

# Actualización en las Lesiones del Ligamento Cruzado Anterior. Análisis de los Resultados Mediante TAC y Escalas Clínicas

Juan Diego Ayala Mejías\*, Gustavo Adolfo García-Estrada\*\*, Luis Alcocer Pérez-España\*\*\*

\*Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología, Subespecialidad en Artroscopia. Hospital San Rafael. Madrid, España.

\*\*Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología. Alta Especialidad en Hombro y Codo. Doctorado en Alta Dirección. Hospital General de Zona #58. IMSS, México. Centro Médico Toluca. \*\*\*Médico Especialista en Ortopedia y Traumatología, Sanatorio Virgen del Mar. Madrid, España. Hospital San Rafael, Madrid, España. Hospital General de Zona #58. IMSS

## RESUMEN

Se realizó una revisión bibliográfica sobre el estado actual de las ligamentoplastias del LCA, incluyendo bases anatómicas, funcionales y tratamiento quirúrgico, así como un estudio retrospectivo de las ligamentoplastias del LCA mediante técnica SAC con más de 10 años de evolución. En dicho estudio se valoran parámetros clínicos y radiológicos mediante escalas clínicas y TAC, estableciendo relaciones entre la posición y ensanchamiento de los túneles con los resultados clínicos a largo plazo.

**Palabras Clave:** Ligamentoplastia; LCA; Túneles; Femoral; Tibial

## SUMMARY

We performed a literature review on the current status of the ACL repair, including anatomical basis, functional and surgical treatment, as well as a retrospective study of the ACL repair by SAC technique with over 10 years of evolution. This study evaluated clinical and radiological parameters, clinical scales and TAC by establishing relationships between the position and broadening of the tunnels with long-term clinical results.

**Keywords:** Hip: ACL Repair; Tunnel; Femoral; Tibial

## INTRODUCCIÓN

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla tiene una importancia epidemiológica de primer orden, ya que se ha estimado que una de cada 3000 personas sufre una rotura del LCA anualmente en los Estados Unidos. Dicho de otra manera, cada año se realizan en Estados Unidos 100.000 reconstrucciones del LCA, cuyos buenos resultados oscilan entre el 75% y más del 90%.<sup>1</sup> Para su reconstrucción se han descrito muchas técnicas quirúrgicas empleando varios tipos de injertos y fijaciones, tanto a nivel tibial como femoral.

En la actualidad, el injerto con tendón rotuliano es junto con los tendones de la "pata de ganso" los más empleados. El injerto de tendones de la "pata de ganso" está popularizándose cada vez más, debido a que en teoría se presenta una menor morbilidad tanto de la zona de toma de injerto, como de la zona de reparación.

Está aceptado universalmente que los injertos biológicos autólogos son los mejores sustitutos para el LCA roto, especialmente el tendón rotuliano y los isquiotibiales, cuyas propiedades estructurales son similares o incluso mejores que las del LCA normal.<sup>2,3</sup>

## Anatomía del LCA

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura

intraarticular y extrasinovial; su inserción proximal se sitúa en la porción más posterior de la cara interna del cóndilo femoral externo; se dispone en dirección distal-anterior-interna, abriéndose en abanico hacia su inserción distal, en la región antero-interna de la meseta tibial, entre las espinas tibiales<sup>4</sup> (fig. 1). Estructuralmente está compuesto por fibras de colágeno rodeadas de tejido conjuntivo laxo y tejido sinovial.

Su vascularización es escasa, y depende fundamentalmente de la arteria geniculada media. Su inervación depende de ramificaciones del nervio tibial. Tiene escasa capacidad de cicatrización tras su lesión o reparación quirúrgica, obligando a realizar técnicas de reconstrucción-sustitución ligamentosa.<sup>3</sup>

La longitud media del LCA, tomada en su tercio medio, oscila entre 31 y 38 mm y su anchura media es de 11 mm.<sup>5-7</sup>

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura fibrosa que se divide en varios fascículos o bandas. El número y la función de estas bandas sigue siendo un tema discutido ya que en ocasiones es difícil distinguirlas ni macro ni microscópicamente.<sup>6</sup>

Habitualmente se describen dos fascículos (fig. 2):

- El fascículo postero-lateral (PL): el más posterior y externo en la tibia y más posterior y distal en el fémur.
- El fascículo antero-medial (AM): más anterior e interno en la tibia y más proximal y anterior en el fémur.

El fascículo AM es la parte estructural más anterior y más expuesta a traumatismos.

Juan Diego Ayala Mejías  
drayalamejias@yahoo.es

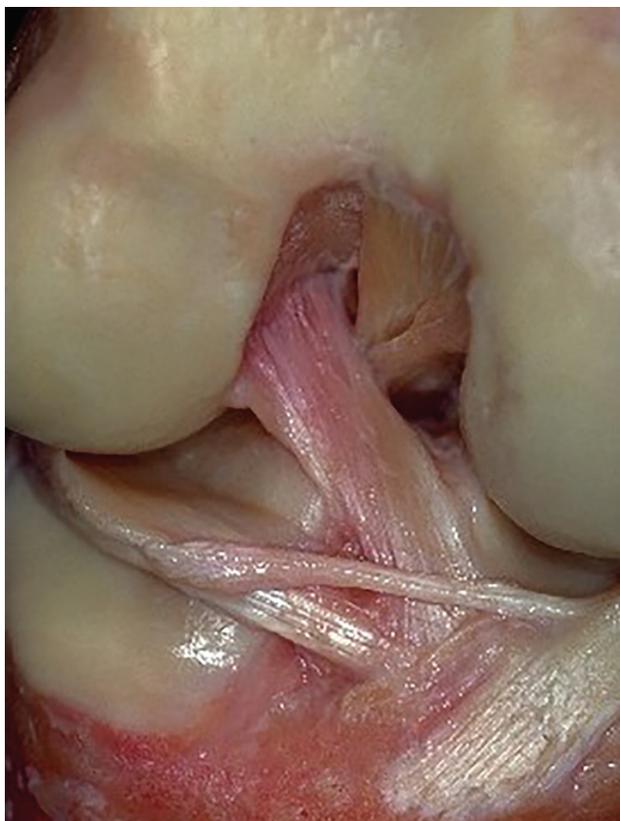


Figura 1: Recorrido e inserciones del LCA.



Figura 2: Visión de los fascículos antero-medial y postero-lateral del LCA.

Cuando se flexiona la rodilla, se tensa el fascículo AM y el ligamento rota 90° sobre sí mismo. Sin embargo, cuando se extiende la rodilla se tensa la banda PL y el ligamento se aplana y ensancha.<sup>5</sup>

De todas formas, aunque la disposición anatómica de ambos fascículos no está clara, sí parece que al flexionar la rodilla 90° hay estructuras fibrilares que se tensan a medida que se aumentan los grados. Es por este motivo por el que algunos autores hablan de “zonas funcionales” del LCA más que de “estructuras anatómicas”.<sup>6</sup>

La inserción femoral del LCA comienza en la parte más alta de la escotadura en la zona de transición entre el techo de la escotadura y la pared medial del cóndilo femoral externo. Luego se extiende ocupando toda la altura de la escotadura lateral para terminar en la parte más inferior en el límite entre el hueso y el cartílago, que suele coincidir con el borde medial del cóndilo externo (fig. 1). Esto significa que la inserción más alta se encuentra entre las 11 y las 10 horas, y la más baja entre las 7 y las 8 horas.<sup>8</sup>

El LCA normal presenta una inserción tibial muy ensanchada, cerca del doble que en su origen femoral. Se ha considerado que la pendiente medial de la espina intercondílea medial representa el origen del margen medial del LCA nativo<sup>5</sup> (figs. 1 y 3).

Estos hechos anatómicos hacen posible explicar que un injerto tubular o rectangular no puede reproducir el aplastamiento anterior de la inserción del LCA nativo.<sup>5</sup>

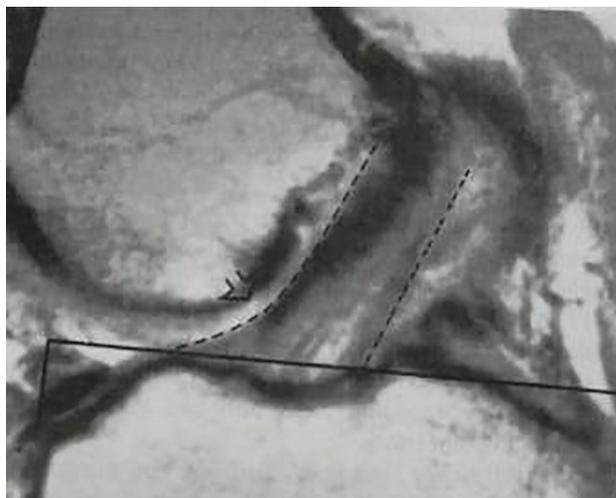


Figura 3: Adaptación anterior del LCA en su inserción tibial.

### Función del LCA

Es preciso considerar tres factores:

#### 1. El grosor del ligamento

El grosor y el volumen del ligamento son directamente proporcionales a su resistencia e inversamente proporcionales a sus posibilidades de alargamiento.

#### 2. La estructura del ligamento

Por el hecho de la extensión de las inserciones, las fibras no poseen todas las mismas longitudes. Se trata de un verdadero “reclutamiento” de fibras ligamentosas en el curso mismo del movimiento, lo que hace variar su resistencia y elasticidad.

TABLA 1: RESISTENCIA DEL LCA SEGÚN EL TIPO DE ACTIVIDAD

Actividad	LCA(N)
Deambulaci3n en llano	169
Subir escaleras	67
Bajar escaleras	445
Bajar rampa	93
Subir rampa	27

### 3. La extensi3n y direcci3n de las inserciones

Los movimientos de caj3n son movimientos anormales de desplazamiento anteroposterior de la tibia bajo el f3mur. Se investigan en dos posiciones: con la rodilla flexionada en 3ngulo recto y con la rodilla en extensi3n completa (Prueba de Lachmann-Trillat).

La resistencia media del LCA medida en espec3menes j3venes es de 2160 N y la rigidez media es de 242 N/mm.<sup>9</sup>

EL LCA soporta las siguientes cargas dependiendo del tipo de actividad que desarrollemos (tabla 1).

### Repercusiones Cl3nicas

La mayor incidencia de lesiones del LCA se producen en pacientes j3venes, como consecuencia de traumatismos indirectos sobre la rodilla, durante la pr3ctica deportiva y frecuentemente no son diagnosticadas en el momento inicial.<sup>10</sup> Los s3ntomas m3s frecuentes tras la lesi3n del LCA son: dolor, tumefacci3n articular leve y sensaci3n de fallo-inestabilidad de rodilla, fundamentalmente en actividades de torsi3n-recorte-desaceleraci3n.<sup>11</sup>

En la exploraci3n f3sica, detectaremos laxitud articular antero-posterior y antero-externa,<sup>11</sup> siendo las maniobras m3s importantes el test de Lachman y la maniobra de "p3vot-shift" o desplazamiento del pivote.

Estudios recientes han demostrado que no siempre se recupera la inestabilidad rotacional con la ligamentoplastia del LCA. Por ello el test del "pivot shift" es 3til para valorar la inestabilidad combinada tanto rotacional como antero-posterior.<sup>12</sup>

Con la evoluci3n, sufrir3 episodios repetidos de fallo articular, con subluxaci3n f3moro-tibial, fundamentalmente durante maniobras de recorte-salto-desaceleraci3n; estas subluxaciones, bajo la influencia del peso corporal, provocar3n da3os articulares secundarios (lesiones meniscales, condrales y c3psulo-ligamentosas), aumentando el grado de laxitud articular y condicionando un deterioro articular progresivo, objetivable en los estudios radiogr3ficos (aplamiento del c3ndilo, esclerosis subcondral, pinzamiento articular y formaci3n de osteofitos), aunque los cambios radiogr3ficos suelen estar "retrasados" respecto a la sintomatolog3a y a los hallazgos artrosc3picos.<sup>11</sup>

Suele aceptarse la llamada "regla de los tercios",<sup>10</sup> se-

g3n la cual, tras una lesi3n del LCA, un tercio de pacientes (36%) pueden realizar actividad deportiva a nivel recreativo, con s3ntomas m3nimos u ocasionales; un tercio de pacientes (32%) deber3 renunciar a realizar actividad deportiva a nivel recreativo, pero no tendr3 problemas en las actividades cotidianas; finalmente un tercio de pacientes (32%) sufrir3 s3ntomas con las actividades cotidianas.

### Recomendaciones Terap3uticas

Los objetivos del tratamiento tras la lesi3n del LCA son restaurar la funci3n articular (estabilidad y cinem3tica) a corto plazo y prevenir la aparici3n de alteraciones degenerativas articulares a largo plazo.<sup>13</sup>

El tratamiento m3s adecuado, depender3 de la edad del paciente, el grado de inestabilidad, la asociaci3n de otras lesiones (ligamentosas, meniscales, condrales), el nivel de actividad del paciente y sus expectativas funcionales, laborales y deportivas; ser3n necesarios estudios a largo plazo para poder establecer las indicaciones de tratamiento.

El tratamiento conservador se basa en aceptar un cierto grado de limitaci3n en el nivel de actividad (evitar saltos, recorte, giros), incluso antes de la aparici3n de s3ntomas; realizar programas de rehabilitaci3n para recuperar la fuerza-resistencia-coordinaci3n de los diferentes grupos musculares, enfatizando el fortalecimiento de la musculatura isquiotibial.

Los resultados obtenidos con tratamiento conservador son muy variables, en relaci3n con el tipo de lesi3n (parcial-completa, aislada-asociada a lesiones c3psulo-ligamentosas), la edad del paciente, el nivel de actividad prelesional y el tiempo de evoluci3n.

En cuanto a la necesidad de reconstrucci3n quir3rgica del LCA, se ha considerado que el factor m3s importante es el n3mero de horas de actividad deportiva por a3o; en general, suele recomendarse en pacientes j3venes que deseen reanudar un estilo de vida activa, incluidas actividades deportivas.<sup>11,13</sup>

En la actualidad se tiende a realizar plastias intraarticulares, con diferentes tipos de injerto y diferentes sistemas de fijaci3n, reproduciendo los puntos de referencia an3ticos<sup>3,4</sup> y el recorrido intraarticular del LCA original a nivel femoral, en regi3n posterior del c3ndilo femoral externo, dejando 1-2 mm de cortical posterior, aproximadamente a las 10 hs en rodilla derecha y a las 14 hs en rodilla izquierda; a nivel tibial, en la porci3n m3s posterior de la huella del LCA, a nivel del borde posterior del cuerno anterior del menisco externo y levemente anterior al LCP, quedando el borde anterior del t3nel tibial posterior a la l3nea de Blumensaat en la radiograf3a lateral con la rodilla en extensi3n.

Por otra parte, se considera fundamental preservar la integridad meniscal, tanto por su funci3n en la estabilidad articular, como para prevenir el deterioro articular. Por tanto, es recomendable suturar los meniscos debido a los



Figura 4: Injerto de Tendón Rotuliano.

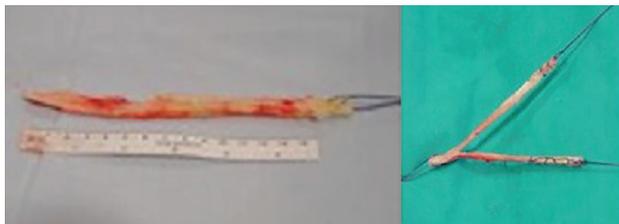


Figura 5: Injerto de Tendón de Cuádriceps para plastia de LCA.

TABLA 2: RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LOS DISTINTOS TIPOS DE PLASTIA

Tipo de injerto	Resistencia final hasta el fallo	Rigidez (N/mm)
LCA	2160	242
Tendón rotuliano	2977	455
“Pata de ganso” (4 fascículos)	4590	807
Tendón cuádriceps	2353	807

buenos resultados obtenidos, cuando se asocian a rotura del LCA o incluso cuando se reparan de forma aislada.<sup>14</sup>

## TIPOS DE INJERTO

Para que un injerto sea considerado idóneo para realizar una ligamentoplastia del LCA, debe cumplir las siguientes características: que permita una fijación rígida y resistente, que sea resistente a las cargas cíclicas, que no sufra movimiento dentro del túnel y que se integre rápidamente.

El injerto con tendón rotuliano (HTH) ha sido tradicionalmente la plastia más utilizada para la reconstrucción del LCA<sup>15</sup> (fig. 4). Proporciona una resistencia un 168% mayor que la de un LCA normal,<sup>15</sup> sin embargo puede producir síntomas como el dolor anterior de rodilla en la zona donante.<sup>15,16</sup> Los tendones de las “pata de ganso” constituyen una buena alternativa, siendo una plastia que actualmente está empleándose cada vez más.

Otra posibilidad que está siendo muy utilizada es el tendón del cuádriceps debido a que presenta una buena resistencia, con unas dimensiones que permiten incluso em-

plearlo para plastias de doble fascículo.<sup>17,18</sup> Además, ha sido utilizado ampliamente con buenos resultados clínicos y con menor morbilidad que otros injertos (fig. 5).

Otra posibilidad es la utilización de aloinjertos, existiendo la posibilidad de emplear tendón rotuliano con dos pastillas óseas en los extremos, tendón de Aquiles y, en la actualidad se están usando con relativa frecuencia tendones largos como el del tibial anterior y posterior y los peroneos que presentan un buen tamaño y resistencia adecuada.<sup>19</sup>

A continuación se muestra en la tabla 2 con la resistencia y rigidez que presentan el LCA nativo, los tendones del HTH y de la pata de ganso.

## TIPOS DE LIGAMENTOPLASTIAS

### Técnica con doble incisión

Hasta el año 1992, la técnica habitual era la del doble túnel independiente femoral y tibial, siempre de fuera a dentro controlando artroscópicamente el punto de salida. Para su realización se diseñaron una serie de guías con diferentes angulaciones para fémur y tibia, que permitían realizar el túnel en el punto seleccionado. Esto tiene la ventaja que cada túnel se realiza de modo independiente, sin estar influenciado el túnel femoral por una mala selección del tibial.

No es que la doble incisión proporcione una mejor fijación (el tornillo interferencial de soporte que propugnan algunos autores se puede introducir por el portal anteromedial), sino que esta técnica permite hacer el túnel femoral con más precisión sin el condicionamiento del túnel tibial.

En primeros años 90 los cirujanos dominaban la técnica con túnel independiente doble, pero al popularizarse la técnica endoscópica y no existir todavía buenos sistemas de fijación para isquiotibiales, se siguió implantando el HTH con tornillos colocados endoscópicamente, observando que si se iba al punto isométrico existía riesgo de romper la cortical posterior, porque se tendía a adelantar el túnel femoral y, por consiguiente, un fracaso de la plastia a partir del año de la cirugía. Por ello comenzó el auge de las plastias cuádruples de “pata de ganso” y se dejaron de fabricar guías para el doble túnel independiente, empezándose a desarrollar múltiples sistemas de fijación para isquiotibiales. Paralelamente, las tasas de complicaciones de la cirugía del LCA han aumentado hasta un 10%-20% e, incluso, se vuelven a recomendar las técnicas de doble incisión.<sup>20</sup>

### Técnica monotúnel

Las reconstrucciones del LCA con injerto monofascicular y técnica transtibial se realizan con frecuencia crecientes. La mayoría de las series publican entre un 75% a 90% de resultados excelentes o buenos, independientemente de la técnica o injerto utilizado, por lo que este tipo de reconstrucción está considerada todavía “el patrón de oro” de la

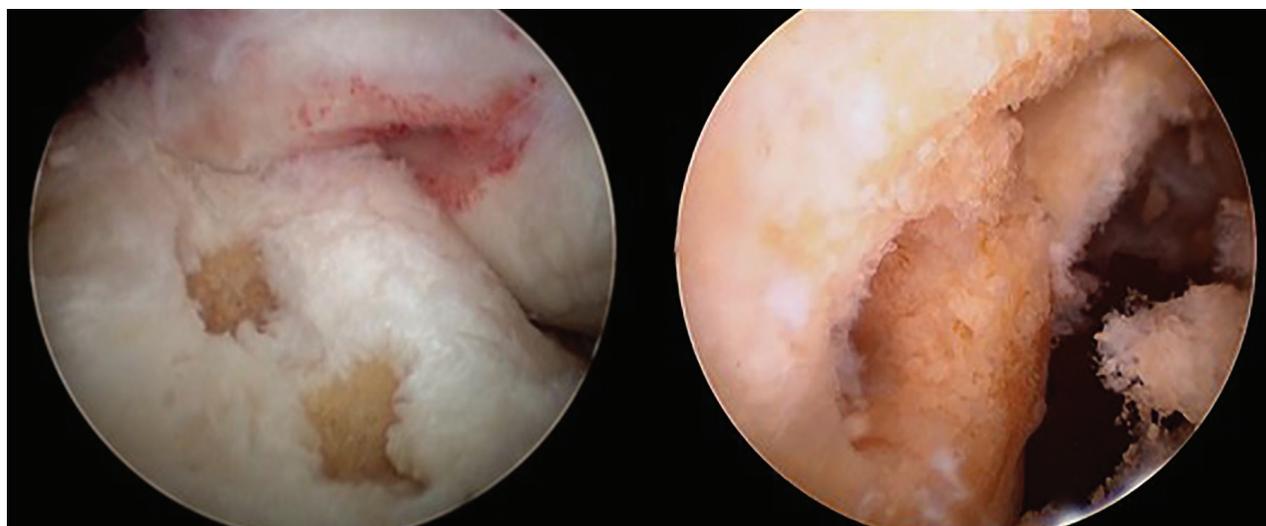


Figura 6: Túneles femorales y tibiales en una ligamentoplastia del LCA de rodilla derecha con técnica de doble túnel.

reparación del LCA.

Ofrece una serie de ventajas como son: el paralelismo de los túneles en el plano frontal, el resultado estético, el menor tiempo de cirugía y resultados clínicos satisfactorios. Como inconvenientes destaca que es una técnica en la que el túnel femoral no puede situarse libremente en la escotadura, ya que se encuentra limitado por la longitud (40 a 55 mm) y la estrechez del túnel tibial (8 a 10 mm). Debido a que la guía femoral tiene muy poco margen de maniobra dentro del túnel tibial, hay autores que afirman que no es posible reproducir la inserción anatómica del LCA en el túnel femoral.<sup>8</sup>

La técnica monotúnel transtibial recomendada para la reconstrucción habitual del LCA está basada en estrategias destinadas a prevenir el impingement o pellizcamiento del injerto contra el techo de la escotadura intercondílea y a preservar la longitud del túnel tibial. Sin embargo, con esta técnica estándar los intentos de mejorar la anatomía del neoligamento aproximando su inserción femoral hacia las 9 o 3 de la esfera horaria han mostrado limitaciones.

### Técnica de doble fascículo

A pesar de que han sido publicados buenos resultados con técnica de fascículo único, en muchos estudios se han comprobado pobres resultados a largo plazo con la misma, que pueden oscilar del 11 al 30%, persistencia de pivot shift entre el 14 y el 30% y, en general, que no se mantiene la estabilidad rotatoria con la plastia monotúnel.<sup>21</sup>

Con el objeto de mejorar la estabilidad (especialmente rotatoria) y de reconstruir el LCA de forma más anatómica, especialmente en sus inserciones, han surgido en los últimos años, diferentes técnicas que intentan restituir ambos fascículos del mismo (anteromedial y posterolateral).<sup>18,22</sup>

Para la realización de esta técnica, se realizan dos túneles tibiales (anteromedial y posterolateral) y dos túneles femorales (el anteromedial más anterior y proximal y el posterolateral más posterior y distal) (fig. 6).

En general, los estudios comparativos entre la técnica monotúnel y la de doble túnel, ofrecen mejor control de la estabilidad, especialmente rotacional, tanto *in vitro*<sup>23</sup> como en estudios intraoperatorios con navegador.<sup>24</sup> En estudios comparativos de resultados clínicos se encuentran en general mejores resultados con la técnica de doble túnel,<sup>25</sup> aunque también se han publicado trabajos en los que no se encuentran diferencias significativas entre ambas técnicas.<sup>26</sup>

### Técnica monofascicular anatómica

También con objeto de mejorar la estabilidad rotacional se ha intentado realizar la reconstrucción del LCA de una forma más anatómica, especialmente en su inserción femoral, es decir, emplazando el túnel en una posición más central en la huella femoral. Clásicamente, para la plastia monofascicular se ha realizado una reconstrucción del fascículo anteromedial, emplazando el túnel femoral en una posición horaria de las 11 en la rodilla derecha y de la 1 en la rodilla izquierda; al realizar la plastia monofascicular anatómica, dicho emplazamiento se realiza en una posición horaria de las 10 para la rodilla derecha y de las 2 para la izquierda (Fig. 7). Ha quedado demostrado que con dicha ubicación anatómica es mejor controlada la estabilidad rotacional de la rodilla.<sup>27</sup>

### FIJACIÓN DE LA PLASTIA

La fuerza que experimenta un LCA durante las actividades de la vida diaria se ha estimado en 500N, por lo que cualquier sistema de fijación para ligamentoplastias que utilizemos debe ser superior a esa cifra.

### Fijación femoral

En las ligamentoplastias para el LCA, son muy importantes las propiedades de rigidez y resistencia del injerto tendinoso para la estabilidad y el periodo de rehabilita-

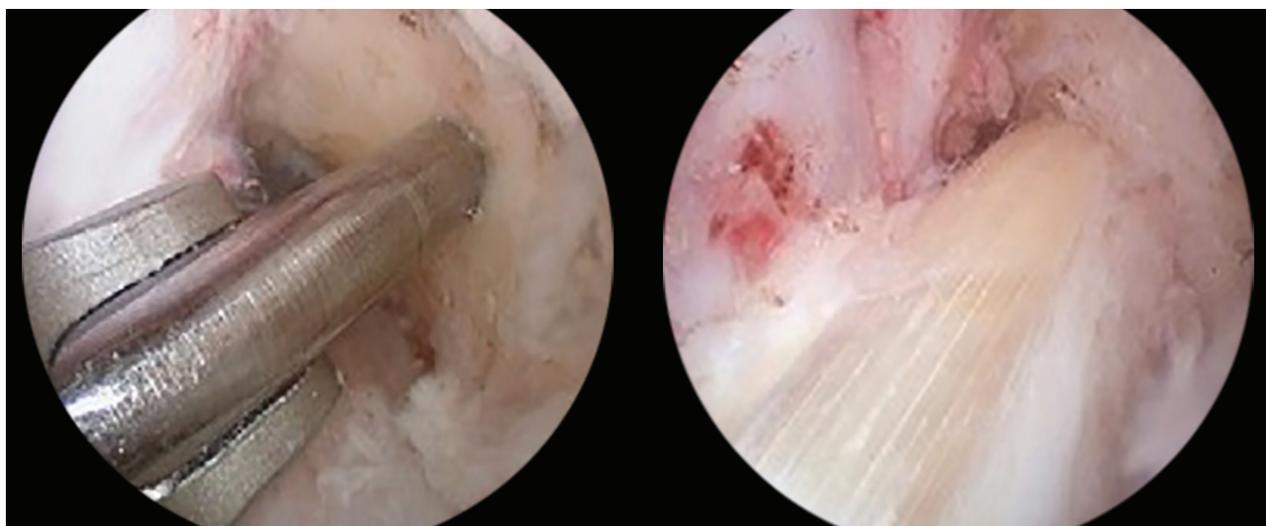


Figura 7: Ubicación Femoral de una Plastia monofascicular anatómica.

TABLA 3: RESISTENCIA, RIGIDEZ Y TIPO DE FALLO DEL SISTEMA DE FIJACIÓN FEMORAL

Material	Fallo (N)	Rigidez	Tipo de fallo
Trans-Fix	523	34.2	Caída del pin transversal, deslizamiento injerto
Bone Mulch	583	24.4	
Endobutton con Endotape	618-678	18.1-22.4	Rotura lazo, fallo fijación tibial, fallo injerto, fractura cortical
Endobutton CL	1345		
TIF biodegradable con ½ mm de holgura	530	-	Deslizamiento plastia

ción postquirúrgicos. La fijación entre el tendón y el hueso constituye uno de los componentes más débiles de una ligamentoplastia, especialmente en el lado femoral.<sup>28</sup>

Esto es fundamental en el periodo postquirúrgico inmediato, debido a que una fijación insuficiente del injerto empeora la estabilidad de la rodilla, incrementa el tiempo de integración de la plastia dentro del túnel, permite la movilidad dentro del mismo y produce ensanchamiento de la tunelización.<sup>3</sup>

Hay multitud de sistemas de fijación femoral. Se clasifican en 3 variantes: tornillos interferenciales, fijación transversal y fijación cortical.

### Tornillos interferenciales

Los tornillos interferenciales se alojan en el interior del túnel femoral y fijan el injerto contra las paredes del túnel. La resistencia que proporcionan oscila entre 310N y 659N. Se ha demostrado que tanto la longitud como el diámetro del tornillo interferencial, mejoran la resistencia de la fijación de forma significativa.

### Fijación transversal

Los métodos de fijación transversal son aquellos que soportan los tendones al final del túnel femoral donde se en-

contran los tendones sin necesidad de hacer una vía de abordaje lateral para anclar el sistema.

### Fijación cortical

Los métodos de fijación cortical son aquellos que se apoyan en la cortical femoral y pueden colocarse haciendo una incisión femoral o a través del túnel tibial mediante técnica endoscópica exclusivamente.

A continuación se expone una tabla donde se hallan datos de resistencia, rigidez y tipo de fallo del sistema de fijación femoral para ligamentoplastia con isquiotibiales sin utilizar pastilla ósea (tabla 3).

### Fijación tibial

La tibia es biomecánicamente más problemática que el fémur para la fijación de las ligamentoplastias del LCA, debido a que la calidad ósea de la metafisis tibial es inferior a la del cóndilo femoral externo.<sup>28</sup>

El túnel tibial se puede practicar mediante sistemas de conservación ósea (trefinas) o de perforación (brocas).

Los métodos de fijación tibial pueden realizarse con tornillos alojados dentro del túnel tibial, cuya resistencia oscila entre 350N y 1332N, pero también puede fijarse con tornillo cortical (442N), tornillo con arandela dentada

(724N) o con doble grapa para partes blandas (785N).

## DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES POSTOP.

### Estudio de los Túneles Mediante Radiografía Simple

La localización de los túneles en las ligamentoplastias de LCA es el factor más importante para determinar si dicha reconstrucción va a tener éxito o va a fallar. Los errores que cometamos en la localización de los túneles pueden hacer que la plastia se elongue, se rompa o produzca pérdida de movilidad articular o inestabilidad residual.

Para evitar errores en el posicionamiento de los túneles es necesario que el cirujano sea un experto en técnicas de reconstrucción del LCA o, si es menos experimentado, debe realizar sus primeros casos con asesoramiento de un cirujano con experiencia.

El estudio de los túneles en las ligamentoplastias del LCA se ha realizado tradicionalmente mediante técnicas radiológicas convencionales tanto para HTH como para isquiotibiales.

A pesar de que para documentar de forma rutinaria una ligamentoplastia es necesario realizar un estudio radiológico en dos proyecciones, la utilidad de la radiología simple se ha focalizado en el estudio del túnel tibial ya que el túnel femoral es más difícil valorar por este método. La radiografía en el plano antero-posterior, por sí sola, no es útil para predecir los resultados clínicos en una ligamentoplastia del LCA.

La radiología simple también se ha empleado para valorar el ensanchamiento que sufren los túneles tras una ligamentoplastia.<sup>29</sup> La esclerosis en los túneles, causada por derrames de repetición o prolongados, puede facilitar la medición de éstos con la radiología convencional. Para que un túnel se defina "ensanchado" su área debe incrementarse al menos un 50%.<sup>30</sup>

### Estudio de la Ligamentoplastia mediante RMN

La RMN permite la valoración del injerto de forma que, en los casos en que se produce pinzamiento del mismo, hay un aumento de la señal en los dos tercios distales de la plastia. Estos cambios se advierten a partir del tercer mes tras la cirugía y permanecen inalterados durante el primer año. La causa de estos hallazgos es desconocida aunque se postula que podría deberse a la elongación de la plastia por una mala colocación de los túneles, si bien se debería afectar todo el injerto y no sólo una parte. Sin embargo, cuando no hay pinzamiento, muestran una señal baja en las imágenes de RMN.<sup>31</sup>

La RMN es superior a la TAC en mostrar la plastia en toda su longitud así como en diferenciarla del tejido sinovial circundante. Se ha establecido que la RMN tiene una sensibilidad del 95.8%, una especificidad de 100% y una precisión de 97.7% para diagnosticar lesiones del LCA. Así mismo tiene una gran precisión para valorar los puntos de fijación de la plastia y la dirección de los túneles.<sup>32</sup>

Hay estudios sobre la posición de los túneles mediante RMN.<sup>33</sup> Se puede hallar la posición de los túneles en los planos sagital, frontal y axial de acuerdo con los métodos de Harner (túnel femoral) y Stäubli (túnel tibial).

En general, la RMN ofrece mejores resultados gracias a su carácter multiplanar, pero la TAC ha probado ser superior para definir el tamaño y la forma de la salida de los túneles tibial y femoral, así como la forma de la escotadura intercondílea y la pared medial del cóndilo femoral.

### Estudio de los Túneles mediante TAC

La TAC es una técnica útil empleada desde hace tiempo para valorar la salida de los túneles realizados en las ligamentoplastias del LCA. De la posición y salida de los túneles tibial y femoral depende, en gran medida, el éxito de la intervención. También es útil para valorar la forma de la escotadura y la pared medial del cóndilo femoral externo.

La TAC sirve para valorar los cambios en los túneles tras las ligamentoplastias de LCA, no sólo el tamaño sino también la forma, dirección y salida articular de los mismos.<sup>34</sup>

En actualidad, la TAC está especialmente indicada para el estudio de las ligamentoplastias fallidas ya que permite valorar con exactitud el tamaño y posición de los túneles femoral y tibial, sin producir artefactos causados por el material de fijación metálico. De esta manera se puede planificar la cirugía de revisión de la ligamentoplastia secundaria.

### Posición del Túnel Tibial

a) Sagital

El TT en el plano sagital se estudia mediante dos parámetros: la angulación sagital tibial (fig. 8) y el índice sagital tibial (fig. 9)

Para localizar con exactitud el túnel tibial es más recomendable utilizar las referencias tibiales que las femorales, ya que la rodilla en extensión con rotura del LCA hace que la tibia se subluje hacia delante y las referencias femorales podrían inducirnos a error.

Se comprobó que si desplazamos el centro del túnel tibial de 2 a 3 mm por detrás de la inserción normal del LCA, evitaremos el conflicto mecánico con la escotadura, alineando de forma "anatómica" todas las fibras del injerto.

Jackson y Gasser seleccionaron varias referencias anatómicas para emplazar el punto central del túnel tibial: el cuerno anterior del menisco externo, la espina tibial medial, el ligamento cruzado posterior y el muñón del LCA. El centro antero-posterior del túnel tibial se localiza al mismo nivel que el borde interior del cuerno anterior del menisco externo. Este punto está a 6 o 7 mm del margen anterior del LCP y correspondería a una depresión medial a la parte central de la espina tibial medial. Otra referencia es la mitad posterior de la huella del LCA nativo.<sup>35</sup>

Se ha demostrado que un túnel tibial demasiado anterior

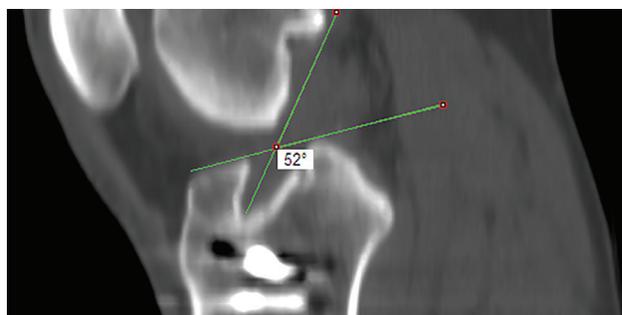


Figura 8: Angulación sagital tibial (ángulo  $\delta$ ). Se traza una línea que pasa por el centro del TT (C) y otra tangente a la línea articular de la metáfisis tibial (AP) y se mide el ángulo que forman ambas.

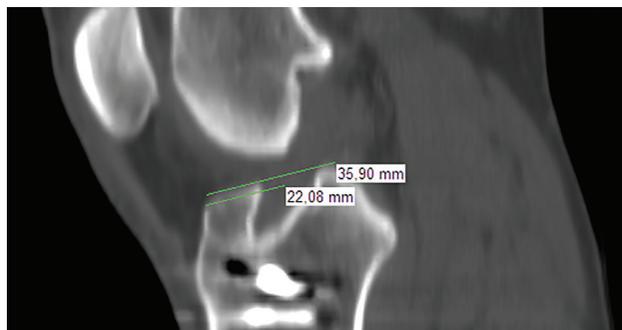


Figura 9: Índice sagital tibial. Se determina hallando la relación entre la distancia desde el margen anterior de la meseta tibial y el centro del TT (AC), y el diámetro total de la superficie articular tibial (AP). Su resultado es un porcentaje.  $M4 = AC/AP \times 100$  (%)

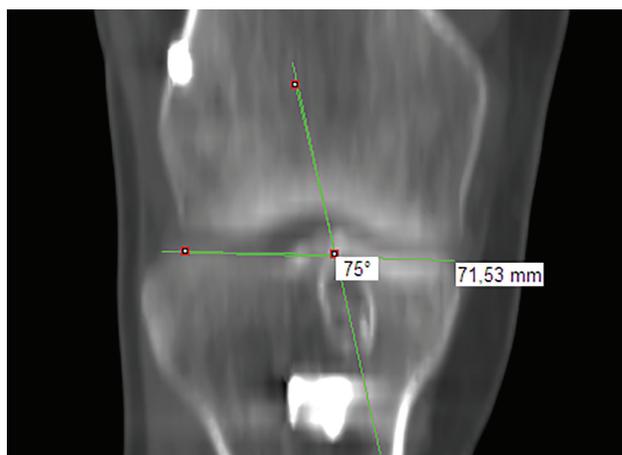


Figura 10: Angulación frontal tibial (ángulo  $\alpha$ ). Se traza una línea que pasa por el centro del TT (C) y otra tangente a la línea articular de la metáfisis tibial (LM) y se mide el ángulo que forman ambas.

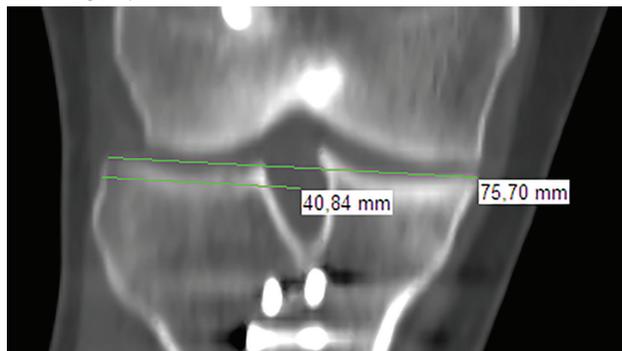


Figura 11: Índice frontal tibial (M2). Se determina hallando la relación entre la distancia desde el margen lateral del platillo tibial externo y el centro del TT (CL), y el diámetro total de la superficie articular tibial (LM). Su resultado es un porcentaje. Si este índice disminuye, significa que el TT está más lateralizado y si aumenta está más medializado.  $M2 = CL/ML \times 100$  (%)

no produce problemas de inestabilidad al principio pero sí a medio plazo. Se postula que es por una elongación progresiva de la plastia.<sup>36</sup>

Sin embargo, la localización demasiado posterior del túnel tibial puede producir problemas potenciales de laxitud de rodilla.<sup>7</sup> Esto suele ser debido a que el injerto se elonga en flexión y se tensa en extensión de rodilla.

#### b) Lateromedial

En este plano medimos la angulación frontal tibial (“ángulo alfa”) (fig. 10) y el índice frontal tibial (fig. 11).

En la proyección radiológica antero-posterior el centro de la salida del túnel tibial se encuentra algo más lateral que el centro anatómico de la meseta tibial.<sup>4</sup>

La salida del túnel tibial debe atravesar la punta de la espina tibial externa a una angulación entre 60° y 65°. Cuando el túnel tibial está demasiado vertical o perpendicular a la interlínea articular, se tensa más la plastia del LCA al hacer flexión de la rodilla.<sup>31</sup>

Para evitar la mala angulación del túnel tibial, se ha propuesto localizar la entrada para la aguja de la guía tibial, en el punto medio entre la tuberosidad tibial anterior y el borde posteromedial de la tibia.

Por otra parte, cuando se encuentra demasiado medial, se limita la flexión de la rodilla. Se ha cuantificado esta zona en el 40% del lado medial del platillo tibial interno.<sup>37</sup>

#### Posición del Túnel Femoral

En el plano sagital calculamos la posición del TF mediante el método de Aglietti (fig. 12) y el ángulo sagital femoral (fig. 13).

#### a) Sagital

El error más común es localizar el túnel femoral demasiado anterior. En la proyección radiológica lateral, el túnel femoral ocupa la región posterosuperior de la escotadura y siempre debe estar situado en la parte más posterior de la línea de Blumensaat. Idealmente debe quedar un reborde de cortical posterior de 1-2 mm.<sup>4</sup>

Si el túnel femoral se encuentra anterior, se incrementa la longitud del injerto dentro de la articulación a medida que flexionamos la rodilla,<sup>6</sup> con lo que se puede limitar la flexión de la rodilla e incluso producir el estiramiento de la plastia lo que se asocia a una tasa de fallos del injerto de hasta el 62.5% de los casos.<sup>7</sup>

Sin embargo, un túnel femoral demasiado posterior puede hacer que se aumente la longitud del injerto al hacer extensión de la rodilla<sup>6</sup> y puede limitar la extensión de la rodilla o producir una laxitud excesiva al flexionarla.<sup>7</sup>

#### b) Lateromedial

En el plano frontal se mide el ángulo frontal femoral y el

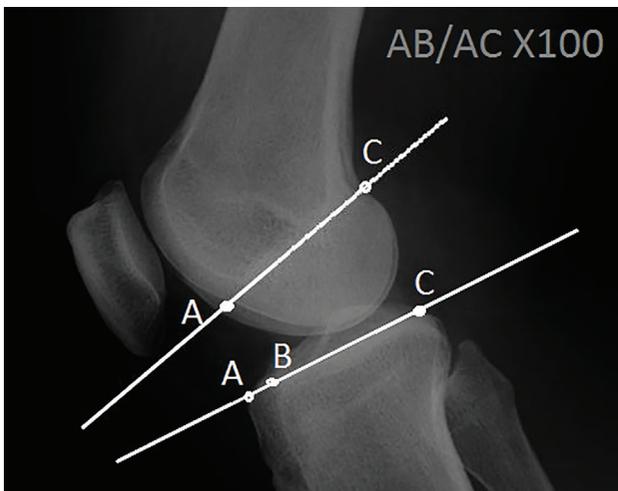


Figura 12: "Método de Aglietti". Es la razón entre dos distancias medidas a lo largo de la línea de Blumensaat. La línea de Blumensaat representa el techo de la escotadura intercondílea. En el numerador figura la distancia entre el reborde anterior del cóndilo femoral y la pared anterior del TF (AB); en el denominador se encuentra la distancia completa de la línea de Blumensaat. M.A. =  $AB/AC \times 100$  (%)

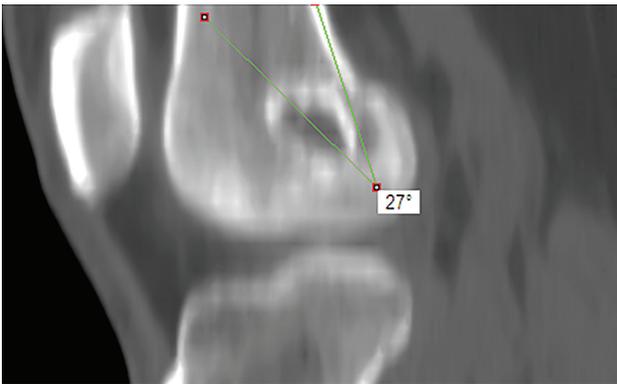


Figura 13: Ángulo sagital femoral. Se traza una línea tangente a la cortical posterior del fémur y otra que pasa por el centro del TF. El ángulo que forman entre las dos líneas se denomina "ángulo sagital femoral".

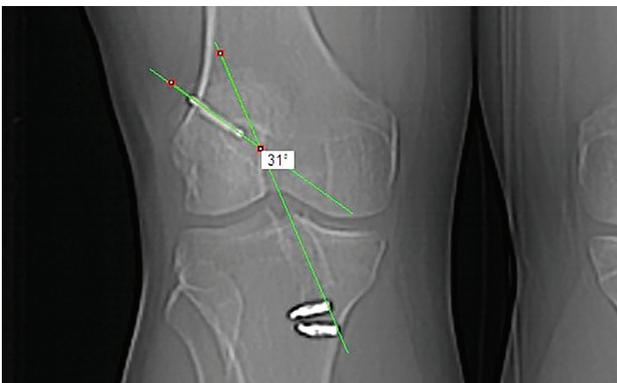


Figura 14: Ángulo de divergencia de túneles (ángulo c): Lo forman dos líneas en el plano frontal, una pasa por centro del TT y otra por el centro del TF.

ángulo de divergencia de túneles (ángulo c) (fig. 14).

- Ángulo frontal femoral (ángulo b): se traza una línea tangente al reborde posterior de los cóndilos femorales que pasa y otra línea que pasa por el centro del TF.

Tradicionalmente y siguiendo la orientación horaria en la escotadura, se ha recomendado colocar el túnel femoral

a las 11 en la rodilla derecha y a las 13 horas en la rodilla izquierda, 4 sin embargo en recientes trabajos experimentales se ha localizado el centro anatómico del LCA claramente por debajo de las 11 horas.<sup>8</sup>

Un túnel femoral demasiado cerca de las 12 hs en el techo de la escotadura intercondílea causaría dolor y derrames articulares de rodilla. Para evitar estos efectos habría que iniciar el túnel tibial desde un punto más medial.<sup>8</sup>

### Ensanchamiento de los Túneles

El estudio del ensanchamiento de los túneles en las ligamentoplastias no se ha realizado hasta 1990 por dos causas fundamentalmente. La primera, es que se utilizó de forma generalizada el tendón rotuliano por casi todos los cirujanos. La otra, es que los pacientes solían ser inmovilizados durante 4 a 6 semanas con un yeso o rodillera. Esta filosofía de rehabilitación cambió radicalmente a partir de esa fecha, por el elevado número de rigideces de rodilla que se producían y, además, los tendones de la "pata de ganso" se empezaron a popularizar de forma progresiva. Probablemente por estas dos causas, se comenzó a observar un mayor número de artículos relacionados con el ensanchamiento de los túneles.

En lo que se refiere al ensanchamiento de los túneles, se sabe que su origen es multifactorial. Hay investigadores que apoyan una causa mecánica y otros, biológica.<sup>29</sup> Hay teorías que defienden que la expansión de los túneles óseos se debe al movimiento que sufre la plastia en el interior de los mismos durante la actividad de la rodilla. Otras sugieren que se producen micromovimientos longitudinales de la plastia a lo largo del túnel. Los movimientos del injerto también pueden ocurrir en el plano sagital desde anterior a posterior dentro del túnel, denominándose este hecho el "efecto limpiaparabrisas".

Se considera que hay ensanchamiento del túnel cuando hay un incremento de 2 mm con respecto al TAC previo.<sup>29</sup> Sin embargo, otros autores<sup>30</sup> estimaron que para que un túnel se defina "ensanchado" su área debería incrementarse al menos un 50%.

Se mide el ensanchamiento en el área esclerótica más dilatada en milímetros en el plano sagital o frontal del túnel femoral y tibial y se compara con el diámetro del túnel en el TAC de postoperatorio inmediato e intermedio.

La clasificación que nosotros empleamos es la del grupo de trabajo de Nebelung:<sup>38</sup>

- Grupo I (no aumento de diámetro): < 0.5 mm
- Grupo II (Ligeramente aumentado): 0.5-2 mm
- Grupo III (claramente aumentado): 2-4.5 mm
- Grupo IV (aumento masivo): > 4.5 mm, en la que se halla la diferencia en milímetros entre el túnel más ensanchado y el diámetro del túnel realizado en la cirugía.

Por otra parte, sería deseable que la fijación del injerto se

realice lo más próxima posible al trayecto articular del nuevo ligamento. Incluso se ha afirmado<sup>29</sup> que la incidencia de ensanchamiento del túnel tibial es mayor que la del túnel femoral porque hay un mayor brazo de palanca en el túnel tibial al ser más largo, al menos en la técnica del HTH.

## CONCLUSIONES

El ensanchamiento del túnel tibial, no es un parámetro decisivo para predecir si una rodilla va a resultar inestable a largo plazo.

El ensanchamiento del túnel tibial, en el plano sagital, está relacionado con cambios degenerativos a largo plazo.

La localización del túnel femoral es el factor que más influye en los resultados de estabilidad de rodilla, medidos objetivamente con el artrómetro.

El túnel femoral demasiado perpendicular a la interlínea articular, está relacionado con peores resultados de estabilidad anterior y rotacional de rodilla.

Cuanto mayor es el ángulo frontal femoral, mayor incidencia de cambios degenerativos.

La técnica SAC, diseñada para realizar los túneles de forma independiente, es idónea porque permite colocar el túnel femoral en la posición más adecuada para evitar los problemas de inestabilidad anterior y rotacional de rodilla.

## BIBLIOGRAFÍA

- Carson Ew, Simonian Pt, Wickiewicz Tl, Warren Rf. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Aaos Instructional Course Lectures 1998; 47: 361-368.
- Gomes JI, Marczyk Lr. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with A Loop Or Double Thickness Of Semitendinosus Tendon. Am J Sports Med 1984; 12: 199-203.
- Fu Fh, Bennett Ch, Latterman C, Ma Cb. Current Trends in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Part I. Biology and Biomechanics of Reconstruction. Am J Sports Med 1999; 27: 821-830.
- Fineberg Ms, Zarins B, Sherman O. Practical Considerations In Anterior Cruciate Ligament Replacement Surgery. Arthroscopy 2000; 16(7): 715-724.
- Girgis Fg, Marshall JI, Al Monajem Ars. The Cruciate Ligaments of the Knee Joint. Clin Orthop. 1975; 106: 216-231.
- Odensten M, Gillquist J. Functional Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament and A Rationale For Reconstruction. J Bone Joint Surg 1985; 67A: 257.
- Penner Da, Daniel Dm, Wood P, Mishra D. An In Vitro Study of Anterior Cruciate Ligament Graft Placement and Isometry. Am J Sports Med 1988; 16(3): 238-43.
- Arnold Mp, Kooloos J, Van Kampen A. Single-Incision Technique Misses The Anatomical Femoral Anterior Cruciate Ligament Insertion: A Cadaver Study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2001 Jul;9(4):194-9.
- Woo Sl-Y, Hollis Jm, Adams Dj Et Al. Tensile Properties Of The Humen Femur-Anterior Cruciate Ligament-Tibia Complex. The Effects of Specimen Age Orientation. Am J Sports Med 1991; 19: 217-225.
- Noyes Fr, Matthews Ds, Moor Pa, Grood Es. The Symptomatic Anterior Cruciate-Deficient Knee. Part II: The Results of Rehabilitation, Activity Modification and Counseling of Functional Disability. J. Bone and Joint Surg. 1983; 65-A: 163-174.
- Caborn Dnm, Johnson Bm. Historia Natural De La Rodilla Con Insuficiencia Del Ligamento Cruzado Anterior. Revisión. Clínicas De Medicina Deportiva 1993; 12: 623-634.
- Lane Cg, Warren R, Pearle. The Pivot Shift. J Am Acad Orthop Surg 2008; 16(12): 679-688.
- Andriacchi Tp, Birac D. Funtional Testing in the Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knee. Clin. Orthop. 1993; 288: 40-47.
- Pérez-España Muniesa M, Merry Del Val De La Campa B, Ayala Mejías Jd. Sutura Meniscal: Indicaciones, Técnicas Y Resultados En El Medio Laboral". Cuadernos De Artroscopia 2009; 16(1), 38: 16-21.
- Otero Al, Hutchenson La. A Comparison of the Doubled Semitendinosus/Gracilis and Central Third of the Patellar Tendon Autografts in Arthroscopic Anterior Cruciate Reconstruction. Arthroscopy 1993; 9: 142-148.
- Ayala Mejías Jd, Fernández-Iruegas Armiñán Jm, Martín Del Castillo Fj, Siguín Moreno D, Galván Arnaldes F, Tamames Gómez R. "Ligamentoplastia De Lca Mediante La Técnica Hth. Resultados Y Complicaciones A Largo Plazo". Cuadernos De Artroscopia. 2000; 7(2): 4-7.
- Fernández Martín Ja, Espejo Baena A, Meschian Coretti S, Urbano Lavajos V, De Figueroa Mata A. Ligamentoplastia Con Autoinjerto De Tendón Cuadricepsal. Estudio Morfométrico Comparativo De Los Tendones De Aparato Extensor De La Rodilla. Cuadrenos De Artroscopia, Vol. 13, Fasc. 1, Nº 27. Abril 2006. Pags. 8-13.
- Kim Sj, Jo Sb, Kumar P, Oh Ks. Comparison of Single- And Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Quadriceps Tendon-Bone Autografts. Arthroscopy. 2009 Jan;25(1):70-7).
- Almqvist Kf, Willaert P, De Brabandere S, Criel K, Verdonk Rknee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2009 May 7.
- Garofalo R, Mouhsine E, Chambat P, Siegrist O. Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The Two-Incision Technique. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006; 14(6): 510-6.
- Georgoulis Ad, Papadonikolakis A, Papageorgiou Cd, Mitsou A, Stergiou N. Three-Dimensional Tibiofemoral Kinematics Of The Anterior Cruciate Ligament-Deficient And Reconstructed Knee During Walking. Am J Sports Med. 2003 Jan-Feb;31(1):75-9.
- Espejo-Baena A, Serrano-Fernandez Jm, DE LA Torre-Solis F, Irizar-Jimenez S. Anatomic Double-Bundle Acl Reconstruction With Femoral Cortical Bone Bridge Support Using Hamstrings. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2009 Feb;17(2):157-61.
- Yamamoto Y, Hsu Wh, Woo Sl, Van Scyoc Ah, Takakura Y, Debski Re Knee Stability And Graft Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Comparison Of A Lateral And An Anatomical Femoral Tunnel Placement. Am J Sports Med. 2004 Dec;32(8):1825-32.
- Seon Jk, Park Sj, Lee Kb, Yoon Tr, Seo Hy, Song Ek. Stability Comparison of Anterior Cruciate Ligament Between Double- And Single-Bundle Reconstructions. Int Orthop. 2009 Apr;33(2):425-9.
- Kondo E, Yasuda K, Azuma H, Tanabe Y, Yagi T. Prospective clinical comparisons of anatomic double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedures in 328 consecutive patients. Am J Sports Med. 2008 Sep;36(9):1675-87.
- Meredick Rb, Vance Kj, Appleby D, Lubowitz Jh. Outcome of single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. Am J Sports Med. 2008 Jul;36(7):1414-21.
- Loh Jc, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman Rj, Fu Fh, Woo Sl. Knee Stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. 2002 Richard O'connor Award PAPER. Arthroscopy. 2003 Mar;19(3):297-304.
- Brand J, Weiler A, Caborn Dnm, Brown Ch, Johnson Dl. Graft Fixation in Cruciate Ligament Reconstructions (Current Concepts). Am J Sports Med 2000; 28: 761-774.
- Ito Mm, Tanaka S. Evaluation of Tibial Bone Tunnel Changes With X Ray And Computed Tomography After Acl Reconstruction Using

- A Bone-Patellar Tendon-Bone Autograft. *International Orthopedics* 2006; 30: 99-103.
30. Clatworthy Mg, Annear P, Bulow Ju, Bartlett Rj. Tunnel Widening In Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Evaluation of Hamstring and Patella Tendon Grafts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999;7(3):138-45.
  31. Howell Sm, Clark Ja, Farhey Te. A Rationale for Predicting Anterior Cruciate Graft Impingement by the Intercondylar Roof. A Magnetic Resonance Imaging Study. *Am J Sports Med* 1991; 19(3): 276-82.
  32. Sanchis-Alfonso V, Martinez-Sanjuan V, Gastaldi-Orquin E. The Value Of Mri In The Evaluation Of The Acl Deficient Knee And In The Post-Operative Evaluation After Acl Reconstruction. *Eur. J. Radiol* 1993; 16(2): 126-30.
  33. Agneskirchner Jd, Galla M, Landwehr P, Lobenhoffer Hp. Simplified Mri Sequences For Postoperative Control Of Hamstring Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2004; 124(4): 215-20.
  34. Ayala JD, Buendía F. "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. A CT-Scan Study". 1ª Conferencia Anual Internacional Sicot-Sirot. París. 30 De agosto de 2001. Pág. 505.
  35. Jackson Dw, Gasser Si. Tibial Tunnel Placement In Acl Reconstruction. *Arthroscopy* 1994; 10(2): 124-31.
  36. Ikeda H, Muneta T, Niga S, Hoshino A, Asahina S, Yamamoto H. The Long Term Effects of Tibial Drill Hole Position on the Outcome of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 1999; 15(3): 287-91.
  37. Romano Vm, Graf Bk, Keene Js, Lange Rh. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. The Effect of Tibial Tunnel Placement on Range Of Motion. *Am J Sports Med* 1993; 21(3): 415-8.
  38. Ayala Mejias JD. "Estudio de los túneles femoral y tibial para la ligamentoplastia de LCA mediante TAC y su repercusión clínica a largo plazo". Tesis Doctoral. Alcalá de Henares. Madrid. España. 9 de octubre de 2009.