

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ FACULTAD DE
MEDICINA
TRABAJO FIN DE GRADO EN MEDICINA



Título del Trabajo Fin de Grado: TRATAMIENTO QUIRÚRGICO VS CONSERVADOR EN ROTURA DE LCA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS - REVISIÓN DE LA LITERATURA

AUTORA: MARTÍNEZ BERMÚDEZ, ELENA

TUTOR: AGULLÓ BONUS, ANTONIO

Departamento y Área de Cirugía Ortopédica y Traumatología

Curso académico 2024 - 2025

Convocatoria de 28/05/2025

A quienes me acompañaron en este camino y me verán desviarme de él, gracias.



ÍNDICE:

RESUMEN/ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIÓN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



RESUMEN

Introducción:

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es una lesión muy grave de la rodilla, constatándose un aumento importante en la población infantil en los últimos años. Su tratamiento consiste en sustituir dicho ligamento con nula capacidad curativa por otro tendón a modo de plastia tendinosa, siendo las técnicas transfisarias consideradas la mejor opción por la reproducción anatómica del recorrido del ligamento lesionado.

Estas técnicas no son factibles en este rango de población debido a la posible lesión iatrogénica de la fisis, pudiendo, de esta manera, dar lugar a secuelas en la rodilla de diversa índole.

Debido a esa iatrogenia se ha planteado en muchas ocasiones un tratamiento conservador no quirúrgico en esta población hasta terminar la maduración esquelética, para, posteriormente proceder a la reconstrucción designada para adultos, pese a que esto puede ocasionar otras complicaciones como lesiones meniscales o condrales por la inestabilidad de rodilla, así como el “abandono” temporal de las actividades deportivas de giro o pivoteo.

Se han descrito nuevas técnicas destinadas a paliar estas potenciales complicaciones derivadas del método transfisario o de un tratamiento conservador no quirúrgico. Este último es ampliamente utilizado en tanto se produce el cierre fisario para, posteriormente proceder a la reconstrucción designada para adultos, pese a que esto puede ocasionar otras complicaciones, por lo que se plantea si es recomendable esperar y limitar la actividad deportiva o es más indicado intervenir quirúrgicamente.

Dentro de las técnicas quirúrgicas se han descrito técnicas de plastias ligamentosas con trayectos no transfisarios para evitar la iatrogenia con las fisis femoral y tibial. Además, también se ha planteado que estas nuevas técnicas pueden resultar en una mayor inestabilidad articular por la elusión de la fisis.

Material y métodos:

Se han utilizado artículos publicados en la base de datos públicas PubMed con los siguientes términos MeSH: ("Growth Plate"[Mesh]) OR "Pediatrics"[Mesh] AND "Anterior Cruciate Ligament"[Mesh]) obteniendo así 14 artículos relevantes para la realización de este trabajo publicados en los últimos 15 años.

Resultados:

Doce de los artículos se revisan para las hipótesis propuestas. La reconstrucción transfisaria se realizó en 4 de ellos, mientras que la transfisaria parcial en 5 de ellos, al igual que la cirugía totalmente epifisaria, finalmente la reconstrucción intra-extraarticular fue utilizada en 2 estudios. La edad de los pacientes fue de 10-16,2 años y el tiempo de seguimiento varió de 9-127 meses. El número de pacientes intervenidos según estudios incluyó 1-1005 casos. Sólo en 4 de las investigaciones se aprecian alteraciones significativas en el crecimiento.

Discusión:

Los autores que han estudiado la técnica de reconstrucción transfisaria [1, 3, 6, 8] concluyen que es una opción válida en pacientes pediátricos más mayores, para evitar complicaciones relacionadas con el crecimiento. Por otra parte, los autores que han realizado la técnica transfisaria parcial [2, 3, 7, 9, 12] coinciden en que es una opción segura, excepto en uno de los estudios [2], quienes estudiaron pacientes más jóvenes y desestiman esta técnica en población con más de 5 años restantes de crecimiento por elevada proporción de desviación angular y disimetrías. La técnica totalmente epifisaria [3, 4, 7, 8, 10] los autores la consideran una opción segura para pacientes más jóvenes por elusión de las fisis. La técnica intra-extraarticular o de Micheli-Kocher es considerada por los autores [11, 13] para los pacientes con más años de crecimiento restante al evitar las placas de crecimiento de forma más radical. La mayoría de las técnicas han tenido buenos resultados funcionales con un perfil de seguridad aceptable, bajo índice de revisión y de fallo del injerto durante el tiempo de estudio y en el rango de edad estudiado.

Todas estas intervenciones quirúrgicas proporcionan estabilidad a la articulación, disminuyendo el daño sobre meniscos y cartílago.

Conclusión:

Las técnicas de reconstrucción que se usan en población pediátrica dependen de la madurez esquelética de los mismos. En pacientes más jóvenes se utilizan las técnicas de reconstrucción con banda iliotibial (segura en pacientes <12 años) y totalmente epifisaria (segura en pacientes con 3-6 años de crecimiento restante), mientras que en pacientes con menos años de crecimiento restante son preferibles las técnicas transfisaria (<2 años de crecimiento restante) y transfisaria parcial (2-5 años de crecimiento restante). All-inside es una variante válida. La mayoría de artículos tienen una muestra de estudio pequeña y difieren en valores significativos. Futuras investigaciones con cohortes más amplias y un estudio uniforme aportarán más fiabilidad.

ABSTRACT

Background:

Anterior cruciate ligament injuries are very serious knee injuries, presenting a significant increase among children in recent years. Treatment consists on replacing this ligament, which has no healing capacity, with a tendon graft. Transphyseal techniques are considered the best option due to the anatomical path created, similar to the injured ligament's.

These techniques are not feasible in pediatric population due to the potential iatrogenic injury of the physis, which could lead to various types of knee sequelae.

Due to this iatrogenic cause, conservative non-surgical treatment is often proposed in these patients until physeal closure is achieved, then followed by transphyseal reconstruction designed for adults. However, this could lead to other complications such as meniscus or cartilage injuries due to instability, as well as temporary abandonment of sport activities involving turning or pivoting. New techniques have been described to alleviate these potential complications arising from transphyseal reconstructions and non-surgical conservative treatments. Therefore, the question arises as to whether it is more appropriate to wait and limit sports activity, or surgical intervention is a better approach.

Among surgical techniques, neoligament tendon grafts with non-transphyseal paths have been described, avoiding iatrogenic injuries of the femoral and tibial physes. In addition, it has been suggested that these new methods may result in greater joint instability due to the avoidance of the physis.

Methods:

Scientific articles published in the public database PubMed have been reviewed using the following MeSH terms: ("Growth Plate"[Mesh]) OR "Pediatrics"[Mesh] AND "Anterior Cruciate Ligament"[Mesh]), obtaining 14 studies relevant for this essay published in the last 15 years. COIR authorization code: TFG.GME.AAB.EMB.250408

Results:

Twelve of the studies were reviewed for the proposed hypotheses. Transphyseal reconstruction was performed in four of them, meanwhile partial transphyseal reconstruction was performed in five of them, as was all-epiphyseal surgery. Finally, intra-extra-articular reconstruction was reviewed in two studies. Patients' ages range from 10-16,2 years.

Follow-up times ranged from 9-127 months. The number of patients differ from 1-1005 cases, depending on the research. Significant growth disturbances were observed in four of the articles.

Discussion

Authors who performed the transphyseal reconstruction technique [1, 3, 6, 8] conclude that it is a valid option in older pediatric patients, avoiding growth-related complications. On the other hand, authors who performed partial transphyseal reconstructions [2, 4, 7, 9, 12] agree that it is a safe option, except one of the research [2], whose authors studied younger patients and dismissed this technique in population with more than 5 years of remaining growth, due to a higher percentage of angular deviation and dysmetria. Authors who performed the all-epiphyseal technique [3, 4, 7, 8, 10] consider it a safe option for younger patients due to the avoidance of their growth plates. Intra-extra-articular or Micheli-Kocher technique [11, 13] is considered for even younger patients with a larger number of years of remaining growth by avoiding their physes in a more radical way. Most techniques have had great functional results with an acceptable safety profile, low revision and graft failures rates during the follow-up period and in the age range studied.

All of these surgical interventions provide joint stability, minimizing meniscus and cartilage damage.

Conclusion:

Which reconstruction technic is used in pediatric population depends on their skeletal maturity. Iliotibial band (patients who are 12 y/o or younger) and all-epiphyseal reconstruction (patients with 3-6 years of remaining growth) are used in younger patients, meanwhile, transphyseal (<2 years of remaning growth) and partial transphyseal (2-5 years of remaining growth) techniques are preferred in older patients with fewer years of remaining growth. All-inside is a valid variant. Most articles have small samples to study and also differ in values considered significant. Future research with larger cohorts and even studies will provide greater reliability.

INTRODUCCIÓN

Dentro del ámbito de la traumatología quirúrgica, ante la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA), la técnica que se considera más adecuada es la cirugía de reconstrucción y túneles óseos en femur y tibia mediante artroscopia, ya que recrea el trayecto anatómico de dicho ligamento. Sin embargo, en pacientes pediátricos (considerando niños como individuos que presentan las fisis abiertas), no se debe usar esta técnica debido a las complicaciones generadas por el maltrato iatrogénico de las fisis. Puesto que estos pacientes poseen un esqueleto inmaduro sin una osificación completa, el método transfisario podrían dar complicaciones tales como discrepancia en la longitud de las extremidades inferiores (DLEI) o deformidad angular.

En los últimos años se ha producido un incremento en la incidencia de lesiones de LCA en la población esqueléticamente inmadura, lo cual se puede atribuir a un aumento y mejora de la capacidad diagnóstica, una cantidad creciente de menores que realizan deporte de forma profesional y un incremento en el número de niñas que practican en los últimos años deportes de impacto articular.

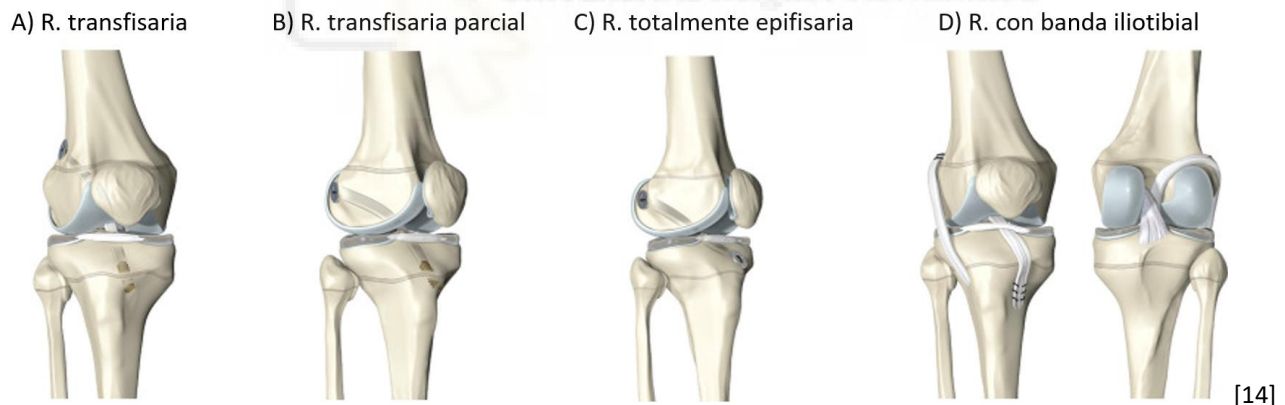
Clásicamente, a estos pacientes, especialmente a los que les restan aproximadamente menos de 5 años de crecimiento, se planteaba una disminución de la actividad deportiva o un cambio a una de menos impacto, para, de esta manera, esperar al cierre completo de las fisis y posteriormente utilizar una técnica destinada a adultos, esto puede ocasionar otras complicaciones como lesiones meniscales o condrales por la inestabilidad de rodilla, así como el abandono temporal de las actividades deportivas de giro o pivoteo.

Debido a la creciente incidencia de esta lesión en la población previamente mencionada, recientemente se ha propuesto realizar un tratamiento quirúrgico destinada a reconstruir el LCA para evitar esta espera, puesto que este tipo de pacientes presenta una gran falta de adherencia al tratamiento conservador [9], normalmente consistente en inmovilización, potenciación muscular y limitación deportiva. Sin embargo, estas nuevas técnicas (transfisaria parcial, completamente epifisaria, banda iliotibial intra-extraarticular) no están exentas de complicaciones, ya que la literatura más clásica propone que generan mayor inestabilidad, daño condral y meniscal, además de la posibilidad de, aunque en menor medida, discrepancia en la longitud de las extremidades y deformidad angular. Es por esto que el tratamiento más adecuado sigue siendo controvertido.

Las técnicas quirúrgicas que se abordan en pacientes con fisis abiertas son las siguientes (figura 1):

- Técnica transfisaria [1, 3, 6, 8]: Consiste en recrear el trayecto anatómico del LCA a consecuencia de atravesar las fisis femoral distal y tibial proximal. Esta es la técnica utilizada en adultos.
- Técnica transfisaria parcial [2, 3, 7, 9, 12]: En un intento de disminuir el daño fisario, pero crear un recorrido parcialmente anatómico se ideó esta técnica que consiste en atravesar la fisis tibial proximal de forma vertical, pero eludir la fisis femoral distal con un trayecto más horizontal.
- Técnica totalmente epifisaria [3, 4, 7, 8, 10]: Similar a la anterior, pero con la diferencia de que elude ambas fisis realizando un trayecto aún más horizontal y menos anatómico.
- Técnica de banda iliotibial intra-extraarticular/Micheli-Kocher [11, 13]: Denominada también técnica sin túneles óseos. Se toma el injerto de la cintilla iliotibial y se pasa extraarticularmente por encima del cóndilo lateral en dirección medial. A continuación, se atraviesa la articulación de forma postero-anterior y se ancla el injerto distal a la fisis tibial proximal. Es la menos anatómica.

Figura 1. Tipos de reconstrucciones de LCA utilizadas en población infantil.



En las técnicas exclusivamente intraarticulares mencionadas previamente, de forma tradicional se crean túneles mediante fresado para generar el trayecto que llevará el neoligamento en el hueso. Para minimizar el área de la fisis que se puede ver afectada por estos túneles o daño térmico de fresado se han ideado otras técnicas complementarias a las previas como la técnica all-inside, la cual consiste en realizar agujeros de forma retrógrada en lugar de túneles completos [9].

Además, se pueden utilizar diferentes tipos de plastias para crear el neoligamento en las técnicas intraarticulares, los cuales pueden ser de diversos tipos, destacando el autoinjerto de isquiotibiales (los tendones más comúnmente utilizados son de los músculos semitendinoso y gracilis) y la técnica con HTH (hueso-tendón-hueso).

Es por esta dualidad de tratamiento quirúrgico vs conservador que se plantea la siguiente hipótesis: “Ante la rotura del LCA de un niño no es recomendable posponer la cirugía de reparación hasta el cierre de las fisis y limitar la actividad deportiva”.

Para profundizar en la hipótesis principal, se propone una hipótesis secundaria: “Las técnicas de reparación de LCA extrafisarias en niños son menos estables que las técnicas tranfisarias y pueden producir más complicaciones que las técnicas destinadas para adultos”.

El objetivo principal de este trabajo consiste en aceptar o rechazar dichas hipótesis en base a la información científica publicada en las distintas bases de datos.

MATERIAL Y MÉTODOS

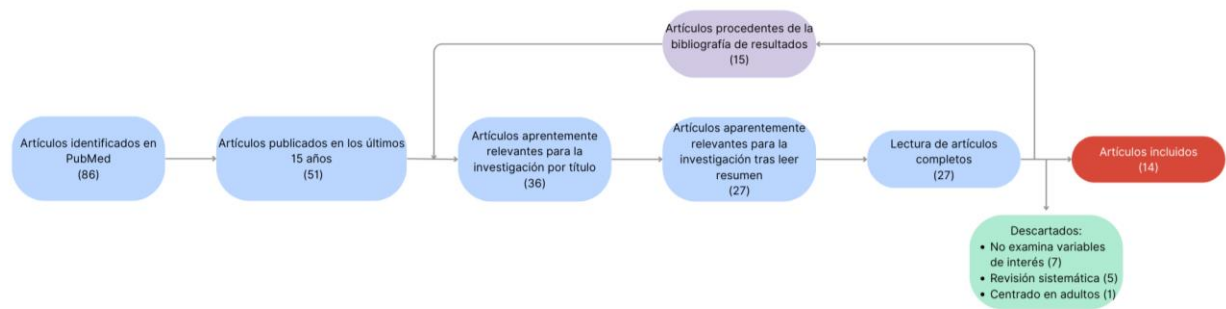


Este trabajo se trata una revisión de la literatura, cuyo contenido ha sido extraído de la base de datos electrónica pública PubMed, donde inicialmente se valoraron los artículos científicos que resultan con los MeSH (["Growth Plate"[Mesh]] OR "Pediatrics"[Mesh] AND "Anterior Cruciate Ligament"[Mesh]), dando de esta manera un número de 86 artículos (figura 2). Se limita la búsqueda a publicaciones realizadas en últimos 15 años, dando así 51 estudios científicos.

Los títulos de cada uno de los artículos que resultan de la búsqueda y el filtrado de la base de datos, así como de la bibliografía utilizada en algunas de las publicaciones, se analizaron para determinar su importancia respecto a la hipótesis planteada en esta investigación. Más adelante, los resúmenes de esta nueva lista de estudios también fueron examinados para determinar su relevancia.

Finalmente, la información de este trabajo resulta de la inclusión y el análisis de 14 artículos. De ellos, 11 artículos corresponden a series de casos y 1 a estudio observacional, relevantes para la hipótesis. También se han incluido un estudio comparativo centrado en adultos, y una revisión de la literatura, no relevantes para el estudio, pero con información e imágenes básicas para la comprensión de las técnicas.

Figura 2. Diagrama de elección de artículos.



Estas publicaciones relevantes muestran diferencias en diversos factores como la cantidad de la muestra, la edad media, el sexo, el mecanismo de lesión, los años de crecimiento restantes, los hábitos deportivos, etc. Sin embargo, los criterios que coinciden en todos ellos son: lesión/desgarro en LCA y presencia de fisis abiertas en el momento de la decisión y realización de tratamiento, los cuales son los examinados en esta investigación.

Código de autorización COIR: TFG.GME.AAB.EMB.250408



RESULTADOS

Doce de los artículos incluidos son útiles para la investigación de la hipótesis propuesta. En la siguiente tabla se exponen las características básicas de los estudios revisados y la presencia o ausencia de complicaciones específicas relacionadas con el crecimiento.

Tabla 1. Información básica de las series de casos/estudio observacional:

	Nivel de evidencia	Nº de RLCA	Edad media	Media de meses de seguimiento	Tipo de intervención	Alteraciones del crecimiento significativas	Los autores recomiendan la técnica
Calvo et al. [1]	Nivel 4	27	13	127,2	Reconstrucción transfisaria	No refiere	Sí
Chambers et al. [2]	Nivel 4	24	12,3	31,5	Reconstrucción transfisaria parcial	16,7% DLEI/DA (66,7% cuando restan >5 años de crecimiento)	Sí

Cordasco et al. [3]	Nivel 4	324: 49 (A) 66 (B) 209 (C)	12 (A) 14,3 (B) 16,2 (C)	39	Reconstrucción totalmente epifisaria + autoinjerto isquiotibiales (A) Reconstrucción transfisaria/ transfisaria parcial + autoinjerto isquiotibiales (B) Transfisaria/ transfisaria parcial + autoinjerto HTH (C)	(A) No refiere (B, C) No refiere	Sí en grupo A y grupo C
Cordasco et al. [4]	Nivel 4	23	12,2	32,1	Reconstrucción totalmente epifisaria all- inside	No refiere	Sí
Larson et al. [6]	Nivel 4	30	13,9	48	Reconstrucción transfisaria	3,3% genu valgo 13,3% líneas de detención de crecimiento	Sí
Nawabi et al. [7]	Nivel 4	23 15 (A) 8 (B)	12,6 (EO 13,2)	18,5	Reconstrucción totalmente epifisaria all- inside (A) Reconstrucción transfisaria parcial all-inside (B)	(A) No refiere (B) No refiere	Sí

Patel et al. [8]	Nivel 3	1005: 162 (A) 843 (B)	12,1 (A) 15,8 (B)	26,5	Reconstrucción totalmente epifisaria (A) Reconstrucción transfisaria (B)	(A) No refiere (B) No refiere	Sí
Rivarola Etcheto et al. [9]	Desconocido	1	12	9	Reconstrucción transfisaria parcial all-inside	No refiere	Sí
Saad et al. [10]	Desconocido	19	13,3	19,2	Reconstrucción totalmente epifisaria	5,3% desviación angular	Sí con control estrecho
Willimon et al. [11]	Nivel 4	22	11,8	36	Reconstrucción con banda iliotibial	No refiere	Sí
Willson et al. [12]	Nivel 4	23	13,0 (EO 13,6)	21	Reconstrucción transfisaria parcial	8,7% aceleración del crecimiento	Sí con control estrecho
López Martínez et al. [13]	Nivel 4	19	10	24	Reconstrucción con banda iliotibial	No refiere	Sí

RLCA: reconstrucciones de ligamento cruzado anterior. DA: desviación angular. EO: edad ósea. HTH: injerto hueso-tendón-hueso.

Calvo et al. [1] revisan 27 pacientes con una edad media de 13 años y 10,6 años de seguimiento. La técnica utilizada fue la reconstrucción transfisaria. Obtuvo un 93% de rodillas estables para la actividad deportiva. No hallaron otras complicaciones del crecimiento lineal o angular ni se observaron cambios degenerativos. Los autores concluyen que esta técnica es una opción segura con buenos resultados objetivos y subjetivos que no ha provocado un daño significativo en las placas de crecimiento.

Chambers et al. [2] en su investigación de 24 reconstrucciones transfisarias parciales con edad media de 12,3 años y un seguimiento medio de 31,5 meses obtienen las siguientes complicaciones: alteraciones del crecimiento postoperatorias en un 16,7% en general, y en los pacientes con más de 5 años de crecimiento restante un 66,7%.

Concluyen que es una técnica válida en pacientes con menos de 5 años de crecimiento restante, desestimando esta opción por mayor tasa de complicaciones del crecimiento en pacientes más jóvenes.

Cordasco et al. [3] evalúan 324 pacientes divididos en tres grupos según intervención y edad: totalmente epifisaria en 49 pacientes más jóvenes con edad media de 12 años (A), transfisaria/transfisaria parcial en 275 pacientes de 14,3-16,2 años (B y C, con diferencias en tipo de injerto) durante un seguimiento de 39 meses. Los mejores resultados fueron obtenidos por los grupos A y C, con mayores tasas de retorno al deporte (100% y 94% respectivamente en comparación con 85% del grupo B) y menor tasa de revisión de LCA (6% en grupos A y C en comparación con 20% en grupo B). Concluyen que la técnica totalmente epifisaria con autoinjerto de isquiotibiales es una opción válida en pacientes más jóvenes.

Otro estudio realizado por Cordasco et al. [4] evalúa a 23 pacientes con edad media de 12,2 años con un seguimiento medio de 31,2 meses. La técnica utilizada fue la reconstrucción epifisaria all-inside. Hallan discrepancia en la longitud de extremidades inferiores (DLEI) >5mm en el 26,1% de los pacientes (tanto por exceso como por defecto), ninguno superando los 20mm, segunda cirugía en el 8,7%. Los autores concluyen que la técnica epifisaria all-inside tiene excelentes resultados subjetivos y objetivos en pacientes con fisis abiertas.

Larson et al. [6] en su investigación estudian 29 pacientes (30 reconstrucciones) de 13,9 años durante 2 años. La técnica fue reconstrucción transfisaria con aloinjerto/autoinjerto. Se hallaron 9-37,5% de fracasos del injerto, 16,7% de lesiones de LCA contralateral, 13,3% de líneas de detención del crecimiento de Harris y 3,3% deformidad en valgo que se corrigió espontáneamente. Estos autores concluyen que es una técnica válida con alta tasa de retorno al deporte (100% inicialmente), bajas tasas de detención del crecimiento y deformidades.

Nawabi et al. [7] valoran mediante RMN la fisis de 23 pacientes con edad media de 12,6 años durante 18,5 meses. Las técnicas utilizadas fueron reconstrucción totalmente epifisaria all-inside y reconstrucción transfisaria parcial all-inside. No se hallaron deformidades angulares ni DLEI significativas, por lo que concluyen que la técnica all-inside es segura a corto plazo.

Patel et al. [8] en su estudio valoran a 1005 pacientes de edad 12,1-15,8 años durante 26,5 meses. Las técnicas utilizadas fueron reconstrucción totalmente epifisaria y transfisaria. No se encontraron diferencias en tasas de fallo

del injerto, lesión contralateral o nuevas lesiones meniscales entre ambos grupos, así como tampoco en pruebas de fuerza o rango de movimiento. Los autores recomiendan ambas técnicas en el rango de edad intervenido.

La publicación realizada por Rivarola Etcheto et al. [9] es diferente a las demás, ya que muestra el seguimiento de un solo paciente de 12 años con un seguimiento de 9 meses sometido a reconstrucción transfisaria parcial all-inside. No se observan complicaciones durante el seguimiento, no daño condral o meniscal, por lo que se recomienda la técnica.

Saad et al. [10] revisa 19 reconstrucciones realizadas en 18 pacientes con edad media de 13,3 años y seguimiento medio de 19,2 meses. La técnica utilizada fue la reconstrucción totalmente epifisaria. Las complicaciones incluyen 5,3% de: DLEI en que no se consideró significativa, nueva deformidad angular de 5-10°, inestabilidad bilateral crónica (intervención de LCA contralateral), desgarró de menisco medial; 10,5% de rotura del injerto. También se señala un notable ensanchamiento de los túneles de ambos extremos, sin repercusión. Se considera que la tasa de complicaciones es similar a otros estudios y se considera una técnica recomendable con revisiones estrechas.

Willimon et al. [11] estudia a 21 pacientes (22 articulaciones) de 11,8 años durante 3 años. Se utilizó la técnica de reconstrucción con banda iliotibial intra-extraarticular (o de Micheli-Kocher). La única repercusión que se menciona es que un 27% de las articulaciones requirieron reoperación. Se considera que esta técnica tiene excelentes resultados funcionales, sin presentar alteraciones del crecimiento lineal o angular y con baja tasa de revisión, lo que se considera ideal como reconstrucción para niños más jóvenes.

Willson et al. [12] en su investigación de 23 pacientes de 13 años y un seguimiento medio de 21 meses mediante reconstrucción transfisaria parcial se obtienen los siguientes resultados: no se observan alteraciones significativas del crecimiento lineal (nulas o <10mm) o angular en el 91,3% de los pacientes, el 8,7% presentaron una aceleración del crecimiento femoral y tibial en la articulación intervenida. Se considera una técnica viable con baja morbilidad, aunque puede provocar anomalías en placas de crecimiento, por lo que se recomienda seguimiento estrecho.

López Martínez et al. [13] en su estudio observacional revisaron a 19 pacientes de edad media de 10 años y un seguimiento mínimo de 2 años intervenidos mediante técnica de reconstrucción con banda iliotibial intra-extraarticular. No refieren complicaciones postquirúrgicas significativas ni roturas del injerto, afirman un muy alto índice de retorno al deporte (89%), por lo que los autores recomiendan la técnica en pacientes de <12 años.

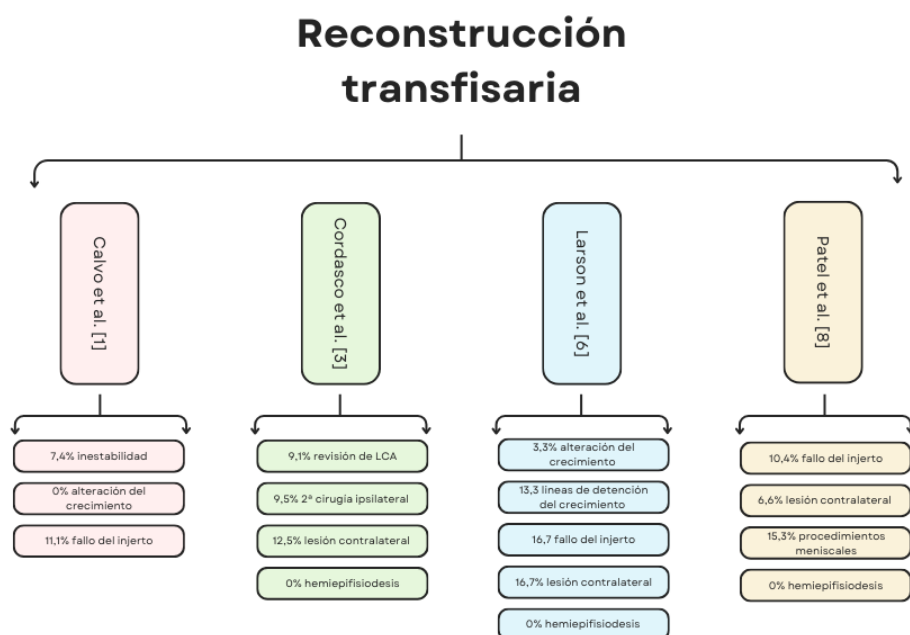
DISCUSIÓN

A continuación, se valoran las complicaciones obtenidas según las técnicas quirúrgicas utilizadas. Se observan los siguientes resultados.

La técnica de reconstrucción transfisaria es la técnica tradicional destinada para adultos, a pesar de ello, algunos autores han señalado esta técnica como útil en población pediátrica. Los autores que han utilizado esta técnica en niños más mayores (rango de edad años 9-16) son Calvo et al. [1], Cordasco et al. [3], Larson et al. [6] y Patel et al. [8]. Calvo et al. [1], sugieren que es una técnica con buenos resultados, sin alteraciones del crecimiento, aunque sí señalan cierta inestabilidad y rotura del injerto, cuyas tasas se pueden observar en la figura 3. Patel et al. [8] en su investigación estudian las complicaciones de la técnica transfisaria en contraposición a la epifisaria en una gran muestra de pacientes con edad media de 15,8 y 12,1 respectivamente, sin grandes diferencias entre ambas.

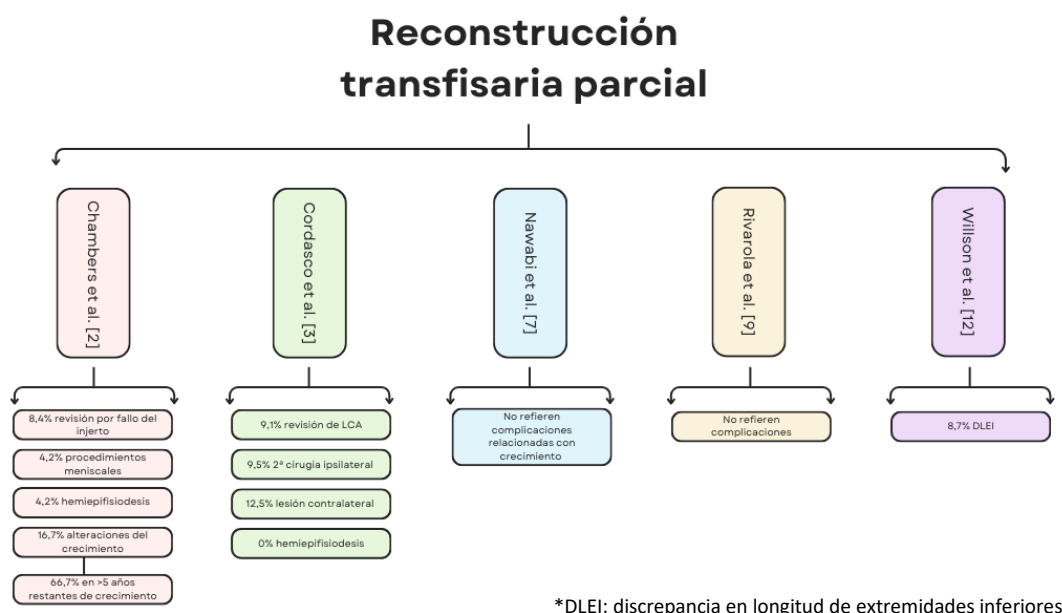
Por otra parte, Larson et al. [6] estudiaron a pacientes sometidos a técnica transfisaria con diferentes tipos de injerto, autoinjerto y aloinjerto, concluyendo que este último provocó mayor tasa de fracaso. También se evidenciaron lesiones contralaterales, líneas de Harris y una deformidad en valgo. De la misma manera, Cordasco et al. [3] se centran la tasa de nuevas lesiones y revisión de LCA en 275 pacientes divididos en dos grupos: injerto de isquiotibiales (grupo B) y técnica con hueso-tendón-hueso (grupo C). Ambos grupos fueron intervenidos con técnica transfisaria o transfisaria parcial, sin embargo, como el artículo está centrado en el tipo de injerto más adecuado, no se describen las complicaciones asociadas a cada una de las técnicas, sino a las diferencias entre injertos. En resumen, todos los autores concluyen que la técnica transfisaria es una segura en pacientes con fisis abiertas en las edades estudiadas.

Figura 3. Complicaciones de cirugía transfisaria.



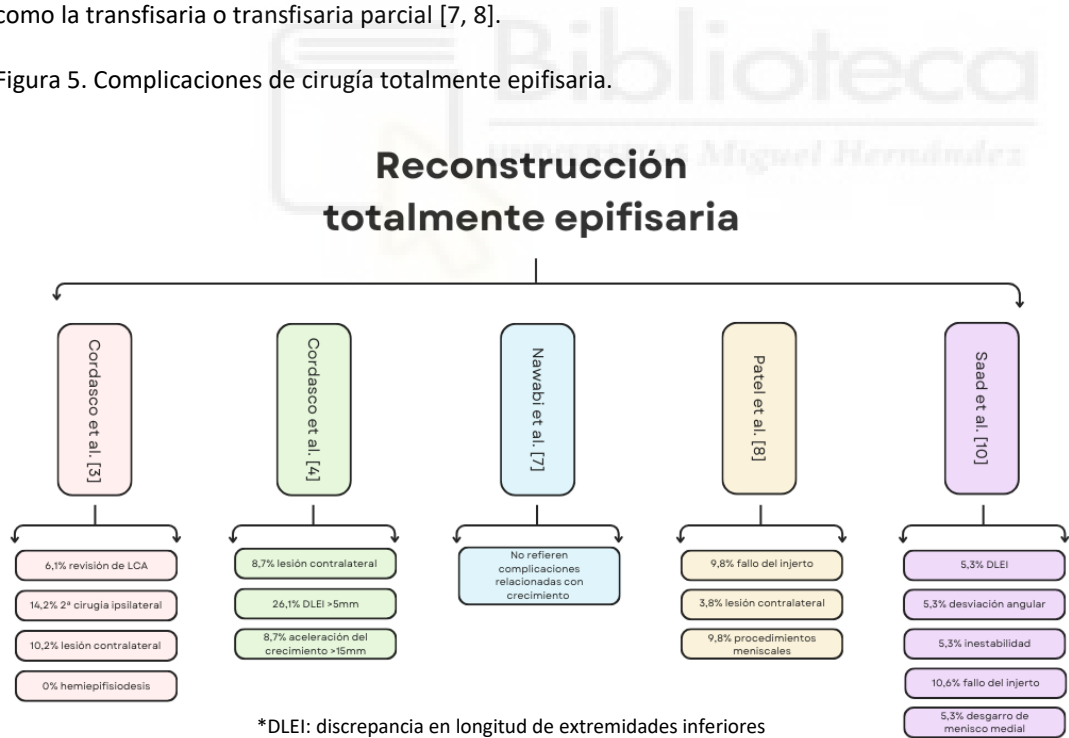
Los autores que, por otra parte, han utilizado la técnica transfisaria parcial son Chambers et al. [2], Cordasco et al. [3], Nawabi et al. [7], Rivarola Etcheto et al. [9] y Willson [12] (rango de edad 9-16 años). Esta técnica consiste en atravesar la fisis tibial proximal, pero eludir la fisis femoral distal. Es usada debido a que, en la extremidad inferior, la fisis femoral distal asume el 70% del crecimiento del fémur, mientras que la fisis tibial proximal asume el 60% del crecimiento de la tibia [14], además, esta última se osifica más precozmente, pudiendo atravesar esta fisis sin comprometer tan significativamente el desarrollo de la extremidad. Chambers et al. [2] aseguran que en pacientes con una edad media de 12,3 años hallaron alteraciones del crecimiento >10mm sólo en un 16,7% que fue leve y bien tolerada. Sin embargo, de estos, en los pacientes con un crecimiento restante superior a 5 años fue de un 66,7%, desestimando así esta técnica para pacientes con más de 5 años de crecimiento restante por elevada tasa de esta complicación. Además, este estudio [2] también comenta otras complicaciones que se exponen en la figura 4. Concluyen así que es una técnica válida, aunque se recomienda no usar en pacientes con más de 5 años de crecimiento restante. Nawabi et al. [7] y Rivarola Etcheto [9] utilizan ambos la variante all-inside, no obteniendo complicaciones de crecimiento a corto plazo. Por otra parte, Willson et al. [12] con la técnica tradicional obtienen un 91,3% de rodillas sin alteraciones, mientras que un 8,7% presentaron una aceleración del crecimiento femoral y tibial, que fue bien tolerada. Como se ha mencionado previamente, Cordasco et al [3] no distinguen diferencias entre técnica transfisaria y transfisaria parcial ya que se centran en los diferentes tipos de injertos, en cualquier caso, refieren que estas técnicas con injerto tipo HTH obtienen mejores resultados. En resumen, todos los autores comentan que la reconstrucción transfisaria parcial es una técnica segura en pacientes con fisis abiertas, excepto Chambers et al. [2] que coinciden con esta afirmación siempre que a los pacientes les reste poco tiempo de crecimiento.

Figura 4. Complicaciones de cirugía transfisaria parcial.



Respecto a la técnica de reconstrucción totalmente epifisaria, los autores que la describen son Cordasco et al. [3], Cordasco et al. [4], Nawabi et al. [7], Patel et al. [8] y Saad et al. [10] (rango de edad 8-16 años). El estudio llevado a cabo por los autores Cordasco et al. [3] sugiere que esta técnica conlleva una tasa elevada de retorno al deporte y una baja tasa de revisión. Nawabi et al. [7], al igual que con la reconstrucción transfisaria parcial, utiliza la variante all-inside sin obtener complicaciones significativas del crecimiento. Saad et al. [10], por el contrario, sí obtienen en su estudio alteraciones del crecimiento, aunque en baja proporción, así como inestabilidad y daños en menisco e injerto, se considera que el porcentaje de complicaciones es similar a estudios similares. Patel et al. [8], concluyen que esta técnica no genera diferencias significativas respecto a complicaciones en comparación a la reconstrucción transfisaria. Para resumir, los estudios llevados a cabo comentan que es una opción segura y válida, en concreto, Cordasco et al. [4] no hallan complicaciones que consideren significativas (aunque reflejan un mayor porcentaje de DLEI >5mm, consideran que es una afectación significativa cuando >20mm) y afirman que es la mejor técnica para pacientes a los que les restan 3-6 años de crecimiento, con tasas de rotura del injerto y de reintervención similares a otras técnicas como la transfisaria o transfisaria parcial [7, 8].

Figura 5. Complicaciones de cirugía totalmente epifisaria.



pacientes, se reportó una baja tasa de revisión de LCA (14%) con buenos resultados funcionales y ya que elude completamente las placas de crecimiento, es una técnica que no provoca alteraciones del crecimiento. Por su parte, la reconstrucción extra-intraarticular con banda iliotibial se considera una opción segura y efectiva para pacientes con varios años restantes de crecimiento. Coinciden con esta afirmación los autores López Martínez et al. [13], quienes han llevado a cabo el estudio centrado en los pacientes más jóvenes (rango de edad 7-12 años), quienes, por su parte, se centran en la proporción de retorno al deporte. Durante mínimo 2 años de seguimiento se encontró una muy alta tasa de retorno a la actividad deportiva, con buena función articular, disminuyendo la inestabilidad, con solo un 3,3% de fallo del injerto. Aunque sea una técnica quirúrgica compleja, ambos estudios concluyen que es una reconstrucción con buenos resultados funcionales y baja tasa de fracaso del injerto que es útil en pacientes más jóvenes, concretamente, López Martínez et al. [13] sugieren que es una técnica válida para pacientes menores de 12 años.

Como se ha recogido previamente, una de las complicaciones más frecuentes y graves en las cirugías intraarticulares es la alteración del crecimiento, tanto angular como lineal, lo que está determinado en gran medida por el área fisaria afectada, no sólo durante la intervención por daño directo y térmico, sino también posteriormente con el ensanchamiento de los túneles generados [10]. Estudios en animales sugieren que es suficiente que un 7-9% de la fisis femoral y/o un 4% de la fisis tibial se dañen para producir alteraciones significativas en el crecimiento [7, 10]. Los autores Cordasco et al. [4], Nawabi et al. [7] y Rivarola et al. [9] en sus estudios utilizan la variante all-inside para intentar paliar esta complicación. Rivarola et al. [9] no recoge ninguna complicación en relación al crecimiento, mientras que los otros dos [4,7] recogen disimetrías no significativas de <20mm y desviaciones angulares mínimas o nulas. Todos los estudios que recogen esta técnica concluyen que la variante all-inside es válida y recomendable con excelentes resultados.

En cuanto a otras complicaciones no tan definidas en los artículos como daño condral y meniscal, algunos estudios en adultos como la investigación realizada por Karikis et al. [5] concluyen que los pacientes sometidos a intervención quirúrgica temprana presentan mayor calidad de vida y menor tasa de artrosis y daño meniscal. Sin embargo, no se han encontrado artículos similares, comparativos, con suficiente potencia estadística centrados en niños, a pesar de que algunos autores como Rivarola et al. [9] sostienen que los pacientes intervenidos de forma temprana sufren menos complicaciones a largo plazo, siendo más frecuentes las lesiones intraarticulares, meniscales y condrales en pacientes no intervenidos quirúrgicamente o con retraso en el tratamiento hasta la madurez esquelética. Otros estudios [11, 13] sugieren que la intervención quirúrgica mejora la estabilidad de la articulación, y, por tanto,

disminuye el daño meniscal y condral. Se podría interpretar que la tasa de rotura del injerto es un reflejo de inestabilidad en la articulación. No obstante, a pesar de conllevar un trazo menos anatómico, las técnicas que evitan las fisis no parecen presentar un mayor índice de fallo del injerto que las técnicas fisarias. Por lo tanto, el hecho de que existan estos fallos del injerto podría deberse a factores como inestabilidad o fallo de la rodilla, ya que un gran porcentaje de estos pacientes ha conseguido volver a la práctica deportiva, sin embargo, esto no queda claramente reflejado en los artículos.

CONCLUSIÓN

Tras la revisión de estos estudios, se concluye que las técnicas quirúrgicas expuestas son seguras y válidas con bajo índice de alteraciones del crecimiento, siempre que se realicen en ciertos rangos de edad. Lo primero a realizar sería un estudio para confirmar el estado de las fisis y el crecimiento restante de los pacientes.

- La reconstrucción transfisaria se puede considerar para pacientes con fisis abiertas a los que les reste aproximadamente menos de 2 años de crecimiento.
- La reconstrucción transfisaria parcial puede ser útil para aquellos pacientes con aproximadamente 2-5 años de crecimiento restante o pacientes cuya placa de crecimiento femoral esté abierta pero la placa tibial se encuentre cerrada, no es una técnica recomendable para pacientes con más de 5 años de crecimiento restante.
- La reconstrucción totalmente epifisaria se propone para pacientes con un crecimiento restante de 3-6 años. Asimismo, en esta técnica y las anteriores expuestas, la variante all-inside parece dar menos complicaciones del crecimiento.
- La reconstrucción intra-extraarticular con banda iliotibial se puede ofrecer a pacientes más jóvenes, con buenos resultados en pacientes menores de 12 años.

Con la revisión de artículos recientes y concluyendo de esta manera que son técnicas seguras y eficaces sin grandes complicaciones del crecimiento, fallos del injerto ni reintervenciones y con elevadas tasas de retorno al deporte en los rangos de edad asumidos, además de generar más estabilidad a la articulación y disminuir el daño meniscal y condral se acepta la hipótesis primaria “Ante la rotura del LCA de un niño no es recomendable posponer la cirugía de reparación hasta el cierre de las fisis y limitar la actividad deportiva”.

Los estudios revisados coinciden en que las técnicas de reconstrucción que no atraviesan las placas de crecimiento

estabilizan la articulación de la misma forma que las técnicas para adultos, sin generar grandes complicaciones, por lo que se descarta la hipótesis secundaria “Las técnicas de reparación de LCA extrafisarias en niños son menos estables que las técnicas tranfisarias y pueden producir más complicaciones que las técnicas destinadas para adultos”.

A pesar de que las investigaciones sugieren estos datos, muchas de ellas abarcan una muestra pequeña de pacientes, lo que dificulta el estudio. De igual forma, los estudios difieren en los valores numéricos de lo que consideran una complicación significativa (10-20mm). Futuros estudios prospectivos sobre una cohorte más amplia y uniforme de pacientes esqueléticamente inmaduros con rotura de LCA podrían aportar respuestas más fiables a estas hipótesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calvo R, Figueroa D, Gili F, Vaisman A, Mocoçain P, Espinosa M, León A, Arellano S. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in patients with open physes: 10-year follow-up study. *Am J Sports Med*. 2015 Feb;43(2):289-94. doi: 10.1177/0363546514557939. Epub 2014 Nov 17. PMID: 25404615.
2. Chambers CC, Monroe EJ, Allen CR, Pandya NK. Partial Transphyseal Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Clinical, Functional, and Radiographic Outcomes. *Am J Sports Med*. 2019 May;47(6):1353-1360. doi: 10.1177/0363546519836423. Epub 2019 Apr 17. PMID: 30995077.
3. Cordasco FA, Black SR, Price M, Wixted C, Heller M, Asaro LA, Nguyen J, Green DW. Return to Sport and Reoperation Rates in Patients Under the Age of 20 After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Risk Profile Comparing 3 Patient Groups Predicated Upon Skeletal Age. *Am J Sports Med*. 2019 Mar;47(3):628-639. doi: 10.1177/0363546518819217. Epub 2019 Jan 15. PMID: 30645948.
4. Cordasco FA, Mayer SW, Green DW. All-Inside, All-Epiphyseal Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Skeletally Immature Athletes: Return to Sport, Incidence of Second Surgery, and 2-Year Clinical Outcomes. *Am J Sports Med*. 2017 Mar;45(4):856-863. doi: 10.1177/0363546516677723. Epub 2016 Dec 27. PMID: 28027452.
5. Karikis I, Åhlén M, Sernert N, Ejerhed L, Rostgård-Christensen L, Kartus J. The long-term outcome after early and late anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* [Internet]. 2018 Jun;34(6):1907–17.
6. Larson CM, Heikes CS, Ellingson CI, Wulf CA, Giveans MR, Stone RM, Bedi A. Allograft and Autograft Transphyseal Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Skeletally Immature Patients: Outcomes and

- Complications. *Arthroscopy*. 2016 May;32(5):860-7. doi: 10.1016/j.arthro.2015.10.014. Epub 2016 Mar 18. PMID: 26996346.
7. Nawabi DH, Jones KJ, Lurie B, Potter HG, Green DW, Cordasco FA. All-inside, physeal-sparing anterior cruciate ligament reconstruction does not significantly compromise the physis in skeletally immature athletes: a postoperative physeal magnetic resonance imaging analysis. *Am J Sports Med*. 2014 Dec;42(12):2933-40. doi: 10.1177/0363546514552994. Epub 2014 Oct 16. PMID: 25325558.
 8. Patel NM, DeFrancesco CJ, Talathi NS, Bram JT, Ganley TJ. All-epiphyseal Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Does Not Increase the Risk of Complications Compared With Pediatric Transphyseal Reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg*. 2019 Aug 15;27(16):e752-e757. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00276. PMID: 30531545.
 9. Rivarola Etcheto HF, Collazo Blanchod C, Carraro J, Cosini F, Meninato M. Reconstrucción de LCA mediante técnica epifisaria todo-adentro en pacientes con fisis abierta. *Artroscopia [Internet]*. 2021 Oct 31 [citado 2024 Jul 28];28(03).
 10. Saad L, Grimard G, Nault ML. Complication rates following all-epiphyseal ACL reconstructions in skeletally immature patients: A retrospective case series study. *Medicine (Baltimore)*. 2021 Nov 24;100(47):e27959. doi: 10.1097/MD.00000000000027959. PMID: 34964784; PMCID: PMC8615306.
 11. 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 Dec;43(12):2974-81. doi: 10.1177/0363546515608477. Epub 2015 Oct 23. PMID: 26498959.
 12. Willson RG, Kostyun RO, Milewski MD, Nissen CW. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Skeletally Immature Patients: Early Results Using a Hybrid Physeal-Sparing Technique. *Orthop J Sports Med*. 2018 Feb 20;6(2):2325967118755330. doi: 10.1177/2325967118755330. PMID: 29497620; PMCID: PMC5824916.
 13. Lopez Martínez JJ, Rodríguez-Roiz JM, Salcedo Cánovas C, García Paños JP, Toledo García S. Technique "without bone tunnels" (Micheli-Kocher) in anterior cruciate ligament reconstruction in growing patients. Surgical details and our experience with 19 cases. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2024 Sep 11:S1888-4415(24)00149-8. English, Spanish. doi: 10.1016/j.recot.2024.09.003. Epub ahead of print. PMID: 39271010.
 14. Bixby EC, Heyworth BE. Management of Anterior Cruciate Ligament Tears in Skeletally Immature Patients. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2024 Jul;17(7):258-272. doi: 10.1007/s12178-024-09897-9. Epub 2024 Apr 19. PMID: 38639870; PMCID: PMC11156825.