

Elección de injertos en la cirugía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior: revisión de conceptos actuales

Horacio Rivarola Etcheto, Cristian Collazo, Marcos Palanconi, Marcos Meninato, Carlos Mendoza, Marcelo Libertini, Raúl Posse

Hospital Universitario Austral, Buenos Aires, Argentina
Hospital Universitario Fundación Favaloro, CABA, Argentina

RESUMEN

La ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una lesión frecuente en la población general, con una incidencia de hasta 75/100.000 personas por año. Hombres y mujeres jóvenes, involucrados en deportes de contacto y colisión, suelen ser los más afectados. La reconstrucción artroscópica se ha convertido en el estándar de tratamiento, con cerca de doscientos mil procedimientos por año en EE. UU. Los injertos se clasifican según sus elementos constituyentes (hueso-tendón-hueso, hueso-tendón o tendón), o el origen del dador (autoinjerto o aloinjerto). A pesar de su alta prevalencia, el injerto ideal sigue siendo motivo de debate en la bibliografía. Consideramos que su elección debe basarse en la experiencia del cirujano con los diferentes injertos y en las características individuales de cada paciente.

Palabras clave: LCA; Reconstrucción; Ligamento Cruzado Anterior; Injerto

ABSTRACT

Anterior cruciate ligament (ACL) tear is a common injury in the general population, with an incidence of up to 75/100,000 annually, affecting mainly men and women involved in contact and collision sports. With nearly 200,000 procedures performed annually in the US, arthroscopic reconstruction has become the standard treatment. Grafts can be classified according to their constituent elements (bone-tendon-bone, bone-tendon or tendon) or the origin of the donor (autograft or allograft). Despite its high prevalence, today the bibliographic debate continues regarding which is the ideal graft. We consider that graft selection should be based on the experience and comfort of the surgeon and the individual patient characteristics.

Keywords: ACL; Reconstruction; Anterior Cruciate Ligament; Graft

INTRODUCCIÓN

La ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una lesión frecuente en la población general, con una incidencia de hasta 75/100.000 personas por año;¹ llama la atención, particularmente en los últimos años, el aumento de la incidencia en la población pediátrica.²

Debido a que luego de su ruptura el LCA nativo tiene un bajo potencial de cicatrización, la reconstrucción quirúrgica con injerto suele ser la indicación para restaurar la estabilidad funcional y prevenir el deterioro temprano de la articulación.^{3,4}

La reconstrucción artroscópica se ha convertido en el estándar de tratamiento, con cerca de doscientos mil procedimientos llevados a cabo anualmente en EE. UU.⁵

Los injertos para la reconstrucción del LCA pueden ser clasificados según sus elementos constituyentes (hueso-tendón-hueso, hueso-tendón o tendón) o el origen del dador (autoinjerto o aloinjerto). Las características ideales que debe reunir un injerto son: reproducir las condiciones biomecánicas del LCA original, minimizar la morbilidad del sitio donante, lograr una fijación estable, pro-

mover una incorporación biológica rápida y permitir una rehabilitación acelerada.

Definitivamente no hay un injerto ideal. Cada paciente tiene sus características propias. La elección es personalizada para cada paciente; cada uno de estos tiene sus propias características biomecánicas y estructurales. La evolución y gran variedad de los medios de fijación han permitido un uso más amplio de los distintos injertos.

Es esencial para el cirujano poseer un minucioso entendimiento de las técnicas quirúrgicas, la biología básica de la asimilación hueso-injerto, las expectativas y características del paciente en lo que respecta a morbilidad de sitio donante, recuperación postoperatoria, retorno a la actividad y potenciales resultados a largo plazo, para lograr acertar con el mejor injerto para cada paciente.¹³

CLASIFICACIÓN DE LOS INJERTOS

Autoinjertos

Son los más utilizados para la reconstrucción del LCA. Se prefieren por su supuesto mayor potencial biológico de asimilación e integración y por evitar el riesgo de transmisión de enfermedades.

Dentro de los autoinjertos, las consideraciones más importantes a tener en cuenta son la morbilidad del sitio donante y su incorporación. Clínicamente, los utilizados

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Horacio Rivarola Etcheto

horaciorivarola@hotmail.com

Recibido: Mayo de 2022. **Aceptado:** Mayo de 2022.



Figura 1: Rodilla derecha. Abordaje longitudinal clásico. A) Visión intraoperatoria. B) Postoperatorio inmediato. C) Postoperatorio alejado. D) Esquema de la variante anatómica más frecuente de la RINSI lesionada con esta técnica.

con mayor frecuencia son el H-T-H (tendón patelar), isquiotibiales¹⁰⁻¹⁵ y el tendón cuadricepsital.

Tendón rotuliano H-T-H

El tendón patelar autólogo es considerado por muchos autores como el patrón del oro para la reconstrucción del LCA.¹⁰ Se utiliza el tercio central del tendón patelar con taco óseo rotuliano y tibial. Su principal ventaja radicaría en la mejor y más rápida integración biológica de la interfase hueso-hueso en los túneles.

La bibliografía reconoce un menor índice de falla comparado con los tendones isquiotibiales, así como también menor presencia de *pivot shift* residual.¹⁴

Sin embargo, la utilización de este injerto no está exenta de complicaciones. Las más frecuentes son aquellas relacionadas con la morbilidad de la zona dadora, incluidos el dolor anterior, dificultad para arrodillarse, la posibilidad de fractura patelar y ruptura del tendón patelar.¹⁵

El dolor de la cara anterior de la rodilla, reportado en múltiples trabajos, tendría como una de sus causales la incisión tradicional longitudinal central que genera la lesión de la rama infrapatelar del nervio safeno interno (RINSI)^{16,17} (fig. 1).

La RINSI es puramente sensitiva e inerva la cara anterolateral proximal de la pierna. Su lesión puede generar desde incomodidad en la cara anterior de la rodilla, con hipoestesia en dicha zona, hasta la generación de un síndrome de dolor regional complejo. Si bien son pocas las publicaciones que consideran su aplicación clínico-quirúrgica,^{16,17} se han descrito numerosas variantes anatómicas de la innervación sensitiva de la cara anterior de la rodilla.¹⁸

La mayoría de los pacientes que van a ser sometidos a una reconstrucción artroscópica del LCA no son advertidos de la probable lesión de este nervio, aunque esta no sea tan infrecuente.¹⁷

Para evitar dañar la RINSI y respetar las líneas de Langer es que diversos autores han propuesto variantes de exposición quirúrgica para la toma de injerto patelar (dos abordajes longitudinales, dos transversales, uno solo longitudinal asociado a los portales artroscópicos clásicos). Inicialmente, Kartus presenta un estudio clínico comparando la doble incisión y el abordaje longitudinales tradicionales en relación con el dolor en cara anterior y la hipostesia de la región anterolateral, revelando excelentes resultados con su técnica.¹⁹

Posteriormente, Portland y cols.²⁰ reportaron un estudio comparativo entre abordaje longitudinal tradicional y una variante transversal de 5-8 cm a nivel de la unión de dos tercios del tendón patelar, demostrando una incidencia de lesión del 59% con el longitudinal y 43% con el transversal. El porcentaje de compromiso de la RINSI sigue siendo alto y esto podría ser debido a que realizan la disección entre las ramas del nervio pudiendo afectarlas de acuerdo a la variante anatómica que esté presente.

Esto motivó a que realizáramos la investigación de la relación anatómica de las ramas pre e infrapatelares con la variante de doble incisión consistente en una incisión proximal transversal y otra longitudinal distal, la cual fue descrita por M. Larrain y utilizada en todos nuestros casos en el Hospital Universitario Austral y en el Hospital Universitario Fundación Favaloro. Dicho estudio confirma y soporta la observación de que esta técnica produce un menor compromiso de las ramas infrapatelares (10%) siendo las variantes anatómicas lesionadas aquellas distales al tubérculo anterior de la tibia, por lo cual adoptamos y preconizamos su utilización²¹ (fig. 2).

Consideramos que este abordaje, junto a una obtención de tacos óseos en forma trapezoidal (no mayores a 10 mm de ancho y de 25 mm de longitud), el cierre del tendón y peritendón en flexión y una correcta rehabilita-

ción con recuperación de la movilidad en forma precoz y evitando cargas forzadas, son los factores que disminuyen la incidencia del síndrome de dolor en la cara anterior de la rodilla.

El objetivo es preservar la mayor cantidad de ramas de nervio infrapatelar, además de mejorar la cosmesis (fig. 3).

Sobre la base de un estudio cadavérico que hemos realizado y en su aplicación clínica, esta técnica de toma de injerto demuestra principalmente tres ventajas:

- **Anatómica:** menor índice de compromiso de las RINSI (10%), dos casos de veinte, estas variantes son anatómicas de ramas mediales y distales al tubérculo anterior de la tibia.
- **Técnica:** permite realizar el portal anterolateral a través de la vía transversal proximal, (esto disminuye también el compromiso de la rama infrapatelar por abordaje artroscópico).
- **Cosmética:** por respetar la incisión proximal a las líneas de Langer, dejando así una menor cicatriz.

Nuestra indicación actual para el uso de este injerto es para pacientes con cartílagos cerrados o próximos a cerrarse, menores de treinta años, deportistas de pivoteo y contacto. La única contraindicación consensuada para su utilización es para pacientes con cartílagos abiertos donde la interposición de los tacos óseos en la fisis podría provocar su cierre prematuro.

Tendones isquiotibiales (semitendinoso, recto interno)

El uso de tendones isquiotibiales surgió como una alternativa al injerto patelar, procurando disminuir la morbilidad de la zona dadora. Con el avance de los sistemas de fijación para tejidos blandos se fue ampliando cada vez más su uso, principalmente en la última década. Además de presentar menores comorbilidades del sitio donante, el injerto doble de semitendinoso (ST) y recto interno (RI) presenta mayor resistencia mecánica en comparación con los otros injertos, menor dolor de la cara anterior de la rodilla, menor pérdida de extensión y una mejor recuperación de la función del cuádriceps.²²

Si bien la preparación implica la duplicación de los tendones ST y RI (o cuadruplicar el ST si se extrae en forma aislada), el injerto final cuadruplicado, idealmente, debería tener 8 mm de diámetro o más, ya que los injertos menores han demostrado un mayor índice de re-ruptura.²³ Por este motivo, en la actualidad, es de amplia difusión su uso como injertos quintuples en vez de cuádruples, llegando a utilizarse a veces injertos séxtuples.

Se ha demostrado que existe un mayor riesgo de fracaso después de la reconstrucción del LCA con injertos de isquiotibiales menores de 8 mm de diámetro.^{23, 24} Freddie Fu, en un trabajo de investigación, aconseja reconstruir al menos el 60% del LCA nativo. ¿Es la variabilidad del



Figura 2: Rodilla derecha. Variante anatómica RINSI medial y distal al TAT.

diámetro de los injertos isquiotibiales la causa del mayor índice de re-rupturas? Trabajos científicos como el de Maletis²⁵ han demostrado que un incremento de 0.5 mm de diámetro en el injerto cuádruple final de 7 a 9 mm disminuyó 0.82 veces las probabilidades de una re-ruptura. En nuestro caso, cuando el injerto cuádruple es menor a 8 mm, maximizamos la utilización de los isquiotibiales con técnica quintuple o séxtuple (fig. 4) proporcionando un adecuado diámetro para mejorar los resultados y disminuir las tasas de revisión debido al diámetro del injerto,^{24, 25} particularmente altas en pacientes menores de veinte años con tendones isquiotibiales más pequeños.²⁶

Desde el punto de vista biológico, al ser un injerto de tejido blando puro, requiere la osteointegración vía tendón-hueso y la generación de tejido cicatricial fibrovascular, por lo tanto, su incorporación en los túneles óseos es más prolongada. Este aumento en el tiempo de osteointegración es la base de grandes estudios que demuestran mayores tasas de ruptura temprana después de la reconstrucción del LCA con isquiotibiales en comparación con el H-T-H,²⁷⁻²⁹ aunque muchos de estos incluyen fallas en la técnica (mal posicionamiento de túneles).

Desde el punto de vista biomecánico, un injerto de isquiotibial cuadruplicado logra una mayor carga de trac-

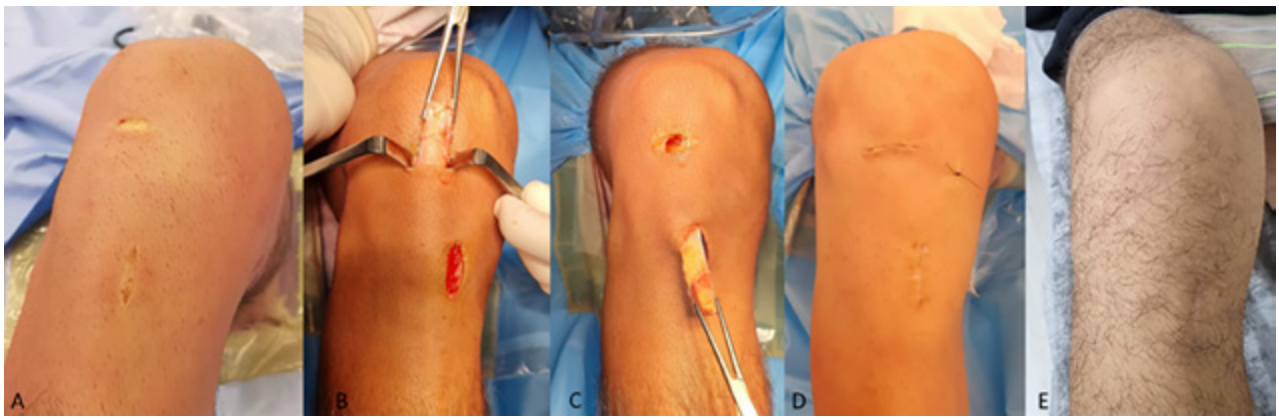


Figura 3: Rodilla derecha. A) Toma de injerto de doble incisión. Abordaje transversal en polo inferior patelar y longitudinal medial al TAT. B) Se desprende el injerto a nivel proximal, se lo pasa subcutáneo. C) Luego, se lo saca por la incisión distal. D) Heridas en postoperatorio inmediato. E) Postoperatorio alejado.



Figura 4: A) Injerto cuádruple de 7.5 mm. B) Preparación de injerto quintuple de 9 mm.

ción final, rigidez y área de sección transversal que el autoinjerto H-T-H y LCA nativo^{30,31} (Tabla 1).

Existen varias consideraciones postoperatorias importantes cuando se utiliza un autoinjerto de isquiotibiales. La debilidad en flexión es una preocupación, ya que se ha demostrado que el torque isocinético máximo disminuye después del autoinjerto de isquiotibiales en comparación con el autoinjerto de H-T-H a los cinco años de la reconstrucción del LCA.¹¹ Sin embargo, también existen estudios que sugieren que no hay diferencia en la fuerza de flexión de la rodilla postoperatoria después de la extracción de isquiotibiales en comparación con la de H-T-H.³² Se requieren más estudios de alta calidad para dilucidar completamente la probabilidad de debilidad postoperatoria de los isquiotibiales.

Nuestra indicación de elección de injerto isquiotibial autólogo es precisa en pacientes esqueléticamente inma-

duros, aquellos con patología patelofemoral (que contraindicaría uso H-T-H), hombres mayores de treinta años con menor demanda deportiva, y en mujeres, por tener mayor incidencia de patología patelofemoral, menor demanda deportiva y consideraciones estéticas.

Tendón cuádriceps

El tendón del cuádriceps (TC) como fuente de injerto para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA)³³⁻³⁷ y del ligamento cruzado posterior (PCL)³⁸ ha captado recientemente una gran atención.

Aunque muchos cirujanos de rodilla han considerado el uso de TC como injerto para la cirugía de revisión del LCA,^{39,40} nunca existió una aceptación universal para su uso en la reconstrucción primaria. La razón principal, en nuestra opinión, es que la extracción de este injerto es técnicamente más exigente y el abordaje convencional deja una cicatriz en el muslo estéticamente desfavorable con respecto a otras, a pesar de los muy buenos resultados clínicos reportados.

A fines de la década de 1990, Stäubli y cols.^{41,42} publicaron detalles anatómicos y biomecánicos del TC y fueron los primeros defensores de su uso como injerto primario en la reconstrucción del LCA.

El TC es un injerto muy versátil que se puede extraer en diferentes anchos, grosores y longitudes y se puede usar con bloque óseo, o sin este. Si se dispone de un estudio de resonancia magnética preoperatoria, es útil determinar su diámetro y grosor para una planificación quirúrgica adecuada. Convencionalmente, la extracción se realiza mediante una incisión longitudinal de 6 a 8 cm.^{43,44} Una variante puede ser un abordaje mínimamente invasivo de 2 a 3 cm, con la opción de utilizar el injerto sin bloque óseo (fig. 5).

Estudios recientes han mostrado buenos resultados en comparación con el injerto de tendón rotuliano. Sus defensores han argumentado que el injerto imita de manera más

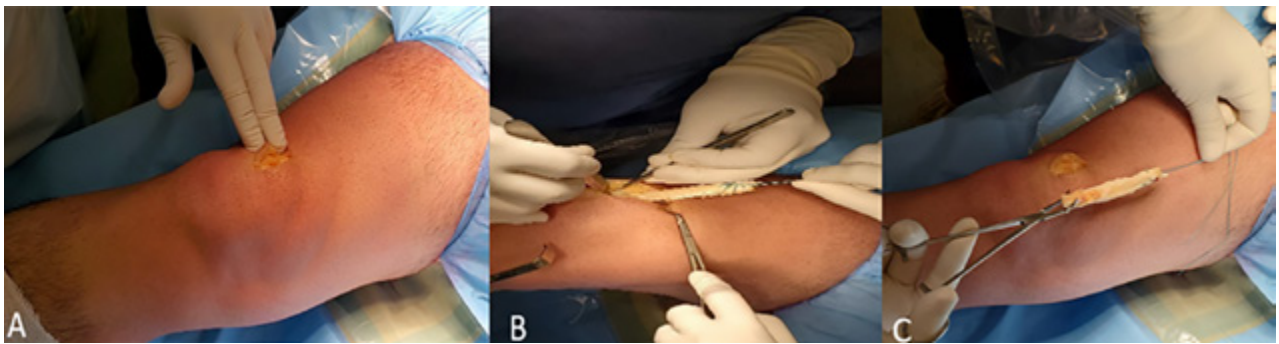


Figura 5: A) Incisión mínimamente invasiva para la toma de injerto cuadricepsital. B) Toma de taco óseo patelar proximal. C) Injerto de espesor completo con taco óseo patelar.

natural el ligamento cruzado anterior y que la morbilidad del sitio donante es menor que con el tendón rotuliano.^{45,46}

El tendón cuadricepsital puede ser utilizado con taco rotuliano, o sin este (Tabla 1).

Un estudio sistemático reciente, publicado por Kanakamedala y cols.⁴⁷ revela que el uso del tendón cuadricepsital con bloque óseo es preferible debido a su menor tasa de fallas y mayor resistencia biomecánica, ambos factores asociados a una mejor osteointegración, por su superficie de fijación hueso-hueso.

Los resultados de la reconstrucción del LCA con los diferentes injertos se basan en muchos criterios, entre algunos de ellos se mencionan la estabilidad postoperatoria y el rango de movilidad, resultados informados por el paciente, fuerza postoperatoria en flexión y extensión, tasa de rotura del injerto y morbilidad del sitio donante. Existen numerosas puntuaciones que evalúan estos criterios, analizándolas, Cavaignac y cols.⁴⁸ y Lund y cols.³⁷ no encontraron ninguna diferencia global en la laxitud de la rodilla entre ST-RI y TC y H-T-H y TC, respectivamente. De igual manera, no se encontraron diferencias en el test de laxitud anterior KT-1000 entre H-T-H, SR-TI y TC.

Cabe mencionar que tampoco se encontraron grandes diferencias en el rango de movilidad postoperatorio cuando se comparó el TC con H-T-H/ST-RI. El análisis de los resultados informados por los pacientes, tras evaluar *scores* subjetivos, como el IKDC, KOOS Sport/Symptom y las puntuaciones de Lysholm entre TC versus H-T-H o TC versus ST-RI, no arrojó diferencias estadísticamente significativas.

Otro de los puntos a considerar es la fuerza de extensión postoperatoria cuando se realiza una plástica de LCA con TC. Con técnicas quirúrgicas antiguas de extracción, se demostró marcada debilidad de extensión en el postoperatorio. Pero, a pesar de que en la actualidad se cuentan con nuevas técnicas, muchas de ellas mínimamente invasivas, pocos estudios han demostrado recuperación completa de la fuerza de extensión y la mayoría de ellos reporta disminuciones leves con respecto a las preoperatorias.⁴⁹⁻⁵¹

TABLA 1. COMPARACIÓN ENTRE EL USO DE TENDÓN CUADRICEPITAL CON BLOQUE ÓSEO PATELAR Y SIN ESTE

Tendón cuadricepsital	Ligamentización	Fractura de rótula
Con bloque óseo	Rápida	Sí
Sin bloque óseo	Lenta	No

Referente a la fuerza de flexión, la utilización de injertos isquiotibiales demostró una disminución estadísticamente significativa en comparación al uso del TC.^{37,47,48-51}

En cuanto a la morbilidad de la zona dadora, diversos estudios encontraron tasas significativamente menores de dolor postoperatorio en la cara anterior de la rodilla con el uso de TC en comparación con la técnica H-T-H convencional.^{37,47,51}

Otro factor a destacar es la ausencia de hipoestésias o parestesias postoperatorias en la cara anterolateral de la pierna, debido a que evita daños a la rama infrapatelar del nervio safeno, muchas veces comprometida en el abordaje convencional de la técnica H-T-H.³⁷ No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la toma de injertos cuadricepsitales o de isquiotibiales en lo que respecta a morbilidad de sitio donante.⁵¹

El fracaso o re-ruptura del injerto es una de complicaciones más temidas en la cirugía de reconstrucción del LCA. Diversos estudios que evaluaron el uso de TC y H-T-H encontraron una tasa de fallas del 2.28% (10/439) y 3.48% (10/287), respectivamente.^{37,47,51}

El tendón cuadricepsital, como una opción en reconstrucción primaria del LCA, está actualmente en auge, es un injerto versátil en cuanto a su forma de extracción, caracterizada por ser miniinvasiva, la cual nos da la posibilidad de obtenerlo con bloque óseo o sin este, y al mismo tiempo nos permite la utilización de distintos sistemas de fijación.⁵⁰

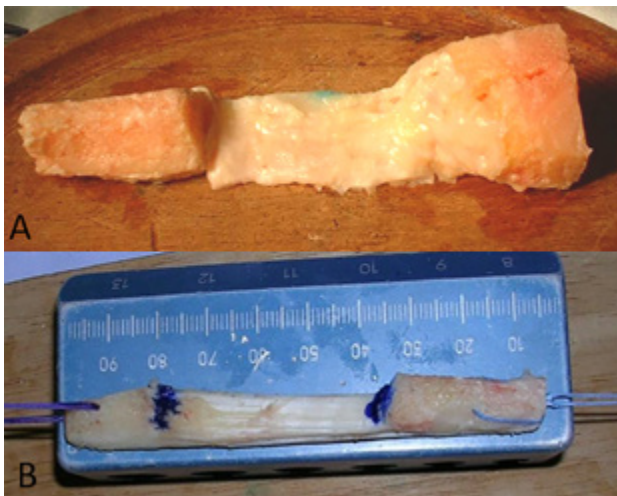


Figura 6: A) Aloinjerto H-T-H congelado, no irradiado. B) Injerto preparado.



Figura 7: Injerto sintético LARS™.

Injertos alogénicos

Han surgido procurando satisfacer diversos objetivos: disminuir la morbilidad de la zona dadora, los tiempos operatorios, reducir el dolor postoperatorio inmediato y acelerar el proceso de rehabilitación en la primera etapa.

Procedentes de banco de tejidos, empleados habitualmente en cirugías multiligamentarias, y en cirugías de revisión ligamentaria, podemos clasificarlos de igual manera que los injertos autólogos: con pastilla ósea (H-T-H, tendón de Aquiles, TC-polo superior de la rótula) y sin pastilla ósea (tibial anterior, tibial posterior, ST-RI, tendones peroneos, etcétera). Estos últimos, tendinosos, demostraron ser más resistentes desde el punto de vista biomecánico; además, podemos disponer de diferentes grosores y longitudes.

Debemos considerar que es un recurso muchas veces limitado, por lo tanto, debemos reservarlos para cirugías en las que no tengamos más opción que recurrir a estos, desalentando, si su disponibilidad es reducida, la prefe-

rencia “electiva”. El costo es otro factor a tener en cuenta desde el punto de vista de economía sanitaria, ya que su uso encarece significativamente el procedimiento. Pero tal vez lo más temido sea la posibilidad de transmisión de enfermedades infecciosas (bastante limitado con los controles sanitarios y las modernas técnicas de preparación y manejo de aloinjertos).⁵¹ En la bibliografía, solo existe un caso descrito de transmisión del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) y dos casos de transmisión de hepatitis C.⁵² El riesgo estimado para transmisión de VIH es de 1: 600.000,⁵³ y de 26 en 1.000.000 para infección bacteriana.⁵⁴

La criopreservación es el método que mejores resultados ha reportado en lo que se refiere a la conservación de aloinjertos. A lo largo de los últimos años, se han ido buscando distintas alternativas para ir perfeccionando estas técnicas de preservación tisular con la finalidad de que mantuvieran, en la medida de lo posible, sus propiedades viscoelásticas para conseguir una restauración de la biomecánica articular óptima.

Su particular y más lento proceso biológico de incorporación hace que deba ser considerada una causa especial de falla de estos vinculada con la exigencia mecánica en períodos en cuales el injerto se halla aún inmaduro. Por esto, es sugerencia de diversos autores retrasar la vuelta a las actividades deportivas de demanda para el LCA hasta aproximadamente los nueve meses postoperatorios. Infiere en esta menor resistencia el proceso de irradiación en la esterilización requerido para su uso. Rappe y cols.⁵⁵ demostraron un 33% de fallos en el aloinjerto de tendón de Aquiles irradiado con 2 a 2.5 mrad, comparado con el 2.4% del aloinjerto no irradiado (fig. 6).

Son escasos los estudios comparativos entre series de pacientes tratados con autoinjertos versus injertos alogénicos. La experiencia adquirida en nuestro grupo de trabajo nos permitió realizar un estudio prospectivo, comparativo de dos grupos, con el objetivo de evaluar los resultados en pacientes con lesión primaria del LCA tratados quirúrgicamente con injerto patelar: uno utilizando injerto alogénico y otro con injerto autólogo. Los resultados obtenidos en esta serie no permitieron documentar diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos para las diferentes variables estudiadas, salvo la crepitación patelofemoral, que se halló con mayor frecuencia en el grupo en el que se utilizó injerto autólogo.

Si bien algunos estudios han demostrado buenos resultados funcionales con aloinjertos y tasas de revisión de 5.45⁵⁶ y 4.3%,⁵⁷ en pacientes jóvenes deportistas, los resultados con aloinjertos son inferiores a los autoinjertos.⁸ Borchers y cols.,⁵⁸ en un estudio caso control con nivel de evidencia III, demostraron una tasa significativamente mayor en pacientes con actividad física de alta demanda y

TABLA 2. RESUMEN CONCEPTUAL DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISTINTOS INJERTOS UTILIZADOS EN LA CIRUGÍA DE RECONSTRUCCIÓN DEL LCA

Injerto	Ventajas	Desventajas
H-T-H	Excelente fuerza de tensión Buena integración ósea Buen retorno a estado prequirúrgico	Morbilidad del aparato extensor Debilitamiento del cuádriceps Dolor de la cara anterior de la rodilla
ST-RI	Buena fuerza de tensión Buen retorno a estado prequirúrgico Mayor versatilidad de diámetro de injerto Integridad del aparato extensor	Mayor tiempo de recuperación Menor fortaleza mecánica Mayor tiempo de integración hueso-injerto
TC	Baja morbilidad del tendón patelar Sin daño de rama infrapatelar del nervio safeno interno Baja incidencia de dolor de cara anterior	Fortaleza mecánica pobre Falta de estudios con seguimiento a largo plazo Falta de metaanálisis
Aloinjerto	Reducción del tiempo quirúrgico Falta de morbilidad del sitio donante Menor dolor postquirúrgico	Riesgo de infección Riesgo de reacción inmunológica Integración ósea retrasada
Sintético	Reducción del tiempo quirúrgico Falta de morbilidad del sitio donante Menor dolor postquirúrgico Recuperación rápida	Integración ósea retrasada Riesgo de reacción inmunológica Exclusivamente para pacientes seleccionados (mayores de 40 años, motivados, sintomáticos, con necesidad de una recuperación rápida)

en los que se utilizó aloinjerto. Este riesgo se multiplicaba al interactuar ambas variables. Singhal y cols.⁵⁹ también demostraron una tasa de fracasos inaceptable (38%) en una serie de 125 pacientes operados con aloinjerto de tendón tibial anterior, no recomendando su uso en pacientes menores de veinticinco años con actividad física de alta demanda. Además, se ha demostrado mayor laxitud residual del aloinjerto, en comparación con el autoinjerto.⁶⁰ Su uso en revisiones también ha sido motivo de estudio. En el estudio multicéntrico de revisión de LCA (MARS)⁶¹ se demostró que el aloinjerto tenía el doble de riesgo de re-ruptura versus el autoinjerto (tendón patelar o isquiotibiales) y peores resultados en cuanto al retorno deportivo a dos años de seguimiento. En todos los casos el uso de irradiación durante su preparación fue considerado un factor de falla determinante.⁶²

Por el contrario, Mariscalco y cols.⁶³ concluyen que no existen diferencias en la tasa de falla, la laxitud postoperatoria o la satisfacción del paciente cuando se comparan injertos autólogos con aloinjertos no irradiados en aquellos pacientes que rondan los treinta años.

Según nuestra experiencia, una indicación precisa para la utilización o el requerimiento de aloinjertos en la cirugía de reconstrucción del LCA son las lesiones multiligamentarias. Otro caso particular son los pacientes con múltiples cirugías previas con el motivo de evitar morbilidad en la rodilla contralateral. También es de preferencia su uso, en nuestra opinión, para cirugías de revisión en pacientes adultos de baja demanda, debido a resultados favorables, disminuyendo la morbilidad del sitio dador.

Injerto sintético

El primer intento de reconstrucción del LCA con injerto sintético data de 1918 por Alwyn-Smith, que obtuvo pobres resultados. Su desarrollo comenzó nuevamente a realizarse a partir de 1980. Publicaciones iniciales reportaron resultados controversiales y no se encontraba suficiente literatura para avalarlo como un sistema alternativo para la reconstrucción del LCA a largo plazo.⁶⁴ Dicha técnica presentaba múltiples complicaciones asociadas al injerto como fallas mecánicas (ruptura del injerto sintético, pérdida de fijación), reacción sinovial a cuerpo extraño, derrames a repetición e inestabilidad recurrente.^{65,66}

Las potenciales ventajas de los injertos sintéticos incluyen la ausencia de morbilidad del sitio donante y la probabilidad de alta precoz en un paciente deportista. Su uso fue desalentado ya que las publicaciones de los años setenta y ochenta no fueron prometedoras.

Sin embargo, a fines de la década de los noventa, con la mejora en las técnicas quirúrgicas y materiales, se generaron grandes expectativas. Lavoie y cols. no reportaron fallas en cuarenta y siete pacientes con un seguimiento entre ocho y cuarenta y ocho meses.⁶⁷ Por otro lado, Ventura y cols. reportaron quince fallas en cincuenta y un pacientes con un seguimiento promedio de diecinueve años,⁶⁸ ambos trabajos informaron un *score* de KOOS entre bueno y excelente.

Pan y cols.⁶⁹ realizaron un estudio comparativo donde contrastaron los resultados de reconstrucción de LCA utilizando H-T-H versus LARS™ (Ligament Advance Reinforcement System). Los resultados de estabilidad

fueron similares, no se registraron sinovitis, los *scores* de Lysholm, Tegner, KT-1000 y KOOS demostraron muy buenos resultados para ambos injertos, sin diferencias significativas, pero levemente favorables cuando utilizaron el LARS™ (fig. 7).

Desde el punto de vista estructural y características mecánicas, el ligamento artificial debe ser considerado como un “Brace” intraarticular, y es por este motivo que se lo debe utilizar en pacientes con indicaciones muy específicas: aquellos sintomáticos mayores de cuarenta años, que requieren una rehabilitación rápida.

A pesar de que los injertos sintéticos disminuyen el tiempo de cirugía y no hay morbilidad del sitio donante, no soy muy utilizados. Esto se debe probablemente a malas experiencias con su uso, o el hecho de que los resultados reportados son bastante pobres, quizá debido a mala indicación. Cuando fue utilizado con la indicación correspondiente, solamente fue reportado un 5.5% de inestabilidad residual.⁷⁰

La evidencia publicada respecto a la utilización de injerto sintético en la reconstrucción del LCA sigue siendo controversial. A corto y mediano plazo parece demostrar resultados alentadores. Sin embargo, en la literatura se reportan índices de falla del 27.8% y un 63% de signos radiológicos de gonartrosis a diez años de seguimiento.⁶⁴ Ventura y cols. describieron una disminución de tres puntos en la escala de Tegner en 29% de los pacientes con respecto al estado preoperatorio, con un seguimiento de diecinueve años.⁶⁸ La demanda funcional propuesta por los pacientes con criterio de reconstrucción con injerto sintético podría explicar la alta tasa de re-ruptura a largo plazo reportada.

Vale la pena destacar las complicaciones que el cirujano puede enfrentar al realizar una cirugía de revisión de plástica del LCA con injerto sintético. En primer lugar, al trabajar sobre el injerto sintético no se recomienda el uso

del *shaver* ya que sus cuchillas no son lo suficientemente filosas como para cortar el injerto, y este puede trabar y hasta romper el motor. Es por esto por lo que sugerimos evaluar la posibilidad de realizar una pequeña artrotomía anterior para realizar la extracción del injerto sintético remanente, la extracción de los tornillos utilizados que suelen ser de mayor tamaño, e inclusive evaluar una revisión en dos tiempos con un primer tiempo de relleno de túneles con injertos óseos.⁶⁶

Recomendaciones de los autores

El **H-T-H autólogo**, idealmente con técnica de toma de injerto de doble incisión, transversal proximal y longitudinal distal en pacientes con cartílagos cerrados, menores de treinta años, deportistas de pivoteo y contacto.

El **ST-RI autólogo**, realizando la toma de injerto con tenótomo de 5 mm, preparado cuádruple, quíntuple o séxtuple, obteniendo siempre un grosor igual o mayor a 8 mm, en pacientes mayores de treinta años, deportistas recreacionales, mujeres deportistas y en pacientes con fisis abiertas.

El **tendón cuadriceps autólogo**, tomado con técnica miniinvasiva, de espesor completo y con taco óseo, como una variante versátil de los injertos H-T-H y ST-RI. Indicamos su uso sin taco óseo en pacientes con fisis abiertas y técnicas todo-adentro.

El **injerto alógeno** en lesiones multiligamentarias y como opción en pacientes mayores de cuarenta años, con baja demanda, o reconstrucciones asociadas a osteotomías.

No recomendamos en la actualidad, según nuestra experiencia, el uso de **injerto sintético** en la cirugía de reconstrucción primaria de ligamento cruzado anterior, debido a la falta de evidencia estadísticamente significativa que avale su uso, dentro de la vasta variedad de opciones mencionadas en este artículo (Tabla 2).

BIBLIOGRAFÍA

- Herzog MM; Marshall SW; Lund JL; et al. Trends in incidence of ACL reconstruction and concomitant procedures among commercially insured individuals in the United States, 2002- 2014. *Sports Health*, 2018; 10: 523-31.
- Beck NA; Lawrence JTR; Nordin JD; et al. ACL tears in school-aged children and adolescents over 20 years. *Pediatrics*, 2017; 139: e20161877.
- Sanders TL; Pareek A; Kremers HM; et al. Long-term follow-up of isolated ACL tears treated without ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017; 25: 493-500.
- Sanders TL; Kremers HM; Bryan AJ; et al. Is anterior cruciate ligament reconstruction effective in preventing secondary meniscal tears and osteoarthritis? *Am J Sports Med*, 2016; 44: 1699-707.
- Gottlob CA; Baker CL Jr; Pellissier JM; et al. Cost effectiveness of anterior cruciate ligament reconstruction in young adults. *Clin Orthop Relat Res*, 1999; 367: 272-82.
- Maletis GB; Chen J; Inacio MC; et al. Age-related risk factors for revision anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 21,304 patients from the Kaiser permanent anterior cruciate ligament registry. *Am J Sports Med*, 2015; 44: 331-6.
- Hettrich CM; Dunn WR; Reinke EK; et al. The rate of subsequent surgery and predictors after anterior cruciate ligament reconstruction two-and 6-year follow-up results from a multicenter cohort. *Am J Sports Med*, 2013; 41(7): 1534-40.
- Kaeding CC; Aros B; Pedroza A; et al. Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction predictors of failure from a MOON prospective longitudinal cohort. *Sports Health*, 2011; 3(1): 73-81.
- Andernord D; Desai N; Bjornsson H; et al. Patient predictors of early revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction a cohort study of 16,930 patients with 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, 2015; 43(1): 121-7.
- Duchman KR; Lynch TS; Spindler KP. Graft selection in anterior cruciate ligament surgery: Who gets what and why? *Clin Sports Med*, 2017; 36(1): 25-33.
- Marx RG; Jones EC; Angel M; Wickiewicz TL; Warren RF. Beliefs and attitudes of members of the American academy of orthopedic surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury.

- Arthroscopy*, 2003; 19(7): 762-70.
12. Kapoor B; Clement DJ; Kirkley A; Maffulli N. Current practice in the management of anterior cruciate ligament injuries in the United Kingdom. *Br J Sports Med*, 2004; 38(5): 542-4.
 13. Kenneth M Lin; Boyle C, et al. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev*, 2020; 28(2): 41-8.
 14. Romanini E; D'Angelo F; De Masi S; Adriani E; Magaletti M; Lacorte E; Laricchiuta P; Sagliocca L; Morciano C; Mele A. Graft selection in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthopaed Traumatol*, 2010; 11: 211-9. DOI: 10.1007/s10195-010-0124-9
 15. Slone HS; Romine SE; Premkumar A; et al. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a comprehensive review of current literature and systematic review of clinical results. *Arthroscopy*, 2015; 31(3): 541-54.
 16. Tifford C; et al. The relationship of the infrapatellar branches of the saphenous nerve to arthroscopy portals and incisions for anterior cruciate ligament surgery: an anatomic study. *Am J Sports Med*, 2000; 28: 562-9.
 17. Crain; EH; Fithian; DC; Paxton; EW; Luetzow; WF. Variation in anterior cruciate ligament scar pattern: Does the scar pattern affect anterior laxity in anterior cruciate ligament-deficient knees? *Arthroscopy*, 2005; 21: 19-24.
 18. Fu FH; Bennett CH; Ma CB; Menetrey J; Lattermann C. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2000; 28(1): 124-30.
 19. Kartus J; et al. Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using auto grafts. *Arthroscopy*, 2001; 17: 971-80.
 20. Portland; G et al. Injury to the infrapatellar branch of the saphenous nerve in anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of horizontal versus vertical harvest site incisions. *Arthroscopy*, 2005; 21: 281-5.
 21. Rivarola Etcheto H; Collazo C; Autorino CM; Martínez Gallino R; Beltramo F. Técnica de doble incisión para la toma de injerto HTH en la reconstrucción del LCA. Estudio cadavérico: Correlación morfológica con las ramas nerviosas pre e infrapatelares. *Arthroscopia*, 2007; 14(1): 55-60.
 22. Spikermann F. Reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior maximizando la utilización de los injertos isquiotibiales autólogos. *Arthroscopia*, 2019; 26(1): 6-13.
 23. Magnussen RA; Lawrence JT; West RL; Toth AP; Taylor DC; Garrett WE. Graft size and patient age are predictors of early revision after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft. *Arthroscopy*, 2012; 28: 526-31.
 24. Maletis G. El efecto del diámetro de los injertos isquiotibiales en la probabilidad de cirugía de revisión del LCA. *AJSM*, 2016.
 25. Conte EJ; Hyatt AE; Gatt CJ Jr; et al. Hamstring autograft size can be predicted and is a potential risk factor for anterior cruciate ligament reconstruction failure. *Arthroscopy*, 2014; 30: 882-90.
 26. Maletis GB; Inacio MC; Desmond JL; et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: association of graft choice with increased risk of early revision. *Bone Joint J*, 2013; 95-b: 623-8.
 27. Persson A; Fjeldsgaard K; Gjertsen JE; et al. Increased risk of revision with hamstring tendon grafts compared with patellar tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a study of 12,643 patients from the Norwegian Cruciate Ligament Registry, 2004-2012. *Am J Sports Med*, 2014; 42: 285-91.
 28. Rahr-Wagner L; Thillemann TM; Pedersen AB; et al. Comparison of hamstring tendon and patellar tendon grafts in anterior cruciate ligament reconstruction in a nationwide population based cohort study: results from the danish registry of knee ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2014; 42: 278-84.
 29. Mehran N; Moutzourous VB; Bedi A. A review of current graft options for anterior cruciate ligament reconstruction. *JBJS Rev*, 2015; 3: 11.
 30. West RV; Harner CD. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg*, 2005; 13: 197-207.
 31. Adachi N; Ochi M; Uchio Y; et al. Harvesting hamstring tendons for ACL reconstruction influences postoperative hamstring muscle performance. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2003; 123: 460-5.
 32. Mohammadi F; Salavati M; Akhbari B; et al. Comparison of functional outcome measures after ACL reconstruction in competitive soccer players: a randomized trial. *J Bone Joint Surg Am*, 2013; 95: 1271-7.
 33. Akoto R; Hoehner J. Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with quadriceps tendon autograft and press-fit fixation using an anteromedial portal technique. *BMC Musculoskelet Disord*, 2012; 27: 161.
 34. Fink C; Hoser C. Einzelbündeltechnik: quadrizepssehne in portaltchnik. *Arthroscopie* 2013; 26: 35-41.
 35. Hoehner J; Balke M; Älbers M; et al. Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using a quadriceps tendon autograft and press-fit fixation has equivalent results compared to a standard technique using semitendinosus graft: A prospective matched-pair analysis after 1 year. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012; 20: 147.
 36. Lund B; Nielsen T; Faunø P; et al. Is quadriceps tendon a better graft choice than patellar tendon? A prospective randomized study. *Arthroscopy*, 2014; 30: 593-8.
 37. Sasaki N; Farraro KF; Kim KE; et al. Biomechanical evaluation of the quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: A cadaveric study. *Am J Sports Med*, 2014; 42: 723-30.
 38. Zayni R; Hager JP; Archbold P; et al. Activity level recovery after arthroscopic PCL reconstruction: A series of 21 patients with a mean follow-up of 29 months. *Knee*, 2011; 18: 392-5.
 39. Forkel P; Petersen W. Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament with the autologous quadriceps tendon: Primary and revision surgery. *Oper Orthop Traumatol*, 2014; 26: 30-42.
 40. Garofalo R; Djahangiri A; Siegrist O. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon-patellar bone autograft. *Arthroscopy*, 2006; 22: 205-14.
 41. Stäubli H; Bollmann C; Kreutz R; et al. Quantification of intact quadriceps tendon; quadriceps tendon insertion; and suprapatellar fat pad: MR arthrography, anatomy, and cryosections in the sagittal plane. *AJR Am J Roentgenol*, 1999; 173: 691-8.
 42. Stäubli H; Schatzmann L; Brunner P; et al. Mechanical tensile properties of the quadriceps tendon and patellar ligament in young adults. *Am J Sports Med*, 1999; 27: 27-34.
 43. Lippe J; Armstrong A; Fulkerson JP. Anatomic guidelines for harvesting a quadriceps free tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 2012; 28: 980-4.
 44. Kim SJ; Kumar P; Oh KS. Anterior cruciate ligament reconstruction: Autogenous quadriceps tendon-bone compared with bone-patellar tendon-bone grafts at 2-year follow-up. *Arthroscopy*, 2009; 25: 137-44.
 45. Geib TM; Shelton WR; Phelps RA; Clark L. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon autograft: Intermediate-term outcome. *Arthroscopy*, 2009; 25: 1408-14.
 46. Gorschewsky O; Klakow A; Putz A; Mahn H; Neumann W. Clinical comparison of the autologous quadriceps tendon (BQT) and the autologous patella tendon (BPTB) for the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007; 15: 1284-92.
 47. Kanakamedala AC; Obioha OA; Arakgi ME; Schmidt PB; Lesniak BP; Musahl V. No difference between full thickness and partial thickness quadriceps tendon autografts in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019; 27(1): 105-16.
 48. Cavaignac E; Coulin B; Tscholl P; Nik MohdFatmy N; Duthon V; Menetrey J. Is quadriceps tendon autograft a better choice than hamstring autograft for anterior cruciate ligament reconstruction? A comparative study with a mean follow-up of 3.6 years. *Am J Sports Med*, 2017; 45: 1326-32.
 49. Chen CH; Chuang TY; Wang KC; Chen WJ; Shih CH. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon autograft: Clinical outcome in 4-7 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2006; 14: 1077-85.
 50. Galan H; Slullitel D. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior con tendón cuadriceps. Evaluación a 5 años. *Arthroscopia*, 2019; 26(4): 108-12.
 51. Mouarbes D; Menetrey J; Marot V; Courtot L; Berard E; Cavaignac E. Anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone-patellar tendon-bone and hamstring-tendon autografts. *Am J Sports Med*, 2019; 47(14): 3531-40.
 52. Simonds RJ; Holmberg SD; Hurwitz RL; Coleman TR; Bottenfield S; Conley LJ; et al. Transmission of human immunodeficiency virus type 1 from a seronegative organ and tissue donor. *N Engl J Med*, 1992; 326: 726-32.
 53. Buck BE; Malinin TI; Brown MD. Bone transplantation and

- human immunodeficiency virus: an estimated risk of acquired immunodeficiency syndrome (AIDS). *Clin Orthop Relat Res*, 1989; 240: 129-36.
54. Pearsall AW 4th; Hollis JM; Russell GV Jr; Scheer Z. A biomechanical comparison of three lower extremity tendons for ligamentous reconstruction about the knee. *Arthroscopy*, 2003; 19: 1091-6.
 55. Rappe M; Horodyski M; Meister K; Indelicato PA. Nonirradiated versus irradiated Achilles allograft: in vivo failure comparison. *Am J Sports Med*, 2007; 35: 1653-8.
 56. Almqvist KF; Willaert P; De Brabandere S; Criel K; Verdonk R. A long-term study of anterior cruciate ligament allograft reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2009; 17: 818-22.
 57. Edgar CM; Zimmer S; Kakar S; Jones H; Schepsis AA. Prospective comparison of auto and allograft hamstring tendon constructs for ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*, 2008; 466: 2238-46.
 58. Borchers JR; Pedroza A; Kaeding C. Activity level and graft type as risk factors for anterior cruciate ligament graft failure. *Am J Sports Med*, 2009; 37: 2362-7.
 59. Singhal MC; Gardiner JR; Johnson DL. Failure of primary anterior cruciate ligament surgery using anterior tibialis allograft. *Arthroscopy*, 2007; 23: 469-75.
 60. Prodromos C; Joyce B; Shi K. A meta-analysis of stability of autografts compared to allografts after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007; 15: 851-6.
 61. MARS Group. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort. *Am J Sports Med*, 2014; 42: 2301-10.
 62. Brown MJ; Carter T. ACL allograft: advantages and when to use. *Sports Med Arthrosc Rev*, 2018; 26(2): 75-8.
 63. Mariscalco MW; Magnussen RA; Mehta D; Hewett TE; Flanigan DC; Kaeding CC. Autograft versus nonirradiated allograft tissue for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Am J Sports Med*, 2014; 42(2): 492-9.
 64. Tiefenboeck TM; Hofbauer M; et al. Clinical and functional outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using the LARS™ system at a minimum follow-up of 10 years. *Knee*, 2015; 22(6): 565-8.
 65. Struwer J; Frangen T et al. Second-look arthroscopic findings and clinical results after polyethylene terephthalate augmented anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop*, 2013; 37: 327-35.
 66. Rivarola Etchetó H; Zordán J; Escobar G; Collazo C; Palanconi M; Alvarez Salinas E. Falla de injerto sintético en reconstrucción de LCA revisión en dos tiempos. Reporte de caso y detalles de técnica. *Artroscopia*, 2018; 5(3): 100-4.
 67. Lavoie P; Fletcher J; Duval N. Patient satisfaction needs as related to knee stability and objective finding after ACL reconstruction using LARS artificial ligament. *Knee*, 2000; 7: 157-63.
 68. Ventura A; Terzaghi C; Legnani C; et al. Synthetic grafts for anterior cruciate ligament rupture: 19-year outcome study. *Knee*, 2010; 17: 108-13.
 69. Xiaoyun Pan; Hong Wen; Lide Wang; Tichi Ge. Bone-patellar tendon-bone autograft versus LARS artificial ligament for anterior cruciate ligament reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2013; 23(7): 819-23 DOI:10.1007/s00590-012-1073-1
 70. Cerulli G; Antinolfi P; Bruè S; et al. Esperienza clinica nell'utilizzo di biomateriali nel ginocchio. *GIOT*, 2011; 37(Suppl 1): 159-66.