

ORIGINAL

Reconstrucción primaria del ligamento cruzado anterior utilizando porción central de tendón Cuadricipital. Cohorte longitudinal

Camilo Hernández Córdoba*



Ortopedista, Cirugía artroscópica Clínica Palermo, Bogotá, Colombia

Recibido el 17 de julio de 2017; aceptado el 28 de octubre de 2019

Disponible en Internet el 6 de enero de 2020

PALABRAS CLAVE

Ligamento cruzado anterior;
Tendón cuadricipital;
Tendón del cuádriceps central

Resumen

Introducción: A nivel mundial el uso del injerto del tendón cuadricipital libre sin taco óseo, no es la primera elección para reconstrucción primaria de ligamento cruzado anterior. Se presenta una serie de pacientes con un seguimiento mínimo de dos años en la que se evaluará la elección del injerto cuadricipital sin taco óseo como una alternativa confiable y segura para la reconstrucción primaria del ligamento cruzado anterior.

Materiales y Métodos: Fueron incluidos en este estudio pacientes intervenidos durante un período de 24 meses (2013-2015). Se realizó un seguimiento por un mínimo de 2 años. Se efectuaron controles a los 8 y 15 días, fecha en que se retiraron los puntos, luego se valoraron cada 3 semanas los primeros 2 meses, cada 6 semanas hasta los 6 meses y al año, 18 meses y dos años registrando los valores obtenidos por cada paciente en las escalas de Lysholm, Tegner e IKDC (International Knee Documentation Committee).

Resultados: Se seleccionaron 92 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión. La puntuación subjetiva media IKDC en el seguimiento al año era 80.44 puntos, y la media de reducción de índice de actividad de Tegner fue 0,82 puntos de índice. La puntuación media de Lysholm y Gillquist al año fue de 89 puntos, con el 89,1%.

Discusión: el injerto del tendón del cuádriceps central sin taco óseo, es un procedimiento técnicamente reproducible sin mayor morbilidad en sitio donante, que ha reflejado un excelente resultado en las escalas funcionales y en la satisfacción expresada por los pacientes intervenidos hasta con dos años de seguimiento.

Nivel de evidencia: III.

© 2020 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia. Carrera 54A#118-82 Bogotá, Colombia
Correo electrónico: pdr.valdivia@gmail.com

KEYWORDS

Anterior cruciate
ligament;
Quadriceps tendon;
Central quadriceps
tendon

Primary reconstruction of the anterior cruciate ligament using the central portion of the quadriceps tendon

Abstract

Background: The use of a free quadriceps tendon graft without the use of a bone plug is not the first choice for primary anterior cruciate ligament reconstruction. A series of patients, with a minimum follow-up of two years, is presented in which the choice of free quadriceps tendon graft without a bone plug will be evaluated as a reliable and safe alternative for primary reconstruction of the anterior cruciate ligament.

Methods: Patients undergoing surgery for a period of 24 months (2013-2015) were included in this study. A follow-up was carried out for a minimum of 2 years. Controls were carried out at 8 and 15 days, when the sutures were removed. The first 2 months were then evaluated every 3 weeks and every 6 weeks for 6 months, and then at 1 year, 18 months, and two years. A record was made of the values obtained by each patient on the Lysholm, Tegner, and IKDC (International Knee Documentation Committee) scales.

Results: The study included 92 patients that met the inclusion criteria. The mean subjective IKDC score at one-year follow-up was 80.44 points, and the mean Tegner activity index reduction was 0.82 index points. The mean Lysholm and Gillquist score was 89 points per year, with good results being obtained in 89.1%.

Discussion: The central quadriceps tendon graft without a bone plug is a technically reproducible procedure with no greater morbidity in the donor site. This has been reflected in the excellent scores on functional scales and in the satisfaction expressed by the patients during two years of follow-up.

Evidence Level: III.

© 2020 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Hasta el momento, no existe un consenso en relación a la elección del injerto ideal para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.

Aunque conocido como posible opción de injerto durante décadas y publicado por varios autores¹⁻³. El uso del injerto del tendón cuádriceps era a menudo una elección de injerto de segunda línea hasta hace poco. Aunque la resistencia a la tracción se ha demostrado que es igual o mayor a injertos de hueso-tendón-hueso en pruebas biomecánicas, ha sido sólo en los últimos años que el uso de injertos de tendón del cuádriceps ha sido más generalizada.

El primer reporte de utilización del tendón central del cuádriceps para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) fue realizado por Juan Marshall a finales de los años 70. Dicho autor usó una porción del retináculo del aspecto anterior de la rótula como parte de este injerto. Blauth, incorporó la utilización del tendón central del cuádriceps con el hueso de la rótula proximal en los años 80. Stäubli et al., en 1999, publicaron detalles anatómicos y biomecánicos del tendón cuádriceps (QT) y fue uno de los primeros defensores de su uso como un injerto de LCA primaria⁴⁻⁶. También se documentaron excelentes resultados para el uso del QT en la cirugía de revisión de LCA, igualmente se usó con éxito para la reconstrucción del ligamento cruzado posterior. Inicialmente, utilizó el tendón central del cuádriceps con el hueso y estudió ampliamente la anatomía y las características mecánicas del injerto.

En 1995, Fulkerson⁷ publicó en Arthroscopy un trabajo donde describía el uso del injerto del tendón-hueso del cuádriceps (QT) para la reconstrucción del LCA como alternativa confiable de dicho injerto. En aquel momento, Walter Shelton también comenzaba a utilizar el tendón del cuádriceps con el hueso para la reconstrucción primaria del LCA, y años más tarde publicaría sus resultados favorables a largo plazo^{8,9}.

En 1998 y 1999, Fulkerson^{10,11} publica los primeros trabajos de la utilización de la porción central cuádriceps, sin hueso (CQT), para la reconstrucción del LCA. Morgan¹² en 2005, también publicó sus resultados con el uso del tendón cuádriceps y mostró un desempeño excelente y una alternativa viable para realizar la reconstrucción del LCA. Peter Jokl, en la universidad de Yale, adoptó el injerto libre del tendón del cuádriceps central (CQT) para la reconstrucción del LCA y ha divulgado resultados constantemente buenos con ella también. Fulkerson ha publicado resultados posteriores, como el publicado junto con Nissen en 2006 donde se efectúa un estudio comparativo con los otros dos injertos mayormente utilizados como son el hueso-tendón-hueso rotuliano y el de tendones de isquiotibiales. En estos estudios se obtuvieron resultados satisfactorios en las pruebas mecánicas y funcionales utilizando el tendón cuádriceps, pero con un índice menor de complicaciones en relación con los otros dos injertos utilizados. Las complicaciones que se evitaron fueron las lesiones asociadas de rótula, entre ellas las fracturas y el dolor posoperatorio en la región anterior de rodilla en el caso de utilización del injerto hueso-tendón-hueso rotuliano y las de lesiones neurovasculares;

y posoperatoriamente debilidad y contractura de tendones flexores, como los encontrados con el uso de tendones isquiotibiales.

Existe un estudio morfométrico descriptivo de 21 pacientes en los cuales, durante la implantación de una prótesis total de rodilla, se realizaron mediciones de la longitud, anchura y espesor de los tendones cuadricipital (TC) y rotuliano (TR). Los datos morfo métricos obtenidos del TC fueron los siguientes: longitud 118,24 mm, anchura proximal 23,43 mm, anchura distal 33,30 mm, espesor proximal 4,57 mm y espesor distal 6,23 mm. Los obtenidos del TR fueron: longitud 44,90 mm, anchura proximal 27,43 mm, anchura distal 25,95 mm, espesor proximal 3,57 mm y espesor distal 3,20 mm. Salvo la comparación entre anchura proximal del TC y anchura distal del TR, el resto de las mediciones fueron significativamente mayores para el TC.

Existen pacientes con patologías adicionales como son tendinitis rotuliana, patología patelofemoral o cuadros de artritis femororotuliana, que no serían candidatos a la utilización del injerto hueso-tendón-hueso.

Los riesgos potenciales más frecuentes con el uso del tendón hueso-tendón-hueso rotuliano son en primera medida que la cicatriz para la extracción del injerto es más grande, adicionalmente gran cantidad de pacientes pro este hecho presentan una pérdida permanente de sensibilidad de aproximadamente 5 a 6 centímetros adyacente al lado lateral de la incisión. Otros posibles riesgos operatorios son la fractura de la rótula en el momento de toma del taco óseo¹³⁻¹⁶.

En el posoperatorio tardío es frecuente la presencia de dolor en la región anterior de rodilla, lo que ocasiona limitación en ciertas actividades que impliquen permanecer de rodillas, como por ejemplo trabajadores que deben efectuar sus actividades laborales en dicha posición. Existen otras actividades como de ama de casa o de tipo religioso donde los pacientes también se quejan de hipersensibilidad y dolor en el sitio de toma de injerto rotuliano y que constituye una limitación importante en la vida diaria de dichos pacientes¹⁷.

En el momento del procedimiento quirúrgico se ha encontrado que la cosecha de los tendones isquiotibiales es técnicamente exigente, que requiere una considerable experiencia quirúrgica. Se presentan frecuentemente errores en la toma de los mismos, como la transección (reducir a la mitad) de un tendón o el hecho de lesionar los nervios o ligamentos en el área de la disección durante el proceso de extracción.

Tampoco es infrecuente a pesar de realizar una cosecha técnicamente adecuada un sustrato de injerto de diámetro muy pequeño, menor de 7 mm, aún, aumentándolo al doblar en forma triple o cuádruple. El injerto tiene que ser pre-tensada y es importante que cada uno de los cuatro extremos de injerto pueda tensar individualmente durante la fijación tibial para obtener mejores resultados.

En la mayor parte de las series se encuentra el mayor porcentaje de ruptura y de infección. Además, en deportistas, en especial atletas se reporta mayor debilidad de flexores y limitación en actividades donde predomina la acción de estos grupos musculares¹⁸⁻²⁰.

Materiales y métodos

Fueron incluidos en este estudio pacientes intervenidos durante un periodo de 24 meses (2013-2015). Todos los pacientes fueron operados por un único cirujano.

Los criterios de inclusión fueron definidos como:

- Ruptura del ligamento cruzado anterior, que requiere cirugía debido a la inestabilidad.
- Los pacientes de ambos sexos menores de 50 años en el momento de la cirugía.

Criterios de exclusión:

- Infección activa o sospecha locales, enfermedades sistémicas que pueden influir en los resultados del estudio.
- Pacientes con una lesión en el ligamento cruzado posterior concomitante (pacientes con una lesión adicional de menisco, lesión del ligamento colateral o lesiones condrales no fueron excluidos).

La técnica quirúrgica fue estandarizada:

- I. Bajo anestesia, se examina la rodilla afectada mediante pruebas de desplazamiento del pivote, prueba de palanca, cajón anterior y Lachman para comprobar inestabilidad de la rodilla.
- II. Se coloca un torniquete con una presión de 280 mmHg se utilizó en todos los casos, así como profilaxis antibiótica.
- III. Se realizan los portales artroscópicos estándar (antero lateral y antero medial) de la rodilla y se hace una artroscopia diagnóstica, verificando lesión de LCA.
- IV. Incisión de 3 cm proximal a la rótula; se efectúa la cosecha a continuación, se realiza inicialmente con flexión de la rodilla para la extracción en la parte distal. A continuación, la parte distal del tendón se retira de la rótula; se sujeta con una pinza Allis y se puede colocar una sutura o traccionar el extremo con la propia pinza. Luego se lleva la rodilla cada vez más en extensión para ir retirando el injerto a nivel más proximal. (Ver [fig. 1.](#))
- V. Se verifican lesiones asociadas y se procede a realizar lo pertinente a nivel meniscal o condral, mientras el soporte de instrumentación prepara el injerto.
- VI. Mediante esta técnica, la incisión se puede mantener muy pequeña²¹. La articulación de la rodilla se procura no abrirla, pero si esto ocurre se puede reparar sin problemas con Vicryl número 1.
- VII. Después de eso, los extremos proximal y distal del injerto se entrelazan mediante una sutura fuerte en una mesa auxiliar.
- VIII. El injerto se fija primero en la parte femoral a través del portal antero medial, con la ayuda de una aguja flexible de nitinol, con la rodilla flexionada a 120 grados.
- IX. Se inserta un tornillo del diámetro del túnel o 1 mm menor. El tornillo tibial bioabsorbible se inserta dentro del túnel tibial con la rodilla flexionada a 10°. Siempre se utilizó un tornillo 1 mm mayor que el diámetro del túnel.



Figura 1 Pasos para extracción del injerto.

- X. Todos los procedimientos se efectuaron de manera ambulatoria. Se formularon analgésicos. En el posoperatorio inmediato se indica al paciente iniciar flexión y extensión activas desde el momento de tener control de la extremidad intervenida. No se utilizan braces. Se da orden para el inicio de terapia lo más pronto posible.
- XI. Se indica uso de dos muletas para la descarga parcial de extremidad intervenida.

Todos los pacientes firmaron consentimiento informado cumpliendo así con lo previsto en la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de la República de Colombia en cuanto a las normas técnicas, administrativas para la investigación en salud, y se resguardó adecuadamente la confidencialidad de la información para cada paciente.

Resultados

Se seleccionaron 92 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión. El 71% de los pacientes fueron hombres ($n = 65$) y el 29% fueron mujeres ($n = 27$). (Ver [fig. 2](#).)

Por rango de edad los pacientes menores de 20 años presentaron 9 casos (10%), entre 20 y 30 años 36 casos (39%). Los grupos de edad siguientes fueron el rango de 30 a 40 años 37 casos (40%), el de 40 a 50 años 10 casos (11%). (Ver [fig. 3](#).)

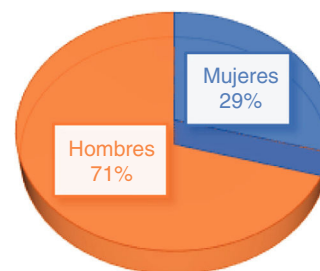


Figura 2 Clasificación por género.

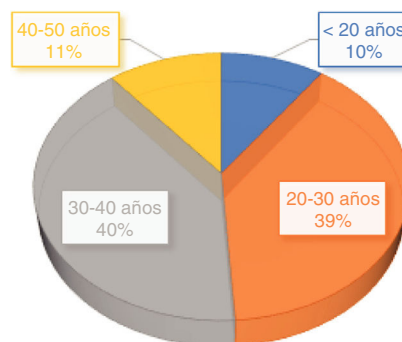


Figura 3 Rango de edades pacientes en estudio.

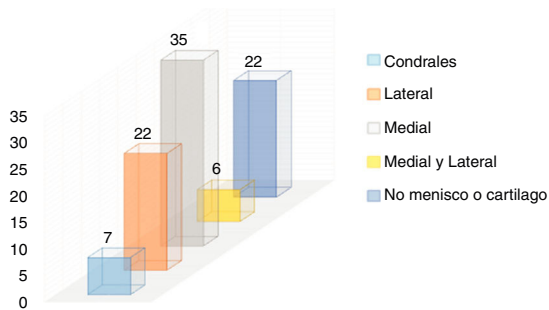


Figura 4 Clasificación de pacientes por tipo de lesión asociada.

Se realizó un seguimiento por un mínimo de 2 años. Se efectuaron controles a los 8 y 15 días, fecha en que se retiraron los puntos, luego se valoraron cada 3 semanas los primeros 2 meses, cada 6 semanas hasta los 6 meses y al año, 18 meses y dos años. En las primeras 4 semanas de posoperatorio se valoraron la inflamación y los arcos de movilidad. La meta era que la extensión llegara a 0° y que la flexión alcanzara los 90°. De la cuarta a la octava semana debía lograrse una disminución de inflamación, una flexión de 130° y unas fases de marcha adecuadas.

Posteriormente, se hacía énfasis en la propiocepción y el fortalecimiento cuadriceps. Se permitía el inicio del gesto deportivo a los 5 meses y la práctica regular del deporte luego del séptimo mes.

La puntuación subjetiva media IKDC en el seguimiento al año era 80.44 puntos, y la media de reducción de índice de actividad de Tegner fue 0,82 puntos de índice.

La puntuación media de Lysholm y Gillquist al año fue de 89 puntos, con el 89,1% de los resultados de los grupos de buenos o muy buenos.

Se encontró lesión de menisco medial 35 pacientes (38%), lesión meniscal lateral 22 pacientes (24%). En el 85% de los pacientes, la lesión meniscal fue tratada con resección parcial; el 15% de los meniscos se suturaron. Lesión meniscal medial y lateral 6 pacientes (7%). Lesiones del cartilago se documentaron en 7 casos (8%). Según la clasificación de Outerbridge, hubo lesiones grado II en trece casos y las lesiones de grado III en nueve casos. (Ver fig. 4.)

El tiempo medio de piel a piel fue de 90 minutos (70 a 130 minutos). La cosecha del injerto fue posible en todos los casos; una toma de taco ósea rotuliana no fue necesaria en ningún caso. En promedio, la longitud del injerto se midió como 8,8 cm (7.5 a 10 cm). En todos los casos se utilizó para la fijación femoral y tibial tornillos bioabsorbibles.

No se presentaron casos de lesión arterial o de trombo-sis venosa profunda. No se presentaron casos de ruptura de tendón del cuádriceps o daño posterior del injerto. Hubo dos casos de infección, que requirieron manejo intra-hospitalario, con mejoría clínica y funcional completas y sin alteración en la integridad del injerto. Dos pacientes requirieron movilización bajo anestesia por rigidez posoperatoria evolucionando con rangos de movilidad completos.

Discusión

El grupo coreano liderado por Kim reportó por primera vez los resultados del uso de injerto cuadriceps con

taco óseo (QT) como alternativa en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en 2001 y posteriormente su utilización en una técnica de doble haz publicado en Arthroscopy en 2006 y Orthop Trauma 2009, Kim y su grupo han recomendado el uso del auto injerto cuadriceps sin taco óseo para la reconstrucción primaria del ligamento cruzado anterior. Desde entonces, varios autores han reportado el uso de esta técnica como método de primera línea, con o sin tacos óseos²²⁻²⁹.

Dentro de las revisiones bibliográficas realizadas se destaca la revisión de los estudios clínicos efectuada por Sean Hazzard, del hospital general de PA-C Massachusetts y que fue publicada en JOPA 18. En esta revisión se incluyeron 20 artículos que donde se comparaba el uso del tendón del cuádriceps para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, junto a la utilización de casos de hueso-tendón-hueso y tendones isquiotibiales. Fueron analizados 20 artículos, que sumaban 1.686 reconstrucciones y se incluyeron 6 estudios que compararon los 3 injertos mencionados.

En relación a uno de las complicaciones más frecuentes como es el dolor anterior de la rodilla el injerto cuadriceps obtuvo el menor porcentaje (3.8%), comparado al (17.4%) de hueso-tendón-hueso y al (11.5%) de los tendones isquiotibiales. Efectuando evaluaciones subjetivas y objetivas utilizando una de las escalas más utilizadas como es la de Lysholm, se encontró que los resultados eran comparables en los tres grupos de autoinjertos; con el tendón cuadriceps (91 puntos), hueso-tendón-hueso (91-93 puntos) y tendones isquiotibiales (80-84)³⁰⁻³².

Estudios más recientes como el publicado por Raj y colaboradores en 2016 compararon las propiedades biomecánicas del tendón cuadriceps y el hueso-tendón-hueso rotuliano encontrando que el área transversal del cuadriceps fue casi el doble que la del hueso-tendón-hueso. La carga máxima al fallo y la rigidez también fueron significativamente mayores para el injerto cuadriceps. Sobre la base de la predictibilidad del injerto y de las propiedades biomecánicas, reafirmaron que el injerto cuadriceps es una alternativa biomecánicamente sana para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior³³. Estudios clínicos más recientes han reafirmado los buenos resultados de la utilización del injerto cuadriceps³⁴⁻³⁸.

Se encontró que la técnica con tendón cuadriceps sin taco óseo ofrece un injerto viable, obteniéndose una cosecha del mismo con una mínima incisión y con una longitud de injerto promedio de alrededor de 8,8 cm y un tiempo quirúrgico promedio no superior con la utilización de los otros injertos.

Las escalas de Lysholm, Tegner e IKDC mejoraron en todos los pacientes en relación a sus puntuaciones preoperatorias al año de seguimiento posoperatorio. Hasta los dos años de seguimiento no se había encontrado que los pacientes refirieran dolor anterior rotuliano o debilidad de musculatura flexora. Lo más importante, hasta la fecha no ha sido necesario efectuar una revisión de la reconstrucción realizada con injerto cuadriceps. Las pacientes femeninas no han manifestado inconveniencia estética por la incisión supra rotuliana para la cosecha del injerto.

Como se describió existe en la actualidad abundante literatura que reafirma las excelentes propiedades biomecánicas del tendón cuadriceps cuando se compara

con el ligamento cruzado nativo y los otros dos injertos utilizados en la actualidad.

A nivel mundial existen dos fabricantes que poseen tenótomos específicos para cosecha de cuádriceps, lo cual permite con una incisión transversa pequeña una toma más exacta y sin riesgo de violar la cápsula supra rotuliana. A futuro se pretende realizar un nuevo reporte con la consecución de dichos tenótomos.

Se puede concluir con los resultados de este estudio que el injerto del tendón del cuádriceps central sin taco óseo, es un procedimiento técnicamente reproducible sin mayor morbilidad en sitio donante, que ha reflejado un excelente resultado en las escalas funcionales y en la satisfacción expresada por los pacientes intervenidos hasta con dos años de seguimiento. El método de fijación del injerto empleado en este estudio fueron los tornillos bioabsorbibles, pero queda en pie efectuar futuros estudios utilizando a nivel femoral métodos de tenosuspensión como muchos autores lo han descrito ya.

Por lo tanto, con lo mencionado y con el apoyo de diferentes estudios biomecánicos publicados se puede concluir que la reconstrucción primaria del ligamento cruzado anterior tiene una alternativa confiable y segura a mediano y largo plazo con el uso del tendón cuádricipital y es una opción equiparable a los injertos utilizados con mayor frecuencia en la actualidad.

Conflicto de Intereses

Declaro que para la realización de este artículo no existió financiación adicional a la del autor y no existe ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Blauth BW. 2-strip substitution-plasty of the anterior cruciate ligament with the quadriceps tendon. *Unfallheilkunde*. 1984;87:45-51.
2. Kaplan MJ, Howe JG, Fleming B, Johnson RJ, Jarvinen M. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps patellar tendon graft Part I. Long-term followup. *Am J Sports Med*. 1991;19:447-57.
3. Kornblatt I, Warren RF, Wickiewicz TL. Long-term followup of anterior cruciate ligament reconstruction using the quadriceps tendon substitution for chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med*. 1988;16:444-8.
4. Staeubli HU. La construcción del hueso del tendón del cuádriceps-patellar para la reconstrucción del LCA. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 1997;5:59-67.
5. Staeubli HU, Bollmann C, Kreutz R, Becker W, Rauschning W. 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.
6. Fulkerson JP, Langeland R. An alternative cruciate reconstruction graft: the central quadriceps tendon. *Arthroscopy*. 1995;11:252-4.
7. Nagarkatti DG, McKeon BP, Donahue BS, Fulkerson JP. Mechanical evaluation of a soft tissue interference screw in free tendon anterior cruciate ligament graft fixation. *Am J Sports Med*. 2001;29:67-71.
8. Geib TM, Shelton WR, Phelps RA, Clark L. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon autograft: intermediate-term outcome. *Arthroscopy*. 2009;25:14-408, 10.1016/j.arthro. 06.004 2009.
9. Shelton WR, Fagan BC. Autografts commonly used in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011;19:259-64.
10. Fulkerson J, McKeon BP, Donahue BS, et al. El tendón del cuádriceps central como una alternativa versátil para el injerto en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: técnicas y observaciones recientes. *Tech Orthop*. 1998;13:367-74.
11. Fulkerson J. El tendón libre del cuádriceps central para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Oper Tech Sports Med*. 1999;7:195-200.
12. Morgan CD, Leitman EH. tendón del cuádriceps recolección autoinjerto. *Surg Tech rodilla*. 2005;4:152-7.
13. Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Schneider T, Brüggemann GP, Koebke J. Biomechanical testing of quadriceps tendon-patellar bone grafts: an alternative graft source for press-fit anterior cruciate ligament reconstruction? *Arch Orthop Trauma Surg*. 2006;126:265-70.
14. Howe JG, Johnson RJ, Kaplan MJ, Fleming B, Jarvinen M. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps patellar tendon graft. Part I. Long-term followup. *Am J Sports Med*. 19: 447-457.
15. Gorschewsky O1, Klakow A, Pütz 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.
16. Kim DW, Kim JO, You JD, Kim SJ, Kim HK. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon composite autograft. *Arthroscopy*. 2001;17:546-50.
17. Kim SJ, Jung KA, Song DH. Arthroscopic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous quadriceps tendon. *Arthroscopy*. 2006;22, 797.e1-5.
18. 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, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro. 09.014> 2008.
19. Kartus J, Magnusson L, Stener S, Brandsson S, Eriksson BI, Karlsson J. Complications following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A 2-5-year follow-up of 604 patients with special emphasis on anterior knee pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1999;7:2-8.
20. Adams DJ, Mazzocca AD, Fulkerson JP. Residual strength of the quadriceps versus patellar tendon after harvesting a central free tendon graft. *Arthroscopy*. 2006;22:76-9.
21. Almazán Díaz A, Cruz López F, Pérez Jiménez FX, Ibarra Ponce de León JC. Minimally invasive quadriceps tendon harvest. *Arthroscopy*. 2006;22, 679.e1-3.
22. Herbolt M, Tecklenburg K, Zantop T, Raschke MJ, Hoser C, Schulze M, et al. Single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a biomechanical cadaveric study of a rectangular quadriceps and bone-patellar tendon-bone graft configuration versus a round hamstring graft. *Arthroscopy*. 2013;29:1981-90, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro. 2013.08.030>.
23. Kim SJ, Jo SB, Kim TW, Chang JH, Choi HS, Oh KS. A modified arthroscopic anterior cruciate ligament double-bundle reconstruction technique with autogenous quadriceps tendon graft: remnant-preserving technique. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009;129:403-7, <http://dx.doi.org/10.1007/s00402-008-0764-x>.
24. Santori N, Adriani E, Pederzini L. ACL reconstruction using quadriceps tendon. *Orthopedics*. 2004;27:31-5.
25. Pederzini L, Adriani E, Botticella C, Tosi M. Technical note: double tibial tunnel using quadriceps tendon in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2000;16:E9.

26. Noronha JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with quadriceps tendon. *Arthroscopy*. 2002;18:E37.
27. Lee S, Seong SC, Jo CH, Han HS, An JH, Lee MC. Anterior cruciate ligament reconstruction with use of autologous quadriceps tendon graft. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89 Suppl 3:116–26.
28. De Angelis JP, Fulkerson J. tendón del cuádriceps, una alternativa fiable para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Clin Sports Med*. 2007;26:587–96.
29. Joseph M, Fulkerson J, Nissen C, Sheehan TJ. Short-term recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective comparison of three autografts. *Orthopedics*. 2006;29:243–8, 10.3928/01477447-20060301-14.
30. Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction Part 1: Biology and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med*. 1999;27:821–30.
31. Kjaergaard J, Faunø LZ, Faunø P. Sensibility loss after ACL reconstruction with hamstring graft. *Int J Sports Med*. 2008;29:507–11.
32. Hoeher J, Balke M, Albers M, et al. Ligamento anterior cruzado (ACL) de reconstrucción utilizando un autoinjerto tendón del cuádriceps y pulse-fit fijación tiene resultados equivalentes en comparación con una técnica estándar usando injerto semitendinoso: A matched- prospectivo análisis par después de 1 año. *Knee Surg Traumatol Deportes Arthrosc*. 2012; 20:147.
33. Shani RH, Umpierrez E, Nasert M, Hiza EA, Xerogeanes J. Biomechanical Comparison of Quadriceps and Patellar Tendon Grafts in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy*. 2016;32:71–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2015.06.051>.
34. Schulz AP, Lange V, Gille J, Voigt C, Fröhlich S, Stuhr M, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction using bone plug-free quadriceps tendon autograft: intermediate-term clinical outcome after 24–36 months. *Open Access J Sports Med*. 2013 Nov 19;4:243–9, 10.2147/OAJSM.S49223.
35. Mulford JS, Hutchinson SE, Hang JR. Outcomes for primary anterior cruciate reconstruction with the quadriceps autograft: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:1882–8, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-012-2212-2>.
36. Forkel P, Peterse W. Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament with the autologous quadriceps tendon. Primary and revision surgery. *Oper Orthop Traumatol*. 2014;26:30–42, <http://dx.doi.org/10.1007/s00064-013-0261-4>.
37. Harris NL, Smith DA, Lamoteaux L, Purnell M, et al. Central quadriceps tendon for anterior cruciate ligament reconstruction, part I: morphometric and biomechanical evaluation. *Am J Sports Med*. 1997;25:23–8.
38. Akoto R, Hoeher J. Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with quadriceps tendon autograft and press-fit fixation using an anteromedial portal technique. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012;13:161, 10.1186/1471-2474-13-161.