

ORIGINAL

Complicaciones asociadas a las diferentes técnicas de reconstrucción del ligamento cruzado anterior en menores de 18 años: Revisión sistemática



W. Tovar-Cuellar*, F. Galván-Villamarín y J. Ortiz-Morales

Unidad de Ortopedia, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Recibido el 1 de abril de 2017; aceptado el 5 de septiembre de 2017

Disponible en Internet el 20 de noviembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Técnicas de reconstrucción;
Ligamento cruzado anterior;
Esqueleto inmaduro;
Complicaciones

Resumen

Objetivo: Determinar las complicaciones de las técnicas de reconstrucción de ligamento cruzado anterior en menores de 18 años.

Metodología: Revisión sistemática usando las bases de datos Medline, Cochrane Database of Systematic Reviews y Embase (hasta julio de 2016). Se incluyeron estudios adicionales realizando búsqueda en las referencias bibliográficas de estudios previos. Los términos incluidos fueron «cruciate», «ligament», «anterior», «immature», «complications», «outcome», «ACL reconstruction», «cruciate ligament anterior reconstruction», «children», «child», «infants», «adolescent», «open physis», «growth plate» y «skeletal immature».

Resultados: Estudios incluidos: 73; pacientes: 1.300, con un promedio de edad de 13 años, el 70% eran hombres, con lesiones meniscales mediales en un 26% y laterales en un 30%. Hubo 11 casos de disimetría de longitud (0,8%), de los cuales, 4 se presentaron con las técnicas que respetan la fisis (1,4%), 3 con las técnicas que respetan las fisis parciales (2,2%) y 4 con las técnicas transfisiarias (0,4%). Hubo 22 casos de desviación del eje de la extremidad: 6 con las técnicas que respetan la fisis (2%), 3 con las técnicas que respetan la fisis parcial y 13 con las técnicas transfisiarias (1,4%). El uso de aloinjerto de tendón Aquiles y fascia lata se asoció a mayor presentación de disimetría de longitud y desviación de eje (25%).

Conclusiones: Las técnicas quirúrgicas tienen bajas tasas de complicaciones relacionadas con el crecimiento de los miembros inferiores, artrofibrosis y revisión. Hubo un mayor porcentaje de casos de disimetría de longitud y desviación de eje con las técnicas que respetan las fisis parciales pero, debido al nivel de evidencia de los estudios, no se puede determinar su relación de causalidad.

© 2017 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: wifer1087@gmail.com (W. Tovar-Cuellar).

KEYWORDS

Techniques reconstruction;
Anterior cruciate ligament;
Skeletally immature;
Complications

Complications associated with the techniques for anterior cruciate ligament reconstruction in patients under 18 years old: a systematic review

Abstract

Objective: Determine the complications related to the different techniques for anterior cruciate ligament reconstruction in patients under 18 years old.

Methodology: Systematic review using the databases Medline, Cochrane Database of Systematic Reviews and Embase (until July 2016), additional studies were included conducting a search of the references of previous studies. The terms included in the search were: «cruciate», «ligament», «anterior», «immature», «complications», «outcome», «acl reconstruction», «cruciate ligament anterior reconstruction», «children», «child», «infants», «adolescent», «open physis», «growth plate» and «skeletally immature».

Results: A number of 73 studies were included; 1300 patients in total, average age 13 years, 70% were male, medial and lateral meniscal lesions in 26% and 30% respectively. Eleven cases of length discrepancy (0,8%): 4 cases were presented with physeal-sparing techniques (1,4%), 3 cases with partial physeal-sparing techniques (2.2%) and 4 cases were presented with transphyseal techniques (0.4%). There were 22 cases of axis deviation: 6 cases with physeal-sparing techniques (2%), 3 cases with partial physeal-sparing techniques and 13 cases with transphyseal techniques (1.4%). The use of allograft achilles tendon allograft and fascia lata was associated with increased length discrepancy and axis deviation (25%). There was no difference according to Tanner.

Conclusions: The different anterior cruciate ligament reconstruction techniques in patients under 18 years old had low complications related to lower limb growth, arthrofibrosis and review. There was a higher percentage of cases of length discrepancy and axis deviation with physeal-sparing techniques than with the other surgical techniques. The evidence level studies cannot determine causality.

© 2017 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Las lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) se consideran raras en pacientes con esqueleto inmaduro; sin embargo, la incidencia en los últimos años ha aumentado. Dodwell et al. reportan aumento de la incidencia en Nueva York del 17 por 100.000 habitantes en 1990 a 50 casos por 100.000 en el 2009¹. Comstock et al. reportaron una tasa de incidencia de 14 por 100.000 en jugadoras de fútbol americano².

Ciertos factores intrínsecos y extrínsecos se han considerado factores de riesgo para lesión de LCA. Los factores extrínsecos incluyen deportes de contacto (fútbol, baloncesto, esquí), tipo de calzado y las condiciones climáticas²⁻⁶.

Dentro de las condiciones anatómicas están la disminución del ancho de la escotadura intercondílea, disminución del volumen del LCA, incremento de la inclinación posterior del fémur y tibia, hiperlaxitud ligamentaria, aumento del ángulo Q, inclinación anterior de la pelvis y la anteversión femoral⁷⁻⁹. Existe una mayor incidencia en las mujeres que en los hombres en una relación 2,9 a 1, explicada por la mayor presentación de las condiciones anatómicas predisponentes a lesión de LCA en las mujeres.

Luhmann reportó lesión de ligamento cruzado anterior en el 29% de los pacientes que presentaron derrame articular traumático, mientras que Stanistski et al. reportaron lesión en el 63% de los niños con hemartrosis. La incidencia de lesión meniscal asociada es del 29%^{10,11}. Krych et al.

reportan una tasa de curación del 74% en todos los tipos de lesiones meniscales luego de su reparación¹².

Las estrategias de prevención de lesión del LCA mediante el entrenamiento neuromuscular han mostrado que puede disminuir hasta un 67% la incidencia de rotura¹³.

El manejo conservador de estas lesiones se ha asociado a abandono de la actividad deportiva en el 50% de los casos, a lesión meniscal y del cartilago articular irreparables observada por RNM y artroscopia, además de posible desarrollo de osteoartritis¹⁴.

Múltiples técnicas de manejo quirúrgico se han descrito. El riesgo de alteraciones del crecimiento cuando se realiza reconstrucción de LCA que perfora la fisis no se ha establecido. La fisis distal del fémur y proximal de la tibia aportan el 60% del crecimiento de la extremidad inferior. La fisis distal del fémur aporta el 70% de la longitud femoral y su tasa de crecimiento es de 10 mm/año. La distancia entre la fisis del fémur distal y la inserción proximal del LCA es de 3 mm y es constante desde el nacimiento hasta la madurez ósea¹⁵. La fisis de la tibia proximal aporta el 55% del crecimiento tibial, con una tasa de crecimiento de 64 mm/año. La orientación, el tamaño y la velocidad con que se hacen los túneles son factores asociados a la magnitud de lesión de la fisis¹⁶.

Las técnicas quirúrgicas pueden ser divididas en extrafisarias, transfisarias totales o parciales y epifisarias. Según el tipo de injerto, se clasifican en aloinjerto o autoinjerto de isquiotibiales, tendón patelar, tendón del cuádriceps o banda iliotibial¹⁷.

A pesar de la gran variedad de tratamientos quirúrgicos, no existe un algoritmo basado en la evidencia para el manejo de estas lesiones en niños y adolescentes¹⁸.

Metodología

Población estudio

Pacientes menores de 18 años con lesión de ligamento cruzado que fueron llevados a reconstrucción quirúrgica.

Objetivos

El objetivo principal del estudio es determinar las complicaciones asociadas a la reconstrucción de LCA en menores de 18 años de edad, especialmente, las alteraciones de crecimiento de los miembros inferiores, tasas de infecciones y artrofibrosis. Los objetivos secundarios son determinar los resultados funcionales de las diferentes técnicas quirúrgicas de reconstrucción de LCA y evaluar el nivel de evidencia de la literatura actual acerca del manejo quirúrgico de las lesiones de LCA en menores de 18 años.

Criterios de elegibilidad

Estudios en pacientes menores de 18 años de edad que reporten las tasas de complicaciones; los estudios deben describir la técnica quirúrgica realizada y el tiempo de seguimiento mínimo debe ser de 6 meses.

Fuentes

Se realizó una búsqueda en las bases de datos electrónicas Medline, Cochrane Database of Systematic Reviews y Embase,

Método de búsqueda

No se hizo restricción de fecha inicial, hasta julio de 2016, sin restricción de idioma. Se limitó la búsqueda por edad (menores de 18 años de edad) y estudios en humanos. Los siguientes términos MeSH (del inglés: *medical subject headings*) fueron utilizados: «anterior cruciate ligament reconstruction», «humans», «infant», «child», «adolescent» junto con los siguientes términos *key words* (palabras de texto libre): «cruciate», «ligament», «anterior», «immature», «complications», «outcome», «ACL reconstruction», «cruciate ligament anterior reconstruction», «children», «open physis», «growth plate» y «skeletal immature» se utilizaron los elementos booleanos «AND» y «OR». Además, se realizó búsqueda manual en referencias bibliográficas de los estudios encontrados. La metodología de búsqueda fue verificada por 2 autores.

Selección de los estudios

Se revisaron los títulos y resúmenes de todos los estudios encontrados y aquellos que cumplieron los criterios de elegibilidad fueron incluidos. Una vez se obtenían los estudios

completos, se escogieron aquellos que cumplieran los criterios de inclusión. Se excluyeron los estudios que incluyeran pacientes con avulsión de espina tibial, lesiones parciales y los artículos de revisión o técnicas quirúrgicas.

La extracción de los estudios fue realizada por un autor y verificada según los criterios de elegibilidad por 2 autores de forma independiente basados en la declaración PRISMA¹⁹.

Variables analizadas

Se analizaron el tipo de estudio, nivel de evidencia, edad, Tanner, lesión meniscal asociada, tipo de injerto, tiempo de seguimiento, disimetría de longitud, deformidades angulares, tasas de revisión, otras complicaciones, el grado *International Knee Documentation Committee* (IKDC), IKDC subjetivo, promedio de *Lysholm score*, promedio de diferencia KT1000/KT2000.

Evaluación del riesgo de sesgo

Se clasificaron los estudios según el nivel de evidencia de acuerdo con la descripción realizada por Wright et al. en el 2003²⁰.

Análisis estadístico

Se planteó la realización de análisis estadístico a través de metaanálisis; sin embargo, debido a la diversidad de diseño de los estudios, esto no fue posible. Se realizó, entonces, análisis descriptivo de los datos a modo de revisión sistemática. Para la presentación de las características de los pacientes se calcularán promedios, frecuencias y porcentajes. Las variables cuantitativas se presentarán en promedios y desviaciones estándar.

Los estudios fueron divididos según el tipo de tratamiento quirúrgico en que respetan la fisis (extrafisiario y epifisiario), transfisiarios parcial, transfisiarios. Se clasificaron, además, por el nivel de evidencia.

Los criterios de inclusión, exclusión y metodología de análisis se especificaron en el protocolo diseñado con anterioridad.

Resultados

Estudios seleccionados

La búsqueda en las bases de datos PubMed, Cochrane y Embase arrojó 725 resultados y la búsqueda manual, 14 estudios adicionales. Luego de la depuración de los estudios duplicados quedaron 288 estudios. Luego de la revisión de los títulos y resúmenes se excluyeron 188 estudios que no cumplían los criterios de inclusión. Se obtuvo el texto completo de los 100 estudios restantes, de los cuales se excluyeron 27 que no cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. Al final, 73 estudios fueron incluidos en la revisión sistemática (fig. 1).

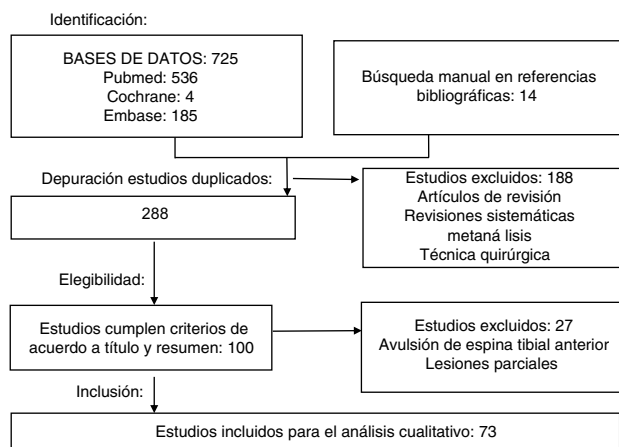


Figura 1 Selección de estudios.

Características de los estudios

El promedio de edad de los pacientes incluidos en los estudios fue de 13,03 años (DE: 1,4); el promedio de los pacientes de los estudios fue de 17,8 (17,9 rodillas). El 70% de los pacientes fueron hombres. Hubo 23 estudios que mencionaron el Tanner de los pacientes: Tanner 1-2 fue lo más frecuente (43%). Un total de 46 estudios reportaron la tasa de lesiones de menisco medial con un porcentaje en promedio del 26% (0-100%), mientras que 48 estudios reportaron lesiones de menisco lateral con un promedio del 30% (0-100%). Las técnicas quirúrgicas fueron divididas en 3 grupos: que respetan la fisis (23 estudios), respetan la fisis parcialmente (8 estudios) y transfisiarios (42 estudios). Múltiples tipos de injerto fueron utilizados. Las características de cada estudio se muestran en las tablas 1-2

Evaluación de riesgo de sesgo

Los 73 estudios incluidos en la revisión tenían un nivel de evidencia II-IV. Un estudio se clasificó en nivel II, 6 estudios en nivel III y los demás en nivel IV. Del total de estudios, solo 10 estudios fueron prospectivos, 55 retrospectivos y 8 no mencionaban el tipo de diseño. La mayoría de los estudios fueron series de casos y cohortes, los cuales no realizan cegamiento y no incluyen grupo de control. Este tipo de estudios permiten formular hipótesis, pero no las pueden comprobar.

Técnicas que respetan la fisis

En total 23 estudios describieron técnicas que respetan la fisis, para un total de 277 pacientes (21% del total), con una edad promedio de 12,3 años (rango: 8,7-15). Se presentaron 4 casos de dismetría de longitud de miembros inferiores (1,4%) —todos se debieron a sobrecrecimiento—, 6 pacientes tuvieron desviación del eje (2%) —4 deformidades en valgo y 2 deformidades en varo—, hubo 15 revisiones (5,5%) y un caso de artrofibrosis (0,3%). Dos estudios realizaron reparación primaria, con un total de 11 pacientes, los cuales no describieron complicaciones asociadas. Otros 7 estudios describieron técnicas epifisarias en un total de 108 pacien-

tes (109 rodillas), con un promedio de edad de 12 años (rango: 11-14); 10 casos de lesión de menisco medial (23%), 17 menisco lateral (29%), 2 casos de dismetría de longitud (1,8%), un caso de desviación de eje (0,9%), 8 casos de revisión (7%), no hubo artrofibrosis. Describieron técnicas extrafisiarias 14 estudios, con un total de 158 pacientes (159 rodillas), con edad promedio de 12 años, con 7 casos de dismetría de longitud, 2 de desviación del eje, 7 cirugías de revisión y un caso de artrofibrosis (tabla 3).

Técnicas que respetan la fisis parcialmente

Fueron incluidos 9 estudios, con un total de 134 pacientes y una edad promedio de 12 años. Había 26 casos de lesiones de menisco medial (19%) y 23 de menisco lateral (17%), 3 casos de dismetría de longitud (disminución de longitud) y 3 casos de desviación del eje (2,2%). La tasa de revisión fue de 6% (8 casos), no hubo casos de artrofibrosis. En 7 de los estudios se describía la técnica transfisiaria tibial, con un total de 118 pacientes. Todos los casos de dismetría de longitud, desviación de eje y revisión se presentaron con la técnica transfisiaria tibial (tabla 3).

Técnicas transfisiarias

Describieron técnicas transfisiarias 41 estudios, con un total de 889 pacientes y 896 rodillas, con una edad promedio de 13,5 años: recogían 143 casos de lesiones del menisco medial y 176 del menisco lateral (16 y 20%, respectivamente). Se presentaron 4 casos de dismetría de longitud de miembros inferiores (0,4%) (un caso de sobrecrecimiento), 11 casos de desviación del eje de la extremidad (1,4%), 9 casos por deformidad en valgo y los otros 2 por recurvatum. Hubo 43 casos de revisión (4,8%) (tabla 3).

Subdivisión según Tanner

Describieron según el Tanner sus resultados 23 estudios. Sin embargo, solo 13 describían Tanner 1-2 y 3-4. Otros 10 estudios incluyeron a pacientes con Tanner 1-2 y 3 estudios Tanner 3-4. En los estudios con Tanner 1-2 se presentó un caso de desviación de eje (0,8%), 6 casos de revisión (5%) y ningún caso de dismetría de longitud. En los estudios con Tanner 3-4, hubo 4 casos de revisión (10%) y no hubo ningún caso de alteraciones en el crecimiento de las extremidades inferiores.

Subdivisión según tipo de injerto

Múltiples injertos fueron utilizados: banda iliotibial (5 estudios), tendones de isquiotibiales (40 estudios), tendón patelar (10 estudios), cuádriceps (4 estudios), aloinjerto de Aquiles (2 estudios), aloinjerto de HTH (un estudio), aloinjerto tibial anterior¹, combinación de varios de los anteriores (20 estudios). Los injertos que presentaron casos de dismetría de longitud fueron: banda iliotibial (1,3%), isquiotibiales (1%), patelar (2,4%), cuádriceps (0,9%), aloinjerto de fascia lata/Aquiles (25%), HTH/isquiotibiales (1,6%) ($p < 0,05$). Los casos de desviación de eje se distribuyeron así: banda iliotibial (1,3%), isquiotibiales (1,1%),

Tabla 1 Respetan la fisis

Autor	L Meniscal											Complicaciones (n)					
	Año	P/R	NE	E	Pac	Rod	Tann	H en %	M en %	L en %	Injerto	Técnica	Tx de seg (mes)	Disc long	Desv del eje	Rev LCA	Fibr.
Kotcher et al. ¹	2005	R	IV	10	44	44	1,2	64	9	52	B. iliotib	Extrafis.	64	0	0	2	-
Micheli et al. ²	1999	R	IV	11	8	8	1	88	38	38	B. iliotib	Extrafis.	67	0	0	0	-
Nakhostine et al. ³	1995	R	IV	14	5	5	-	100	-	20	B. iliotib	Extrafis.	53	0	0	0	-
Willimon et al. ⁴	2015	R	IV	12	21	22	-	100	22	18	B. iliotib	Extrafis.	36	0	0	3	-
Chotel et al. ⁵	2010	R	IV	8,7	2	2	-	100	-	-	B. iliotib	Extrafis.	-	1	1	0	-
DeLee y Curtis ⁶	1983	R	IV	11	3	3	-	-	-	67	Sutura	-	25	0	0	0	-
Engebretsen et al. ⁷	1988	R	IV	15	8	8	-	25	38	13	Sutura	-	64	0	0	0	-
Brief ⁸	1991	R	IV	15	6	6	-	83	-	-	Isquio	Extrafis.	-	0	0	0	-
Parker et al. ⁹	1994	R	IV	13	5	5	-	-	40	100	Isquio	Extrafis.	33	0	0	0	1
Anderson et al. ¹⁰	2003	R	IV	13	12	12	1,2,3	83	17	67	Isquio	Extrafis.	49	1	0	0	-
Benedetto et al. ¹¹	1996	-	IV	12	5	5	-	40	-	-	T. patel	Extrafis.	42	0	0	0	-
Seil and Robert ¹²	2005	-	IV	11	15	15	-	-	-	-	T. patel	Extrafis.	-	0	3	0	-
Bonnard et al. ¹³	2011	R	III	12	56	56	-	77	9	20	T. patel	Extrafis.	66	0	0	3	-
Severyns et al. ¹⁴	2016	R	IV	14	11	11	-	91	27	9	T. patel	Extrafis.	25	0	0	2	-
Robert et al. ¹⁵	2010	R	IV	14,5	1	1	1	100	100	0	T. patel	Extrafis.	90	0	1	0	-
Robert y Bonnard ¹⁶	1999	R	IV	11	8	8	-	88	13	25	T. patel	Extrafis.	37	0	0	0	-
Janarv et al. ¹⁷	1996	R	III	14	15	15	-	-	-	-	HTH/isquio.	Extrafis.	36	0	0	0	-
Koch et al. ¹⁸	2014	R	IV	12	12	13	-	83	-	-	Isquio.	Epifis.	54	2	1	3	-
Lawrence et al. ¹⁹	2010	R	IV	11	3	3	1	100	33	33	Isquio.	Epifis.	12	0	0	0	-
McCarthy et al. ²⁰	2012	R	IV	11	2	2	-	100	-	-	Isquio.	Epifis.	6	0	0	0	-
Koizumi et al. ²¹	2013	R	IV	14	15	15	3,4	53	27	33	Isquio.	Epifis.	38	0	0	2	-
Nawabi et al. ²²	2014	P	IV	12	15	15	-	-	-	-	Isquio.	Epifis.	18,5	0	0	0	-
Philippou et al. ²³	2015	R	IV	-	5	5	1,2	-	-	-	Isquio.	Epifis.	24	0	0	0	-

Autor	L Meniscal											complicaciones				
	Año	P/R	NE	E	Pac	Rod	Tann	H	M	L	Injerto	Técnica	Tx de seg (mes)	Disc long	Desv del eje	Rev LCA
Guzzanti et al. ²⁴	2003	R	IV	10,9	5	5	1	100	20	0	Isquio	T fem	69	0	0	0
Hoffman et al. ²⁵	1998	R	IV	-	11	11	-	-	36	27	Isquio	T. fem	56	0	0	0
Lipscomb et al. ²⁶	1986	R	IV	-	24	24	-	0	50	29	Isquio	T. tib	35	1	0	-
Bisson et al. ²⁷	1998	R	IV	-	9	9	-	100	-	-	Isquio	T. tib	39	0	0	2
Nawabi et al. ²²	2014	P	IV	14,3	8	8	-	-	-	-	Isquio	T. tib	18,5	0	0	0
Kawamura et al. ²⁸	2014	P	IV	10,7	12	12	1,2	58	17	0	Isquio	T. tib	180	0	0	3
Cassard et al. ²⁹	2014	R	IV	13	28	28	-	71	-	-	Isquio	T. tib	34	0	0	2
Henry et al. ³⁰	2009	R	III	12,6	29	29	1,2,3,4	90	10	31	B. iliotib/Q	T. tib	27	0	1	0
Andrews et al. ³¹	1994	R	IV	13,5	8	8	-	100	50	50	Alo. F. lata/Aqui.	T. tib	58	2	2	1

B. iliote: banda iliotibial; Desv del eje: desviación del eje; Disc long: dismetría de longitud; Epifis: epifisiario; Extrafis: extrafisiario; Fibr: artrofibrosis; H: hombres; isquio: isquiotibiales; L: lateral; M: medial; NE: nivel de evidencia; P: prospectivo; Pac: paciente; R: retrospectivo; Rod: rodillas; Rev LCA: revisión de LCA; T. patel: tendón patelar; Tann: Tanner; Tx de seg: tiempo de seguimiento.

B. iliote: banda iliotibial; Desv del eje: desviación del eje; Disc long: dismetría de longitud; Isquio: isquiotibiales; M: medial; L: lateral; NE: nivel de evidencia; P: prospectivo; Pac: paciente; Q: cuádriceps; R: retrospectivo; Rod: rodillas; Rev LCA: revisión de LCA; T. femoral: transfisiario femoral; T. tib: transfisiario tibial; Tann: Tanner; H: hombres; Tx de seg: tiempo de seguimiento.

Tabla 2 Transfisiarios

Autor	Año	P/R	NE	E	P	R	Tann	H	L Meniscal		Injerto	Tx de seg (mes)	complicaciones (n)			
									M	L			Disc long	Desv del eje	Rev LCA	Fibr.
Aichroth et al. ³²	2002	R	III	13	45	47	-	71%	19%	17%	Isquio	49	0	0	3	-
Attmanspacher et al. ³³	2002	P	IV	10	8	8	-	-	13	-	Isquio	14	0	0	0	-
Bollen et al. ³⁴	2008	P	IV	13,4	5	5	1,2	100%	20%	20%	Isquio	35	0	0	0	-
Casper et al. ³⁵	2006	R	IV	14,7	13	13	-	54%	-	-	Isquio	-	0	0	0	-
Gaulrapp y Haus ³⁶	2006	R	IV	14,6	15	15	-	-	-	-	Isquio	78	0	0	1	-
Kocher et al. ³⁷	2007	R	IV	14,7	59	61	-	39%	16%	41%	Isquio	43	0	0	2	3
Liddle et al. ³⁸	2008	P	IV	12,1	17	17	1,2	82%	41%	24%	Isquio	44	0	1	1	-
Marx et al. ³⁹	2008	R	IV	13,4	55	55	-	60%	25%	42%	Isquio	42	0	0	3	-
Matava y Siegel ⁴⁰	1997	R	IV	14,8	8	8	-	75%	13%	50%	Isquio	32	0	0	1	-
Koman et al. ⁴¹	1999	R	IV	14,3	1	1	-	100%	0%	0%	Isquio	35	0	1	0	-
McIntosh et al. ⁴²	2006	R	IV	13,6	16	16	-	69%	31%	13%	Isquio	41	1	0	2	-
Schneider et al. ⁴³	2008	R	IV	-	15	15	-	53%	53%	53%	Isquio	25	0	0	0	-
Higuchi et al. ⁴⁴	2009	P	IV	14,5	10	10	-	40%	-	-	Isquio	6	-	-	-	-
Seon et al. ⁴⁵	2005	R	IV	14,7	11	11	2,3,4	100%	55%	55%	Isquio	78	0	0	0	-
Sobau y Ellermann ⁴⁶	2004	R	IV	14,2	25	25	-	-	24%	40%	Isquio	31	0	0	3	-
Courvoisier et al. ⁴⁷	2011	R	IV	14	37	37	-	46%	11%	21%	Isquio	36	0	0	0	-
Streich et al. ⁴⁸	2010	P	II	13,7	94	94	1,2,3,4	60%	20%	10%	Isquio	38	0	0	4	2
Hui et al. ⁴⁹	2012	R	IV	12	12	12	1,2	75%	-	-	Isquio	25	0	0	0	-
Kumar et al. ⁵⁰	2013	P	IV	11,3	32	32	1,2,3	89%	19%	22%	Isquio	72,3	0	1	1	-
Lemaitre et al. ⁵¹	2014	R	IV	13,5	13	14	-	-	14%	36%	Isquio	15,5	0	2	0	-
Calvo et al. ⁵²	2014	R	IV	13	27	27	2,3,4	59%	37%	7%	Isquio	127	0	0	4	-
Larson et al. ⁵³	2016	R	IV	13,5	29	30	1,2,3	45%	13%	33%	T. ant/Isquio	48,1	0	1	5	-
Shifflett et al. ⁵⁴	2016	R	IV	14,6	4	4	-	50%	-	-	Isquio	30,7	0	4	0	-
Thompson et al. ⁵⁵	2006	-	IV	-	30	30	-	-	-	-	Isquio/alo.	36	0	0	1	2
Arbes et al. ⁵⁶	2007	R	IV	-	7	7	-	-	-	-	T. patel	65	0	0	0	-
Lukas et al. ⁵⁷	2007	-	-	13,2	16	16	-	-	13%	13	T. patel	14	0	0	0	-
McCarroll et al. ⁵⁸	1994	R	III	13,7	60	60	-	48	-	-	T. patel	50	0	0	3	2
Shelbourne et al. ⁵⁹	2004	R	IV	14,8	16	16	3,4	69	38	56	T. patel	41	0	0	1	-
Memeo et al. ⁶⁰	2012	R	IV	14,4	10	10	3	-	-	-	T. patel	24,9	0	0	1	-
Cohen et al. ⁶¹	2009	R	IV	13,3	26	26	1,2,3,4	42	19	3	Q	45	0	0	3	-
Mauch et al. ⁶²	2011	R	IV	13	49	49	-	57	-	-	Q	60	0	1	0	-
Redler et al. ⁶³	2012	R	IV	14,2	18	18	-	67	22	33	Q	43,4	0	0	0	-
Kohl et al. ⁶⁴	2014	P	IV	12,8	15	15	2,3,4	80	-	-	Q	49	2	1	0	-
Lo et al. ⁶⁵	1997	R	IV	12,9	5	5	-	-	40	40	Isqu/Q	89	0	0	0	-
Vaquero et al. ⁶⁶	2005	-	-	13,6	15	15	-	40	-	-	T. patel/isqui	27	0	0	1	-
Pressman et al. ⁶⁷	1997	R	III	-	11	11	-	-	-	-	T. patel/isqui	-	0	0	0	-
Edwards y Grana ⁶⁸	2001	-	-	13,7	19	20	-	37	20	65	T. patel/isqui	34	1	1	2	-
Sankar et al. ⁶⁹	2006	R	IV	15,6	12	12	-	50	33	58	Alo. Aqui	64	0	0	0	1
Aronowitz et al. ⁷⁰	2000	-	-	13,4	15	15	-	47	-	-	Alo. Aqui	20	0	0	0	-
Fuchs et al. ⁷¹	2002	R	IV	13,2	10	10	-	60	50	40	Alo. T. Patel	40	0	0	0	-
Cho et al. ⁷²	2011	R	IV	12,4	4	4	2,3	0	-	-	Alo. T. ant	32,3	0	0	0	-

alo: aloinjerto; Aqui: Aquiles; Desv del eje: desviación del eje; Disc long: disimetría de longitud; F. lata: fascia lata; H: hombres; isquio: isquiotibiales; L: lateral; M: medial; NE: nivel de evidencia; P: paciente; P: prospectivo; Q: cuádriceps; R: retrospectivo; R: rodillas; Rev LCA: revisión de LCA; T. ant: tibial anterior; T. patel: tendón patelar; Tann: Tanner; Tx de seg: tiempo de seguimiento.

Tabla 3 Complicaciones según la técnica quirúrgica

Técnica	Edad	Pac	Rod	M med	M lat	D log n (%)	Desv. eje n (%)	Rev	Artro
Epifisiario	12	108	109	21	47	2 (1,8)	1 (0,9)	8 (7)	0
Extrafisiario	12	158	159	10	17	2 (1,2)	5 (3,1)	7 (4)	1 (0,6)
Sutura	13	11	11	3	2	0	0	0	0
Total		277	279	34	66	4(1,4)	6 (2)	15 (5,5)	1 (0,3)
Transfisiario fem.	11	16	16	5	3	0	0	0	0
Transfisiario tib.	13	118	118	21	20	3 (2,5)	3 (2,5)	8 (6,7)	0
Total	12	134	134	26	23	3 (2,2)	3 (2,2)	8 (6,0)	0
Transfisiario	13,5	889	896	143	176	4 (0,4)	13 (1,4)	43 (4,8)	10 (1,1)
Total	13	1300	1309	203	206	11 (0,8)	22 (1,6)	65 (5)	11 (0,8)

Artro: artrofibrosis; D log: disimetría de longitud; Desv. eje: desviación de eje; M lat: menisco lateral; M med: menisco medial; Pac: pacientes; Rev: revisión; Rod: rodilla.

Tabla 4 Complicaciones según el tipo de injerto

Complicaciones (%)	Disimetría de longitud	Desv. de eje	Revisión	Artrofibrosis
Banda iliotibial	1,3	1,3	6	0
Isquiotibiales	1	1,1	4	0,8
Patelar	2,4	0,5	5	0,9
Cuádriceps	0,9	2,8	2,7	0
Alo. F. lata/Aquiles	25	25	14	0
HTH/isquiotibiales	1,6	1,6	4,9	0
B. iliotibial/cuádriceps	0	3,4	0	0
Isquiotibiales/Alo. tibial A.	0	3,3	16	0
Isquiotibiales/cuádriceps	0	0	0	0
Isquiotibiales/Aloinjerto de Aquiles	0	0	3	6,6
Aloinjerto tibial anterior	0	0	0	0
Aloinjerto de Aquiles	0	0	0	3,7
Aloinjerto HTH	0	0	0	0

Alo. F. lata: aloinjerto de fascia lata; Alo. tibial A: aloinjerto de tibial anterior; B. iliotibial: banda iliotibial; Desv.: desviación.

patelar (0,5%), cuádriceps (2,8%), aloinjerto de fascia lata/Aquiles (25%), HTH/isquiotibiales (1,6%), banda iliotibial/cuádriceps (3,4%), isquiotibiales/Aquiles (3,3%) ($p < 0,05$) (tabla 4).

Discusión

La incidencia de lesiones de LCA en paciente con esqueleto inmaduro está en aumento. Shea et al. reportaron que estas lesiones representan el 6,7% de todas lesiones en jugadores de fútbol de 5 a 18 años de edad y el 30,8% de las lesiones en rodilla en esta población²¹.

La incidencia de lesiones asociada a la rotura del LCA se considera alta¹⁸. Millet et al. encontraron lesiones intraarticulares asociadas en el 67% de los pacientes con rotura del LCA²². Además, en el mismo estudio se encontró que el retraso en el procedimiento quirúrgico aumenta la incidencia de lesiones meniscales (de 37,5 a 53,4%, con punto de corte de 5 meses). Chhadia et al. mostraron en estudio retrospectivo de 1.252 pacientes que el riesgo de lesión meniscal y del cartílago articular irreparable se aumenta con el retardo en el procedimiento quirúrgico (lesión meniscal: 6 meses OR: 1,8; >12 meses OR: 2,19; p : 0,01; cartílago articular >12 meses; OR: 1,57; p : 0,009)²³. Sin embargo, Moksnes et al. encontraron una incidencia baja de lesiones

meniscales luego del manejo conservador, con una tasa del 19%²⁴. En la presente revisión se encontró una prevalencia del 26% de lesión del menisco medial y del 30% del menisco lateral, además, no se encontró relación entre el tiempo de retraso de cirugía y el aumento de lesiones meniscales (lateral $p = 0,5$; medial $p = 0,1$).

Anteriormente se consideraba el manejo conservador de estas lesiones como el tratamiento de elección en el paciente con esqueleto inmaduro, debido a que las reconstrucciones quirúrgicas podrían aumentar el riesgo de barras fisiarias, que conllevan alteraciones de crecimiento de las extremidades inferiores^{25,26}. Vavken et al. realizaron revisión sistemática sobre el tratamiento de las lesiones del LCA y encontraron que el tratamiento conservador tenía pobres resultados clínicos y alta incidencia de defectos secundarios, incluyendo lesiones meniscales y del cartílago articular. Sin embargo, esta revisión incluía estudios con nivel de evidencia III y IV²⁷. Ramski et al. realizaron metaanálisis para comparar los resultados funcionales, retorno a la actividad previa, lesiones meniscales sintomáticas e inestabilidad en pacientes con tratamiento conservador vs. manejo quirúrgico: 33 estudios reportaron inestabilidad, la cual fue más frecuente en el grupo de manejo conservador (13,6 vs. 75%; $p < 0,01$). Las lesiones meniscales fueron más frecuente en el grupo que no fue manejado quirúrgicamente (35,4 vs. 3,9%; $p = 0,02$), además con mejores resultados funcionales en la

escala International Knee Documentation Committee (IKDC) ($p = 0,02$)²⁸. Resultados similares han sido descritos por otros autores^{29,30}.

Múltiples técnicas de reconstrucción de LCA han sido descritas; estas pueden clasificarse en 3 grupos de acuerdo con la ubicación de los túneles respecto a la fisis: respetan la fisis, transfisiarias parciales y transfisiarias totales¹⁷.

Desde el punto de vista teórico, las técnicas transfisiarias pueden generar alteraciones en el crecimiento de los miembros inferiores. Múltiples estudios en animales y humanos se han realizado al respecto. Stadelmaier et al. compararon el defecto fisiario con y sin un uso de tejido blando de interposición en el injerto en perros, y concluyeron que el uso de tejido de interposición prevenía la formación de barras fisiarias³¹. Otros estudios en animales han mostrado que el daño por encima del 7-9% del área de la fisis genera alteraciones de crecimiento de las extremidades a pesar de realizar interposición de tejido blando³². Kercher et al. revisaron a 31 pacientes con reconstrucción transfisiaria de LCA usando RNM y modelo tridimensional, y encontraron que los túneles de 8 mm afectaban <3% del área de la fisis y concluyeron que el diámetro del túnel es más ofensivo que el ángulo de brocado¹⁶.

Keading et al. realizaron una revisión sistemática con el objetivo de determinar la técnica quirúrgica superior en pacientes Tanner I, II y III menores de 15 años: encontraron resultados clínicos y funcionales excelentes y baja tasa de complicaciones con las técnicas transfisiarias y las que respetan la fisis en pacientes Tanner II y III. Además, realizaron recomendación de uso de técnicas que respetan la fisis en pacientes Tanner I; sin embargo, la revisión no incluyó estudios con técnicas transfisiarias en pacientes Tanner I³³. Collins et al. realizaron una revisión sistemática que analizaba las alteraciones de crecimiento de los miembros inferiores de acuerdo con la técnica quirúrgica, tipo de injerto y método de fijación. La revisión incluyó 21 estudios, con una edad promedio de 13 años, hubo 39 casos de alteraciones de crecimiento, de los cuales, el 25% de las deformidades angulares y el 47% de las dismetrías de longitud ocurrieron con las técnicas que respetan la fisis. Además, de los 29 casos de dismetría de longitud, el 62% se debió a sobrecrecimiento de la extremidad (50% técnicas que respetan la fisis).

Las limitaciones de la revisión son el bajo nivel de evidencia de los estudios incluidos y los parámetros de anormalidad en la dismetría de longitud y de deformidades angulares, que no están estandarizados³⁴. Frosch et al. realizaron un metaanálisis en el cual incluyeron 55 estudios y 935 pacientes; las técnicas transfisiarias se asociaron con menor riesgo de dismetría de longitud o desviación de eje comparadas con técnicas que respetan la fisis (1,9 vs. 5,8%; RR: 0,34; IC 95%: 0,14-0,81), pero sí a mayor riesgo de rotura (4,2 vs. 1,4%; RR: 2,91; IC 95%: 0,70-12,12)³⁵.

La mayoría de los casos de desviación de eje presentaron recurvatum y valgo. Esto puede ser explicado porque al realizar el túnel tibial puede lesionarse la parte anterior medial de la epífisis y producir el cierre prematuro de la fisis anterior. Otra explicación es que el injerto, al colocarse distal a la fisis tibial (extrafisiario), genera tensión y bloquea el crecimiento de la porción anterior de la fisis^{36,37}.

En nuestra revisión se encontraron tasas de dismetría de longitud y desviación de eje similares con las diferen-

tes técnicas quirúrgicas, con un mayor porcentaje de casos de dismetría de longitud en el grupo de técnica transfisiaria parcial, comparado con las técnicas que respetan la fisis y las transfisiarias (2,2; 1,4% y 0,4%, respectivamente).

Respecto a las complicaciones asociadas al tipo de injerto, se encontró que los pacientes que utilizaron aloinjerto de fascia lata o tendón de Aquiles presentaron un 25% de desviación de eje y dismetría de longitud; todos los casos se presentaron en el estudio de Andrew et al. que usaron técnica transfisiaria tibial y *over the top* femoral. Los 2 casos de dismetría de longitud presentaban una diferencia de 10 y 8 mm de longitud de la tibia, pero la diferencia de longitud de toda la extremidad era de 3 y 7 mm en comparación con la pierna sana³⁸. El uso de tendón patelar se asoció a mayor porcentaje de dismetría de longitud en comparación con tendón de isquiotibiales (2,4 vs. 1%). Este hallazgo coincide con el metaanálisis de Frosch et al., en el que hubo un ligero riesgo de dismetría de longitud y desviación de eje en el grupo de HTH pero estadísticamente no significativo³⁵.

Limitaciones

La mayoría de los estudios tenían nivel de evidencia IV. Esto implica que todos los estudios no tenían cegamiento. Aunque se pueden realizar asociaciones entre las variables, no podemos establecer relación de causalidad y, en el caso de esta revisión, la relación de causalidad entre el tipo de técnica quirúrgica realizada y las complicaciones presentadas no puede ser establecida. Por otro lado, las características de los diferentes estudios eran muy heterogéneas, lo que hace difícil la comparación indirecta. Además, la definición de dismetría de longitud y desviación de eje no está establecida, por lo cual los estudios pueden tener puntos de cortes diferentes.

Conclusiones

Esta revisión sistemática muestra una baja tasa de complicaciones relacionadas con el crecimiento de los miembros inferiores, artrofibrosis y revisión en pacientes menores de 18 años de edad. Por lo tanto, las diferentes técnicas quirúrgicas son seguras, hubo un mayor porcentaje de casos de dismetría de longitud con las técnicas que respetan la fisis y desviación de eje con la técnica transfisiarias parciales pero, debido al nivel de evidencia de los estudios, no se puede determinar relación de causalidad.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia III.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Bibliografía

- Dodwell ER, LaMont LE, Green DW, Pan TJ, Marx RG, Lyman S. 20 years of pediatric anterior cruciate ligament reconstruction in New York State. *Am J Sports Med.* 2014;42:675–80.
- Kaeding CC, Aros B, Pedroza A, Pifel E, Amendola A, Andrich JT, et al. Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction: Predictors of failure from a moon prospective longitudinal cohort. *Sports Health.* 2011;3:73–81.
- Drakos MC, Hillstrom H, Voos JE, Miller AN, Kraszewski AP, Wic-kiewicz TL, et al. The effect of the shoe-surface interface in the development of anterior cruciate ligament strain. *J Biomech Eng.* 2010;132:011003.
- Orchard JW, Powell JW. Risk of knee and ankle sprains under various weather conditions in American football. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1118–23.
- Taylor SA, Fabricant PD, Khair MM, Haleem AM, Drakos MC. A review of synthetic playing surfaces, the shoe-surface inter-face, and lower extremity injuries in athletes. *Phys Sportsmed.* 2012;40:66–72.
- Fabricant PD, Jones KJ, Delos D, Cordasco FA, Marx RG, Pearle AD, et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament in the skeletally immature athlete: A review of current concepts: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:e28.
- Drakos MC, Taylor SA, Fabricant PD, Haleem AM. Synthetic playing surfaces and athlete health. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21:293–302.
- Swami VG, Mabee M, Hui C, Jaremko JL. Three-dimensional intercondylar notch volumes in a skeletally immature pedia-tric population: A magnetic resonance imaging-based anatomic comparison of knees with torn and intact anterior cruciate liga-ments. *Arthroscopy.* 2013;29:1954–62.
- Hertel J, Dorfman JH, Braham RA. Lower extremity malalign-ments and anterior cruciate ligament injury history. *J Sports Sci Med.* 2004;3:220–5.
- Hashemi J, Chandrashekar N, Mansouri H, Gill B, Slauterbeck JR, Schutt RC Jr, et al. Shallow medial tibial plateau and steep medial and lateral tibial slopes: New risk factors for anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 2010;38:54–62.
- Luhmann SJ. Acute traumatic knee effusions in children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2003;23:199–202.
- Krych AJ, Pitts RT, Dajani KA, Stuart MJ, Levy BA, Dahm DL. Surgical repair of meniscal tears with concomitant anterior cru-ciate ligament reconstruction in patients 18 years and younger. *Am J Sports Med.* 2010;38:976–82.
- Stanitski CL, Harvell JC, Fu F. Observations on acute knee hemarthrosis in children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 1993;13:506–10.
- Swart E, Redler L, Fabricant PD, Mandelbaum BR, Ahmad CS, Wang YC. Prevention and screening programs for anterior cru-ciate ligament injuries in young athletes: A cost-effectiveness analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:705–11.
- Oiestad BE, Engebretsen L, Storheim K, Risberg MA. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: A syste-matic review. *Am J Sports Med.* 2009;37:1434–43.
- Kercher J, Xerogeanes J, Tannenbaum A, Al-Hakim R, Black JC, Zhao J. Anterior cruciate ligament reconstruction in the ske-letally immature: An anatomical study utilizing 3-dimensional magnetic resonance imaging reconstructions. *J Pediatr Orthop.* 2009;29:124–9.
- Gausden EB, Calcei JG, Fabricant PD, Green DW. Surgical options for anterior cruciate ligament reconstruction in the young child. *Curr Opin Pediatr.* 2015;27:82–91.
- Ziebarth K, Kolp D, Kohl S, Slongo T. Anterior cruciate ligament injuries in children and adolescents: A review of the recent literature. *Eur J Pediatr Surg.* 2013;23:464–9.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting sys-tematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration. *BMJ.* 2009;339:b2700.
- Wright JG, Swiontkowski MF, Heckman JD. Introducing levels of evidence to the journal. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;1–3, 85-a(1).
- Shea KG, Pfeiffer R, Wang JH, Curtin M, Apel PJ. Anterior cru-ciate ligament injury in pediatric and adolescent soccer players: An analysis of insurance data. *J Pediatr Orthop.* 2004;24:623–8.
- 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.
- Chhadia AM, Inacio MC, Maletis GB, Csintalan RP, Davis BR, Funahashi TT. Are meniscus and cartilage injuries related to time to anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med.* 2011;39:1894–9.
- Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Prevalence and incidence of new meniscus and cartilage injuries after a nonoperative treatment algorithm for ACL tears in skeletally immature children: A prospective MRI study. *Am J Sports Med.* 2013;41:1771–9.
- Mohtadi N, Grant J. Managing anterior cruciate ligament defi-ciency in the skeletally immature individual: A systematic review of the literature. *Clin J Sport Med.* 2006;16:457–64.
- Woods GW, O'Connor DP. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med.* 2004;32:201–10.
- Vavken P, Murray MM. Treating anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients. *Arthroscopy.* 2011;27:704–16.
- Ramski DE, Kanj WW, Franklin CC, Baldwin KD, Ganley TJ. Anterior cruciate ligament tears in children and adolescents: A meta-analysis of nonoperative versus operative treatment. *Am J Sports Med.* 2014;42:2769–76.
- Graf BK, Lange RH, Fujisaki CK, Landry GL, Saluja RK. Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients: Menis-cal pathology at presentation and after attempted conservative treatment. *Arthroscopy.* 1992;8:229–33.
- McIntosh AL, Dahm DL, Stuart MJ. Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature patient. *Arthroscopy.* 2006;22:1325–30.
- Stadelmaier DM, Arnoczky SP, Dodds J, Ross H. The effect of drilling and soft tissue grafting across open growth plates. A histologic study. *Am J Sports Med.* 1995;23:431–5.
- Janarv PM, Wikstrom B, Hirsch G. The influence of transphyseal drilling and tendon grafting on bone growth: An experimental study in the rabbit. *J Pediatr Orthop.* 1998;18:149–54.
- Kaeding CC, Flanigan D, Donaldson C. Surgical techniques and outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction in preadolescent patients. *Arthroscopy.* 2010;26:1530–8.
- Collins MJ, Arns TA, Leroux T, Black A, Mascarenhas R, Bach BR Jr, et al. Growth abnormalities following anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature patient: A systematic review. *Arthroscopy.* 2016;32:1714–23.
- Frosch KH, Stengel D, Brodhun T, Stietencron I, Holsten D, Jung C, et al. Outcomes and risks of operative treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. *Arthroscopy.* 2010;26:1539–50.

36. Seil R, Pape D, Kohn D. The risk of growth changes during transphyseal drilling in sheep with open physes. *Arthroscopy*. 2008;24:824–33.
37. Meller R, Kendoff D, Hankemeier S, Jagodzinski M, Grotz M, Knobloch K, et al. Hindlimb growth after a transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament: A study in skeletally immature sheep with wide-open physes. *Am J Sports Med*. 2008;36:2437–43.
38. Andrews M, Noyes FR, Barber-Westin SD. Anterior cruciate ligament allograft reconstruction in the skeletally immature athlete. *Am J Sports Med*. 1994;22:48–54.
39. Kocher MS, Garg S, Micheli LJ. Physeal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:2371–9.
40. Micheli LJ, Rask B, Gerberg L. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are prepubescent. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;40–7.
41. Micheli LJ, Rask B, Gerberg L. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are prepubescent. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;40–7.
42. 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.
43. Chotel F, Henry J, Seil R, Chouteau J, Moyon B, Berard J. Growth disturbances without growth arrest after ACL reconstruction in children. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18:1496–500.
44. DeLee JC, Curtis R. Anterior cruciate ligament insufficiency in children. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;112–8.
45. Engebretsen L, Svenningsen S, Benum P. Poor results of anterior cruciate ligament repair in adolescence. *Acta Orthop Scand*. 1988;59:684–6.
46. Brief LP. Anterior cruciate ligament reconstruction without drill holes. *Arthroscopy*. 1991;7:350–7.
47. Parker AW, Drez D Jr, Cooper JL. Anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *Am J Sports Med*. 1994;22:44–7.
48. Anderson AF. Transepiphyseal replacement of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;1255–63, 85-a(7).
49. Benedetto KP, Fink C. Die vordere Kreuzbandplastik beim Jugendlichen mit noch offenen Epiphysenfugen. *Acta Chir Austr*. 1996;28:23–5.
50. Seil PDR, Robert H. VKB-Plastik bei offenen Wachstumsfugen. *Arthroskopie*. 2005;18:48–52.
51. Bonnard C, Fournier J, Babusiaux D, Planchenault M, Bergerault F, de Courtivron B. Physeal-sparing reconstruction of anterior cruciate ligament tears in children: Results of 57 cases using patellar tendon. *J Bone Joint Surg Br*. 2011;93:542–7.
52. Severyns M, Lucas G, Jallageas R, Briand S, Odri G, Fraisse B, et al. ACL reconstruction in 11 children using the Clocheville surgical technique: Objective and subjective evaluation. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102 4 Suppl:S205–8.
53. Robert HE, Casin C. Valgus and flexion deformity after reconstruction of the anterior cruciate ligament in a skeletally immature patient. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18:1369–73.
54. Robert H, Bonnard C. The possibilities of using the patellar tendon in the treatment of anterior cruciate ligament tears in children. *Arthroscopy*. 1999;15:73–6.
55. Janarv PM, Nystrom A, Werner S, Hirsch G. Anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop*. 1996;16:673–7.
56. 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.
57. Lawrence JT, Bowers AL, Belding J, Cody SR, Ganley TJ. All-epiphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature patients. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468:1971–7.
58. McCarthy MM, Graziano J, Green DW, Cordasco FA. All-epiphyseal, all-inside anterior cruciate ligament reconstruction technique for skeletally immature patients. *Arthrosc Tech*. 2012;1:e231–9.
59. Koizumi H, Kimura M, Kamimura T, Hagiwara K, Takagishi K. The outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:950–6.
60. 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;42:2933–40.
61. Philippou T, Kautzner J, Hladky V, Stastny E, Havlas V. [Evaluation of outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction in children and adolescents] [artículo en checo]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2015;82:398–403.
62. Guzzanti V, Falciaglia F, Stanitski CL. Physeal-sparing intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction in preadolescents. *Am J Sports Med*. 2003;31:949–53.
63. Hoffmann F, Friebel H, Schiller M, Reif G. Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur bei offenen Wachstumsfugen. *Arthroskopie*. 1998;11:28–33.
64. Lipscomb AB, Anderson AF. Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J Bone Joint Surg Am*. 1986;68:19–28.
65. Bisson LJ, Wickiewicz T, Levinson M, Warren R. ACL reconstruction in children with open physes. *Orthopedics*. 1998;21:659–63.
66. Demange MK, Camanho GL. Nonanatomic anterior cruciate ligament reconstruction with double-stranded semitendinosus grafts in children with open physes: Minimum 15-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2014;42:2926–32.
67. Cassard X, Cavaignac E, Maubisson L, Bowen M. Anterior cruciate ligament reconstruction in children with a quadrupled semitendinosus graft: Preliminary results with minimum 2 years of follow-up. *J Pediatr Orthop*. 2014;34:70–7.
68. Henry J, Chotel F, Chouteau J, Fessy MH, Berard J, Moyon B. Rupture of the anterior cruciate ligament in children: Early reconstruction with open physes or delayed reconstruction to skeletal maturity? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17:748–55.
69. Aichroth PM, Patel DV, Zorrilla P. The natural history and treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. A prospective review. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84:38–41.
70. Attmanspacher W, Dittrich V, Stedtfeld H. [Results on treatment of anterior cruciate ligament rupture of immature and adolescents] [artículo en alemán]. *Der Unfallchirurg*. 2003;106:136–43.
71. Bollen S, Pease F, Ehrenraich A, Church S, Skinner J, Williams A. Changes in the four-strand hamstring graft in anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally-immature knee. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90:455–9.
72. Casper D, Herrmann D, Ekkernkamp A, Nowotny T. Vordere Kreuzbandruptur bei offenen Wachstumsfugen. *Trauma und Berufskrankheit*. 2006;8:38–41.