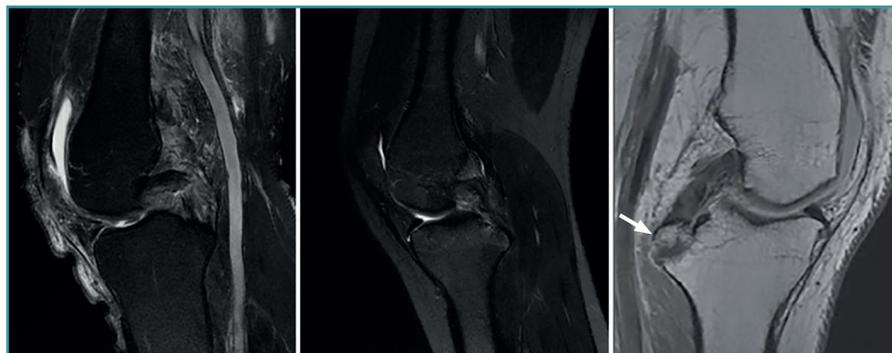
Aunque el diagnóstico de rotura del LCP sea prácticamente clínico y la cuantificación de la inestabilidad se logre a través de las radiografías en estrés, la resonancia magnética (RM) es el método de elección para el diagnóstico y el seguimiento de las lesiones del LCP tratadas de manera conservadora y ofrece una excelente información sobre la presencia de lesiones asociadas no solo ligamentosas, sino también meniscales o condrales. Además, la RM puede diferenciar entre una lesión aguda y crónica, ya que la ausencia de edema de las partes blandas y de contusión ósea (usualmente en la porción anterior de la tibia) es un indicador de lesión crónica<sup>(13,14)</sup>.

### Tratamiento

#### Tratamiento conservador

Las lesiones del LCP se presentan con frecuencia como parte de una lesión multiligamentosa de rodilla; sin embargo, ocasionalmente pueden ocurrir de forma aislada. El tratamiento conservador de las lesiones aisladas del LCP ha demostrado buenos resultados debido a la capacidad intrínseca del LCP para cicatrizar y a la buena compensación funcional que el cuádriceps puede realizar en una rodilla con ausencia del LCP<sup>(15)</sup>. De esta forma, se recomienda tratar de manera conservadora a pacientes con una lesión parcial aislada del LCP o con una lesión completa aislada que provoque solo una inestabilidad menor<sup>(16)</sup>.

Sin embargo, la deficiencia del LCP conduce a una cinemática y unas cargas alteradas de la rodilla, lo que resulta en una prevalencia de artrosis moderada a grave de aproximadamente un 10% a largo plazo<sup>(17)</sup>. Por ello, siempre se debe informar a los pacientes de que el tratamiento conservador no es curativo y que, en caso de



**Figura 6.** A: corte sagital de resonancia magnética (RM) en secuencia T2 donde se observa una rotura parcial; B: rotura total del ligamento cruzado posterior (LCP); C: corte sagital de RM en T1 de la rodilla izquierda. La flecha blanca indica la avulsión del LCP con fragmento óseo en la inserción tibial.



**Figura 7.** Rodillera dinámica para el ligamento cruzado posterior (LCP) con mecanismo de presión variable a nivel posterior del tercio proximal de la tibia.

inestabilidad objetiva de grado moderado-grave, pueden desarrollar síntomas de inestabilidad o dolor en relación con condropatía con el paso del tiempo, a pesar de que el paciente no refiera inicialmente síntomas y que la lesión no le impida volver completamente a su actividad diaria, incluida la actividad deportiva<sup>(18)</sup>.

En el tratamiento conservador se deben utilizar rodilleras que impidan la subluxación posterior de la tibia gracias a mecanismos de presión situados en la parte posterior del tercio superior de la tibia. Esta medida disminuye el riesgo de que el ligamento cicatrice en una posición no anatómica y minimiza la posibilidad del desarrollo de un cierto grado de laxitud residual. Estas rodilleras se definen como “dinámicas” (Figura 7), ya que varían las presiones ejercidas durante la flexoextensión, pues la tensión del LCP no es constante, siendo mayor a 45° de flexión<sup>(19,20)</sup>.

Además de utilizar rodilleras específicas para el LCP, durante los primeros 2 meses se recomienda un refuerzo muscular del cuádriceps (agonista del LCP) y evitar ejercicios de isquiotibiales (antagonistas del LCP) que pueden llegar a aumentar la traslación tibial posterior, generando estrés sobre el LCP en su proceso de curación<sup>(20)</sup>.

### Tratamiento quirúrgico

Las indicaciones de tratamiento quirúrgico ante una lesión del LCP son: 1) fallos en el tratamiento conservador (persistencia de inestabilidad asociada a dolor posterior a 6 meses realizando un tratamiento conservador adecuado); 2) lesiones aisladas con traslaciones tibiales posteriores mayores de 1 cm; y 3) lesión del LCP en el contexto

de una lesión multiligamentosa de rodilla. A pesar de que estas indicaciones sean universalmente aceptadas, hasta ahora, ningún estudio a largo plazo ha podido demostrar que la reconstrucción del LCP sirva para prevenir el desarrollo de artrosis en la rodilla, aunque disminuya los síntomas relacionados. Probablemente, esto se debe en parte a la inconsistente eficacia de la reconstrucción de este ligamento para poder restaurar la función y la cinemática normal de la rodilla, siendo la laxitud residual la complicación más comúnmente reportada<sup>(19)</sup>.

La clasificación de las lesiones del LCP en diferentes patrones puede guiarnos en el tratamiento, ya que una fractura-avulsión puede ser tratada quirúrgicamente mediante un anclaje del fragmento óseo y una lesión en la sustancia puede tratarse con una aumentación intraligamentosa en agudo, mientras que una lesión parcial puede ser candidata a un tratamiento conservador. Por último, una lesión completa en la inserción femoral podrá tratarse solamente con una reconstrucción completa del ligamento si la evaluación clínica detectara una inestabilidad significativa<sup>(21)</sup>.

La mejor técnica para reconstruir el LCP o la más efectiva es todavía sujeto de debate. Están descritas diferentes técnicas: según la fijación tibial (transtibial o *inlay*), en función de la reconstrucción de los fascículos PM y/o AL (simple o doble), según la técnica de realización del túnel femoral (dentro-fuera o fuera-dentro), según el tipo de fijación (tornillos interferenciales, ajuste a presión, *loop* fijo o ajustable) y según el tipo de injerto utilizado. En relación con el tipo de injerto, se ha descrito la utilización del tendón rotuliano, del cuadriceps y hasta de los isquiotibiales, ya sea de origen autólogo como de banco de tejidos (aloinjerto)<sup>(21)</sup>. La técnica *inlay* es la única que necesita de un abordaje abierto PM para llegar al punto de inserción anatómica del LCP, con el objetivo de realizar una trinchera para fijar una pastilla ósea del nuevo injerto. Dado que las técnicas artroscópicas actuales han demostrado resultados óptimos, hoy en día la técnica *inlay* se reserva solamente para cirugía de revisión compleja o ante lesiones ligamentosas asociadas a fracturas del platillo tibial<sup>(22)</sup>.

### Portales artroscópicos

Según la preferencia y la experiencia del cirujano, se puede realizar la reconstrucción del LCP a través de diferentes portales. Los portales estándar anteromedial y AL se realizan de rutina para la revisión articular y el tratamiento de lesiones condrales, ligamentosas o meniscales asociadas. Algunos autores realizan portales PM y posterolateral para obtener una vía transeptal (vía de Kim) y, de este modo, trabajar exclusivamente desde la parte posterior de la rodilla. Otros cirujanos prefieren utilizar un portal a través del tendón rotuliano (portal de Gillquist) en asociación



**Figura 8.** Intercóndilo “vacío” en una rotura combinada del ligamento cruzado anterior (LCA) y el ligamento cruzado posterior (LCP) de una rodilla izquierda. El cirujano está utilizando el portal transpatelar (Gillquist) de visión y el portal anteromedial para trabajar con radiofrecuencia. Además, se puede apreciar la cánula de trabajo colocada en un portal posteromedial. El asterisco negro señala la pared lateral del cóndilo femoral medial, sitio de la inserción femoral del LCP.

con un portal PM, alternándolos como portal de visión y de trabajo. Utilizar el portal transpatelar es más sencillo en caso de rotura combinada del LCA y el LCP, dado que deja el intercóndilo completamente vacío (Figura 8)<sup>(23)</sup>.

En caso de rotura aislada del LCP, para obtener una visión más amplia desde los portales anteriores, se puede utilizar una óptica de 70° en lugar de la de 30° convencional. Finalmente, está descrita una técnica de reconstrucción que utiliza solamente el portal AL de visión (a través del intercóndilo con una óptica de 70°) y el portal anteromedial para trabajar, sin necesidad de realizar portales posteriores. Esta última técnica necesita instrumentos específicamente diseñados para su ejecución, por lo que no es muy utilizada<sup>(23-25)</sup>.

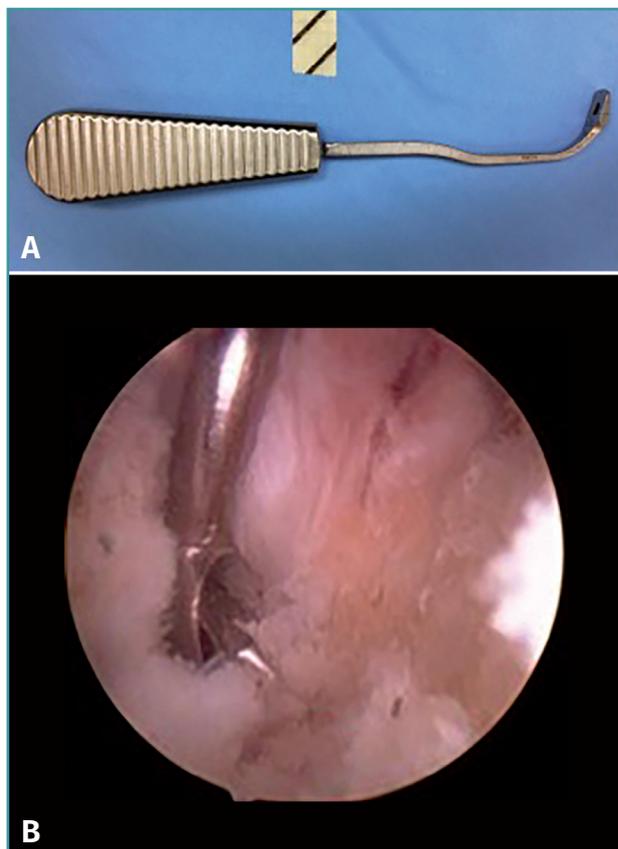
### Túnel tibial

Se considera la parte más compleja de la intervención, en primer lugar, debido a la posibilidad de ocasionar una lesión vascular en el momento de realizar el túnel y, secundariamente, porque no siempre es sencillo llegar a la huella original de inserción del LCP<sup>(26)</sup>.

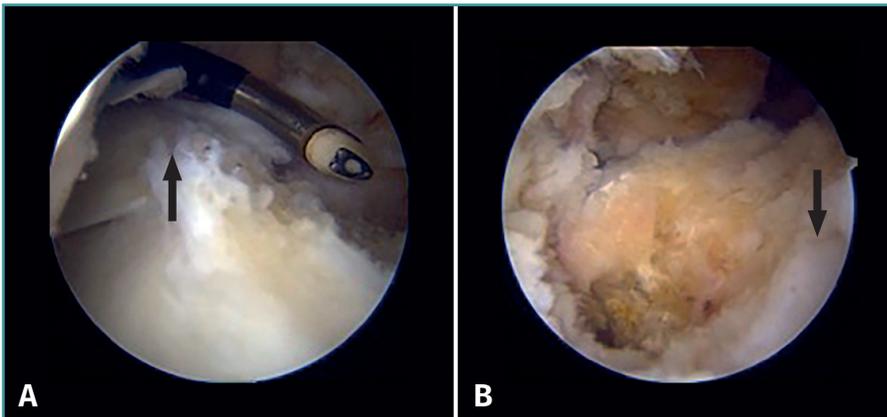
Se puede realizar el túnel medialmente o lateralmente a la tuberosidad tibial anterior de la tibia. En el caso

de realizar el túnel desde la parte anteromedial, este se dirigirá en una dirección directa hacia las estructuras neurovasculares de la cara posterior de la rodilla, aumentando de esta manera las posibilidades de complicaciones. Además, aunque la salida del túnel sea por la huella anatómica, la dirección que presenta aumenta la dificultad del pase de la plastia debido al denominado *killer turn*, esto es, el ángulo muy marcado que tendrá que seguir la plastia hasta llegar a colocarse en el túnel femoral. Realizar el túnel desde la cara AL de la tibia disminuye las posibilidades de lesiones neurovasculares y reduce el *killer turn*<sup>(26)</sup>. Dada la posibilidad de lesión vascular a la salida del túnel tibial, es importante un buen control en esta fase. Algunos autores prefieren mirar artroscópicamente la salida y colocar un protector metálico con forma específica (Figura 9) que evite salidas bruscas. Otros autores prefieren controlar la salida mediante fluoroscopia.

Las referencias anatómicas para reconocer artroscópicamente la huella tibial del LCP son las fibras más posteriores y laterales del cuerno posterior del menisco medial (Figura 10), definidas como fibras blancas brillantes (*shin-*



**Figura 9.** A: ejemplo de protector para la salida del túnel tibial del ligamento cruzado posterior (LCP); B: el protector impide la progresión de la aguja-guía hacia los tejidos blandos de la región posterior de la rodilla.



**Figura 10.** A: visión desde un portal transpatelar o de Gillquist. Desde el portal de trabajo posteromedial limpiamos con radiofrecuencia la huella tibial del ligamento cruzado posterior (LCP) que queda situada a nivel posterolateral de la raíz posterior del menisco medial (flecha); B: visión desde un portal posteromedial. Huella tibial completamente limpia, con la flecha señalando la raíz posterior del menisco medial.

ing white fibers) que delimitan la huella medialmente y las fibras del músculo poplíteo que indican el margen distal<sup>(27)</sup>.

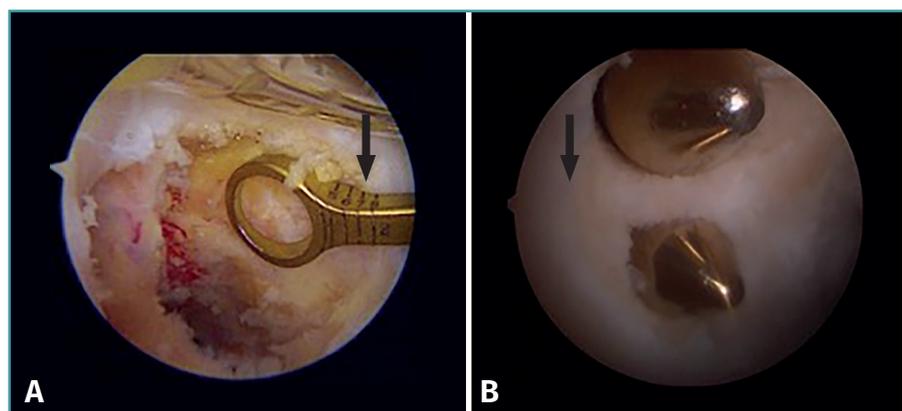
Mediante fluoroscopia, además de realizar una salida controlada en la parte posterior de la rodilla, se puede confirmar radiológicamente que la salida del túnel sea perfectamente anatómica. En proyección lateral, el túnel tiene que salir aproximadamente 7 mm proximal al denominado *champagne-glass drop-off*, en proyección anteroposterior a nivel del margen medial de la espina tibial lateral, 2 mm distal a la línea articular. De igual forma, tanto si se realiza una técnica mediante doble o simple fascículo, se realizará solamente un túnel tibial que podrá ser completo o parcial con guía retrógrada según la técnica de fijación preferida a nivel tibial<sup>(27)</sup>.

### Túnel femoral

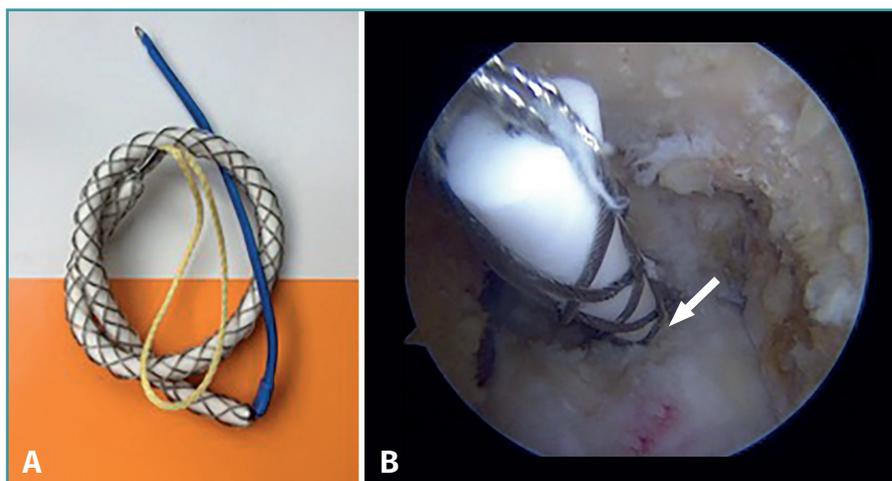
Se han descrito 2 referencias anatómicas que nos indican la localización de las inserciones de los 2 fascículos del LCP en el fémur: el punto más distal del centro del surco troclear (*trochlear point*) y el punto medio del arco intercondíleo a nivel del cóndilo femoral interno (*medial arch point*) delimitan el fascículo AL que termina su inserción distal justo a nivel subcondral. El fascículo PM está localizado más dorsal y proximal a ese punto (aproximadamente 10 mm desde el borde condral)<sup>(27)</sup>.

un túnel fuera-dentro podría provocar más fácilmente una colisión si no se utilizan guías específicas. Para poder colocar el túnel del fascículo AL lo más distal posible sin dañar el cartílago, se aconseja colocar a través del portal AL la broca canulada, posicionándola donde se quiere realizar el brocado y, a continuación, colocar la aguja guía a través de la broca para fijar la dirección.

En caso de reconstrucción monofascicular, se puede realizar tanto un brocado dentro-fuera como fuera-dentro. Esta última técnica permite realizar el túnel más distalmente, reduciendo las posibilidades de dañar el cartílago, dado que la dirección del túnel será divergente con respecto a la superficie articular. Según el tipo de fijación femoral preferida se puede realizar un túnel fuera-dentro completo o parcial con guía broca retrógrada<sup>(29,30)</sup>.



**Figura 11.** A: reconstrucción monofascicular. La guía para fresado fuera-dentro nos indica a cuántos milímetros estamos colocando el túnel femoral desde el margen condral (flecha); B: reconstrucción bifascicular. Se observa la distancia desde el margen condral (flecha) y el puente óseo entre los 2 túneles.



**Figura 12.** Smoother (A) utilizado para minimizar el killer turn (B) a la salida del túnel tibial (flecha blanca).

### Pase de plastia y fijación

En el caso de que se haya realizado un túnel tibial completo, para facilitar el pasaje de la plastia se aconseja pasar dilatadores metálicos en los túneles y el uso del denominado *smoother*. Este último es una cinta con cobertura de una red metálica que, pasada por los túneles, lisa las paredes y los bordes en su salida y entrada, de modo que agiliza el paso de la plastia a su salida articular desde el túnel tibial y evita que se dañe con el roce a los márgenes de los túneles, reduciendo parcialmente el *killer turn* (Figura 12)<sup>(30,31)</sup>.

En caso de utilizar un tendón rotuliano, el pasaje de la pastilla puede ser más complejo que cuando se utiliza un tejido blando, ya que la falta de espacio en la cámara posterior y la rigidez de la pastilla ósea utilizada en el tendón rotuliano no permiten fáciles movimientos. En estos casos, se aconseja partir la pastilla ósea en 2 en el sentido transversal manteniendo intacto el periostio de la cara dorsal de la pastilla para que las 2 mitades se mantengan juntas. De este modo, la pastilla ósea podrá pasar con más facilidad, dado que podrá doblarse en 2 a la salida del túnel tibial. En la técnica de doble fascículo se utiliza habi-

tualmente un tendón de Aquiles para el fascículo AL y un tendón tibial anterior (ambos de banco) para el fascículo PM, a través de un mismo túnel tibial<sup>(31)</sup>.

Habitualmente, el fémur será fijado en primer lugar y en segundo lugar será fijada la tibia, realizando un cajón anterior a 90° de flexión. En caso de reconstrucción con técnica bifascicular y utilización de un tornillo interferencial como método de fijación en el fémur, se recomienda colocar el tornillo PM en la parte posterior e inferior del túnel, mientras que el tornillo AL deberá colocarse de forma anterosuperior. Solo en caso de reconstrucción

*all-inside* utilizando 2 fijaciones ajustables y 2 túneles parciales se realizará una tensión conjunta de ambos sistemas de fijación. Para la fijación tibial de un doble fascículo, el AL será fijado primero realizando un cajón anterior a 90° con el pie en rotación neutra. A continuación, se fijará el fascículo PM con la rodilla en extensión completa. Habitualmente, la fijación se realiza con tornillos corticales con arandela o con grapas<sup>(31)</sup>.

**Tabla 3. Fases de la rehabilitación posterior a la cirugía del ligamento cruzado posterior (LCP)**

Fase de la rehabilitación	Características y objetivos
I (0 a 6 semanas)	Finalizar el balance articular según la tolerancia sin sobrepasar los 90° de flexión durante las primeras 2 semanas. Algunos protocolos sugieren empezar la carga según la tolerancia en extensión con el uso de rodillera después de 3 semanas postoperatorias. Se aconseja la realización de ejercicios isométricos de cuádriceps desde el primer día. En esta primera fase es fundamental prevenir cualquier tipo de hiperextensión y/o traslación tibial posterior para evitar una elongación del injerto y laxitud del mismo
II (7 a 12 semanas)	Aumentar progresivamente la carga hasta retirar las muletas. En la primera fase de carga se recomienda no permitir mas de 70° de flexión de la rodilla. Ejercicios concéntricos de cuádriceps según la evolución del tono muscular
III (13 a 18 semanas)	Se pueden empezar ejercicios en carga con flexión mayor de 70°, excéntricos de cuádriceps y se pueden introducir ejercicios de isquiotibiales que deben evitarse durante los primeros 4 meses, ya que favorecen la retropulsión de la tibia
IV (19 a 24 semanas)	Se caracteriza por la gradual introducción de ejercicios deportivos específicos. Esta fase es la más individualizada y depende del deporte específico que realice el paciente
V (25 a 36 semanas)	Si las radiografías en estrés a los 6 meses demuestran una buena estabilidad, el paciente puede comenzar una carrera progresiva en línea recta con el objetivo de progresar con ejercicios de agilidad multiplanar y, en última instancia, volver a las actividades deportivas preoperatorias

## Rehabilitación y vuelta al deporte

Aunque existan diferentes programas de rehabilitación, hay elementos clave que deberían sentar las bases para cualquier protocolo. Estos elementos incluyen limitar inicialmente la carga de peso, la prevención de la subluxación tibial posterior y el fortalecimiento precoz del cuádriceps. En cuanto a la carga, hay protocolos descritos muy variables, con un periodo mínimo de descarga de entre 3 y 6 semanas, ya que está demostrado que la curación del injerto del LCP se demora casi el doble que el del LCA<sup>(32,33)</sup>. En el postoperatorio inmediato se debe colocar un inmovilizador simple en extensión durante las primeras 72 horas para evitar presiones elevadas en zonas edematosas de la rodilla operada y luego se puede pasar a una rodillera dinámica específica para LCP que mantenga continuamente un cierto cajón anterior mediante la realización de una presión mantenida en la parte posterior de la tibia. Se sugiere la utilización de estos tipos de rodilleras 24 horas al día durante un periodo mínimo de 2 a 3 meses; incluso, algunos protocolos de rehabilitación lo extienden hasta los 6 meses postoperatorios<sup>(32,33)</sup>. Seguir un programa de rehabilitación postoperatorio progresivo, orientado a objetivos claros y dividido en 5 fases ha demostrado ser el mejor para obtener una mejor estabilización de la traslación tibial posterior, del varo y de la rotación externa (Tabla 3)<sup>(4)</sup>.

La mayoría de los pacientes retornan al deporte entre 9 y 12 meses después del acto quirúrgico, dependiendo de su evolución y solamente si cumplen con buenos criterios clínicos: control neuromuscular adecuado en actividades sobre diferentes terrenos, sin evidencia de inestabilidad, dolor o inflamación<sup>(32,33)</sup>.

## Conclusiones

El manejo de las roturas del LCP ha cambiado en los últimos años, existiendo una tendencia cada vez mayor a su reconstrucción. Los avances en el conocimiento de la anatomía, la biomecánica y los estudios clínicos de seguimiento han permitido renovar las técnicas quirúrgicas para su reconstrucción, así como los protocolos de rehabilitación. En los casos bien seleccionados los resultados quirúrgicos son muy buenos. La presente revisión aporta los datos más actuales del tema en todos los aspectos clínicos y quirúrgicos a considerar en el manejo de las roturas del LCP.

## Grupo Joven de Artroscopia (GJA)

Este artículo ha sido coordinado y realizado en el proyecto del Grupo Joven de Artroscopia (GJA) de la Asociación Española de Artroscopia (AEA).

## Responsabilidades éticas

**Conflicto de interés.** Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

**Financiación.** Este trabajo no ha sido financiado.

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

## Bibliografía

- Ahmad CS, Cohen ZA, Levine WN, Gardner TR, Ateshian GA, Mow VC. Codominance of the individual posterior cruciate ligament bundles. An analysis of bundle lengths and orientation. *Am J Sports Med.* 2003;31(2):221-5.
- Schulz MS, Russe K, Weiler A, Eichhorn HJ, Strobel MJ. Epidemiology of posterior cruciate ligament injuries. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003;123(4):186-91.
- Logan CA, Beaulieu-Jones BR, Sánchez G, et al. Posterior cruciate ligament injuries of the knee at the National Football League Combine: an imaging and epidemiology study. *Arthroscopy.* 2018;34(3):681-6.
- LaPrade CM, Civitaresse DM, Rasmussen MT, LaPrade RF. Emerging Updates on the Posterior Cruciate Ligament: A Review of the Current Literature. *Am J Sports Med.* 2015;43(12):3077-92.
- López-Vidriero E, Simon DA, Johnson DH. Initial evaluation of posterior cruciate ligament injuries: history, physical examination, imaging studies, surgical and nonsurgical indications. *Sports Med Arthrosc.* 2010;18:230.
- Margheritini F, Mariani PP. Diagnostic evaluation of posterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003;11(5):282-8.
- McAllister DR, Petrigliano FA. Diagnosis and treatment of posterior cruciate ligament injuries. *Curr Sports Med Rep.* 2007;6:293.
- Bedi A, Musahl V, Cowan JB. Management of Posterior Cruciate Ligament Injuries: An Evidence-Based Review. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24:277-89.
- Harner CD, Höher J. Evaluation and treatment of posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1998;26(3):471.
- Wind WM Jr, Bergfeld JA, Parker RD. Evaluation and treatment of posterior cruciate ligament injuries: revisited. *Am J Sports Med.* 2004;32(7):1765.
- Kopkow C, Freiberg A, Kirschner S, Seidler A, Schmitt J. Physical examination tests for the diagnosis of posterior cruciate ligament rupture: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(11):804-13.
- Jung TM, Reinhardt C, Scheffler SU, Weiler A. Stress radiography to measure posterior cruciate ligament insufficiency:

- a comparison of five different techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(11):1116-21.
13. Mariani PP, Margheritini F, Christel P, Bellelli A. Evaluation of posterior cruciate ligament healing: a study using magnetic resonance imaging and stress radiography. *Arthroscopy.* 2005;21(11):1354-61.
  14. Sonin AH, Fitzgerald SW, Friedman H, Hoff FL, Hendrix RW, Rogers LF. Posterior cruciate ligament injury: MR imaging diagnosis and patterns of injury. *Radiology.* 1994;190(2):455-8.
  15. Shelbourne KD, Clark M, Gray T. Minimum 10-year follow-up of patients after an acute, isolated posterior cruciate ligament injury treated nonoperatively. *Am J Sports Med.* 2013;41(7):1526-33.
  16. Parolie JM, Bergfeld JA. Long-term results of nonoperative treatment of isolated posterior cruciate ligament injuries in the athlete. *Am J Sports Med.* 1986;14(1):e35-8.
  17. Geissler WB, Whipple TL. Intraarticular abnormalities in association with posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1993;21(6):e846-849.
  18. Shelbourne KD, Davis TJ, Patel DV. The natural history of acute, isolated, nonoperatively treated posterior cruciate ligament injuries. A prospective study. *Am J Sports Med.* 1999;27(3):e276-83.
  19. Boynton MD, Tietjens BR. Long-term followup of the untreated isolated posterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med.* 1996;24(3):e306-10.
  20. Agolley D, Gabr A, Benjamin-Laing H, Haddad FS. Successful return to sports in athletes following non-operative management of acute isolated posterior cruciate ligament injuries: medium-term follow-up. *Bone Joint J.* 2017;99-B(6):774-8.
  21. Johnson P, Mitchell SM, Görtz S. Graft Considerations in Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Curr Rev Musculoskellet Med.* 2018;11(3):521-7.
  22. Stannard JP. Tibial Inlay Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2020;28(1):14-7.
  23. Lee DW, Choi HW, Kim JG. Arthroscopic Posterior Cruciate Ligament Reconstruction With Remnant Preservation Using a Posterior Transeptal Portal. *Arthrosc Tech.* 2017;6(5):e1465-e1469.
  24. Chen T, Liu S, Chen J. All-Anterior Approach for Arthroscopic Posterior Cruciate Ligament Reconstruction With Remnant Preservation. *Arthrosc Tech.* 2016;5(6):e1203-e1207.
  25. Nancoo TJ, Lord B, Yasen SK, Smith JO, Risebury MJ, Wilson AJ. Trans Medial All-Inside Posterior Cruciate Ligament Reconstruction Using a reinforced Tibial Inlay Graft. *Arthrosc Tech.* 2013;2(4):e381-8.
  26. Kim SJ, Shin JW, Lee CH, et al. Biomechanical Comparison of Three Different Tibial Tunnel Directions in Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy.* 2005;21(3):286-93.
  27. Lee DY, Kim DH, Park JS, et al. Systematic Review of Cadaveric Studies on Anatomic Posterior Cruciate Ligament Reconstruction: the Landmarks in Anatomic Posterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surg Relat Res.* 2014;26(4):191-8.
  28. Lee DY, Kim DH, Kim HJ, Nam DC, Park JS, Hwang SC. Biomechanical Comparison of Single-Bundle and Double-Bundle Posterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JBJS Rev.* 2017;5(10):e6.
  29. Kim JH, Kim HY, Lee DH. Location of the Femoral Tunnel Aperture During Single-Bundle Posterior Cruciate Ligament Reconstruction: Outside-In Versus Inside-Out Techniques. *Int Orthop.* 2018;42(9):2097-103.
  30. Spiridonov SI, Slinkard NJ, LaPrade RF. Isolated and combined grade-III posterior cruciate ligament tears treated with double-bundle reconstruction with use of endoscopically placed femoral tunnels and grafts: operative technique and clinical outcomes. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(19):1773-80.
  31. Kim SJ, Kim TE, Jo SB, Kung YP. Comparison of the Clinical Results of Three Posterior Cruciate Ligament Reconstruction Techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(11):2543-9.
  32. Wang D, Graziano J, Williams RJ 3rd, Jones KJ. Nonoperative Treatment of PCL Injuries: Goals of Rehabilitation and the Natural History of Conservative Care. *Curr Rev Musculoskellet Med.* 2018;11(2):290-7.
  33. Kim JG, Lee YS, Yang BS, Oh SJ, Yang SJ. Rehabilitation After Posterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Review of the Literature and Theoretical Support *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133(12):1687-95.