



**Universitat Autònoma  
de Barcelona**

UNIVERSITAT AUTÓNOMA DE BARCELONA

FACULTAT DE MEDICINA

DEPARTAMENT DE MEDICINA

**RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO  
CRUZADO ANTERIOR DESDE EL PORTAL  
ANTEROMEDIAL; EVALUACIÓN DE LA  
FIJACIÓN FEMORAL EN UN MODELO  
CADAVÉRICO**

PRESENTADO POR;

**RAÚL TORRES CLARAMUNT**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Ligamento cruzado anterior.....	4
1.1.1 Historia.....	4
1.1.2 Embriología.....	4
1.1.3 Anatomía.....	5
1.1.4 Histología.....	6
1.1.5 Función.....	7
1.1.6 Haz Anteromedial vs Posterolateral.....	7
1.2 Lesión Ligamento Cruzado Anterior.....	9
1.2.1 Prevalencia.....	9
1.2.2 Mecanismo Lesional.....	9
1.2.3 Exploración Física.....	10
1.2.4 Pruebas imagen y pruebas estabilidad.....	10
1.2.5 Historia tratamiento.....	11
1.2.6 Tipos injertos.....	12
1.2.7 Variaciones técnicas.....	13
1.2.8 Idea trabajo.....	15
2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS.....	18
2.1 Hipótesis de trabajo.....	18
2.2 Objetivos.....	18
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
3.1 Tipo de estudio.....	20
3.2 Procedimiento artroscópico.....	22
3.3 Evaluación radiológica.....	26
3.4 Evaluación estructuras posterolaterales mediante disección.....	28
3.5 Estadística.....	30

4.	
RESULTADOS.....	31
4.1 Evaluación radiológica.....	31
4.2 Ligamento Colateral Lateral.....	33
4.3 Epicóndilo Lateral.....	35
4.4 Tendón Gemelo Lateral.....	35
4.5 Tendón Poplíteo.....	35
4.6 Nervio Ciático Poplíteo Externo.....	35
4.7 Corticales Femorales.....	44
5. DISCUSIÓN.....	45
6. CONCLUSIONES.....	48
7. ANEXO.....	51
7.1 Anexo 1. Distancia del Cross-Pin a las estructuras correspondientes.....	51
8.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	52

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.**

#### **1.1.1 HISTORIA.**

En el año 3000 a.C., en un papiro egipcio, se puede obtener la primera descripción anatómica del Ligamento Cruzado Anterior (LCA). Hipócrates (460-370 a.C.) habla de un episodio de subluxación de una rodilla humana debido a una lesión del LCA. Pero fue Claudio Galeno de Pergamon (129-199 a.C.) quien diese nombre a dicha estructura “ligamento genu cruciata”<sup>1</sup>.

El ligamento cruzado anterior (LCA) es un ligamento que se encuentra situado en la articulación de la rodilla. La función de este ligamento ha sido ampliamente estudiado debido a la incidencia tan elevada de su lesión. Se ha estudiado desde varios puntos de vista; biomecánico, tipos de injertos utilizados en su reparación, mecanismos lesionales, rehabilitación, entre muchos otros. El ligamento cruzado anterior actúa como un estabilizador de la rodilla, impidiendo el desplazamiento anteroposterior así como rotacional de la tibia sobre el fémur. Este ligamento posee numerosas terminaciones sensitivas proporcionándole una importante función en cuanto a la propiocepción de la extremidad.

#### **1.1.2 EMBRIOLOGÍA**

La rodilla se origina a partir del mesénquima femoral y tibial a partir de la cuarta semana de gestación. En este momento los fibroblastos inician su alineación formando el eje inicial del LCA. A



las 9 semanas el LCA está compuesto de numerosos fibroblastos inmaduros capaces de producir matriz extracelular del LCA. Después de la semana 20, el desarrollo restante consiste en un marcado crecimiento con pequeños cambios en la forma<sup>2</sup>. Sobre la formación de los diferentes haces del ligamento cruzado anterior, en un trabajo artroscópico realizado por Tena-Arregui et al<sup>3</sup>, se aprecia la presencia de estos haces entre la semana 24 y 40 de gestación pero parecen tener una disposición más paralela que cuando los comparas con la orientación del adulto.

### 1.1.3 ANATOMIA

El LCA, al igual que el Ligamento Cruzado Posterior (LCP), son ligamentos intracapsulares pero extrasinoviales por estar recubiertos de una membrana sinovial<sup>4</sup>.

El LCA se origina en la cara medial del cóndilo femoral externo y desciende anterior y lateralmente hasta su inserción en la meseta tibial. La inserción femoral se produce por detrás de la escotadura intercondílea en forma circular. La porción anterior de la inserción es prácticamente recta y la porción posterior es convexa. Durante su trayecto descendente el LCA sufre una rotación externa hasta su inserción tibial.

La inserción tibia es oblicua en la cara lateral de la tuberosidad tibial interna a nivel de la fosa intercondílea. La longitud media del LCA es de 38 mm y su anchura media es de 11 mm.

El LCA se divide en dos haces. El haz anteromedial se inserta en la región más anterior de la inserción tibial y en la región más superior o medial de la inserción tibial. Por el contrario el haz

posterolateral se inserta más posteriormente en la tibia y más lateralmente en el fémur. Esta división de haces parece más funcional que no anatómica, según algunos autores <sup>5</sup> .

La inserción en el cóndilo femoral lateral es oval con un diámetro máximo de  $18\pm 2$  milímetros y un diámetro mínimo de  $18\pm 2$ . La inserción en la tibia también tiene una morfología oval con un eje máximo de  $17\pm 3$  y mínimo de  $11\pm 2$ . El punto central de la inserción está localizado a  $7\pm 1$  mm del borde anterior de la superficie articular en la meseta tibial medial y a  $23\pm 4$  mm de la unión meniscocapsular anterior sobre la meseta tibial interna <sup>5</sup> .

#### **1.1.4 HISTOLOGÍA**

El ligamento cruzado anterior está formado por una amplia red de colágeno que representa aproximadamente dos tercios de su peso seco. La mayor parte de esta colágeno es de tipo I (90%) y el restante equivale a tipo III (10%). El colágeno se dispone en múltiples haces de fibras de  $20\ \mu\text{m}$  de anchura agrupados en fascículos de  $20\ \mu\text{m}$  a  $400\ \mu\text{m}$  de diámetro <sup>4</sup> El tercio restante del peso seco del LCA está formado por fibroblastos y otras sustancias como elastina (menor de 5%) y proteoglicanos (1%). El peso representa el 60% del peso neto en condiciones fisiológicas.

Las inserciones óseas de los ligamentos y tendones presentan una estructura con fibras de colágeno que se continúan directamente con fibras situadas en el seno del hueso.

### 1.1.5 FUNCIÓN

El LCA actúa como principal estabilizador estático de la rodilla, impidiendo la traslación anterior de la tibia sobre el fémur, alcanzando el 86% de la fuerza que se opone a dicho movimiento<sup>4</sup>. Como ya hemos mencionado, algunos autores como Odensten et al (arriba) no encuentran una separación anatómica entre los dos haces. Sin embargo otros autores, como Amis et al<sup>6</sup>, sugieren la presencia de un tercer haz que denomina intermedio. La diferenciación del LCA en dos fascículos funcionales, el anteromedial y el posterolateral, parece ser una simplificación de la anatomía del LCA, pero esta descripción de las fibras del LCA ha sido universalmente aceptada. Por tanto podemos decir que los dos haces funcionales que conforman el LCA son el anteromedial y el posterolateral.

El LCA tiene una rotación externa fisiológica que se incrementa a medida que la rodilla es flexionada, y se debe a la orientación de sus inserciones óseas.

### 1.1.6 HAZ ANTEROMEDIAL vs HAZ POSTEROLATERAL

El haz anteromedial tiene una orientación más vertical, de aproximadamente 70° a la base de la rodilla. Su inserción está en la parte más anterior de la inserción tibial y en la parte más superior de la inserción femoral. Este haz está más tenso con la rodilla flexionada 90° que con la rodilla en extensión coincidiendo con una mayor laxitud del haz posterolateral. Por lo tanto en flexión, el haz anteromedial se vuelve dominante a la hora de resistir a la traslación anterior de la tibia y en extensión esta función recae sobre el haz posterolateral. En cuanto a la estabilidad rotatoria, el haz posterolateral tiene una mayor importancia que el haz anteromedial<sup>7</sup>. La inserción del haz anteromedial, en el plano frontal, corresponde a las 10.30 en una rodilla derecha (o 1.30

contralateral) en una simulación según una esfera horaria. El haz posterolateral tiene un origen a nivel femoral que equivaldría en la esfera horaria a las 9.30 en una rodilla derecha (o 2.30 contralateral).

La inserción tibial, como ya hemos comentado, se origina a unos 10-14 mm detrás del borde anterior de la tibia y se extiende entre la espina tibial medial y lateral. El centro de la inserción del haz anteromedial está alineada con el cuerno anterior del menisco lateral. El centro de la inserción del haz posterolateral tiene una distancia de 7 a 8 mm anterior al origen femoral del LCP.

## **1.2 LESIÓN LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

### **1.2.1 PREVALENCIA**

La lesión del LCA es la más frecuente de las lesiones ligamentosas en la rodilla. En EEUU representa más de 100.000 intervenciones quirúrgicas al año<sup>8</sup>. Una mayor participación en actividades lúdicas y deportivas ha hecho que aumente el número de lesiones de este ligamento. Es conocido que el sexo femenino tiene una mayor incidencia de esta lesión atribuyéndose, según algunos autores, a un menor control neuromuscular de la rodilla durante la maduración esquelética<sup>9</sup>. Además, con la evolución de las técnicas quirúrgicas y de la experiencia y conocimiento de los cirujanos en cuanto a las secuelas de esta lesión no reparada, se intervienen más lesiones de LCA que anteriormente se dejaban sin intervenir.

### **1.2.2 MECANISMO LESIONAL**

La mayoría de lesiones se producen por un mecanismo de no contacto (72%), el resto describe un traumatismo directo. El mecanismo más frecuente es con la rodilla en extensión o hiperextensión con un movimiento repentino de desaceleración previo a un cambio de dirección realizando rotación externa de la pierna y valgo<sup>10</sup>.

La mayoría de lesiones de este ligamento se producen en deportistas o personas que practican deportes ocasionalmente. Los deportes más relacionados con esta lesión son aquellos que precisan de un pivotaje de la rodilla como puede ser el fútbol, rugby, baloncesto, tenis, entre otros.

### **1.2.3.EXPLORACIÓN FÍSICA**

Diferentes exploraciones se han descrito para la exploración del LCA. Podemos dividir dos tipos de tests; estáticos y dinámicos. En cuanto a los estáticos intentan testar la estabilidad anterior del LCA. La prueba de Lachman y la prueba del cajón anterior aplican estrés a la tibia a 30° y 90° de flexión respectivamente<sup>11</sup>. El test de Lachman es más sensible para las fibras del haz posterolateral del LCA y el cajón anterior es más sensible para las fibras del haz anteromedial. En cuanto a las pruebas dinámicas, destacamos la prueba del Pívo Shift. Esta se realiza en extensión completa, aplicando estrés en valgo a la tibia proximal y rotación interna de la pierna. Se inicia la flexión de la rodilla, y el platillo tibial se desplaza posteriormente y se reduce sobre el cóndilo femoral con un resalte evidente (si dicha prueba se asocia con dolor en Interlinea interna, puede ser indicativo de lesión del menisco interno asociada).

A las pruebas de estabilidad del LCA, hay que asociar sistemáticamente una exploración del resto de la rodilla, testando los ligamentos colaterales tanto interno como externo y realizar maniobras meniscales con el fin de descartar una lesión asociada.

### **1.2.4 PRUEBAS IMAGEN Y PRUEBAS ESTABILIDAD**

La extensión de la Resonancia Nuclear Magnética (RMN) ha permitido poder confirmar las lesiones del LCA mediante una prueba de imagen, presentando una elevada sensibilidad de alrededor del 97% en el diagnóstico de estas lesiones cuando son completas y de un 82% cuando son incompletas<sup>12</sup>. Es, sin embargo, la anámnesis y la exploración clínica, la que nos orientará a

sospechar una lesión del LCA y no la RMN que siempre tendría que actuar como lo que realmente es, una prueba complementaria que nos ayuda a confirmar lo que ya sospechamos. Además, esta misma prueba, nos aportará información sobre la existencia de otras lesiones asociadas.

El uso del artrómetro KT-1000 o de las radiografías forzadas a 30°, en la que se provoca un cajón anterior (TELOS) también nos dan información sobre la insuficiencia del LCA.

### **1.2.5 HISTORIA REPARACIÓN LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Fue en 1895 cuando se tiene noticia de lo que podría ser la primera reparación de LCA realizada en el Reino Unido por A.W. Mayo Robson. A principios del siglo XX fueron diversos los autores que realizaron reconstrucciones del LCA usando diferentes plastias. En 1963, Kenneth G. Jones<sup>13</sup> fue el primero en describir el tendón rotuliano como fuente de la plastia para reparar un LCA roto. Su técnica implicaba obtener una pastilla ósea proveniente de la rótula unida al tercio medio del tendón rotuliano dejando su inserción en la tuberosidad anterior de la tibia (TTA) intacta. Esta técnica fue modificada posteriormente por diferentes autores describiéndose diversas variantes de la misma, como<sup>14</sup> usar solamente el tendón rotuliano sin pastilla ósea o no liberar la parte de la tuberosidad anterior de la tibia realizando un túnel a partir de aquí. Frankle, en 1969 fue el primero en describir el Hueso Tendón Hueso como plastia libre a la hora de reparar lesiones de LCA, así como describir las lesiones condrales originadas a partir de una reparación demasiado tardía del LCA. Marshall et al<sup>15</sup> unieron a este tercio central del tendón rotuliana la fascia prepatelar y la porción central del cuadriceps. Clancy et al<sup>16,17</sup>, Noyes et al<sup>18,19</sup>, Dejour et al<sup>20</sup>, Rosenberg et al o Gillquist et al fueron algunos de los autores que a principios de los años 80 realizaron su aportación a la reconstrucción del LCA.

En 1982, Lipscomb<sup>21</sup> inició el uso de los tendones provenientes de la pata de ganso (semitendinoso y gracilis) pediculados en la tibia como plastia para la reconstrucción del LCA. En 1975, KO Cho et al<sup>22</sup> propusieron este mismo sistema pero sólo con el semitendinoso. Posteriormente a ellos, en 1988, Friedman<sup>23</sup> se convirtió en el abanderado en el uso de esta técnica mediante artroscopia (cuatro haces de tendones provenientes de isquiotibiales; semitendinoso y gracilis). A partir de aquí numerosos autores han usado esta plastia ideando numerosos sistemas de fijación de la plastia a tibia y a fémur.

### **1.2.6 TIPOS INJERTOS**

Diferentes tipos de injertos se han descrito para tratar una insuficiencia LCA. Lo primero que tenemos que elegir es entre una plastia autólogo o un aloinjerto. El aloinjerto proviene de banco de tejidos y puede ser un tendón rotuliano con una pastilla ósea tibial y patelar, un tendón de Aquiles o un tendón cuadriceps básicamente.

En cuanto a los injertos autólogos, como ya hemos mencionado en el apartado anterior, los más usados actualmente son los injertos provenientes de tendón rotuliano con una pastilla ósea en su extremo proximal de la patela y otra distal de la TTA. Con este injerto se obtiene una plastia denominada H-T-H (Hueso-Tendón- Hueso). Este injerto ha sido el más usado en las últimas décadas con excelentes resultados.

El otro injerto que actualmente se está usando con más frecuencia es el formado por los tendones gracilis y semitendinoso. Estos dos injertos los obtenemos desde su inserción distal a nivel de la pata



de ganso. Mediante estos dos tendones, se obtiene una plastia con cuatro haces tendinosos, resultado de doblar sobre si mismo estos tendones obteniendo una fuerza similar a la que tiene el tendón rotuliano. Este injerto no posee pastilla ósea en sus extremos, pero ha demostrado unos muy buenos resultados a largo plazo, disminuyendo en cierta manera la morbilidad que resultaba de la extracción del tercio central del tendón rotuliano con sus respectivas pastillas óseas.

Otros injertos con un uso mucho más limitado son; el tendón cuadrícipital de origen autólogo o el tendón de Aquiles, entre otros.

### **1.2.7 VARIACIONES TÉCNICAS**

En las últimas décadas son muchos los trabajos publicados sobre el LCA. Se ha investigado mucho al respecto y con todo ello se ha logrado mejorar la técnica quirúrgica. La industria también ha colaborado de manera decisiva en modernizar los implantes facilitando así la tarea del cirujano.

Con todo esto, tenemos numerosas opciones a la hora de realizar una reconstrucción del LCA. Seguramente lo primero que tenemos que decidir, una vez se ha optado por tratar quirúrgicamente una ruptura de un LCA, es que tipo de plastia usar. Una vez lo hemos decidido, tendremos que considerar los diferentes anclajes sobre el hueso que usaremos, que también variarán en función del tipo de plastia elegido.

Tenemos que tener en cuenta también la ubicación de los túneles femoral y tibial. La esfera horaria es el método más usado para indicar el lugar donde se pretende ubicar el túnel femoral. De esta manera, en una rodilla derecha, las 12 sería la parte más superior de la escotadura de la tróclea y las

9 sería la parte más lateral del cóndilo femoral lateral (equivaldría a las 3 en la rodilla izquierda). Este túnel se puede realizar desde el interior o del exterior de la rodilla. Si decidimos realizar el túnel desde el interior, tenemos varias opciones; realizarlo a través del túnel tibial (previamente labrado) o a través del abordaje Anteromedial artroscópico o incluso transpatelar en caso de haber usado tendón rotuliano para la reconstrucción.

Se tiene que decidir también si realizamos un único túnel femoral o realizamos dos túneles. Recordemos que el LCA está compuesto por dos fascículos (anteromedial y posterolateral). Con el objetivo de conseguir una reconstrucción más anatómica, sobre el papel, del LCA, muchos cirujanos optan por realizar un doble túnel femoral para obtener un nuevo LCA con dos fascículos.

En cuanto al túnel tibial, este se realiza desde la parte interna de la tibia con control artroscópico para controlar el punto de salida intraarticular que debe ser a nivel de la huella del antiguo LCA. Podemos variar el grado de angulación del túnel tanto en el plano coronal como sagital, pero normalmente este túnel suele tener una angulación de unos 55° en el plano sagital y unos 20° en el plano coronal y iniciándose a un centímetros medial a la tuberosidad tibial anterior.

Una vez realizado el túnel tibial y el femoral (único o doble) tenemos que fijar la plastia a estos túneles. Para ello la industria ha ideado diversos sistemas de fijación que pueden variar dependiendo de la plastia elegida. Grapas metálicas, tornillos metálicos, tornillos inerferenciales... entre otros, son algunos de los sistemas que disponemos en la tibia. Para el fémur disponemos también de diversos dispositivos. Uno de estos sistemas ideado para fijar la plastia de isquiotibiales a nivel femoral, es el bio Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI). Este sistema, sobre el cual tratará el trabajo, precisa de la colocación de un tornillo que fije la plastia. La entrada de este tornillo en la cortical

externa del cóndilo femoral externo está guiado y es perpendicular al túnel femoral previamente labrado. El trayecto de este tornillo, ha ido variando con el cambio de ubicación del túnel femoral.

### 1.2.8 IDEA TRABAJO

Como hemos comentado el LCA, tiene una importancia no sólo en el control de la translación anterior de la tibia, sino también en la estabilidad rotacional de la misma, actuando contra las fuerzas combinadas de rotación interna y valgo de la tibia sobre el fémur<sup>24-26</sup>. El uso de un doble fascículo a nivel femoral, al menos teóricamente proporcionaría un mejor control rotacional de la rodilla, como hemos comentado anteriormente, aunque se trata de un tema controvertido. Pero este tipo de cirugía es técnicamente más demandante con la dificultad que entraña realizar dos túneles en la cara lateral de la escotadura de la tróclea. Además esta técnica no ha demostrado mejores resultados in vivo que la realización de un monofascículo. Por esto el uso de un único túnel es más ampliamente usado en la reconstrucción del LCA.

El único túnel femoral, se ha colocado históricamente en la posición más alta de la esfera horaria cercana a las 12<sup>27,28</sup>. Con esta posición se ha comprobado tener un buen control en la translación anterior de la tibia sobre el fémur, pero no tan buen control sobre las fuerzas rotacionales. Diferentes estudios anatómicos<sup>29-31</sup> han demostrado que un descenso del túnel femoral desde las 12 o las 11 (más usado históricamente) hasta la posición equivalente a las 10 o incluso a las 9 (equivaldría a las 2 o las 3 en la rodilla izquierda) nos proporcionaría un mejor control de la inestabilidad rotacional<sup>25,32,33</sup>.

Para la realización de este túnel femoral, tenemos dos opciones. Una primera es labrar el túnel a través del túnel tibial previamente realizado (Técnica transtibial TTT). Otra de las opciones es realizar el túnel femoral a través del portal anteromedial. Con el intento de colocar el túnel en la posición más anatómica que nos permitiría este mejor control de la estabilidad rotacional, la técnica transtibial no resulta muy cómoda, ya que tenemos que realizar el túnel femoral desde un punto muy medial<sup>34-35</sup>. Esta posición tan forzada desde este abordaje transtibial, además lleva consigo un alto riesgo de dañar el cartílago de la meseta tibial interna, además de un riesgo de no colocar el túnel en la posición deseada. Por esto el uso de un portal anteromedial bajo con el objetivo de no dañar estas estructuras es preferible si queremos realizar un túnel femoral bajo<sup>35-36</sup>.

Los tendones del Gracilis y Semitendinoso han proporcionado buenos resultados, como ya hemos comentado, como plastia a la hora de reconstruir el LCA<sup>37</sup>. Esta plastia puede ser fijada proximalmente con diferentes técnicas de fijación. Una de las técnicas usadas para fijar la plastia a nivel femoral es la fijación transversa que fue inicialmente diseñada para la fijación de las plastias colocadas desde un abordaje transtibial en una posición más cercana a las 12<sup>38</sup>.

En esta técnica, el pin transversal se coloca de forma percutánea a través del cóndilo femoral lateral, habiendo demostrado un bajo riesgo de dañar las estructuras laterales adyacentes, siempre y cuando el túnel femoral se realice en lo alto de la esfera horaria<sup>39</sup>.

El descenso de este túnel hasta posiciones más bajas en la esfera horaria podría traer como consecuencia un daño en las estructuras anatómicas de la región posterolateral de la rodilla cuando colocamos este pin transverso, que nos permitirá colocar un dispositivo interferencial perpendicular a la plastia para sujetarla en el interior del túnel.

En la literatura podemos encontrar un trabajo desarrollado por Pujol et al<sup>40</sup> donde compara la colocación de este túnel femoral por el portal anteromedial y por el portal transtibial a diferentes grados de flexión. Acaba concluyendo que el portal anteromedial no presenta riesgo cuando la rodilla está hiperflexionada a 130°. Una de las limitaciones de este estudio el hecho de no especificar el punto exacto de donde comienza a realizar el túnel femoral y que, según se muestra en el trabajo, el inicio del túnel femoral con ambos abordajes es el mismo variando la inclinación del túnel.

Viendo que las nuevas tendencias en la colocación de la plastia a nivel del fémur han variado de manera que el túnel ahora se realiza más bajo (tomando como referencia la esfera horaria), nos planteamos si seguir usando este sistema de fijación en el fémur podría poner en peligro las estructuras posterolaterales de la rodilla, para lo cual diseñamos este trabajo.

## **2. HIPÓTESIS TRABAJO Y OBJETIVOS**

### **2.1 HIPÓTESIS TRABAJO**

- **HIPÓTESIS NULA.** El uso de un portal anteromedial bajo para la realización de una reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior mediante un sistema de fijación femoral Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI) no pone en riesgo las estructuras posterolaterales de la rodilla.
- **HIPÓTESIS PRIMARIA.** El uso de un portal anteromedial bajo para la realización de una reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior mediante un sistema de fijación femoral Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI) pone en riesgo las estructuras posterolaterales de la rodilla.

### **2.2 OBJETIVOS**

- **Objetivo principal.** Valorar la distancia exacta entre el Ligamento Lateral Externo y la salida del pin transversal del sistema de fijación Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI).
- **Objetivo principal I.** Valorar la distancia exacta entre el Nervio Ciático Poplíteo Externo, el tendón Poplíteo, el tendón Gastrocnemio lateral y el Epicóndilo lateral con la salida del pin transversal del sistema de fijación Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI).

- Objetivo principal II. Valorar la distancia exacta entre las diferentes estructuras óseas y la salida del pin transversal del sistema de fijación Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI).
- Objetivo principal III. Valorar la ubicación exacta del túnel femoral mediante examen radiológico.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 TIPO DE TRABAJO**

Trabajo cadavérico prospectivo observacional controlado en laboratorio.

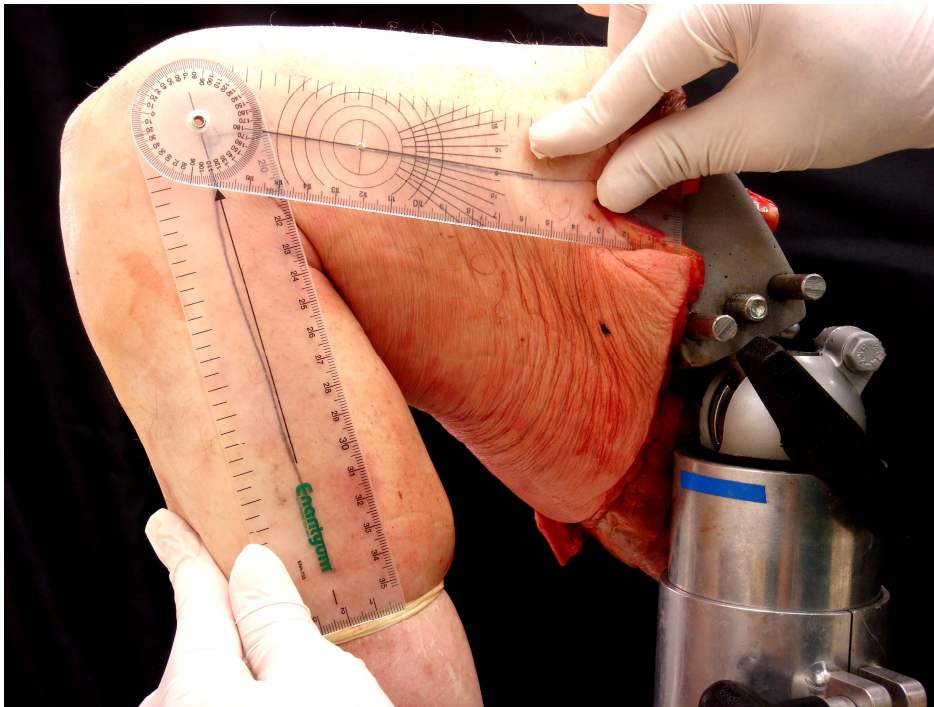
Estudio de 11 extremidades inferiores frescas de adultos donantes. 6 izquierdas y 5 derechas. 7 provenientes de hombres y 4 de mujeres. Ninguna de las rodillas tenían signos externos de haber sufrido una cirugía. Una de las rodillas mostraba un borrado del notch intercondilar muy importante por lo que fue excluida del estudio. Por tanto el estudio constó finalmente de 10 rodillas provenientes de cadáveres de donantes voluntarios con una edad media de 83.5 años (68-93) que fueron colocadas sobre un soporte de rodillas (Extremity Holder; Saw-bones, Sweden).

Para calcular la flexión femorotibial utilizamos un goniómetro. El eje femoral lo pintamos siguiendo la línea que va desde el trocánter mayor hasta el epicóndilo lateral. El eje tibial lo pintamos siguiendo la línea que va desde la cabeza del peroné hasta el maleolo peroneal.

El tendón del gracilis y del semitendinoso fueron obtenidos mediante un abordaje sobre la pata de ganso. Una sutura Ethibond fue colocada en el extremo distal de cada uno de estos tendones. Un alambre de 0.8 mm fue incluido en el interior de los tendones para que, posteriormente, en las imágenes radiológicas fueran reconocidos más fácilmente. Con ayuda de un stripper, fueron extraídos los tendones que posteriormente fueron preparados. El diámetro de los cuatro haces de tendón son medidos en este momento.



Una vez realizado la extracción de la plastia se procedió al protocolo de colocación de la plastia. Una vez colocada la plastia se procedió a un examen radiológico de la ubicación exacta del túnel femoral. Por último se procedió a la disección de las estructuras laterales de la rodilla y la relación del Cross Pin con todas estas estructuras.



*Posición de la rodilla en el momento previo a la realización del proceso artroscópico. Un soporte de rodilla (Extremity Holder; Saw-bones, Sweden) se utilizó para un mejor control de la rodilla. En esta posición se realizó el procedimiento artroscópico así como la disección de la rodilla. Podemos observar como podemos alcanzar el grado de flexión deseado para labrar el túnel femoral.*

### 3. 2 PROCEDIMIENTO ARTROSCÓPICO

Todo el procedimiento se realizó a 90° de flexión excepto cuando los túneles tenían que ser realizados. Realizamos dos portales anteromediales; uno estándar y otro más bajo de trabajo. Las referencias utilizadas para establecer este portal fueron el polo inferior de la patela y un punto un centímetro medial al tendón rotuliano. Con estos portales realizamos una limpieza de los restos de LCA mediante motor artroscópico. La posición del túnel femoral fue marcado en el centro de la huella del LCA en el plano horario previamente elegido y dependiendo del diámetro de la plastia, un túnel de entre 7 y 10 milímetros de diámetro fue realizado mediante una guía convencional apoyada en la cortical posterior del cóndilo femoral externo.(Stryker, ACL System).

En cuanto al túnel tibial, todos fueron iniciados a través de la incisión de la pata de ganso entre uno y dos centímetros medial a la tuberosidad tibial anterior, con una inclinación en el plano sagital de 55° y de 20° en el plano coronal.

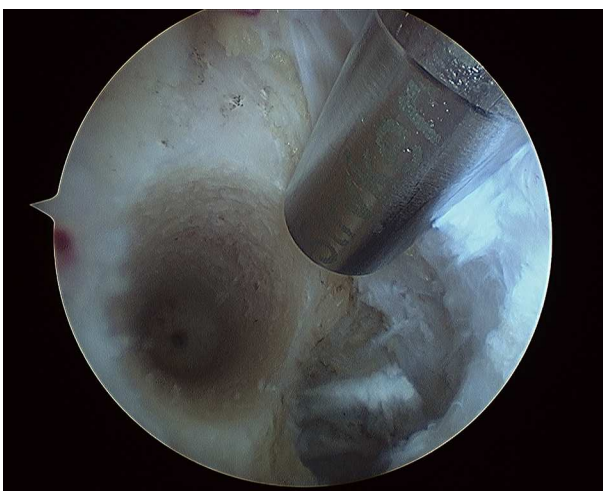
Para la realización del túnel femoral, se flexiona la rodilla 110°. Se usa el offset femoral correspondiente para dejar 2 mm de pared posterior. La elección de este túnel se realiza cuidadosamente a las 10 (rodilla derecha) y a las 2 (rodilla izquierda). Este punto se considera el punto medio del haz anteromedial y posterolateral y por tanto el punto más anatómico donde colocar un túnel único a la hora de mejorar la estabilidad rotacional y anteroposterior de la rodilla. Una vez colocado el pin, se realiza un túnel con una broca a 30mm de profundidad, según la técnica Cross Pin (Stryker).

Una vez realizado el túnel femoral, la guía para el pin transversal se coloca en el interior del túnel y, a continuación, se coloca el pin transversal a 20° del plano horizontal. Por último la plastia es fijada

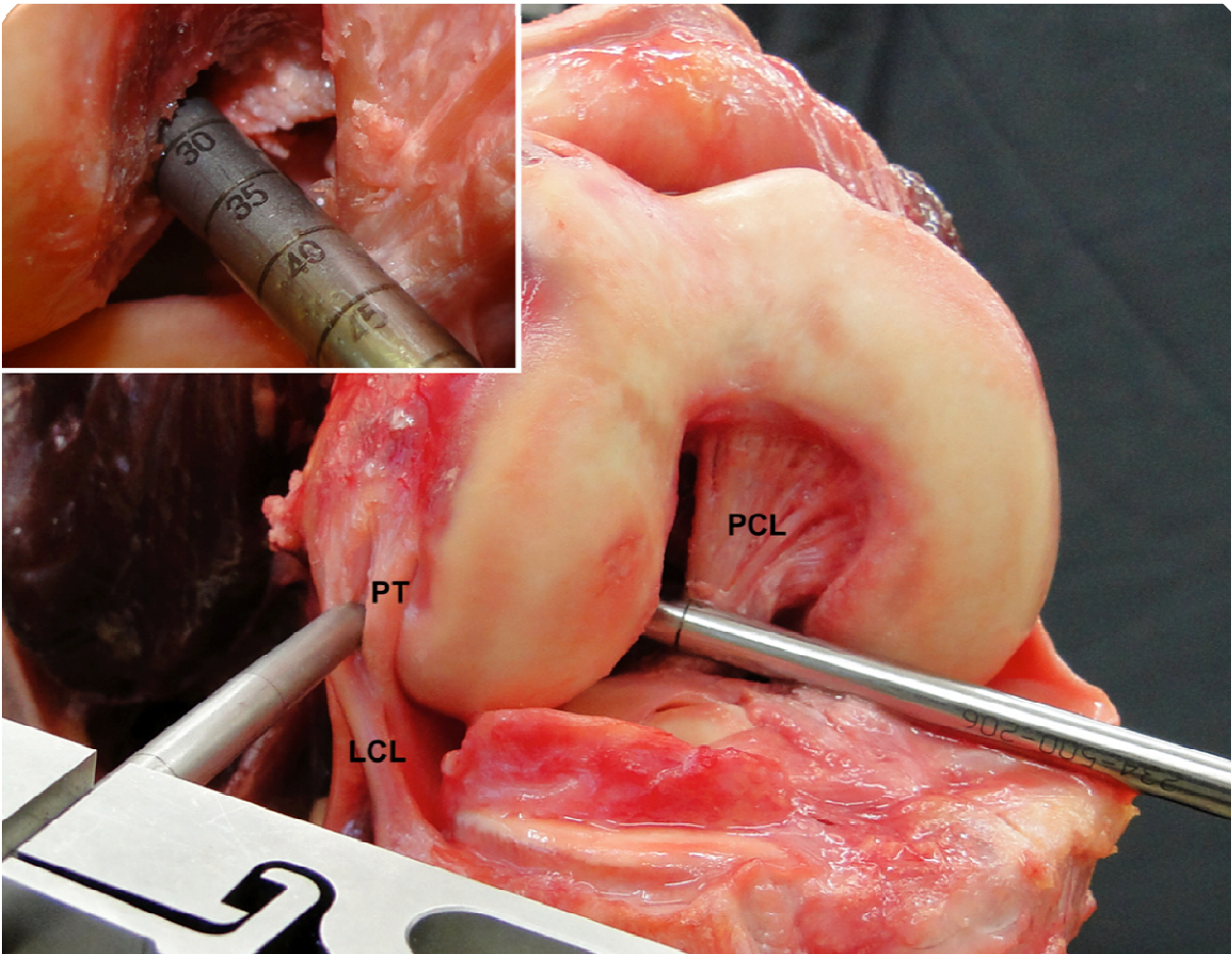
con un Tornillo interferencial de 6× 40 mm o de 6×50 mm Biostenon (hidroxiapatita/Ácido poli-L-lactico) Cross-Pin (Stryker), dependiendo de la longitud del fémur. La fijación tibial se llevó a cabo con un tornillo metálico estándar de 7 o 10 × 25 mm.



*Visión anterior del extremo distal del fémur disecado. Podemos observar la entrada del túnel femoral. Si consideramos el intercóndilo como una esfera horaria, el punto más elevado de este intercóndilo sería las 12 en punto. Podemos considerar que el túnel está realizado sobre las 9.30 o las 10. Mediante examen radiológico confirmamos exactamente esta posición.*



*Imagen artroscópica tras la realización del túnel femoral. Vemos la integridad de todas sus paredes.*



*Esta rodilla no entró en el estudio. Este proceso se realiza normalmente intraoperatoriamente.*

*Vemos como tenemos un túnel de 30 mm y como con la guía fija, el dispositivo trasnversal penetra en el cóndilo femoral externo muy cervano al Tendón del Poplíteo (PT) y con el Ligamento Colateral Lateral (LCL).*

### **3. 3. EVALUACIÓN RADIOLÓGICA**

Una radiografía anterioposterior con flexión de 30° fue obtenida de cada rodilla (proyección Shuss o Rosenberg o en túnel). Se midió la orientación del túnel femoral tomando como referencia la línea tangente a los cóndilos distales femorales, basándonos en un método recientemente publicado(20). Tomando las 12 en punto como el punto más alto de la escotadura troclear, se calculó el punto exacto de la ubicación del túnel femoral expresándolo en horas y en intervalos de cuartos de hora.





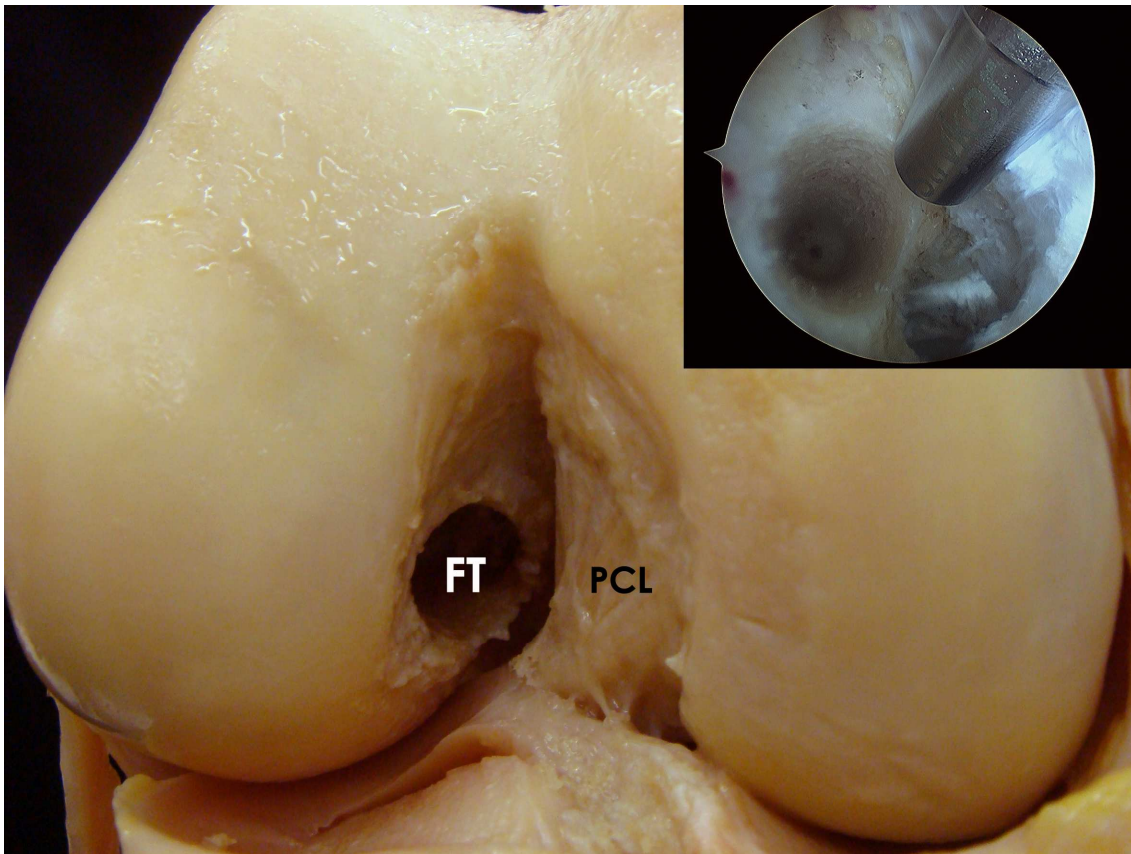
*Realización de una radiología simple de rodilla mediante la proyección de Rosenberg. Vemos claramente el intercóndilo. Se ha colocado un dispositivo radioopaco en el interior de la plastia formada por semitendinoso y recto interno para una mejor interpretación de la posición exacta de la plastia y del túnel femoral.*

### **3.4 DISECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS POSTEROLATERALES**

Se realizó la disección a través de una incisión en la piel de unos 20×15 centímetros ovoidea sobre el cóndilo femoral lateral. La piel y el subcutáneo fue extraído. Se identificó la fascia lata. Para un mejor abordaje de la parte lateral del fémur, la mitad posterior de la fascia lata fue retirado. Se localizó el Cross Pin y fue cuidadosamente disecada. Una vez identificada, el resto de estructuras de la parte lateral de la rodilla fueron identificadas: ligamento colateral medial (LCL), epicóndilo lateral, tendón poplíteo (PT), tendón del gemelo lateral (LGT) y el nervio ciático poplíteo externo o peroneal (PN). Una vez identificadas cada una de estas estructuras, se midió la distancia de cada una de ellas al Cross-Pin, que fija la plastia del LCA.

La distancia más corta desde el pin a las correspondientes estructuras fue calculada por dos veces por dos de los autores del trabajo y se hizo la media a continuación. Todas las medidas se realizaron por un calibrador electrónico digital (ProMax; Fred V. Fowler, Newton, MA) con una resolución de 0.02 mm. Finalmente se realizó una disección anterior de la rodilla para certificar una correcta colocación de la plastia.





*En esta superposición de imágenes, podemos ver la posición exacta del Túnel Femoral (FT) y su relación con el Ligamento Cruzado Posterior (PCL). En la imagen artroscópica (cuadrante superior derecho) vemos el momento intraoperatorio en el que se acaba de labrar el túnel. Vemos como la cortical posterior del túnel está indemne. Se recomienda dejar unos 2 mm entre el túnel y esta cortical.*

### **3.5 ESTADÍSTICA**

Los datos de las diferentes distancias están presentados en milímetros (Mm.) con su media y su rango. Los datos relativos a la ubicación del túnel con la plastia en el fémur son presentados con diferencias de 15 minutos considerando el punto más alto del intercóndilo como las 12 o'clock. Obtenemos la media de los diez especímenes con su rango.

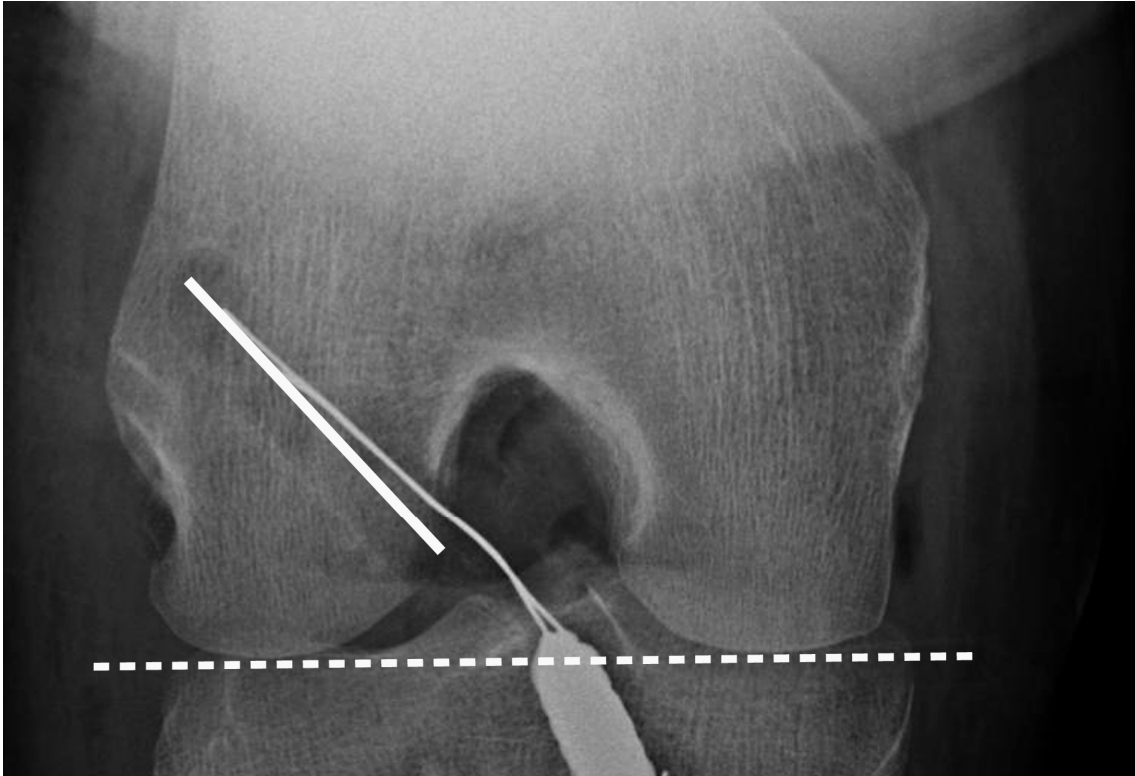
## **5.RESULTADOS**

En dos de los diez especímenes, el tendón gracilis no se utilizó debido a la pobre calidad del mismo que no permitía su manipulación. En 8 de los casos se pudo realizar el túnel de 30 mm de profundidad. En los otros 2 sólo se pudo realizar un túnel de 25 y 23 mm de profundidad debido a los que las rodillas tenían unos cóndilos pequeños. En estos casos, la cortical posterolateral fue perforada. En uno de estos dos casos (caso 8), había un moderado borrado de la escotadura intercondilea. No realizamos trocleoplastia ya que, en nuestra impresión, este moderado grado de borrado no influenciaría en la correcta colocación del túnel.

### **5.1 EVALUACIÓN RADIOLÓGICA**

El ángulo medio de colocación del túnel femoral con referencia al eje bicondilar era de 52.1° (40°-60°). La media de la ubicación del túnel en la esfera horaria es de 10 en punto (rango, 9.15-10-30).

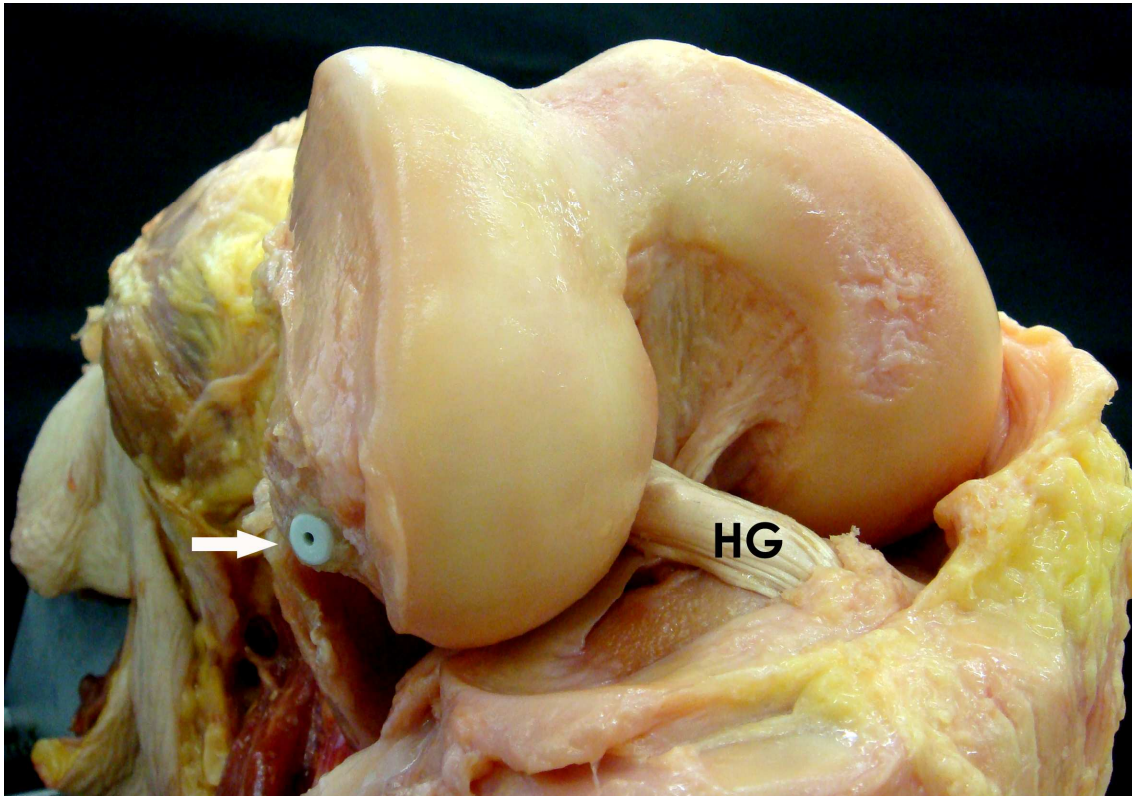
Anexo 1.



*Misma radiología mostrada anteriormente, una vez trazada una línea imaginaria que pasa a través de los dos cóndilos. En este caso se considera que el túnel presenta una angulación de  $47^\circ$  lo que representa las 9.45 en la esfera horaria.*

## **5. 2 LIGAMENTO COLATERAL LATERAL**

La posición del bio Cross Pin con respecto al LCL varia de un espécimen a otro. En 8 de los casos el Cross-Pin fue colocado posterior al LCL (rango, 0 a 7.96mm, media 2.38mm). En una de las rodillas el LCL fue parcialmente roto por el bio Cross Pin (caso 9). A pesar de esto, esta lesión no producía inestabilidad en varo de la rodilla bajo exploración manual. En las otras dos rodillas, el pin se encontraba anterior al LCL (caso 8). En este espécimen, la longitud del túnel era tan solo de 23 mm. Esta desviación anterior podría ser explicada por este borrado del intercóndilo que podría explicar una incorrecta colocación de la guía femoral. En 8 de los casos estudiados la distancia al LCL era menor de 3 mm (rango, 0 a 2.43mm). Anexo 1.



*Imagen de una rodilla una vez disecada completamente vista desde una posición anterolateral. Podemos observar la entrada de la plastia de isquiotibiales (HG) en la tibia. En esta visión no podemos valorar la entrada de la misma en el fémur. La flecha indica la entrada del dispositivo transversal en el cóndilo que servirá de viga para sujetar la plástia. Esta posición del dispositivo transversal está en relación con las estructuras posterolaterales de la rodilla que están en estudio.*

### **5.3 EPICÓNDILO LATERAL**

La distancia del pin al epicóndilo lateral tenía una media de 13.86 mm (rango, 6.41 a 19.04 mm).

Anexo 1

### **5.4 TENDÓN POPLITEO**

De forma similar a los anteriores, el bio Cross Pin se separó del tendón poplíteo 1.47 Mm. en 3 especímenes y en sólo 3 especímenes, el pin estaba al menos a 4.5 mm. Anexo 1.

### **5.5 TENDÓN GEMELO LATERAL**

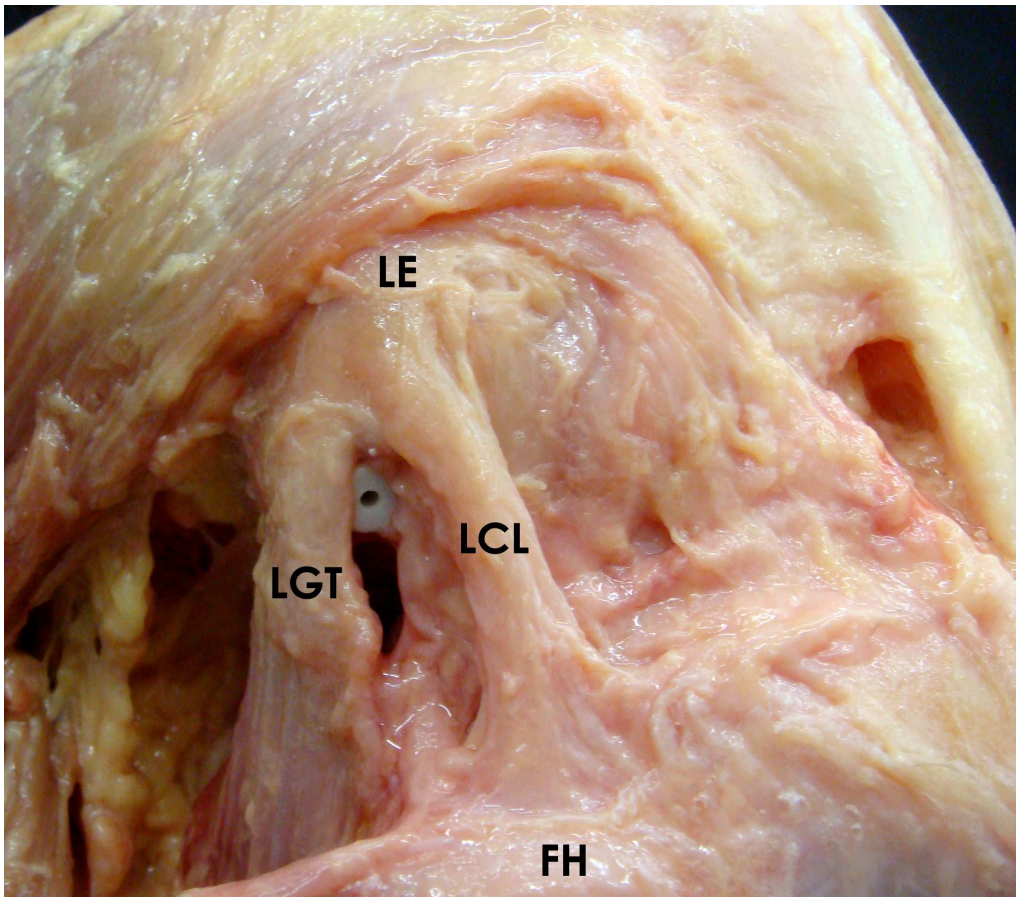
En dos especímenes el tendón del gastrocnemio lateral estaba atravesado por el bio Cross Pin. El pin estaba colocado en íntimo contacto con el borde anterior del tendón en otros cuatro casos. Anexo 1.

### **5.6 NERVIO PERONEO**

La mínima distancia desde el bio Cross Pin al nervio peroneo es de 23.89 mm (media, 38.48mm).

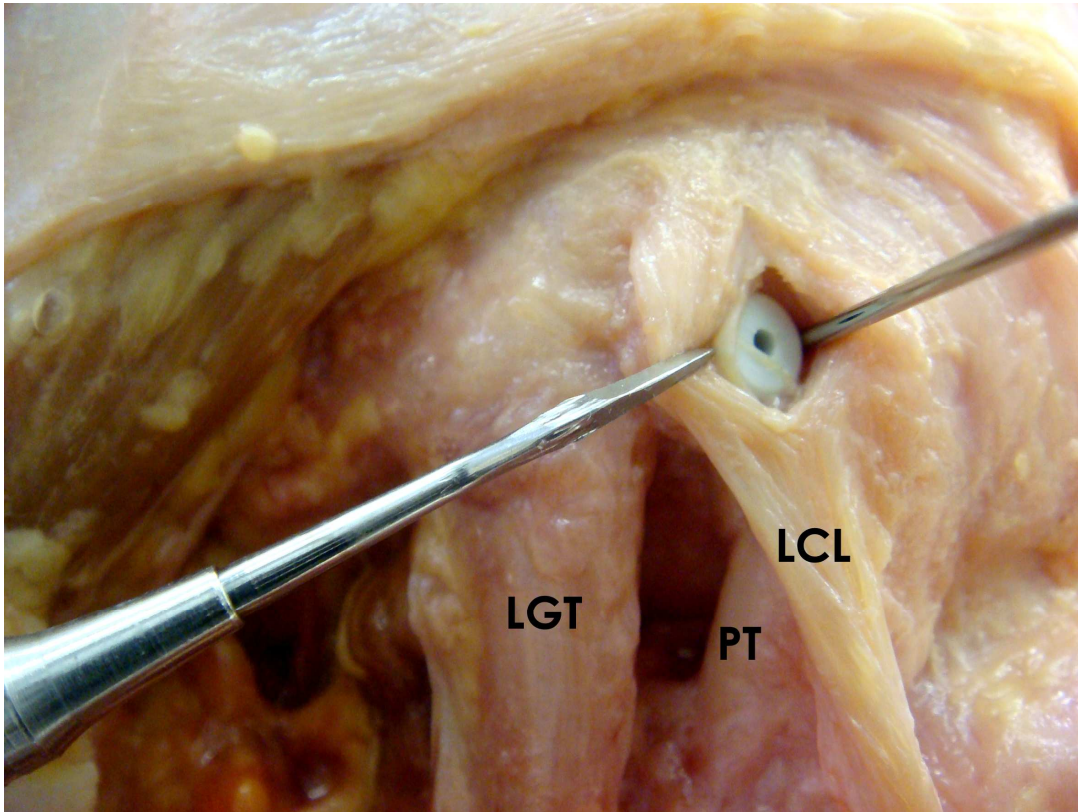
Anexo 1.



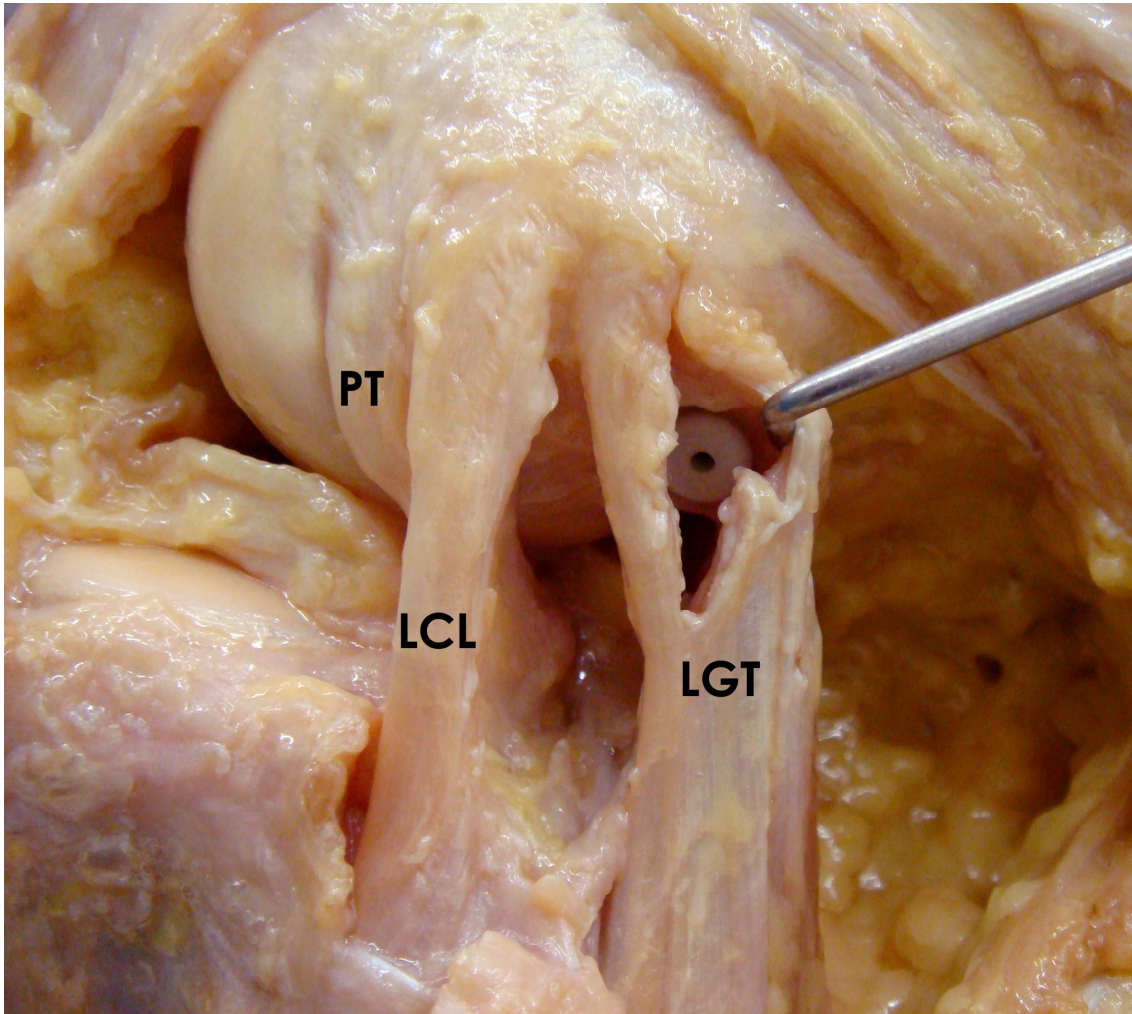


*Imagen de disección de uno de los especímenes. Podemos ver la íntima relación del dispositivo transversal con el Ligamento colateral lateral (LCL), con el Tendón del gastrocnemio lateral (LGT) y con el epicóndilo lateral (LE). El nervio peroneo o ciático poplíteo externo no se ve en esta imagen y es distal a la cabeza del peroné (FH), lugar de inserción del LCL. Las relaciones del Bio Cross Pin con las diferentes corticales del fémur también fueron medidas.*

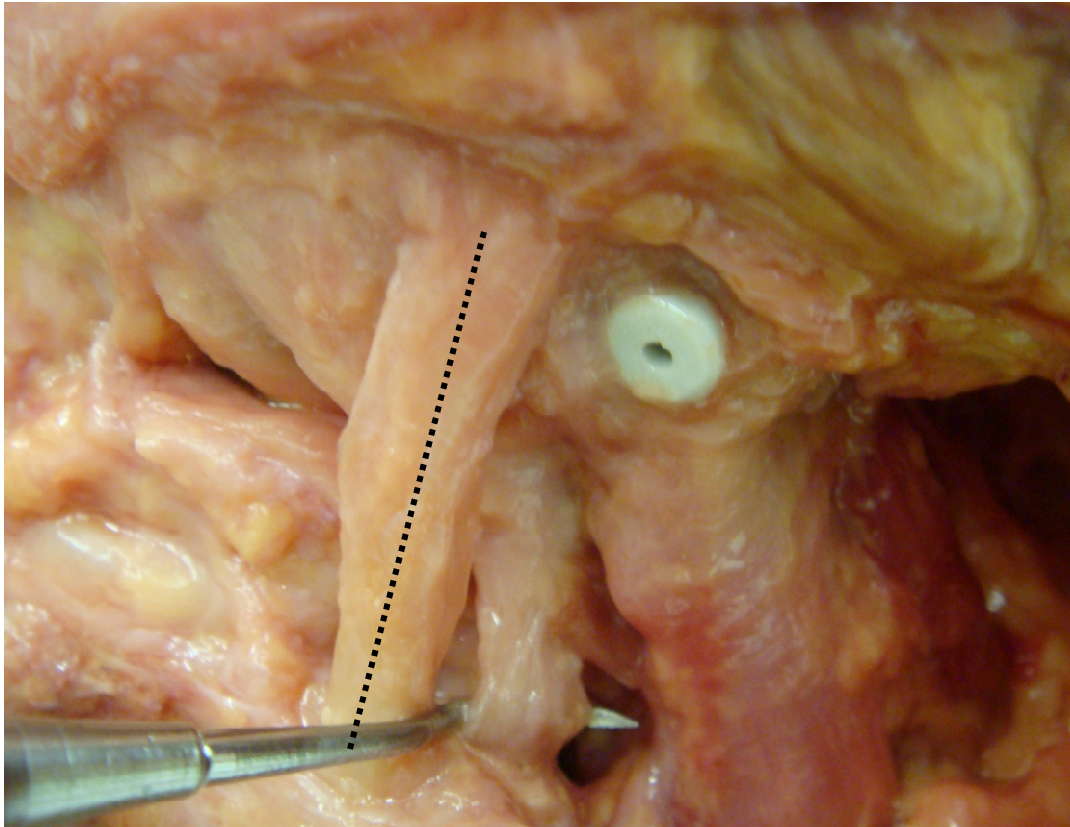




*Imagen de una rodilla donde el Bio Cross Pin ha atravesado el LCL.. Esta es la estructura posteroexterna que podría causar una mayor repercusión clínica (a parte del nervio peroneo).*

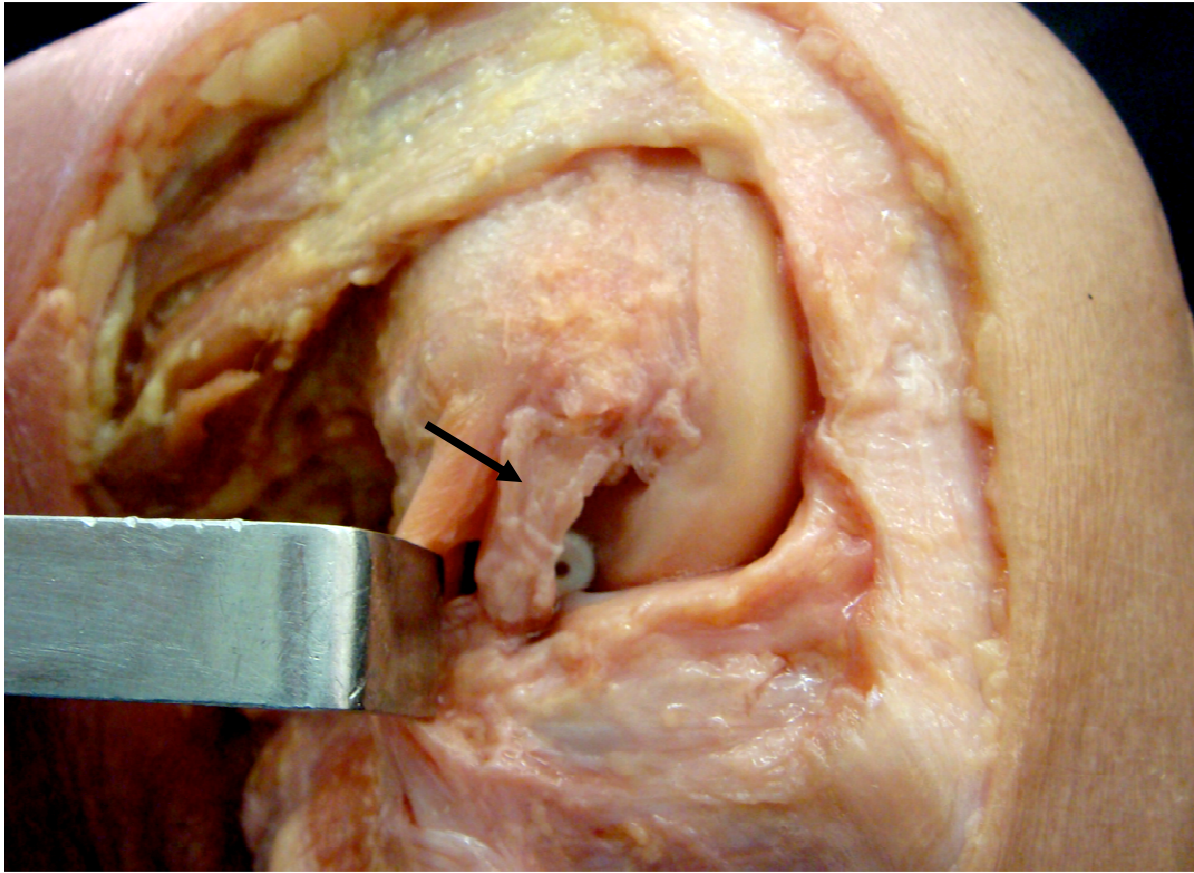


*Esta imagen muestra otro espécimen en el cual el bio Cross Pin ha atravesado por completo el Tendón del gastrocnemio lateral. Este hallazgo parece que tendría menos repercusión clínica que la violación del Ligamento Colateral Lateral.*

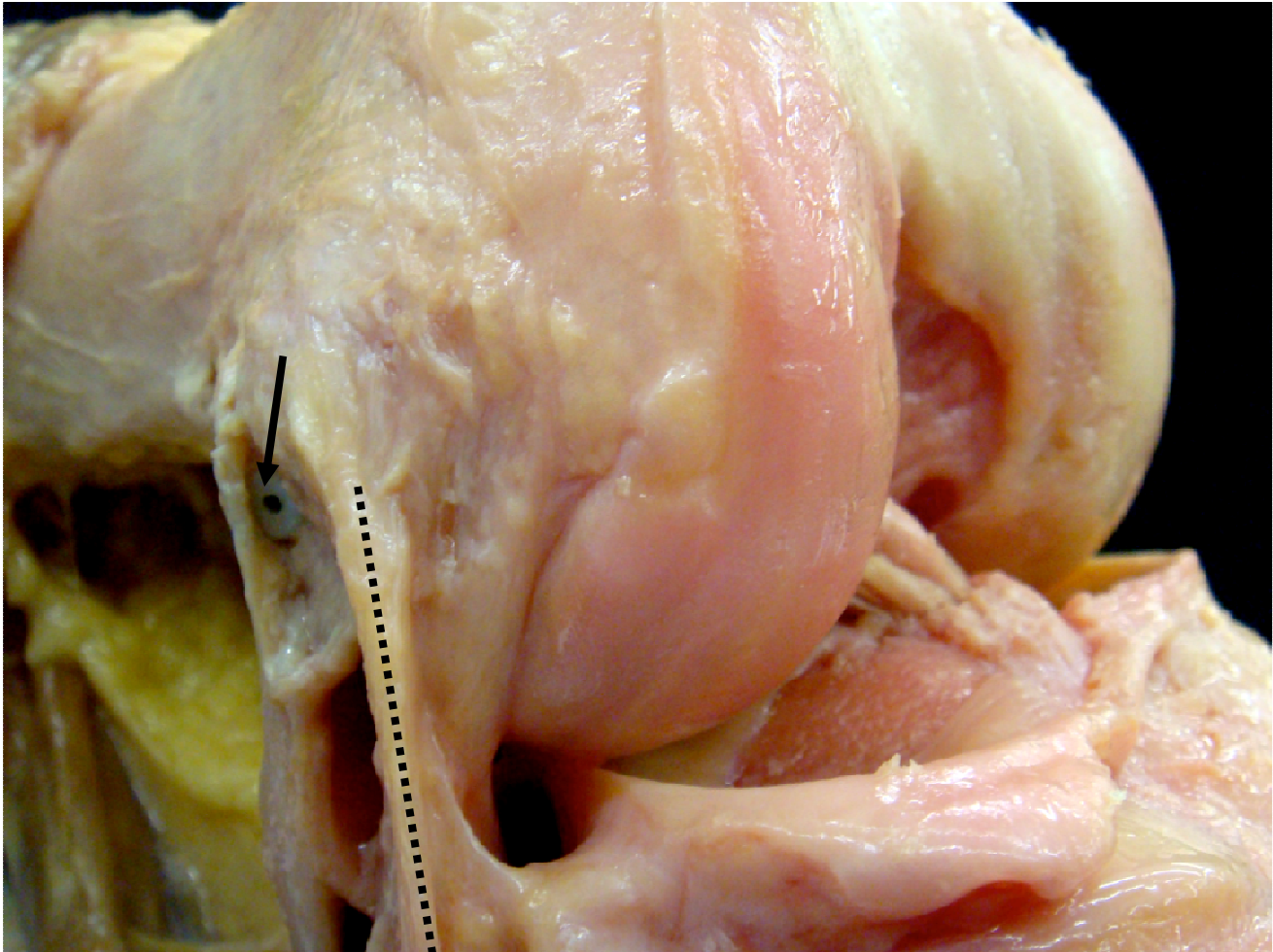


*Imagen donde se puede apreciar la relación del bio Cross Pin con el Ligamento Colateral Lateral (línea puntos) y del Nervio Ciático Poplíteo Externo (señalado). En todos los casos la relación de este nervio con el dispositivo transversal siempre fue grande.*

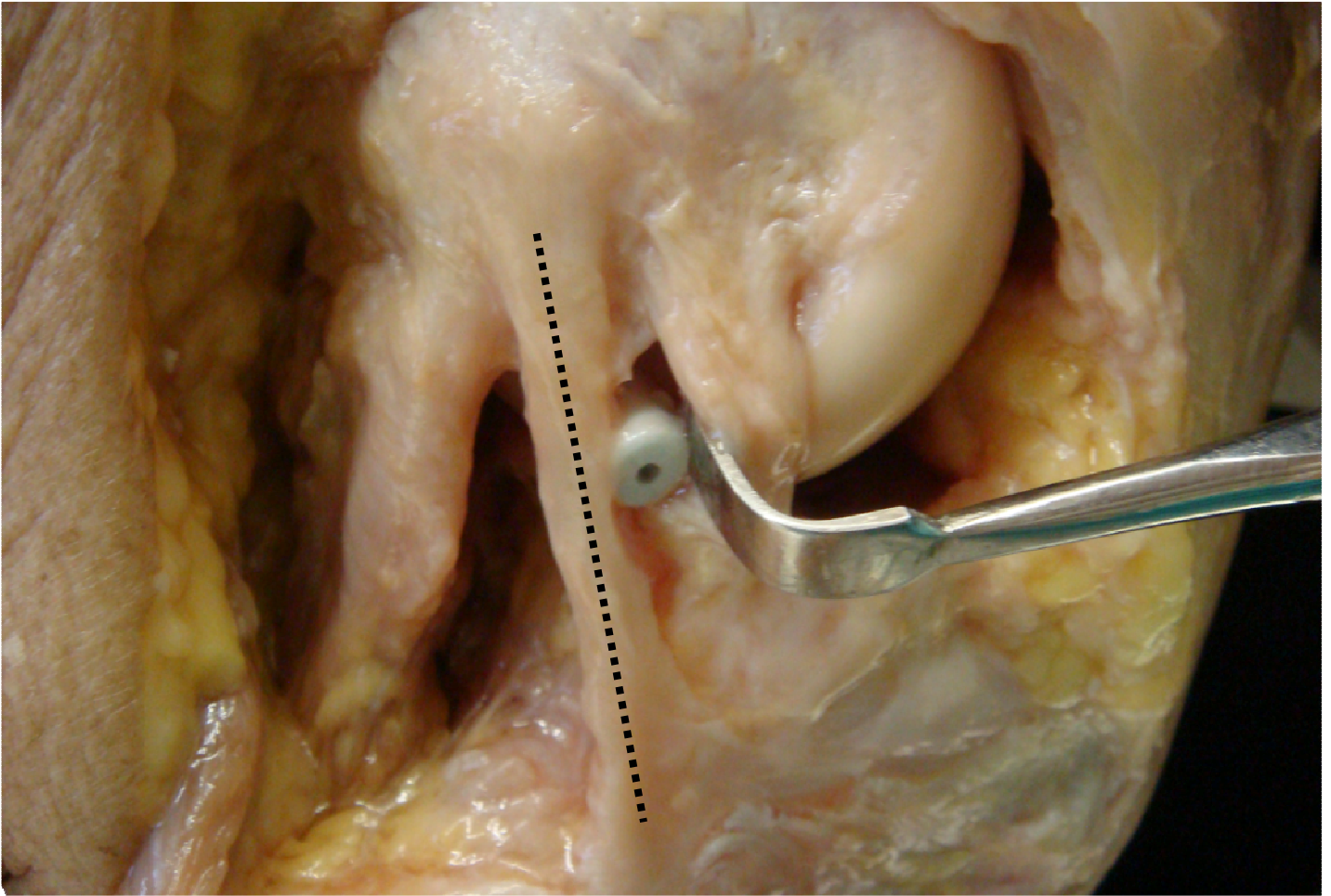




*En esta imagen podemos observar la entrada del bio Cross Pin muy cercana al tendón del poplíteo (flecha). Apartado por el separador podemos ver el Ligamento Colateral Lateral). El tendón poplíteo queda cercano a la entrada al dispositivo lateral en muchos de los casos estudiados. Este tendón es una estructura importante en la estabilidad posteroexterna de la rodilla.*

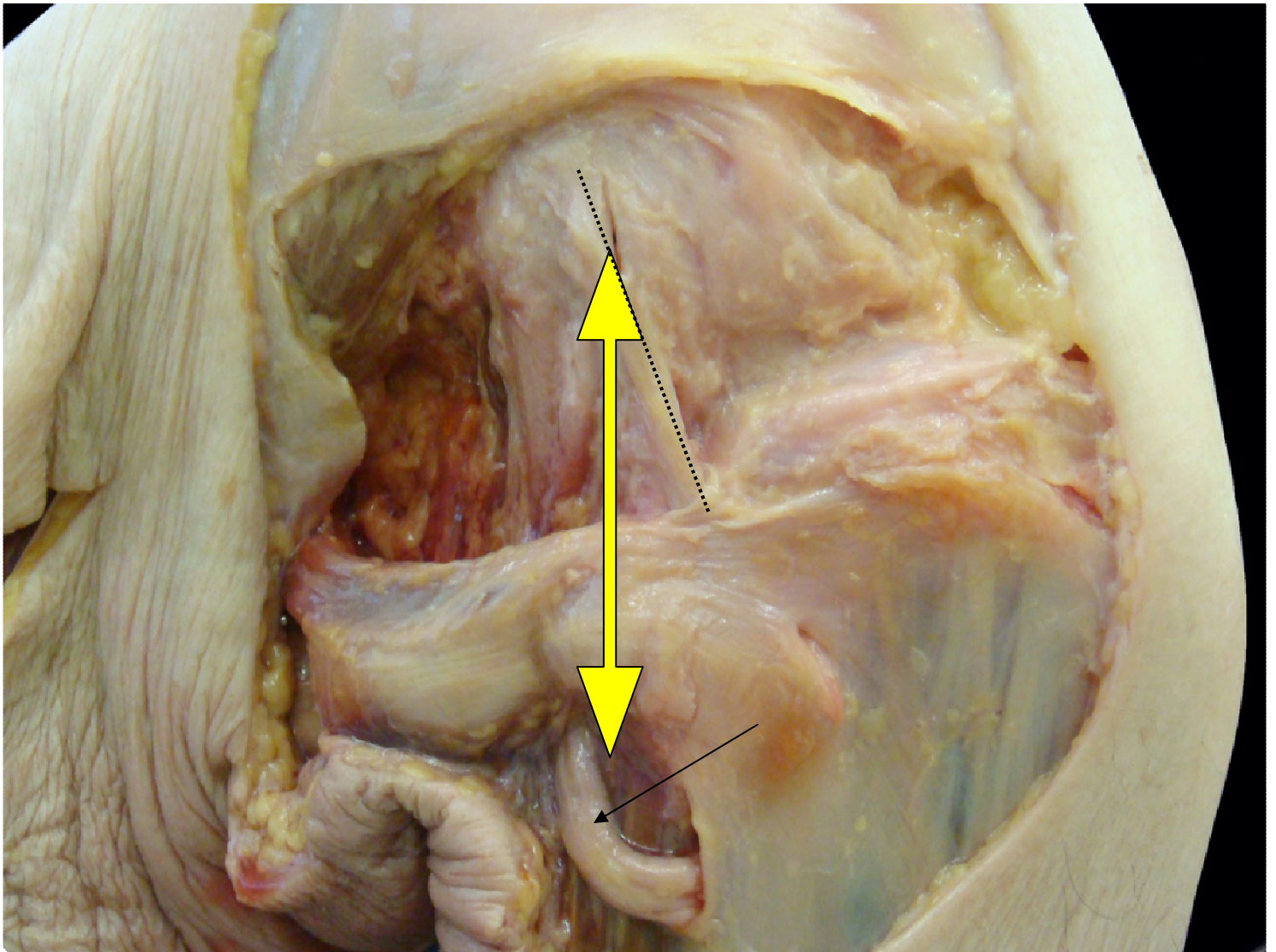


*En esta imagen general de la rodilla podemos observar la entrada más posterior del bio Cross Pin (flecha) con respecto al LCL (línea puntos). Esta entrada más posterior es más segura.*



*Imagen de otro espécimen con la entrada del bio Cross Pin entre el Ligamento Colateral Lateral (línea puntos) y el Tendón del poplíteo (apartado). Vemos como pasa muy cercano a ambas estructuras.*





*Vemos en este espécimen la violación por parte del bio Cross Pin del Ligamento Colateral Lateral (línea puntos) y la gran distancia del dispositivo transversal con el nervio Ciático Poplíteo Externo (flecha)*

## **5. 7 CORTICALES FEMORALES**

La media de la distancia a la cortical anterior del fémur era de 27.2mm (rango, 17.45 a 35-4mm). La parte más distal del fémur distaba de media 8.17 mm (rango, 4.08 a 15.8 mm). En un caso el bio Cross Pin iba directo a la cortical posterior, con su mitad posterior situada en la fosa poplítea. En 7 casos el Cross Pin estaba a 1.52 mm de esta superficie posterior (media, 1.35 mm) En los dos casos restantes, donde el pin estaba situado anteriormente (caso 8) o en el medio del LCL (caso 9), la distancia a la cortical posterior era de 14.06 y 9.5 mm respectivamente.

Bajo evaluación directa del túnel femoral, 2 mm de pared posterior se confirmó presente en todas las rodillas. Anexo 1.



## **6. DISCUSIÓN**

En el estudio realizado podemos observar que la colocación del túnel femoral en su lugar más anatómico y fijado con el sistema descrito puede causar lesiones en algunas de las estructuras estudiadas siendo el Ligamento Colateral Lateral el más afectado. Hantes et al <sup>45</sup>, realizó un trabajo con 30 reconstrucciones de LCA desde un portal anteromedial usando el Bio-TransFix como sistema de fijación femoral (Arthrex, Naples, FL), concluyendo que era una técnica segura y efectiva. En ningún momento evaluaron las estructuras posterolaterales de la rodilla y su estructura con la aguja transversal. Además en el trabajo no queda recogida la flexión de la rodilla en el momento o la angulación de la aguja con respecto al plano horizontal. Pujol et al <sup>40</sup> también concluye que no hay riesgo a la hora de realizar el túnel femoral desde el portal anteromedial con la rodilla flexionada 130°. Sin embargo, y como antes hemos mencionado, no se especifica el punto exacto de donde empieza a labrar el túnel femoral. Además usa el mismo punto de entrada para el grupo de rodillas que usa un portal anteromedial que desde las que se inicia desde el portal transtibial como muestran en las ilustraciones de su trabajo. Realizar el túnel desde el portal transtibial no es seguro según muestran diversos estudios <sup>35-36</sup>. En el estudio presentado, se logró realizar un túnel femoral bajo que no podría haber sido alcanzado desde el portal transtibial. Creemos que Pujol et al <sup>40</sup> realizó un túnel femoral alto con una inclinación diferente pero sin lograr colocar el túnel en su lugar anatómico.

En el estudio realizado, la evaluación de la colocación del túnel se realizó mediante una radiografía tipo Shuss y mediante la evaluación directa de la escotadura troclear durante la disección, confirmando que todos los túneles femorales estaban situados alrededor de las 10 (rodilla derecha) o las 2 (rodilla izquierda) y con una pared posterior de 2 mm confirmando una buena situación alto/bajo y profundo/superficial. Colombet et al realiza una descripción anatómica similar donde describe las inserciones anatómicas del LCA para un correcto emplazamiento del túnel en su

reconstrucción. Basdekis et al<sup>44</sup> describen en su trabajo la influencia de la flexión de la rodilla a la hora de realizar el túnel femoral. Coincidimos con ellos en que la angulación del túnel femoral respecto a la línea tangente a los cóndilos femorales.

Recientemente también se ha criticado el sistema horario como referencia a la hora de orientarse para la realización del túnel femoral. Esta crítica viene argumentada por el no control de uno de los planos a la hora de realizar el túnel. Podemos controlar bien el plano alto o bajo pero no controlamos si el túnel es profundo o superficial. Esta crítica, consideramos, tiene sentido cuando realizamos la técnica con doble túnel femoral, pero no cuando realizamos un único túnel. Cuando utilizamos técnica monofascicular, creemos que sólo el plano alto/bajo tiene importancia ya que la profundidad la controlamos con una guía que se apoya directamente sobre la pared posterior del cóndilo intentando respetar siempre los 2 mm de pared posterior. En este sentido consideramos válido este sistema de referencia en tanto en cuanto realizamos técnica monofascicular.

El grado de flexión durante la realización del túnel femoral es también un tema controvertido. En este estudio la flexión para la realización de este túnel era 110°. Basdekis et al, en un estudio reciente, vieron como a 130° o más de flexión la oblicuidad del túnel con respecto al intercóndilo aumentaba, de manera que aumentaba la presión sobre la pared anterior del túnel, recomendando así realizar el túnel a 110°. Nishimoto et al<sup>47</sup> en otro trabajo reciente apoyaba dicha afirmación.

En el trabajo mencionado de Basdekis et al<sup>44</sup> se recomienda una longitud mínima del túnel femoral de 25 mm. En el estudio realizado, tan sólo en un caso el túnel es menor a esta cifra. La razón la encontramos en que era el único espécimen donde había un borrado parcial del intercóndilo, factor que nos pudo condicionar colocando el túnel demasiado anterior al ser colocada desde el portal anteromedial, y consecuentemente, el sistema de fijación de la plastia es demasiado anterior.

Se ha demostrado en diferentes estudios que la reconstrucción del túnel femoral en su localización anatómica, restaura de una manera más estricta la estabilidad rotacional de la rodilla que si colocamos el túnel más alto (alrededor de las 11).

En cuanto a las limitaciones del estudio podemos mencionar:

- sólo realizamos la técnica a 110° de flexión
- muestra pequeña
- no realizamos radiología lateral de la rodilla. Con esto no podemos demostrar la presencia de una pared posterior del túnel, que fue confirmada bajo visión directa en la disección.
- Tampoco miramos como la variación de los ángulos de entrada del Cross Pin podría afectar los resultados
- No se calculó la variabilidad intra e interobservador.

La fijación de la plastia en la parte femoral con el sistema Cross-Pin, que ha sido ideado inicialmente para la colocación de un túnel más alto, puede provocar lesiones iatrogénicas en las estructuras laterales de la rodilla tal como hemos visto, cuando intentamos bajar la altura del túnel. En este estudio nosotros hemos seguido las recomendaciones que la casa comercial indica para la colocación original del túnel a las 11. Un túnel de 30mm ha mostrado que puede lesionar el LCL al igual que el PT. En dos de los 10 especímenes estudiados, el Cross Pin lesiona directamente el LGT. Sin embargo esta lesión parece no tener repercusión clínica. Por otra parte tenemos que decir que esta técnica es segura a la hora de lesionar el nervio peroneo, con una distancia mínima de 24 mm .

Por tanto, con este trabajo, no podemos recomendar esta técnica tal y como la hemos descrito por el alto riesgo de dañar importantes estructuras estabilizadoras de la rodilla en la cara lateral de la misma. Una alternativa es cambiar la fijación femoral descrita que haya demostrado ser segura. Otra posibilidad es adaptar la técnica del Cross Pin a una fijación más lateralizada. Esto vendría dado teóricamente con un túnel femoral más largo o con un mayor grado de flexión de la rodilla en el momento de realizar el túnel femoral. Sin embargo, es preciso la realización de más trabajos para poder realizar una mayor recomendación.

## **8. CONCLUSIONES**

- *HIPÓTESIS NULA. El uso de un portal anteromedial bajo para la realización de una reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior mediante un sistema de fijación femoral Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI) no pone en riesgo las estructuras posterolaterales de la rodilla.*
- *HIPÓTESIS PRIMARIA. El uso de un portal anteromedial bajo para la realización de una reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior mediante un sistema de fijación femoral Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI) pone en riesgo las estructuras posterolaterales de la rodilla.*

*Aceptamos la hipótesis primaria y rechazamos la hipótesis nula.* La fijación de la plástia de semitendinoso y gracilis con el sistema transversal Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI), originalmente diseñado para una realización del túnel femoral desde un portal transtibial, tiene un alto riesgo de lesionar las estructuras laterales de la rodilla, en concreto el LCL, así como también el PT y el LGT, cuando realizamos este desde un túnel anteromedial a 110° de flexión con una longitud del túnel de 30mm.

- *Objetivo principal. Valorar la distancia exacta entre el Ligamento Lateral Externo y la salida del pin transversal del sistema de fijación Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI):*

- El rango fue: 0 a 7.96mm con una media 2.38mm. En 8 de los 10 especímenes la distancia fue menor a 3 Mm. (rango 0 a 2.43mm). Se objetiva un alto riesgo de lesionar el Ligamento Colateral Lateral de la rodilla con esta técnica.

- *Objetivo principal I. Valorar la distancia exacta entre el Nervio Ciático Poplíteo Externo, el tendón Poplíteo, el tendón Gastrocnemio lateral y el Epicóndilo lateral con la salida del pin transversal del sistema de fijación Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI).*

- Epicóndilo lateral tenía una distancia media de 13.86 Mm. (rango, 6.41 a 19.04 Mm.).
- Tendón Poplíteo; se separó del tendón poplíteo 1.47 Mm. de media en 3 especímenes y en sólo 3 especímenes, el pin estaba al menos a 4.5 Mm.
- Nervio Ciático Poplíteo Externo; La mínima distancia desde el bio Cross Pin es de 23.89 Mm. (media, 38.48mm).
- Gastrocnemio Lateral; En dos especímenes el tendón del gastrocnemio lateral estaba atravesado por el bio Cross Pin. El pin estaba colocado en íntimo contacto con el borde anterior del tendón en otros cuatro casos.

Observamos un alto riesgo de lesionar el tendón del Gastrocnemio Lateral con esta técnica y en menor medida el nervio Ciático Poplíteo Externo o el Epicóndilo Lateral.

- *Objetivo principal II. Valorar la distancia exacta entre las diferentes estructuras óseas y la salida del pin transversal del sistema de fijación Cross Pin (Stryker, Kalamazoo, MI).*

- Cortical Anterior; Media 27.2 Mm. (rango 17.45-35.4mm)
- Fémur distal (cartílago articular); Media 8.17 Mm. (rango 4.08-15.8 Mm.)
- Cortical Posterior; Atravesada en un caso. En 7 casos, distancia menor en todos los casos a 1.52 Mm. (media 1.35 Mm.). En restantes dos casos 14.06 Mm. y 9.5 Mm. respectivamente

Existe poco riesgo de lesionar las corticales distales y anteriores, sin embargo existe un riesgo mayor de lesionar la cortical posterior.

- *Objetivo principal III. Valorar la ubicación exacta del túnel femoral mediante examen radiológico.*

- Orientación media del túnel femoral tomando como referencia biepicondilea es de 52.1° (rango 40°-60°). La media de la posición simulando la esfera horaria es de 10 o'clock (rango, 9:15 a 10:30).

## 7. ANEXO

### 7.1 DISTANCIAS DEL CROSS-PIN A LAS ESTRUCTURAS CORRESPONDIENTES

CASE N°	TL (mm)	LCL (mm)	LE (mm)	PT (mm)	LGT (mm)	PN (mm)	AC (mm)	PC (mm)	DC (mm)	TO (grados)	CFT
1	30	8	18.9	7	0	32.9	31.5	1.8	4.1	50	10
2	30	2.4	12.9	12.6	0	32.3	27.1	0.7	6.3	56	10:15
3	25	0.0	10.9	4.5	5.2	51.9	33.7	0.9	9.2	47	9:45
4	30	2	15	4.4	4.3	30.6	35.4	1.3	6.6	60	10:30
5	30	0	13.6	3.9	0	37.5	24.5	1.8	8.9	53	10
6	30	0	12.4	3.3	0	39.1	24.8	1.5	15.8	50	10
7	30	5.7	19	9.5	0	46.4	30	0	7.2	57	10:15
8	23	0.4	17.2	0	11.9	39.5	21.5	14.1	6.4	44	9:15
9	30	0	6.4	0	3	50.8	17.4	9.5	9.1	55	10
10	30	0	12.3	1.5	0	23.9	26	1.5	8.3	49	10

Abreviaciones: TL, longitud túnel; LCL, ligamento colateral lateral; LE, epicóndilo lateral; PT, tendón del poplíteo; LGT, ligamento gastrocnemio lateral; PN, nervio peroneo; AC, cortical anterior; PC, cortical posterior; DC, cortical distal; TO, orientación túnel tomando como referencia la línea tangente a los cóndilos distales femorales; CFP, posición túnel con respecto a la referencia esfera horaria

## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Bircher E. Die Arthoroendoskopie. Zentralbl Chir 1921; 48; 1460-1461.
2. Petersen W, Tillman B. Structure and vascularization of the cruciata ligaments of the human knee joint. Anat Embryol (Berl). 1999 Sep;200(3):325-34.
3. Tena-Arregui J, Barrio-Asensio C, Viejo-Tirado F, Puerta-Fonollá J, Murillo-González J. Arthroscopic study of the knee joint in fetuses. Arthroscopy 2003 Oct;19(8):862-8.
4. Insall J, Scott WN. Surgery of the knee. 3<sup>rd</sup> edition. Churchill/Livingston; Philadelphia: 2001
5. Odensen M, Guillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rotational approach for reconstruction. J Bone Joint Surg Am. 1985 Feb;67(2):257-62.
6. Amiss AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. J Bone Joint Surg Br. 1991 Mar;73(2):260-7.
7. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. Clin Orthop Relat Res. 2007 Jan; 454:35-47.
8. Fu F, Christel P, Miller MD, Jonson DL. Graft selection for anterior cruciate ligament reconstruction. Instr Course Lect. 2009; 58:337-54.
9. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. J Bone Joint Surg Am 2004. 86:1601-1608.
10. Boden BP, Dean GS, Feagin JA Jr, Garret WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. Orthopedics 2000;2(6):573-8.
11. Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. Am J Sports Med 1976 Mar-Apr;4(2):84-93.



12. Liu SH, Osti L, Henri M, Bocchi L. The diagnosis of acute complete tears of the anterior cruciate ligament. Comparison of MRI, arthrometry and clinical examination. *J Bone Joint Surg Br.* 1995 Jul;77(4):586-8.
13. Jones KG. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. A technique using the central one-third of the patellar ligament. *J Bone Joing Surg Am.* 1963 Jul;45:925-32.
14. Alm A, Gillquist J. Reconstruction of the anterior cruciate ligament by using the medial third of the patellar ligament. Treatment and results. *Acta Chir Scand.* 1974;14(4):289-96.
15. Marshall JL, Warren RF, Wickiewicz TL, Reider B. The anterior cruciate ligament: a technique of repair and reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 1979 Sep; (143):97-106.
16. Clancy WG Jr, Nelson DA, Reider B, Narechania RG. Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament, augmented by extra-articular tendon transfers. *J Bone Joint Surg Am.* 1982 Mar;64(3):352-9.
17. Clancy WR Jr, Rajesh GN, Rosebert TD. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys. *J Bone Joint Surg Am* 1981 63A:1279-84.
18. Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS, Butler DL. The symptomatic anterior cruciate- deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg Am* 1983 Feb;65(2):154-62.
19. Noyes FR, Matthews DS, Mooar PA, Grood ES. The symptomatic anterior cruciate- deficient knee. Part II: The results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability. *J Bone Joint Surg Am* 1983 Feb;65(2):163-74.
20. Dejour H, Deschamps G, Walsh G. Résultat du traitement des laxités antérieures chroniques par opération de Kenneth Jones- Lamaire. *Journées Lyonnaises de chirurgie du genou* 5:129-140.1984.
21. Lipscomb AB, Jonhston RK, Syndner RB, Warburton MJ, Gilbert PP. Evaluation of hamstring strength following use of semitendiosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med,* Nov-Dec 10(6) :340-2. 1982.

22. Cho K.O. Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitenosus tenodesis. *Bone Joint Surg* 57A: 608-612, 1975.
23. Friedman MJ. Arthroscopic semitendinosus (gracilis) reconstruction for anterior cruciate ligament deficiency. *Techniques in Orthopaedics* 2:74-80, 1988.
24. Kanamori A, Woo SL, Ma CB et al. The forces in the anterior cruciate ligament and knee kinematics during a simulated pivot shift test: A human cadaveric study using robotic technology. *Arthroscopy* 2000;16:633-639.
25. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SL-Y. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 22 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. *Arthroscopy* 2003;3:297-304.
26. Markolf KL, Park S, Jackson SR, Mc Allister DR. Anterior-posterior and rotatory stability of single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:107-118.
27. Bylski-Austrow DI, Grood E, Hefzy M, Holoden JP, Butler DL. Anterior cruciate ligament replacements: A mechanical study of femoral attachment location, flexion angle at tensioning and initial tension. *J Orthop Res* 1990;8:522-532.
28. Markolf KL, Hame S, Monte Hunter D, et al. Effects of femoral tunnel placement on knee laxity and forces in an anterior cruciate ligament graft. *J Orthop Res* 2002;5:1016- 1024.
29. Giron F, Cuomo P, Aglietti P, Bull AMJ, Amis AA. Femoral attachment of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:250-256.
30. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res* 2006;454:35-47.
31. Kopf S, Musahl V, Tashman S, Szczodri M, Shen W, Fu FH. A systematic review of the femoral origin and tibial insertion morphology of the ACL. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:213-219.

32. Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moorman CT III. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthroscopy* 2004;3:294-299.
33. Musahl V, Plakseychuk A, VanScyoc A, et al. Varying femoral tunnels between the anatomical footprint and isometric positions. Effect on kinematics of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. *Am J Sport Med* 2005;5:712-718.
34. Arnold MP, Kooloos J, van Kampen A. Single-incision technique misses the anatomical femoral anterior cruciate ligament insertion: A cadaveric study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001;9:194-199.
35. Gavriilidis I, Motsis EK, Pakos EE, Georgoulis AD, Mitsionis G, Xenakis TA. Transtibial versus anteromedial portal of the femoral tunnel in ACL reconstruction: A cadaveric study. *Knee* 2008;15:364-367.
36. Harner C, Honkamp N, Ranawat AS. Anteromedial portal technique for creating the anterior cruciate ligament femoral tunnel. *Arthroscopy* 2008;24:113-115.
37. Harilainen A, Sandelin J. A prospective comparison of 3 hamstring ACL fixation devices—Rigidfix, BioScrew, and Intrafix— Randomized into 4 groups with 2 years of follow-up. *Am J Sport Med* 2009;37:699-706.
38. Clark R, Olsen RE, Larson BJ, Goble EM, Farrer RP. Crosspin femoral fixation: A new technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Arthroscopy* 1998;3:258-267.
39. McKeon BP, Gordon M, DeConciliis G, Scheller A. The safe zone for femoral cross-pin fixation. An anatomical study. *J Knee Surg* 2007;20:285-288.
40. Pujol N, Thierry D, Bauer T, Hardy P. Transverse femoral fixation in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with hamstrings grafts: An anatomic study about the relationships between the

- transcondylar device and the posterolateral structures of the knee. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc* 2006;14:724-729.
42. Colombet P, Robinson J, Christel P, et al. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: A cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy* 2006;22:984-992.
43. Rue JP, Ghodadra N, Bach BR Jr. Femoral tunnel placement in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A cadaveric study relating transtibial lateralized femoral tunnel position to the anteromedial and posterolateral bundle femoral origins of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 2008;36:73-79.
44. Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Influence of knee flexion angle on femoral tunnel characteristics when drilled through the anteromedial portal during anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2008;4:459-464.
45. Hantes M, Dailiana Z, Zachos V, Varitimidis S. Anterior cruciate ligament reconstruction using the Bio-Transfix femoral fixation device and anteromedial portal technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:497-501.
46. Fu FH. The clock-face reference: Simple but nonanatomic. *Arthroscopy* 2008;24:1433, author reply 1434.
47. Nishimoto K, Kuroda R, Mizuno K, et al. Analysis of the graft bending angle at the femoral tunnel aperture in anatomic double bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A comparison of the transtibial and the far anteromedial portal technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:270-276.
48. Neven E, D'Hooghe P, Bellemans J. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A cadaveric study of the posterolateral tunnel position and safety of the lateral structures. *Arthroscopy* 2008;4:436-440.