

Trabajo Fin de Grado

Opciones Terapéuticas ante la Rotura del Ligamento Cruzado Anterior de la Rodilla.

Autoinjerto vs Aloinjerto

Treatment Options for the Ruptured Anterior Cruciate Ligament of the Knee

Autograft vs Alograft

Autor: Jacinto Domingo Pérez

Director: Felícito García-Álvarez

2017



Facultad de Medicina
Universidad Zaragoza

ÍNDICE

1. Abstract	1
2. Resumen.....	2
3. Objetivos	3
4. Introducción	3
LCA, Recuerdo anatómico	3
Vascularización	5
Inervación	5
Función del LCA	5
Lesión del LCA.....	6
5. Reconstrucción del LCA. Resultados de la búsqueda bibliográfica y Discusión de los hallazgos.	7
Importancia de la reconstrucción del LCA.....	7
Indicaciones de la reconstrucción	7
Técnicas de reconstrucción (Monotunel vs Bifascicular)	9
Métodos de fijación.....	10
Tipos de injerto.....	10
Proceso de ligamentación	14
Complicaciones y fracaso	14
6. Conclusión	15
7. Bibliografía	17

1. Abstract

Background: *The rupture of the anterior cruciatus ligament (ACL) has become a common injury nowadays whose incidence is on the rise.*

Purpose: *This paper aims to review the current, up to date, data concerning the various therapeutical options of the ACL reconstruction. Focusing on the dilemma that arises face to the choice of which kind of graft to use, autograft or allograft, depending on the needs of the patient.*

Methods: *In order to do so, (x) books and (x) magazines available in the Universidad de Zaragoza's facultad de medicina's library were reviewed along with a number of articles found in the databases Pubmed and Google Scholar.*

Results: *Chirurgical reconstruction of the torn ligament is recommended in the event of an ACL injury which compromisos the dynamics and the stability of the joint. In order to reestablish the functionality of the knee a number of decisions shall be made concerning which technique to perform, single bundle (SB) vs double bundle (DB), what kind of graft to use, bon- tendon-bone (BTB) vs tendon graft, and where to harvest said graft, autograft vs allograft.*

Conclusion: *The treatment strategy to repair an injured ACL must be individualized, taking into account the patient's background and the needs its knee will have to meet in the future, in order to achieve the best clinical outcome.*

Key Words: *anterior cruciate ligament reconstruction; tear; allograft; autograft; single bundle; double bundle.*

2. Resumen

Contexto : La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) se trata de una patología prevalente hoy en día y cuya incidencia va en aumento.

Objetivo: Este trabajo se propone realizar una revisión bibliográfica actualizada sobre las opciones terapéuticas para el tratamiento reparador de la rotura del LCA . Haciendo hincapié en el dilema que se presenta ante la elección del tipo de injerto a utilizar, autoinjerto o aloinjerto, en función de las necesidades del paciente.

Material y métodos: Para ello se revisaron(x) ejemplares de libros y (x) revistas disponibles en la biblioteca de la facultad de medicina de Zaragoza y se realizó una búsqueda de artículos publicados en los últimos 5 años en las bases de datos PubMed y Google Scholar.

Resultados: La reparación quirúrgica del LCA está indicada en aquellos casos en los que, fruto de la lesión del ligamento, la dinámica y estabilidad articular se halle comprometida. Para restablecer la funcionalidad de la articulación deberemos elegir qué técnica realizar, monofascicular (MF) vs bifascicular (BF), qué tipo de injerto utilizar, injerto hueso tendón hueso (HTH) vs injerto tendinoso, y dónde obtener dicho injerto, autoinjerto vs aloinjerto.

Conclusión: La decisión sobre el abordaje terapéutico de la rotura del LCA debe individualizarse caso por caso, teniendo en cuenta el contexto y las futuras necesidades de la rodilla del paciente, de cara a obtener el mejor resultado clínico posible.

Palabras Clave: Ligamento Cruzado Anterior; Reconstrucción; Autoinjerto; Aloinjerto; Monofascicular; Bifascicular

3. Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica actualizada de las diferentes opciones terapéuticas frente a la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) y compararlas entre sí utilizando referencias bibliográficas relevantes. Para ello, utilicé varios libros de la biblioteca de la facultad de medicina de Zaragoza y busqué artículos publicados en los últimos 5 años en las bases de datos PubMed y Google Scholar utilizando como palabras clave de búsqueda: anterior cruciate ligament reconstruction; tear; allograft; autograft; single bundle; double bundle.

4. Introducción

La articulación de la rodilla es la más grande de la anatomía humana. Es una articulación compleja que precisa de una gran estabilidad en extensión completa para soportar el peso del cuerpo en bipedestación y una gran movilidad que permita los movimientos de la marcha y la carrera así como el posicionamiento óptimo del pie en función de las irregularidades del terreno. (1),(2)

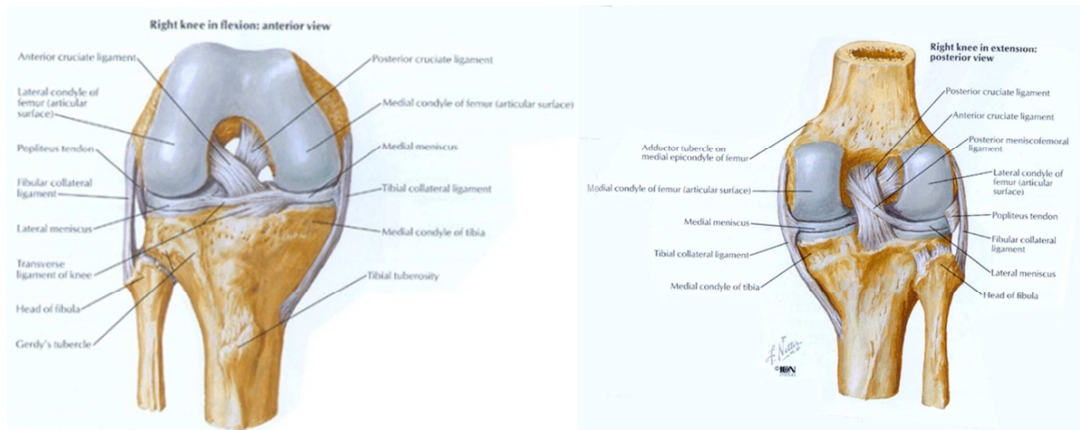
Para mantener la biomecánica de la articulación, o lo que es lo mismo, que ésta pueda alcanzar una máxima movilidad sin comprometer su estabilidad, es necesario que los ligamentos de la rodilla se encuentren íntegros.(2)

Dichos ligamentos pueden clasificarse en dos grandes grupos. Un primer grupo de ligamentos periférico o superficial, que forma un manguito de tejido fibroso. Y un segundo grupo central o profundo compuesto por los ligamentos cruzados anterior y posterior que, a modo de pivote, guían el movimiento de los cóndilos femorales. (3)

LCA, Recuerdo anatómico

Dado que la lesión y reconstrucción del LCA son el objeto de estudio de este trabajo, vamos a abordar su anatomía y función de un modo más exhaustivo sin hacer hincapié en el resto del complejo ligamentario.

El ligamento cruzado anterior es uno de los ligamentos más importantes de la articulación de la rodilla. Está compuesto de una gran cantidad de fibras que tienen como misión estabilizar la rodilla y proporcionar información al cerebro en cuanto a su situación espacial (propiocepción). (4)



(5)

Discurre de manera intraarticular entre la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo y el área preespinal de la cara superior de la extremidad proximal de la tibia (2)(4). Su longitud media varía dependiendo del autor, comprendiendo valores entre 1,85 y 3,35 cm (6), o entre 22 y 41 mm de largo y entre 7 y 12 mm de ancho (4).

El LCA se compone de dos haces, uno anteromedial (AM), más vertical, que permanece en tensión durante todo el recorrido y uno posterolateral (PL), más horizontal, que se tensa solo en extensión (2)(7)(8).

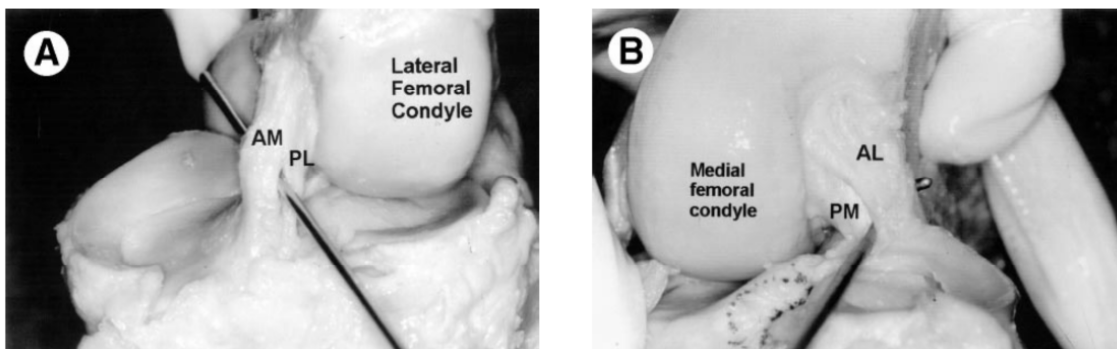


FIGURE 4. (A) Division of the ACL into its anteromedial (AM) and posterolateral (PL) components in a left knee. (B) Division of the PCL into its anterolateral (AL) and posteromedial (PM) components in a left knee.

(9)

Las inserciones de ambos fascículos tienen una geometría circular u ovalada y son muy similares en tamaño. Las superficies de inserción son mayores en el hombre que en la mujer (4).

El fascículo AM nace de la parte más anterior y proximal del fémur y se inserta en la parte anterior de la espina tibial. El PL tiene una inserción ligeramente más distal y posterior en la tibia y más posterior en el fémur con relación al AM.

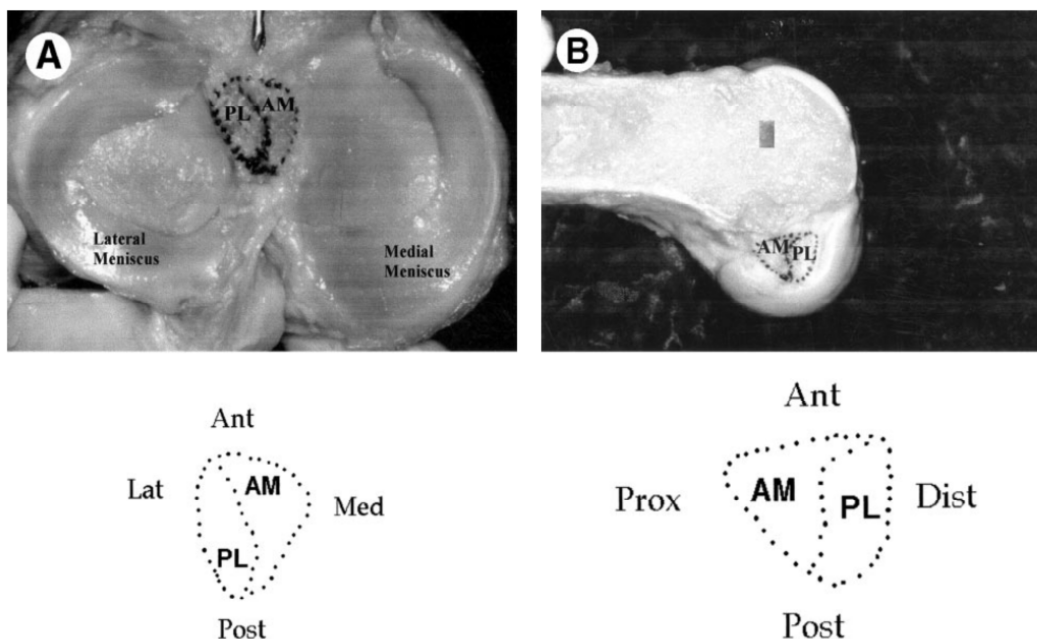


FIGURE 6. (A) Insertion of the ACL and its AM and PL onto the femur. (B) Insertion of the ACL and its AM and PL bundles onto the tibia.

(9)

Las dimensiones de los puntos de inserción del LCA son interesantes de cara a la elección de la técnica de reconstrucción del mismo. La longitud anteroposterior de la superficie de la huella anatómica de inserción femoral es de unos 14-23mm lo cual delimita un área demasiado grande como para poder ser ocupada mediante el implante en la técnica de reconstrucción monofascicular (4).

Vascularización

El LCA recibe su irrigación a través de una de las cinco ramas de la arteria genicular media y de las anastomosis de pequeños vasos que existen entre aquellos del ligamento y de los de la red vascular subcortical del fémur y la tibia. El débito de estas anastomosis es pequeño, lo cual dificulta la cicatrización del LCA. (4)

Inervación

El LCA funciona como un sistema de inervación aferente gracias a la presencia en su espesor de mecanorreceptores (6). En el trabajo de Freeman y Wyke estos receptores fueron clasificados en 4 tipos: terminaciones de Ruffini, corpúsculos de Pacini, órganos tendinosos de Golgi y terminaciones libres (10). A pesar de que la función y mecanismo de acción exactos no han sido claramente descritos, se les supone capaces de registrar cambios en la tensión, aceleración, dirección del movimiento y posición de la rodilla en el espacio, contribuyendo con ello a la propiocepción de ésta articulación (11).

Función del LCA

El LCA evita, al tensarse durante la flexo-extensión de la rodilla, el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre la superficie articular de la meseta tibial mediante la tracción de los cóndilos femorales hacia delante (4) (2). También actúa como elemento de

estabilización secundaria de la rotación interna de la tibia y como limitante del varo-valgo con la rodilla en extensión (2). Los ligamentos cruzados actúan de manera complementaria de tal forma que, sin importar la posición de la rodilla, siempre hay tensión en alguna de sus porciones. Cuando existe una disrupción en su continuidad se produce un aumento de todas las pruebas de laxitud articular (valgo-varo, Lachmann, pivote...), con una afectación de la estabilidad antero-posterior, sin que se produzcan grandes cambios en cuanto a la rotación de la articulación a 90º.

En resumen, el LCA es una estructura con una compliancia elástica limitada que mantiene su longitud de manera prácticamente constante durante los movimientos articulares y en cuyo interior alberga mecanorreceptores y vasos de pequeño diámetro. Desde el punto de vista anatómico y biomecánico se compone de dos, algunos autores defienden que se trata de tres, fascículos independientes. Por ello, las técnicas de reconstrucción deberán mantener y respetar la longitud de sus fibras y facilitar su reparación biológica y la recuperación de sus mecanorreceptores y con ello de la propioceptividad (4).

Lesión del LCA

La ruptura del LCA es una patología cuya incidencia está al alza. Se estima que, al año y en todo el mundo, 1 de cada 3.000 personas sufre de esta patología. En España, en 2001, se realizaron casi 17.000 cirugías de reparación del LCA (12).

En torno al 80% de los pacientes que sufren esta lesión lo hacen durante realización de alguna práctica deportiva. Deportes como el fútbol, el baloncesto y el esquí que concentran el 70% de lesiones. Las atletas femeninas presentan un riesgo de dos a cuatro veces superior desempeñando los mismos deportes al mismo nivel que los hombres (13).

Mecanismos de lesión del LCA más comunes	
	Lesiones
<u>Mecanismos Directos</u>	
Clip (Valgo y rotación externa)	Tríada LCA, LCM y menisco medial
Hiperextensión	LCA LCP cápsula posterior
Golpe directo (rodilla flexionada)	LCA LCP
<u>Mecanismos Indirectos</u>	
Esquiadores (Borde interno)	LCA "aislado" Complejo posterolateral Menisco lateral
Desaceleración (contracción vigorosa del cuádriceps)	LCA "aislado" Meniscos

(14)

Son muy frecuentes las lesiones acompañantes, meniscales y condrales, que ensombrecen el pronóstico (12).

5. Reconstrucción del LCA. Resultados de la búsqueda bibliográfica y Discusión de los hallazgos.

Importancia de la reconstrucción del LCA

La reconstrucción del LCA lesionado es importante tanto para estabilizar la rodilla, y con ello permitir que el paciente retome sus actividades previas a la lesión, como para normalizar la cinemática articular.

La laxitud articular de la rodilla puede entrañar cambios degenerativos tempranos en la misma. Sin embargo, la progresión hacia la artrosis parece ser variable y puede ocurrir a pesar del tratamiento quirúrgico así como aparecer en pacientes beneficiarios de tratamiento conservador (15). Kessler et al. evaluaron tanto la laxitud articular como los signos de gonartrosis en dos grupos de pacientes 11 años después de su lesión. De todos ellos, 60 habían sido operados mediante un injerto hueso-tendón-hueso y otros 49 habían recibido tratamiento conservador. El resultado observado fue que aquellos que habían sido operados presentaban una estabilidad de la articulación comparativamente mejor que la del grupo de tratamiento conservador pero, a su vez, un grado mayor de gonartrosis (16).

Según Hurd et al, podemos clasificar a los pacientes afectados de esta lesión en “copers” y “non-copers”. Lo que en castellano podría traducirse como “tolerantes” y “no tolerantes” a la lesión. Los primeros serían aquellos que, a pesar de contar con un LCA roto, son capaces de desempeñar con normalidad todas aquellas actividades que realizaban previamente a su lesión, incluyendo las actividades deportivas de alto nivel, al menos durante un año después de la misma. Los “no tolerantes” serían aquellos, menos afortunados, que precisarían beneficiarse de un tratamiento reconstructor para volver a realizar éstas actividades (17).

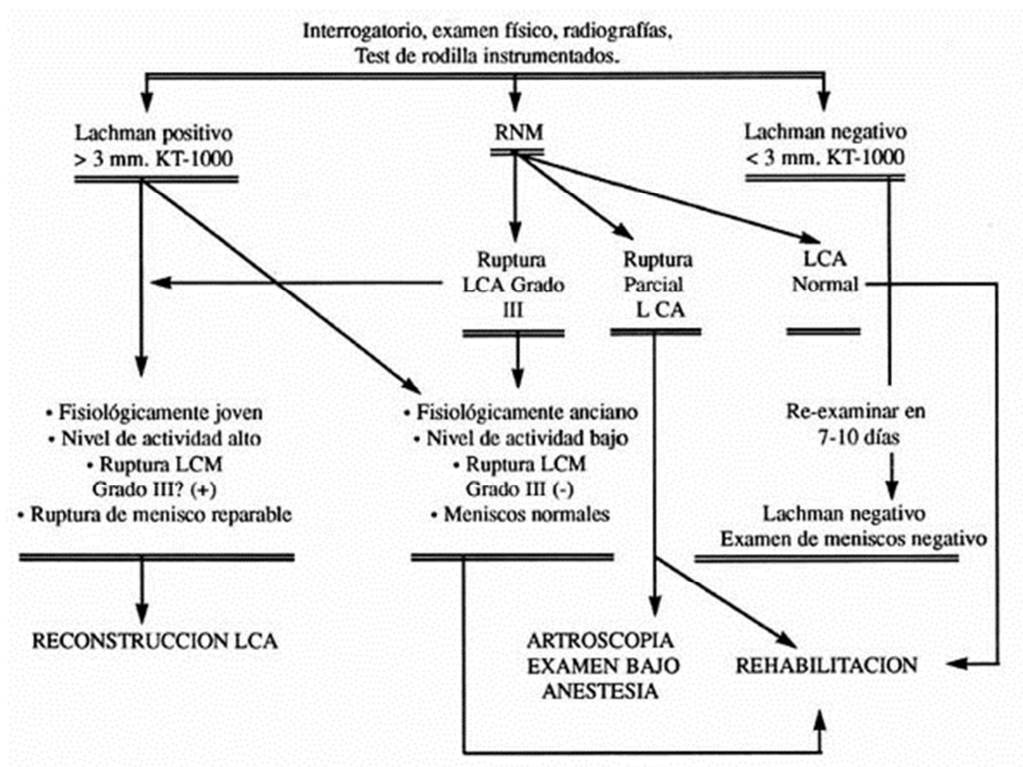
Indicaciones de la reconstrucción

La reconstrucción es de elección en aquellos pacientes que quieren volver a desarrollar una actividad deportiva intensa, para el resto existen algoritmos que facilitan la toma de decisiones. La elección de reconstruir o adoptar una conducta conservadora está influida por diversos factores como son la edad del paciente, el grado de actividad del mismo y la asociación, o no, de una lesión meniscal (15).

La edad es un factor que se relaciona inversamente, de manera general, con el grado de actividad de los pacientes. A mayor edad menor actividad física. Esto no quita para que existan pacientes de edad avanzada que tengan una gran actividad física y por

tanto sean considerados candidatos para la cirugía de reparación, siempre y cuando no presenten signos de artrosis en la rodilla afectada (15).

La elección del tratamiento, ya sea conservador o reparador, ha de enfocarse de manera individualizada según la voluntad de cambio en los niveles de actividad, la ocupación, los signos de gonartrosis y otras comorbilidades del paciente. Haciéndole siempre participe de la toma de decisiones (13).



(14)

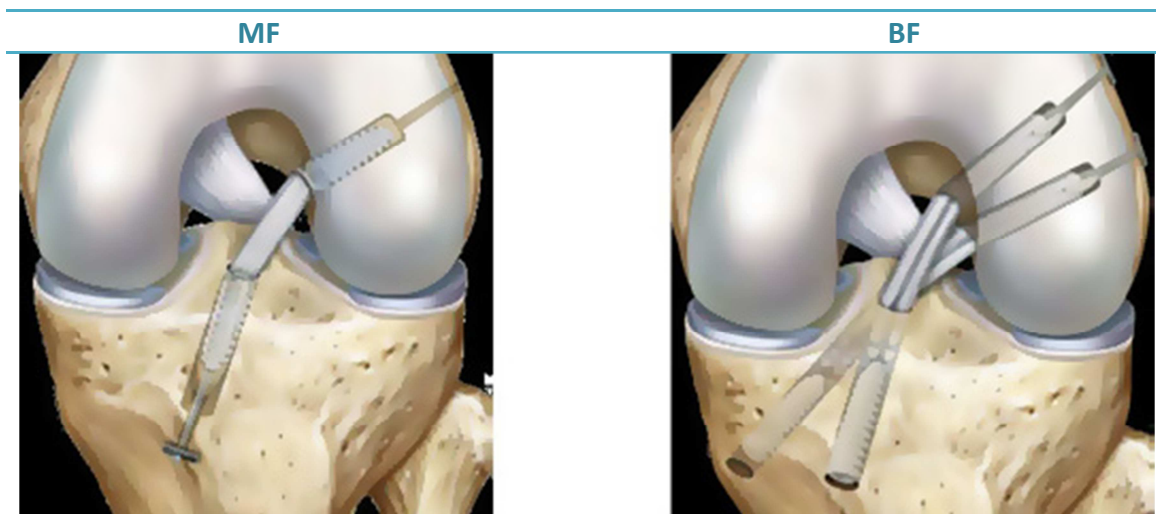
En general se acepta que el momento idóneo para reparar un LCA roto no es inmediatamente después de la lesión sino que se prefiere diferir la intervención (15). Antes de realizar una reconstrucción de LCA el paciente ha de cumplir una serie de requisitos:

Requisitos previos para la reconstrucción del LCA
Amplitud de movimientos casi completa
Cuádriceps recuperado con un buen tono muscular
Marcha normal
Derrame ausente o poco importante

Éstos son indicadores que que la rodilla ya no se encuentra bajo un proceso de inflamación aguda, lo que se traduce en una menor probabilidad de desarrollar artrofibrosis postoperatoria (13).

Técnicas de reconstrucción (Monotúnel vs Bifascicular)

Las técnicas de reconstrucción del LCA podrían dividirse en monofascicular (MF) o monotúnel, que persigue imitar al fascículo antero-medial utilizando la inserción tibial del postero-lateral; y la bifascicular (BF) o de doble túnel, también llamada anatómica debido a que intenta reproducir las inserciones originales de los fascículos del LCA (15).



(18)

Existen numerosos estudios que comparan una y otra técnica, la mayoría están de acuerdo en que la técnica BF confiere una mayor estabilidad tanto anteroposterior como rotacional a las rodillas operadas. También parece haber una tendencia de acuerdo en cuanto a la valoración subjetiva y la recuperación funcional postoperatoria entre la MF y la BF, en las cuales parece no haber diferencias entre una y otra.

Monofascicular (MF) vs Bifascicular (BF)					
Nivel de evidencia 1					
			Resultados		
			Recuperación funcional	Laxitud articular anterior	Laxitud rotacional
Autor	Tipo de estudio	Nº pacientes			
Mayr et al. (2016) (19)	Prospectivo	64	-	-	Sin diferencias significativas
Suomalainen et al. (2011)(20)	Prospectivo	153	Sin diferencias significativas	Sin diferencias significativas	Sin diferencias significativas

Yu-Lin et al. (2012) (21)	Meta-análisis	1686	Sin diferencias significativas	Menor con técnica BF	Menor con técnica BF
van Eck et al. (2012) (22)	Meta-análisis	-	-	Menor con técnica BF	Menor con técnica BF
Nivel de evidencia 2					
Xu et al. (2013) (23)	Meta-análisis	1667	Sin diferencias significativas	Menor con técnica BF	Menor con técnica BF
Koga et al. (2015) (24)	Prospectivo	78	Sin diferencias significativas	Menor con técnica BF	Menor con técnica BF
Hussein et al. (2012) (25)	Cohortes	101	Sin diferencias significativas	Sin diferencias significativas	Sin diferencias significativas
Desai et al. (2014) (26)	Meta-análisis	-	-	Menor con técnica BF	Sin diferencias significativas

Métodos de fijación

Para garantizar el éxito de la integración del injerto éste ha de ser fijado al hueso de manera que resista las fuerzas aplicadas sobre él durante la marcha y los ejercicios de rehabilitación hasta que quede integrado en el interior del túnel óseo.

En función del origen del injerto se proponen diferentes modelos de fijación. El tornillo interferencial de desmarca como la mejor opción para la fijación del injerto hueso-tendón-hueso HTH. Por contrapartida, de entre todas las posibilidades de fijación para el injerto con isquiotibiales (IT) no hay evidencia que recomiende la elección de una en concreto. A pesar de ello, la fijación transversal femoral es actualmente la más utilizada (15).

Fijación de las plastias de LCA			
Fémur		Tibia	
Cortical	Esponjoso	Cortical	Esponjoso
Tornillo y alambre	Encaje	Tornillo y alambre	Interferencia
Tope cortical	Interferencia	Grapa	Taco óseo
	Transversal		Taco expansivo

(15)

Tipos de injerto

Una vez tomada la decisión de realizar una cirugía de reconstrucción del LCA debemos hacernos una pregunta. ¿Qué tipo de injerto es más conveniente para mi paciente?

Cualidades ideales del injerto

Resistencia adecuada
Facilidad de obtención
Escasa morbilidad de la zona donante
Fijación inmediata y sólida
Rápida reincorporación
Reproducir las propiedades mecánicas del LCA

(15)

Tanto las plastias del tendón rotuliano, conocidas como hueso-tendón-hueso (HTH), como las del tracto isquiotibial (IT) han demostrado reunir las cualidades necesarias para reconstruir el LCA. Los HTH confieren una mayor estabilidad por lo que son más adecuados para pacientes que van a someter su rodilla a altas demandas deportivas mientras que los IT serían interesantes para aquellos que buscan una mayor elasticidad articular o cuya actividad deportiva sea leve o moderada (15)(13).

Teniendo en cuenta el donante de los mismos, éstos se clasifican en:

- Autoinjertos o injertos autólogos: plastia proveniente del propio paciente
- Aloinjertos o injertos homólogos: plastia de cadáver
- Xenoinjertos o injertos heterólogos: plastia sintética

Los autoinjertos son el injerto de elección en las reconstrucciones primarias del LCA. Suponen una agresión sobre la rodilla, pero no conllevan los problemas derivados de la posible transmisión de una enfermedad infecciosa, el retraso en la ligamentación (27) (28) que eleva el riesgo de roturas y, cabe mencionar, el riesgo de una reacción inmunológica contra el injerto propia de los aloinjertos (15) (29). Aunque esta reacción inmunológica es mínima gracias a la conservación mediante congelación profunda y liofilización. (7)

Kraeutler et al. (30) en un meta-análisis revisaron un total de 76 estudios publicados entre 1998 y 2012 (lo que supuso una cohorte de 5182 pacientes). Llegaron a la conclusión de que la reconstrucción primaria con autoinjertos HTH del rotuliano mostraba índices menores de fracaso, menor laxitud articular y un mayor grado de satisfacción postoperatoria de los pacientes comparado con la reconstrucción mediante aloinjerto HTH del mismo tendón. También observaron que, de manera estadísticamente significativa, el uso de aloinjerto se relacionaba con una menor probabilidad de presentar dolor anterior de rodilla (un 23,1% menos) como consecuencia de la toma del injerto.

Los aloinjertos, o injertos de donante cadáver, constituyen el tratamiento de elección en las rodillas que han sido operadas previamente o que presentan lesiones ligamentosas múltiples asociadas (29). Krych et al. (31) observaron que uso de aloinjertos para la reconstrucción secundaria de LCA se asocia con mejores resultados

funcionales, medidos mediante tests de salto vertical, triple salto y salto a una pierna, y de fuerza de la extremidad, medidos mediante Biodex. Son, a su vez, viables para la reconstrucción aislada del LCA (15). Un estudio realizado recientemente por Pujji et al observó que los aloinjertos se relacionaban con una mayor tasa de fracaso y un mayor riesgo de ensanchamiento de los túneles (32)(33). Apoyando esta hipótesis encontramos otros artículos como el de Kane et al. en el que la tasa de fracaso del aloinjerto y de cirugía de revisión, en pacientes menores de 25 años, se mostró superior que la del autoinjerto (34).

Al ser conservados mediante la técnica de liofilización (deshidratación de la plastia previamente congelada) los injertos homólogos pueden ser conservados a temperatura ambiente. Después de la liofilización éstos pueden ser esterilizados mediante su exposición a radiación gamma. Esto permite atajar sus principales inconvenientes: esterilidad y capacidad inmunogénica (7).

Tanto Rhin (35) como Park (36) han estudiado el impacto de la radiación sobre la plastia. El primero afirma que la radiación es un método viable de esterilización que no pone en riesgo los resultados clínicos ya que tras la reconstrucción mediante injerto homólogo HTHR esterilizado mediante radiación obtuvo resultados clínicos similares en comparación con las reconstrucciones mediante injerto autólogo de la misma procedencia (37). Park (36) afirma que los resultados clínicos eran mejores en los aloinjertos no irradiados que aquellos irradiados con bajas dosis de radiación gamma (<2,5 Mrad).

Tanto los injertos autólogos como los homólogos se acompañan con una pérdida en la capacidad propioceptiva de la rodilla (38). Young et al. (39) demostraron una disminución en la concentración de mecanorreceptores en ambos tipos de injerto tras la reconstrucción en comparación con el LCA nativo.

A pesar de que los injertos sintéticos fueron foco de interés y de investigación en la década de los ochenta (13), no se ha logrado encontrar un compuesto que agrupe las cualidades físicas (alta resistencia, fácil fabricación y almacenamiento) propias de los compuestos sintéticos y las biológicas (biocompatibilidad y crecimiento tisular) de los auto y aloinjertos (15). Su uso fue abandonado como consecuencia de la elevada tasa de fracasos y complicaciones, entre las que cabe destacar el desgaste del injerto y la reacción inflamatoria, que provocaban (13).

Un factor importante a valorar es si se trata de una reconstrucción primaria o de revisión. En la cirugía primaria, dependiendo del traumatólogo, los autoinjertos más utilizados son los tendones de la pata de ganso (semitendinoso y/o recto interno) (40) o el tendón rotuliano. Sin embargo, en la cirugía de revisión el injerto de cadáver parece una elección lógica ya que evita la iatrogenia que supone debilitar una articulación sobre la que ya habíamos extraído un injerto previamente o la que supone

intervenir una rodilla perfectamente sana. Ante este dilema, el aloinjerto de donante humano, conservado por la técnica de liofilización (deshidratación por sublimación del injerto previamente congelado) que permite, al final del proceso, la obtención de una plastia estéril, con una baja inmunogenicidad y de características biomecánicas similares a las del autoinjerto, parece ser la opción más acertada (7).

Reverte-Vinaiza et al. afirman que la cirugía de revisión del LCA mediante el uso de aloinjertos IT obtiene unos resultados satisfactorios, similares a los obtenidos tras el uso de aloinjertos HTH del tendón rotuliano (41).

De cara a satisfacer las futuras necesidades del paciente, recordemos lo importante de individualizar cada caso, es interesante tener en cuenta lo observado por Legnani et al. (42) quienes afirman que los pacientes a los que se les realizó una cirugía de revisión reconstructora del LCA mediante autoinjerto pudieron realizar una vuelta a la actividad deportiva más rápida que aquellos a los que se les realizó un aloinjerto.

Saltzman et al. (43) analizaron el coste económico de la reconstrucción del LCA utilizando diversas variables como el tipo de injerto, los métodos de fijación, el abordaje de la operación, etc y concluyeron que la mejor técnica coste-beneficio fue la reconstrucción temprana, monofascicular, mediante injerto autólogo HTH o IT y realizada por vía artroscópica.

Autoinjerto vs Aloinjerto						
Autor	Tipo de estudio	Nº de pacientes	Resultados			
			Fracaso	Laxitud articular	Dolor	Recuperación funcional
Pujji et al. (32)	Meta- análisis	-	-	> con auto IT	> con auto HTH	Sin diferencias significativas
Kane et al.(34)	Cohortes	224	alo HTH > auto HTH	-	-	Sin diferencias significativas
Yabroudi et al. (44)	Casos-Controles	251	> con aloinjerto	-	-	-
Legnani et al.(42)	Retrospectivo	44	-	auto IT vs alo IT, sin diferencias significativas	-	Sin diferencias significativas
Gifstad et al. (45)	Cohortes	45.998	auto IT > auto HTH	-	-	-
Kraeutler et al. (30)	Meta- análisis	5.182	auto HTH < alo HTH	auto HTH < alo HTH	alo HTH > auto HTH	alo HTH > auto HTH
Kaeding et al. (46)	Cohortes prospectivo	281	> con aloinjerto	-	-	-

Proceso de ligamentación

Los injertos tendinosos tienen la capacidad de transformarse en el ligamento al que sustituyen al ser sometidos a las mismas fuerzas a las que lo estaba su predecesor. De este hecho nace el término de “ligamentación” (47). Este proceso comienza con la necrosis del injerto a la cual acompaña una repoblación celular que se desarrollará durante unas tres semanas. Acto seguido, y de manera progresiva, se inicia la revascularización del injerto que se extenderá a lo largo de los 10 meses siguientes. Por último se produce una maduración del colágeno presente en el injerto. Al cabo de tres años la plastia se habrá transformado en un ligamento según criterios histológicos (4) (7).

Complicaciones y fracaso

Como cualquier cirugía, la reparación del LCA no está exenta de riesgos y complicaciones. Siendo la más importante el fracaso de la plastia. Y seguida del riesgo de infección, el dolor persistente, la inestabilidad y la artrosis de la articulación de la rodilla.

El porcentaje de reconstrucciones primarias que precisan una cirugía de revisión se sitúa entre el 5 y el 15% (44).

Yabroudi et al. (44) se propusieron determinar los predictores de la cirugía de revisión tras el fracaso de la cirugía primaria de reconstrucción y establecieron que: ser paciente joven en el momento de la cirugía, el desarrollo de una actividad física elevada o de competición y el ser beneficiario de la técnica bifascicular se relacionan con un mayor riesgo de necesitar cirugía de revisión.

Murphy et al. (48) realizaron un estudio en el que observaron que el riesgo de infección de la herida quirúrgica, a pesar de ser bajo, fue mayor en aquellos pacientes que recibieron un aloinjerto IT en comparación con los que recibieron autoinjerto IT y autoinjerto HTH del rotuliano.

Según la procedencia de la plastia los riesgos y complicaciones varían. Por ejemplo: el injerto autólogo HTH del rotuliano se relaciona con un mayor dolor anterior de rodilla (30) y un mayor riesgo de rotura del LCA contralateral (49) a expensas de una mayor estabilidad de la articulación en comparación con los IT (32).

En cuanto a la rotura del injerto, un estudio retrospectivo que analizó 12.967 pacientes de Ontario, Canadá, a los que se les había realizado una reparación del LCA apoya el hecho de que el uso de aloinjertos en la cirugía primaria de reconstrucción aumenta el riesgo de fracaso de la plastia (50)(30)(46). Maletis et al. (49) observaron que tanto los autoinjertos como los aloinjertos de IT y el sexo masculino muestran un mayor riesgo

en comparación con la tasa de fracaso calculada para el total de pacientes de su estudio y, por tanto de cirugía de revisión.

Aparentemente, a mayor edad y mayor IMC se observó un menor riesgo de revisión y de rotura del LCA contralateral (49). Un estudio prospectivo Escandinavo evaluó una serie de 45.998 casos de reconstrucción primaria del LCA y concluyó que el autoinjerto HTH del tendón rotuliano presenta un riesgo menor de ser susceptible de una cirugía de revisión en comparación con el autoinjerto IT (45).

6. Conclusión

La lesión del LCA se trata de una patología cuya incidencia está en aumento. La repercusión que tiene para la vida el paciente el restablecimiento de la cinética y la estabilidad articular, de cara a la recuperación de la actividad funcional previa a la lesión, han supuesto una gran cantidad de bibliografía relacionada con el tema.

Al tratarse de un ligamento pobremente irrigado y, por ello, con escasa capacidad de cicatrizar por sí mismo, en la mayoría de ocasiones es necesario llevar a cabo una reconstrucción quirúrgica del mismo mediante el uso de un injerto que lo sustituya anatómica y funcionalmente.

La técnica anatómica o bifascicular, caracterizada por la realización de dos túneles a través de los cuales se desliza el injerto, ofrece mejores resultados que la monofascicular, con un solo túnel, en cuanto a la laxitud articular, tanto anteroposterior como rotacional, y se muestra equiparable, en cuanto a la valoración subjetiva y la recuperación funcional, a la monofascicular.

Las decisiones sobre qué tipo de injerto utilizar y de dónde obtenerlo son importantes y requieren una observación individualizada de cada caso. Las alternativas a esta respuesta en cuanto al tipo de injerto son básicamente dos: El injerto hueso-tendón-hueso del ligamento rotuliano y el injerto del tendón de los músculos isquiotibiales. El primero se relaciona con una mayor estabilidad articular, idónea para aquellos pacientes que vayan a realizar una actividad deportiva importante, y el segundo con una mayor elasticidad o cuyas demandas físicas sean leves o moderadas.

En cuanto a la obtención del injerto, las opciones de las que disponemos hoy en día son también dos. El autoinjerto, proveniente del propio paciente, y el aloinjerto, extraído de un donante cadáver. A favor de los primeros cabe mencionar la ausencia de probabilidad de transmisión de una enfermedad infecciosa, su menor riesgo de fracaso y la mayor rapidez en el proceso de ligamentación de la plastia. El uso de los xenoinjertos o injertos sintéticos ha sido proscrito de la práctica clínica debido a su elevada tasa de fracaso y a los mejores resultados de las alternativas.

Para la reconstrucción primaria del LCA se opta habitualmente por el autoinjerto IT o HTHR y para la reconstrucción de rescate o revisión se prefiere utilizar aloinjertos a pesar que está demostrado que los aloinjertos presentan un mayor índice de fracaso. Ésta decisión resulta lógica si tenemos en cuenta que la extracción de injertos autólogos supone una nueva agresión sobre una articulación ya intervenida o una intervención sobre una articulación perfectamente sana.

En definitiva, no existe el consenso absoluto en cuanto a las opciones terapéuticas de la rotura del LCA. La diversidad tanto las técnicas como los métodos de fijación, los tipos de injerto, el origen de los mismos y el contexto y demandas de los pacientes requieren de decisiones individualizadas caso por caso de cara a obtener el mejor resultado clínico posible.

7. Bibliografía

1. Comín M, Gil A. Articulación de la rodilla. In: Comín M, Prat J, Dejoz R, editors. Biomecánica articular y sustituciones protésicas. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia; 1998. p. 327-427.
2. Fernández PJ, Delgado AD, Díaz A. Anatomofisiología de la rodilla. Fracturas del extremo distal del fémur. Fracturas de rótula. In: Delgado A. Cirugía ortopédica y traumatología. Madrid: Editorial Panamericana; 2015. p. 581-590.
3. Guyot J. La articulación de la rodilla. In: Guyot J. Atlas de las extremidades del cuerpo humano. Barcelona: Emograph; 1982. p. 28-63.
4. Forriol F, Maestro A, Vaquero Martín J. El Ligamento cruzado anterior: morfología y función. Trauma. 2008;19(1):7–18.
5. Netter FH. Atlas de anatomía humana 6ª edición. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 496
6. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. J Bone Joint Surg Am. 1984;66(7):1072–6.
7. Pitillas JI, Vaquero J, Pitillas I. Aloinjertos como plastia ligamentosa. In: Biomateriales, trasplantes e ingeniería tisular en cirugía ortopédica y traumatología. Madrid: Editorial MAPFRE; 2003. p. 203-2011.
8. García-Germán D, Delgado AD, Hernández JA. Lesiones de los ligamentos y meniscos de la rodilla. In: Delgado A. Cirugía ortopédica y traumatología. Madrid: Editorial Panamericana; 2015. p. 616-636.
9. Harner CD, Baek GH, Vogrin TM, Carlin GJ, Kashiwaguchi S, Woo SL. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. Arthroscopy. 1999;15(7):741-749.
10. Freeman MAR, Wyke B. Articular contributions to limb muscle reflexes. The effects of partial neurectomy of the knee-joint on postural reflexes. Br J Surg. 1966 Jan;53(1):61–9.
11. Sha L, Xie G, Zhao S, Zhao J. A morphologic and quantitative comparison of mechanoreceptors in the tibial remnants of the ruptured human anterior cruciate ligament. Medicine (Baltimore). 2017 Feb;96(5): 6081-6085.
12. Concejero V [Internet]. n.d. Rotura Ligamento cruzado anterior. [Consultado el 20 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.clinicacentro.com/es/biblioteca-traumatologia-ortopedia -y->

medicina-del-deporte/rotura-ligamento-cruzado-anterior<http://www.clinicacentro.com/es/biblioteca/biblioteca-traumatologia-ortopedia-y-medicina-del-deporte/rotura-ligamento-cruzado-anterior>

13. McCarthy EC, Spindler KP, Bartz RL. Rodilla y pierna: traumatismos de partes blandas. In: Vaccaro AR, editor. Orthopaedic Knowledge Update. Extremidades inferiores. Barcelona: Tesys; 2006. p. 59-63.
14. Cooper A, Khoury MA. Ligamento cruzado anterior. *Artroscopia*. 1996;3(7).
15. Vaquero J, Calvo J, Forriol F. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Trauma*. 2008;19(1):22–38.
16. Kessler MA, Behrend H, Henz S, Stutz G, Rukavina A, Kuster MS. Function, osteoarthritis and activity after ACL-rupture: 11 years follow-up results of conservative versus reconstructive treatment. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2008 May 22;16(5):442–8.
17. Hurd WJ, Axe MJ, Snyder-Mackler L. A 10-year prospective trial of a patient management algorithm and screening examination for highly active individuals with anterior cruciate ligament injury: Part 1, outcomes. *Am J Sports Med*. 2008;36(1):40–7.
18. ACL-reconstruction-techniques [Internet]. [cited 2017 May 25]. Available from: <https://www.healthclues.net/blog/wp-content/uploads/2016/11/ACL-reconstruction-techniques.jpg>
19. Mayr HO, Benecke P, Hoell A, Schmitt-Sody M, Bernstein A, Suedkamp NP, et al. Single-Bundle Versus Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Comparative 2-Year Follow-up. *Arthroscopy*. 2016;32(1):34–42.
20. Suomalainen P, Moisala A-S, Paakkala A, Kannus P, Jarvela T. Double-Bundle Versus Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Randomized Clinical and Magnetic Resonance Imaging Study With 2-Year Follow-up. *Am J Sports Med*. 2011;39(8):1615–22.
21. Li Y-L, Ning G-Z, Wu Q, Wu Q-L, Li Y, Hao Y, et al. Single-bundle or double-bundle for anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis. *Knee*. 2014;21(1):28–37.
22. Van Eck CF, Kopf S, Irrgang JJ, Blankevoort L, Bhandari M, Fu FH, et al. Single-bundle versus double-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture: A meta-analysis-does anatomy matter? *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg*. 2012;28(3):405–24.
23. Xu M, Gao S, Zeng C, Han R, Sun J, Li H, et al. Outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction using single-bundle versus double-bundle technique: Meta-analysis of 19 randomized controlled trials. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg*. 2013;29(2):357–65.
24. Koga H, Muneta T, Yagishita K, Watanabe T, Mochizuki T, Horie M, et al. Mid- to

- long-term results of single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: randomized controlled trial. *Arthroscopy*. 2015;31(1):69–76.
25. Hussein M, van Eck CF, Cretnik A, Dinevski D, Fu FH. Individualized Anterior Cruciate Ligament Surgery. *Am J Sports Med*. 2012;40(8):1781–8.
 26. Desai N, Björnsson H, Musahl V, Bhandari M, Petzold M, Fu FH, et al. Anatomic single- versus double-bundle ACL reconstruction: A meta-analysis. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2014;22(5):1009–23.
 27. Li H, Tao H, Cho S, Chen S, Yao Z, Chen S. Difference in Graft Maturity of the Reconstructed Anterior Cruciate Ligament 2 Years Postoperatively. *Am J Sports Med*. 2012;40(7): 1519-1526
 28. Zhang C-L, Fan H-B, Xu H, Li Q-H, Guo L. Histological comparison of fate of ligamentous insertion after reconstruction of anterior cruciate ligament: Autograft vs allograft. *Chinese J Traumatol - English Ed*. 2006;9(2):72–6.
 29. Siebold R, Buelow JU, Bös L, Ellermann A. Primary ACL reconstruction with fresh-frozen patellar versus Achilles tendon allografts. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2003 May 20;123(4):180–5.
 30. Kraeutler MJ, Bravman JT, McCarty EC. Bone–Patellar Tendon–Bone Autograft Versus Allograft in Outcomes of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2013;41(10): 2439-2448
 31. Krych AJ, Woodcock JA, Morgan JA, Levy BA, Stuart MJ, Dahm DL. Factors associated with excellent 6-month functional and isokinetic test results following ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015; 23:1053–1059
 32. Pujji O, Keswani N, Collier N, Black M, Doos L. Evaluating the functional results and complications of autograft vs allograft use for reconstruction of the anterior cruciate ligament: a systematic review. *Orthop Rev (Pavia)*. 2017;9(6833):32-37.
 33. Robbrecht C, Claes S, Cromhecke M, Mahieu P, Kakavelakis K, Victor J, et al. Reliability of a semi-automated 3D-CT measuring method for tunnel diameters after anterior cruciate ligament reconstruction: A comparison between soft-tissue single-bundle allograft vs: Autograft. *Knee*. 2014; 21:926-931.
 34. Kane PW, Wascher J, Dodson CC, Hammoud S, Cohen SB, Ciccotti MG. Anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft versus allograft in skeletally mature patients aged 25 years or younger. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2016; 24:3627-3633
 35. Rihn JA, Irrgang JJ, Chhabra A, Fu FH, Harner CD. Does irradiation affect the clinical outcome of patellar tendon allograft ACL reconstruction? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006 Sep;14(9):885–96.
 36. Park SS-H, Dwyer T, Congiusta F, Whelan DB, Theodoropoulos J. Analysis of

- Irradiation on the Clinical Effectiveness of Allogenic Tissue When Used for Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015; 43(1):226-235
37. Rihn JA, Irrgang JJ, Chhabra A, Fu FH, Harner CD. Does irradiation affect the clinical outcome of patellar tendon allograft ACL reconstruction? *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2006; 14:885-896
 38. Ozenci AM, Inanmaz E, Ozcanli H, Soyuncu Y, Samanci N, Dagseven T, et al. Proprioceptive comparison of allograft and autograft anterior cruciate ligament reconstructions. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2007; 15:1432-1437
 39. Young SW, Valladares RD, Loi F, Dragoo JL. Mechanoreceptor Reinnervation of Autografts Versus Allografts After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sport Med.* 2016; 4(10): 1-5
 40. Granan L-P, Inacio MCS, Maletis GB, Funahashi TT, Engebretsen L. Intraoperative findings and procedures in culturally and geographically different patient and surgeon populations. *Acta Orthop.* 2012; 83(6):577-582
 41. Reverte-Vinaixa MM, Minguell J, Joshi N, Diaz-Ferreiro EW, Duarri G, Carrera L, et al. Revision anterior cruciate ligament reconstruction using tibial or hamstring tendon allografts. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2014;22(1):60–4.
 42. Legnani C, Zini S, Borgo E, Ventura A. Can graft choice affect return to sport following revision anterior cruciate ligament reconstruction surgery? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016; 136:527-531
 43. Saltzman BM, Cvetanovich GL, Nwachukwu BU, Mall NA, Bush-Joseph CA, Bach BR. Economic Analyses in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016; 44(5):1329-1335
 44. Yabroudi MA, Björnsson H, Lynch AD, Muller B, Samuelsson K, Tarabichi M, et al. Predictors of Revision Surgery After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2016; 4(9):1-7
 45. Gifstad T, Foss OA, Engebretsen L, Lind M, Forssblad M, Albrektsen G, et al. Lower Risk of Revision With Patellar Tendon Autografts Compared With Hamstring Autografts. *Am J Sports Med.* 2014; 42(10):2319-2328
 46. Kaeding CC, Aros B, Pedroza A, Pifel E, Amendola A, Andrish JT, et al. Allograft Versus Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health.* 2011; 3(1):73-81
 47. Amiel D, Kleiner JB, Roux RD, Harwood FL, Akeson WH. The phenomenon of “Ligamentization”: Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. *J Orthop Res.* 1986;4(2):162–72.
 48. Murphy M V., Du D (Tony), Hua W, Cortez KJ, Butler MG, Davis RL, et al. Risk Factors for Surgical Site Infections Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2016; 37(7):827-833

49. Maletis GB, Inacio MCS, Funahashi TT. Risk Factors Associated With Revision and Contralateral Anterior Cruciate Ligament Reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR Registry. *Am J Sports Med.* 2015; 43(3):641-647
50. Wasserstein D, Khoshbin A, Dwyer T, Chahal J, Gandhi R, Mahomed N, et al. Risk Factors for Recurrent Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013; 41(9):2099-2107