

ORIGINAL

**[Artículo traducido] Técnica «sin túneles óseos»
(Micheli-Kocher) en la reconstrucción del ligamento
cruzado anterior en pacientes en edad de crecimiento.
Técnica quirúrgica y nuestra experiencia con 19 casos**



J.J. Lopez Martínez^{a,*}, J.M. Rodríguez-Roiz^{b,c}, C. Salcedo Cánovas^a,
J.P. García Paños^a y S. Toledo García^a

^a Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia, España

^b Orthopaedics Department, Hospital Quirón Badalona, Badalona, Barcelona, España

^c Orthopaedics Department, Quirón Aribau Barcelona, Barcelona, España

Recibido el 14 de abril de 2024; aceptado el 8 de septiembre de 2024

Disponible en Internet el 17 de abril de 2025

PALABRAS CLAVE

Ligamento cruzado
anterior;
Rodilla;
Artroscopia;
Lesión meniscal;
Lesión deportiva;
Retorno al deporte

Resumen

Introducción: Dado el aumento de la práctica deportiva en edad escolar, y especialmente su intensidad y su auge en el sexo femenino, estamos viviendo un *boom* de las lesiones deportivas propias de «adultos» en pacientes en crecimiento, siendo el ligamento cruzado anterior una lesión con posibles consecuencias graves.

Métodos: Estudiar nuestros resultados con la técnica quirúrgica «sin túneles óseos» de Micheli-Kocher en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en pacientes en crecimiento.

Resultados: Desde 2017 hemos realizado la técnica «sin túneles óseos» de Micheli-Kocher en 30 pacientes, 19 de los cuales han sido seguidos durante más de 2 años. En nuestro estudio hemos observado un retorno a la actividad deportiva previa en más del 90% de los pacientes, siendo solo un paciente reintervenido por una nueva rotura de la plastia. Los resultados en las escalas IKDC muestran una mejora en la puntuación media de 42 puntos en el preoperatorio a 84 en el postoperatorio, y en la escala de Lysholm de 48 en el preoperatorio a 94 en el postoperatorio.

Conclusiones: La técnica «sin túneles óseos» de Micheli-Kocher es una técnica indicada en pacientes menores de 12 años y estadio Tanner 2 o inferior. Es una técnica de moderada complejidad con excelentes resultados en la recuperación de la actividad deportiva previa y la estabilidad de la rodilla.

© 2024 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

Véase contenido relacionado en DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.recot.2024.09.003>

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jmleon42@gmail.com (J.J. Lopez Martínez).

<https://doi.org/10.1016/j.recot.2025.04.005>

1888-4415/© 2024 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licencias/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Anterior cruciate
ligament;
Knee;
Arthroscopy;
Meniscal injury;
Sports injury;
Return to sport

Technique “without bone tunnels” (Micheli-Kocher) in anterior cruciate ligament reconstruction in growing patients. Surgical details and our experience with 19 cases**Abstract**

Background: Given the rise in sports in school age, its intensity and the increase in sports in females, we are experiencing a boom in sports injuries characteristic of “adults” in growing patients, the anterior cruciate ligament being an injury with possible serious consequences.

Methods: To show the surgical technique “without bone tunnels” by Micheli-Kocher in anterior cruciate ligament reconstruction in growing patients based on our results.

Results: Since 2017 we have performed the technique “without bone tunnels” by Micheli-Kocher in 30 patients, 19 of whom have been followed up for more than 2 years. In our study, we have observed a return to previous sports activity in more than 90% of the patients, with only one patient undergoing reoperation due to a new rupture of the plasty. The results on the IKDC scales show an improvement in mean score from 42 points preoperatively to 84 postoperatively and on the Lysholm scale from 48 preoperatively to 94 postoperatively.

Conclusions: The technique “without bone tunnels” by Micheli-Kocher is a technique indicated in patients under 12 years of age and Tanner stage 2 or less. It is a technique of moderate complexity with excellent results in recovery from previous sports activity and knee stability.

© 2024 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En los últimos 30 años, la actividad deportiva de los niños se ha incrementado de manera exponencial en todo el mundo¹. Existe un elevado número de niños que practican deporte y, por tanto, un incremento de las sesiones de entrenamiento y la «superespecialización» de los deportes, lo cual implica que muchos niños y adolescentes se impliquen en actividades deportivas con una alta demanda física, conducente a un aumento significativo del número de lesiones musculoesqueléticas².

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) y las fracturas de la espina tibial han aumentado recientemente en la población joven³⁻⁵. Las reconstrucciones del LCA en pacientes menores de 15 años han aumentado un 425% entre 1994 y 2006⁶. Esto explicaría el interés creciente de la investigación clínica sobre esta cuestión, especialmente dirigido a su prevención y tratamiento. Sin embargo, no existen muchas publicaciones relativas a estas lesiones en los niños.

En el pasado, este tipo de lesiones en los pacientes con inmadurez esquelética se habían tratado de manera conservadora, modificando la actividad y las ortesis de rodilla articuladas asociadas al tratamiento de rehabilitación. Esto aportaría al niño algún tiempo para la madurez esquelética, evitando a la vez la posibilidad de daño de la fisis, vinculado a las técnicas quirúrgicas clásicas. Sin embargo, muchos estudios indican que, en los pacientes con inestabilidad de rodilla, la demora del tratamiento quirúrgico incrementa el riesgo de lesiones condrales y meniscales asociadas^{7,8}, empeorando por tanto el pronóstico funcional de la rodilla, y no afectando únicamente a la vuelta al deporte, sino posiblemente a su función a largo plazo.

La fisis de la rodilla juega un rol importante en el crecimiento longitudinal de la extremidad inferior. La fisis femoral distal contribuye al 70% del crecimiento longitudinal del fémur (9 mm/año), y la fisis tibial proximal contribuye

al 60% del crecimiento de la tibia (6 mm/año). Por tanto, y especialmente en los pacientes preadolescentes (estadio de Tanner 1-2, edad ósea <12 años en niños y <11 años en niñas), es obligatorio el uso de técnicas quirúrgicas que garanticen que los túneles óseos no afecten a la fisis.

En 1976, MacIntosh y Darby⁹ describieron una técnica de reconstrucción extraarticular utilizando una banda iliotibial autógena para desgarros crónicos del LCA en adultos, donde el injerto permanece insertado en el tubérculo de Gerdy, pasa en profundidad al ligamento colateral lateral de la rodilla, y se sutura sobre sí mismo. Por tanto, Micheli et al.¹⁰ describieron una modificación de esta técnica para su aplicación en niños y adolescentes. La banda iliotibial pasa superficialmente al ligamento colateral lateral, llevándose a una posición «por encima» del fémur, a través de la escotadura intercondílea bajo el ligamento intermeniscal, suturándose seguidamente al periostio de la tibia proximal y al fémur lateral. Aunque algunos autores han citado esta técnica como reconstrucción no anatómica, las pruebas biomecánicas han reflejado la recuperación completa de la estabilidad de la rodilla nativa con bajas tasas de revisión¹¹⁻¹⁴.

El objetivo de nuestro estudio es evaluar los resultados funcionales, la tasa de retorno a la actividad deportiva y las complicaciones de los pacientes con inmadurez esquelética intervenidos en nuestro centro tras la rotura del LCA, empleando la técnica sin túneles descrita por Micheli-Kocher.

Material y métodos

Estudio observacional retrospectivo en el que incluimos a todos los pacientes operados en nuestro centro en 2016 tras rotura del LCA, utilizando técnicas sin túneles óseos. Todos los diagnósticos fueron realizados mediante una combina-

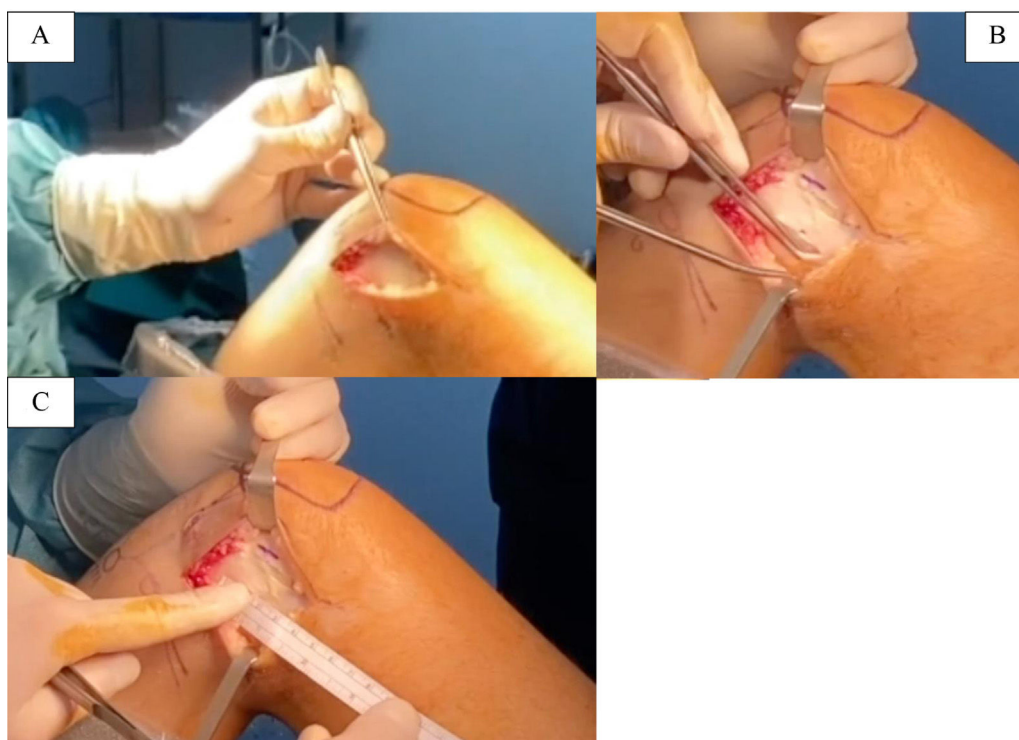


Figura 1 (A) Imagen del abordaje lateral femoral distal de 6 cm. (B) Disección subcutánea sobre la banda. (C) Banda iliotibial medida antes del corte, con anchura de 15 mm y longitud de 20 cm.

ción de exploración física e IRM de rodilla. Todos los casos fueron intervenidos por el mismo cirujano (JJLM).

Criterios de inclusión

1. Estadio de Tanner 1-2.
2. Edad ósea inferior a 12 años en niños y a 11 años en niñas (con práctica deportiva activa).
3. Seguimiento postoperatorio mínimo de 2 años.

De 2015 a 2020, en nuestro centro se intervino a un total de 30 pacientes, aunque solo 19 de ellos cumplieron los criterios de inclusión designados. La mayoría fueron niños¹⁴—solo 4 fueron niñas—, de entre 7 y 12 años de edad (edad media de 10 años).

Todos los pacientes fueron sometidos a pruebas preoperatorias IKDC y Lysholm, que fueron realizadas de nuevo transcurridos 2 años de la cirugía, y llevadas a cabo por los pacientes y sus padres. Se registró toda la información relativa al tipo de deporte practicado y al nivel deportivo preoperatorio y postoperatorio. También documentamos si existieron lesiones meniscales y/o condrales intraoperatorias asociadas (y el tratamiento realizado), así como las complicaciones del tratamiento quirúrgico (infección, fracaso del injerto, artrofibrosis, rigidez de rodilla). Todos los padres de los niños aprobaron su inclusión en este estudio y firmaron el consentimiento informado.

Los pacientes fueron categorizados y divididos en diversos grupos, según lo descrito por nuestro coautor en otra publicación¹⁵, de acuerdo con el deporte más a menudo practicado:

- Grupo 1: fútbol.
- Grupo 2: baloncesto, balonmano y voleibol.
- Grupo 3: tenis, frontón internacional y pádel.
- Grupo 4: esquí y hockey.

En cuanto al tipo de deporte, la mayoría de los pacientes (12; 63%) fueron incluidos en el grupo 1 (fútbol), seguido del grupo 2, con 3 pacientes (16%), y los grupos 3 y 4, con 2 pacientes cada uno de ellos.

El análisis estadístico fue realizado utilizando el programa SPSS® versión 23.0 (IBM, Nueva York, EE. UU.). Se analizaron las variables siguientes: edad, lesión meniscal asociada, sexo y tiempo desde la lesión a la cirugía. Se realizó la prueba χ^2 para este análisis. Se estableció un nivel alfa de significación estadística en $p < 0,05$.

Técnica quirúrgica

Realizamos la técnica de reconstrucción anatómica del LCA sin túneles utilizando una banda iliotibial autógena, de acuerdo con la técnica descrita por Kocher et al.¹⁶. Procedemos a explicar la técnica detalladamente.

Se coloca al paciente en posición supina con manguito de isquemia al nivel del muslo proximal y soportes laterales (posición de prótesis de rodilla). Siempre se realiza una artroscopia exploratoria inicial para verificar la lesión del LCA y reconocer las lesiones asociadas posibles a nivel de la espina meniscal, tibial u osteocondral.

1. Identificación de las prominencias óseas (tubérculo de Gerdy y tuberosidad tibial anterior) y fisis femoral y tibial con fluoroscopia.



Figura 2 (A) Tenotoma utilizado para disección y corte final del injerto. (B) El corte del injerto de la banda iliotibial deja la inserción distal en el tubérculo de Gerdy.



Figura 3 Preparación de la banda iliotibial con sutura de alta resistencia en su extremo proximal.



Figura 4 Disección de la esquina posterolateral, y paso de las suturas tras el cóndilo hasta ser tomadas por el disector curvado largo ya insertado artroscópicamente desde el portal anteromedial.

2. Abordaje lateral femoral distal de 6 cm (fig. 1A). Disección de la banda iliotibial con profundidad de 15 mm y longitud de 20 cm, con disección subcutánea (fig. 1B y C). Se recomienda utilizar tenotomía abierta (fig. 2A), meniscectomía Smillie o tijeras Mayo, y una segunda incisión de 1 cm a nivel proximal para su extracción segura. Se extrae el injerto a través de la incisión distal lateral, diseccionando el área capsular, y dejándola anclada en el tubérculo de Gerdy (fig. 2B).
3. Preparación del injerto de la banda iliotibial mediante sutura de alta resistencia con suturas de lazo y de tipo Krackow, dejando que el injerto se hidrate con gasa (fig. 3).
4. Desbridamiento artroscópico del intercóndilo y disección del ligamento intermeniscal. Introducción desde el portal artroscópico anteromedial del fórceps de Kocher o el disector curvado largo, que se introduce a través

del intercóndilo, pasando el extremo distal a través de la zona posterior del cóndilo femoral lateral.

5. Utilizando el abordaje lateral realizado previamente, iniciamos la disección de la esquina posterolateral de la rodilla en la zona «por encima» del cóndilo femoral lateral (fig. 4). Seguidamente, localizamos el disector curvado que habíamos introducido previamente mediante visión artroscópica. Llegados a este punto, vamos a unir la cirugía extraarticular y la cirugía intraarticular.
6. Realizamos la sutura del injerto a través del disector curvado introducido previamente, pasando el injerto de la banda iliotibial de extraarticular a intraarticular, en una posición «por encima» y emulando el LCA nativo, extrayendo la sutura de la banda iliotibial a través del portal anteromedial.



Figura 5 Banda iliotibial suturada al septo intermuscular del cóndilo femoral lateral, con rodilla a 90° de flexión.

7. Se realiza una incisión de 3 cm en la zona distal a la fisis tibial medial, con una apertura del periostio en forma de «H». A través de esta, se realiza la disección subcutánea y la introducción de la disección o la abrazadera Kocher a nivel intraarticular, bajo el ligamento intermeniscal, previamente localizado mediante artroscopia, supervisando este paso mediante visión anterolateral estándar.
8. Utilizando fórceps, recuperamos la sutura de la banda iliotibial que tenemos en el portal anteromedial, y se extrae a través de la incisión tibial proximal medial.
9. El injerto de la banda iliotibial se sutura al septo intermuscular del cóndilo femoral lateral con la rodilla flexionada a 90° (fig. 5).
10. Seguidamente realizamos el tensionado de la banda iliotibial y su fijación en la tibia proximal medial con flexión de 30° y rotación externa de 30°. El autor prefiere la fijación mediante arpón óseo, pero puede realizarse directamente al periostio.
11. Cierre subcutáneo y cutáneo mediante sutura intradérmica de las incisiones y vendaje compresivo.
12. Se recomienda ortesis articulada durante 8 semanas, con carga de peso parcial y movilidad restringida a 90° de flexión y extensión total. Protocolo para fortalecimiento, movilidad y trabajo propioceptivo similar a las técnicas habituales, con retorno al deporte competitivo a los 9 meses.

Resultados

Diecinueve (89%) de los pacientes operados fueron capaces de retornar al deporte. La mayoría de ellos (12 pacientes; 63%) retornaron al mismo deporte con el mismo nivel previo a la lesión; 3 retornaron al mismo deporte, pero a un nivel inferior; 2 cambiaron de deporte; y, por último, 2 abandonaron completamente del deporte.

En cuanto al marco temporal de retorno al deporte, la media fue de 9,9 meses con un rango estrecho (9-14 meses). No encontramos diferencias estadísticamente significativas entre el tipo de deporte y el tiempo de retorno ($p < 0,11$).

Todos los pacientes fueron operados siguiendo la técnica quirúrgica descrita. El intervalo entre la lesión y la intervención quirúrgica fue de 83 días de media (de 25 a 245 días). Muchos de los casos requirieron reconstrucción del LCA aislada (53%), y el resto presentó lesiones meniscales que requirieron sutura. Prácticamente la mitad de nuestros casos (47%) presentaron una lesión meniscal asociada (tabla 1), siendo el patrón más común la lesión en asa de cubo (3 de 9 casos). Todas estas lesiones fueron reparadas, utilizándose en la mayoría de los casos suturas internas. Ningún caso presentó fracaso de la sutura meniscal.

La presencia de lesiones meniscales asociadas no representó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los resultados funcionales, calculados mediante la prueba χ^2 ($p < 0,15$ para Lysholm, $p < 0,66$ para IKDC), ni al retorno al deporte.

En cuanto a las escalas funcionales, los pacientes tuvieron valores de IKDC comprendidos entre 36 y 62 (media 44) y de Lysholm de entre 36 y 62 (media 45) antes de la cirugía. Transcurridos 2 años, encontramos un valor IKDC medio de 82, y un Lysholm medio de 94 (fig. 6). Esta diferencia entre los valores preoperatorio y postoperatorio es estadísticamente significativa ($p < 0,0164$).

Discusión

Nuestro estudio muestra que, en manos expertas, la técnica de reconstrucción quirúrgica del LCA en pacientes con inmadurez esquelética presenta buenos resultados funcionales en la rodilla, con una tasa alta de retorno al deporte sin complicaciones en nuestra serie.

Evidenciamos una alta tasa de retorno al deporte, específicamente en 17 de 19 pacientes (89%). Se trata de una cifra más alta en comparación con la media de los estudios publicados, que indican una tasa de retorno al deporte en pacientes con fisis abiertas del 69 al 92%^{17,18}. Sin embargo, estos resultados deberán ser evaluados detenidamente, ya que muchos niños practicaron tipos diferentes de deportes¹⁹. De igual modo, incluso la práctica de un único deporte en la infancia ha estado ligada a una mayor incidencia de lesiones.

En nuestro estudio no tuvimos ninguna complicación posquirúrgica relevante ni rotura del injerto del LCA. En la literatura, se acepta generalmente que las tasas de rotura en los pacientes con inmadurez esquelética son más altas que en adolescentes y adultos. Koch et al.²⁰ reportaron un 16,7% de fracasos del injerto (2/12 pacientes), y Cruz et al.²¹ indicaron un 10,7% de re-roturas en sus estudios de 107 pacientes.

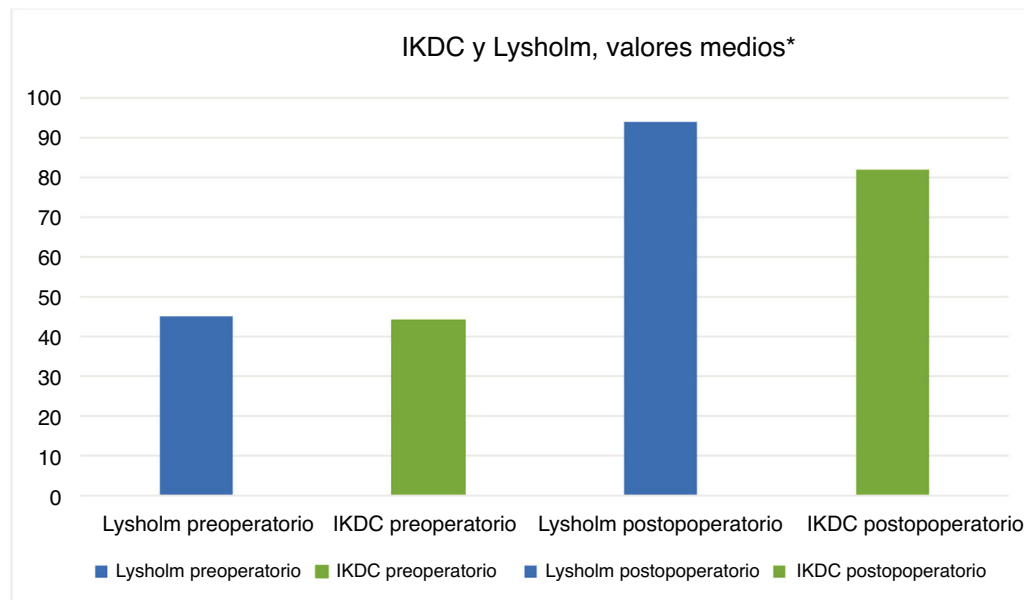
Debemos destacar que un gran beneficio de la técnica «sin túneles óseos» es que, en caso de presentarse re-rotura del injerto y que se requiriese una nueva cirugía, la rodilla del paciente no presenta ningún túnel óseo, y tiene la posibilidad de tomar cualquier injerto (tendón, HTH o cuádriceps), ya que el injerto utilizado es la banda iliotibial.

En la literatura se acepta que la tasa de fracaso del injerto del LCA es más alta en niños, en comparación con los adultos. Esto ocurre por 2 motivos: el primero de ellos es que la reconstrucción aislada del LCA permite una estabilidad de la rodilla excelente en el plano sagital, pero, sin

Tabla 1 Datos demográficos de los pacientes

Edad (años)	Sexo	Rodilla afectada	Tipo de lesión meniscal	Lysholm preoperatorio	Lysholm postoperatorio ^a	IKDC preoperatorio	IKDC postoperatorio ^a
12	V	D	En rampa	48	95	38	85
10	V	D	Radial	39	90	42	87
10	V	I	No	41	100	44	87
11	M	D	No	48	85	50	84
11	V	I	No	36	95	38	82
10	V	I	En asa de cubo	39	100	37	85
11	M	I	En asa de cubo	39	100	42	87
9	M	D	No	48	95	44	80
8	V	D	No	58	85	52	75
9	V	I	No	36	95	32	77
10	V	D	No	62	100	58	82
11	V	I	Radial	58	100	50	84
12	V	D	En rampa	36	95	42	83
7	V	D	No	39	80	44	65
11	V	D	Horizontal	62	95	55	86
10	M	I	No	48	95	42	87
10	V	I	Horizontal	39	90	44	82
10	V	I	En asa de cubo	41	90	36	79
9	V	D	No	39	95	40	85

D: derecha; I: izquierda; M: mujer; V: varón.

^a Los valores postoperatorios se miden transcurridos 2 años de la cirugía.

*Valores medios de las pruebas Lysholm (azul) e IKDC (verde) antes de la cirugía, y dos años después

Figura 6 Valores medios de IKDC y Lysholm antes de la cirugía y transcurridos 2 años de la misma.

embargo, no aporta tanta estabilidad rotacional. Lo anterior, junto con el mayor nivel de la actividad deportiva y demanda física en los pacientes más jóvenes, podría explicar la tasa de fracasos del injerto descrita en la literatura²².

Podemos concluir que la franja de tiempo para el retorno al deporte deberá indicarse con gran cautela. Gokeler et al.²² determinaron que a los 9 meses de la operación el

75% de los pacientes siguen presentando deficiencias biomecánicas en la rodilla operada. Geffroy et al.²³ reportaron un 9% de fallos del injerto, produciéndose todos ellos tras el retorno a los deportes de contacto transcurrido un año de la cirugía. Por tanto, este autor recomienda que los pacientes con fisis abiertas retornen al deporte transcurridos 14 meses de la operación.

En nuestro estudio, el tiempo medio de retorno a la actividad deportiva es de casi 10 meses. Quizá este sea uno de los motivos que expliquen la no incidencia de fallos del injerto, siendo el segundo motivo que nuestro estudio maneja un número de casos pequeño¹⁸.

De acuerdo con un metaanálisis reciente²⁴, muchos estudios sobre esta cuestión –los realizados principalmente por IKDC (el 51% de los estudios), Lysholm (46%) y Tegner (37%)– utilizan escalas similares a las utilizadas en adultos para medir la función de la rodilla. Son las mismas escalas que hemos utilizado en nuestro estudio. Consideramos que esto es una limitación, y recomendamos que los estudios futuros utilicen pruebas específicas para niños. En la literatura²⁵ hemos encontrado únicamente 3: Pedi-IKDC, KOOS-Child y HSS Pedi-FABS, que en el momento de iniciar la recopilación de los datos para nuestro estudio estaban aún en proceso de validación, y no fueron utilizados, por tanto, en nuestra investigación.

Conclusiones

La técnica «sin túneles óseos» descrita por Micheli-Kocher está indicada para pacientes menores de 12 de edad, con estadio 2 o inferior de Tanner. Se trata de una técnica de complejidad moderada con resultados excelentes, que aporta estabilidad a la rodilla y altas tasas de retorno exitoso al deporte.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia IV.

Consentimiento para participar y publicar

Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes individuales incluidos en el estudio, y aceptaron que sus datos clínicos pudieran ser utilizados para investigación. Todos los pacientes expresaron su acuerdo y firmaron voluntariamente.

Aprobación ética

Este estudio fue realizado conforme a los principios de la Declaración de Helsinki. Se trata de un estudio observacional retrospectivo, que no requirió aprobación ética.

Financiación

Los autores declaran que no se han recibido fondos, subvenciones ni ningún otro respaldo durante la preparación del artículo.

Conflicto de intereses

En nombre de todos los autores, el autor para correspondencia declara la ausencia de conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Sí, en repositorio electrónico.

Bibliografía

- Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, Fabricant PD, Lawrence JT, Ganley TJ. Sport-specific yearly risk and incidence of anterior cruciate ligament tears in high school athletes: A systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44:2716–23.
- Jayanthi NA, LaBella CR, Fischer D, Pasulka J, Dugas LR. Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: A clinical case-control study. *Am J Sports Med.* 2015;43:794–801.
- Cruz Al Jr, Richmond CG, Tompkins MA, Heyer A, Shea KG, Beck JJ. What's new in pediatric sports conditions of the knee? *J Pediatr Orthop.* 2018;38:e66–72.
- Mayo MH, Mitchell JJ, Axiball DP, Chahla J, Palmer C, Vidal AF, et al. Anterior cruciate ligament injury at the time of anterior tibial spine fracture in young patients: An observational cohort study. *J Pediatr Orthop.* 2019;39:e668–73.
- Shaw L, Finch CF. Trends in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament injuries in Victoria, Australia 2005–2015. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14:599.
- Buller LT, Best MJ, Baraga MG, Kaplan LD. Trends in anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Orthop J Sports Med.* 2015;3: 2325967114563664.
- Lawrence JT, Argawal N, Ganley TJ. Degeneration of the knee joint in skeletally immature patients with a diagnosis of an anterior cruciate ligament tear: Is there harm in delay of treatment? *Am J Sports Med.* 2011;39:2582–7.
- Millett PJ, Willis AA, Warren RF. Associated injuries in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament tears: Does a delay in treatment increase the risk of meniscal tear? *Arthroscopy.* 2002;18:955–9.
- MacIntosh DL, Darby TA. Lateral substitution reconstruction. *J Bone Joint Surg.* 1976;1:142.
- Micheli LJ, Rask B, Gerberg L. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are prepubescent. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;364:40–7.
- Kennedy A, Coughlin DG, Metzger MF, Tang R, Pearle AD, Lotz JC, et al. Biomechanical evaluation of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction techniques. *Am J Sports Med.* 2011;39:964–71.
- Kocher MS, Garg S, Micheli LJ. Physseal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:2371–9.
- Kocher MS, Heyworth BE, Fabricant PD, Tepolt FA, Micheli LJ. Outcomes of physseal-sparing ACL reconstruction with iliotibial band autograft in skeletally immature prepubescent children. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100:1087–94.
- Willimon SC, Jones CR, Herzog MM, May KH, Leake MJ, Busch MT. Micheli anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature youths: A retrospective case series with a mean 3-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2015;43:2974–81.
- Rodríguez-Roiz JM, Caballero M, Ares O, Sastre S, Lozano L, Popescu D. Return to recreational sports activity after anterior cruciate ligament reconstruction: A one- to six-year follow-up study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135:1117–22.
- Kocher MS, Garg S, Micheli LJ. Physseal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88 Suppl 1 Pt 2:283–93.
- Morgan MD, Salmon LJ, Waller A, Roe JP, Pinczewski LA. Fifteen-year survival of endoscopic anterior cruciate ligament

- reconstruction in patients aged 18 years and younger. *Am J Sports Med.* 2016;44:384–92.
18. Shelbourne KD, Gray T, Haro M. Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Am J Sports Med.* 2009;37:246–51.
19. Webster KE, Feller JA. Younger patients and men achieve higher outcome scores than older patients and women after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475:2472–80.
20. Koch PP, Fucentese SF, Blatter SC. Complications after epiphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in prepubescent children. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:2736–40.
21. Cruz AI Jr, Fabricant PD, McGraw M, Rozell JC, Ganley TJ, Wells L. All-epiphyseal ACL reconstruction in children: Review of safety and early complications. *J Pediatr Orthop.* 2017;37:204–9.
22. Gokeler A, Welling W, Benjaminse A, Lemmink K, Seil R, Zaffagnini S. A critical analysis of limb symmetry indices of hop tests in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: A case control study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103:947–51.
23. Geffroy L, Lefevre N, Thevenin-Lemoine C, Peyronnet A, Lakhal W, Fayard JM, et al. Return to sport and re-tears after anterior cruciate ligament reconstruction in children and adolescents. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(8S):S183–8.
24. Zebis MK, Warming S, Pedersen MB, Kraft MH, Peter Magnusson S, Rathcke M, et al. Outcome measures after ACL injury in pediatric patients: A scoping review. *Orthop J Sports Med.* 2019;7, 2325967119861803.
25. Van der Velden CA, van der Steen MC, Leenders J, van Douveren FQMP, Janssen RPA, Reijman M. Pedi-IKDC or KOOS-child: Which questionnaire should be used in children with knee disorders? *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20:240.