

Sutura Meniscal en Niños. ¿En Qué Hemos Avanzado?

María Tuca,¹ Tomás Pineda,² Nazira Bernal,² Rafael Calvo¹

¹Clínica Alemana de Santiago, Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile

²Traumatología y Ortopedia, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

RESUMEN

La real incidencia de las lesiones meniscales en niños y adolescentes sigue siendo desconocida, aunque se estima que estas han aumentado en los últimos años. En este grupo de pacientes, tanto el examen físico como la resonancia magnética han reportado un menor rendimiento, por lo que la sospecha clínica debe ser alta. Aunque la literatura es escasa en niños y las bases del manejo de estas lesiones se extrapolan del manejo en adultos, la tendencia actual es la preservación meniscal. Dado el alto potencial de cicatrización y la mayor vascularización del menisco pediátrico, se extiende la indicación de sutura meniscal a toda aquella lesión reparable, independiente del patrón, extensión o tiempo de evolución en este grupo étareo.

La literatura reporta buenos resultados tras la reparación meniscal en pacientes pediátricos, con tasas de cicatrización promedio por sobre el 70%, que son al menos comparable a lo reportado en adultos. A la fecha, la técnica todo-dentro es la más utilizada por su fácil utilización y menor tiempo quirúrgico. Sin embargo, debemos ser especialmente cuidadosos para evitar una lesión neurovascular iatrogénica dado el menor tamaño y proximidad del paquete neurovascular en rodillas pediátricas. La principal complicación es la falla de la sutura, reportándose tasas comparables a la población adulta a pesar de su indicación extendida en niños y adolescentes. Se han identificado como factores protectores para la reparación meniscal la menor edad, la fisis abierta, roturas de patrones simples y la reconstrucción concomitante de ligamento cruzado anterior. En el presente artículo realizamos una detallada revisión de la literatura disponible sobre reparación meniscal en niños y adolescentes, enfatizando las diferencias versus población adulta. También presentamos nuestra experiencia y protocolo de rehabilitación para sutura meniscal en pacientes pediátricos.

Palabras Clave: Niños; Adolescentes; Rotura Meniscal; Reparación Meniscal; Rodilla Pediátrica

ABSTRACT

The true incidence of meniscal injuries in children and adolescents remains unknown, though estimated to have increased during the last years. Clinical suspicion must remain high since physical examination and magnetic resonance imaging have reported less accuracy for meniscal tears in pediatric patients. Although literature is scarce in children and adolescents and the basis for managing these lesions is extrapolated from adult population, the current trend is meniscal preservation. Considering the greater healing potential and vascularization of the pediatric meniscus, indications for meniscal suture are extended to all those tears amenable to repair in spite of their size, tear pattern and time to repair. Literature has demonstrated good outcomes for meniscal repair in children, with healing rates above 70%, comparable to those reported for adults. To date, the all-inside technique is the most frequently used for meniscal repair thanks to its simplicity and shorter operative time. However, we must be especially careful to avoid iatrogenic neurovascular injury given the smaller size and proximity of the neurovascular package in the pediatric knee. Suture failure is the main complication, with rates comparable to adult population despite widespread indication of repair in children. Younger age, open physis, simple tear patterns and simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction appear to benefit meniscal repair in children. This article summarizes the available literature regarding meniscal repair in children and adolescents, emphasizing the differences with adult population. We also present our experience in the treatment of these injuries and our preferred rehabilitation protocol.

Keywords: Children; Adolescents; Meniscal Rupture; Meniscal Repair; Pediatric Knee

INTRODUCCIÓN

El menisco juega un importante rol en la mantención de la congruencia articular, absorción y transmisión de cargas, disminución de las fuerzas de contacto femorotibiales, nutrición y lubricación del cartílago articular y en la estabilidad de la rodilla.¹⁻³

La principal característica anatómica que diferencia al menisco pediátrico del adulto es su vasculatura. El plexo perimeniscal capilar se desarrolla a octava semana embrionaria e irriga completamente el menisco. A los 9 meses de vida inicia una involución hasta que a los 10 años, el 10-30% del menisco medial y 10-25% del menisco lateral reciben irrigación vascular periférica.⁴⁻⁶

María Jesús Tuca

mjtuca@gmail.com

Recibido: Diciembre 2019. Aceptado: Enero 2020.

La real incidencia de las lesiones meniscales en niños y adolescentes sigue siendo desconocida. En Estados Unidos se han reportado tasas de 40.7 por 100.000 en hombres y 22.3 por 100 en mujeres, pero se estima que esta cifra está subestimada, debido a que en el último tiempo ha existido un incremento en la actividad deportiva de alta demanda y a menor edad, reportando que el 80 a 90% de las lesiones meniscales se presentan en atletas.⁷ Sumado a lo anterior, existe una mayor sospecha clínica y una mejor capacidad diagnóstica asociada a la resonancia magnética para la identificación de estas lesiones.⁸⁻¹²

Aunque la literatura es escasa en niños y las bases del manejo de estas lesiones se extrapolan del manejo en adultos, la tendencia actual es la preservación y reparación meniscal.^{11,13} Además, se cree que estas lesiones tienen un mayor potencial de cicatrización que los adultos debido a una mayor vascularidad del menisco en desarro-

llo, la ausencia de cambios degenerativos en el menisco y que la mayoría de las reparaciones meniscales se presentan en un contexto de reconstrucción del LCA asociado.¹⁴

Se ha demostrado que la menisectomía total puede aumentar el estrés de contacto hasta en 235% y la menisectomía parcial un 65%, destacando que la resección del 75% del cuerno posterior del menisco medial es equivalente a una menisectomía total. Múltiples estudios han descrito que realizar una menisectomía aumenta la tasa de cambios degenerativos y aproximadamente un 50% desarrollará osteoartritis en 10 a 20 años de la lesión, lo cual resulta particularmente alarmante en población pediátrica.^{8,15-19} En niños sometidos a una resección meniscal parcial o total, el 75% presentó síntomas a 5 años de seguimiento, 80% signos radiográficos de osteoartritis y refirieron una peor calidad de vida con consecuencias a largo plazo.^{8,15}

EVALUACIÓN CLÍNICA

En la anamnesis es importante preguntar por historia de trauma asociado, ya que cercano al 90% de estas lesiones se producen en un evento deportivo. El mecanismo habitualmente es torsional y en deportes que involucran cambios de dirección de alta energía como el fútbol, basquetbol, fútbol americano y ski.

El dolor en la interlínea y derrame articular son los principales síntomas que presentan los pacientes. La hemartrosis se presenta en un 47% de los preadolescentes y en un 45% de los adolescentes.²⁰ Estos se pueden asociar a sensación de inestabilidad y ocasionalmente bloqueo articular. Cabe destacar que aunque el examen físico es similar al adulto, este puede ser más complejo en los niños, ya que estos resisten la flexión de rodilla y son aprehensivos a la evaluación, disminuyendo la confiabilidad del examen a un 29-59%.²¹ Kocher et al, reportó una sensibilidad y especificidad de 62% y 81% para las roturas mediales; y 50% y 89% respectivamente para las roturas laterales en niños.²²

EVALUACIÓN IMAGENOLÓGICA

La RNM es el examen de elección en pacientes pediátricos con historia y examen físico sugerentes de lesión meniscal.²³ Aunque se ha descrito que la RMN tendría menor rendimiento que en la población adulta, la sensibilidad descrita en pacientes con esqueleto inmaduro oscila entre 59-79% y la especificidad entre 91-92%.²² La mayor vascularidad del menisco, puede producir zonas de alta señal intrameniscal, imitando roturas meniscales.²³ Además, al diferenciar por edad, en menores de 12 años la sensibilidad y especificidad alcanzan un 62% y 78% respectivamente, mientras que entre los 12 y 16 años esta aumenta a 90% y 96% respectivamente.²²

¿Cuándo reparamos una rotura en niños?

Las indicaciones de reparación meniscal en niños clásicamente han sido extrapoladas desde la población adulta.²⁴ Los efectos deletéreos de la menisectomía en niños, y su mayor potencial de cicatrización, empujan a un manejo más agresivo de las roturas meniscales en pacientes con esqueleto inmaduro, extendiendo la indicación de la reparación meniscal.⁸ En población adulta las suturas meniscales se reservan para roturas en zona roja-roja o roja-blanca, sin embargo en población pediátrica hay evidencia que muestra buenos resultados incluso en reparaciones meniscales que se extienden a la zona blanca-blanca avascular.^{25,26}

Rubman et al., reportaron 198 roturas meniscales con presencia de un segmento mayor en la zona avascular en pacientes adolescentes, que fueron reparadas con técnica “dentro-fuera”.²⁷ El 80% a los 10 años de seguimiento permanecía asintomático. La misma lógica aplica para las lesiones complejas, donde la recomendación de expertos es advocar por la reparación en todas aquellas roturas que logre coaptar y estabilizar los bordes, independiente del patrón lesional, reportando resultados razonablemente buenos en atletas jóvenes.²⁸⁻³⁰ Sin embargo, también hay reportes en población pediátrica que han mostrado una mayor tasa de falla tras la reparación en aquellas roturas complejas o que se extiendan más de 3 mm desde la periferia, por lo que resulta fundamental advertirles a paciente y padres de este riesgo.³¹

El tiempo de evolución de la rotura meniscal en niños también es un factor fundamental a considerar. En roturas de hasta 3 meses de evolución versus lesiones de más de 6 meses la tasa de cicatrización cae drásticamente de 58 a 37%.¹² Lawrence et al. reportaron que la tasa de “irreparabilidad” aumentaba significativamente en aquellos pacientes con más de 12 semanas de evolución.³² Por consiguiente, nuestra conducta ante roturas meniscales en niños es intentar la reparación a toda costa, de forma precoz, inclusive en lesiones complejas o que comprometan la zona avascular. La menisectomía en pacientes pediátricos se reserva a lesiones irreparables, dado la mala calidad de los tejidos o la imposibilidad de aproximar los bordes.^{28,29,31}

¿Qué tipo de reparación debemos utilizar en niños?

A la fecha, no existe asociación clara entre las distintas técnicas descritas para realizar una sutura meniscal y tasas de fallo en población pediátrica.³¹ Clásicamente el gold standard ha sido la técnica inside-out, sin embargo se ha asociado a un mayor tiempo operatorio y necesidad de abordajes adicionales para su realización.^{33,34} Las técnicas outside-in y all-inside han reportado resultados similares en población pediátrica, demostrando ser un procedimiento seguro.³⁵⁻³⁷ En el último tiempo, la técnica all-inside ha tomado ventaja en el campo de la artroscopia debido a su fácil utilización y bajo tiempo quirúrgico.

Las nuevas generaciones de dispositivos han incorporado la resistencia de las suturas inside-out con las ventajas conocidas de la técnica all-inside.³⁸ Una revisión sistemática reciente de 19 estudios evaluó la efectividad y complicaciones de la técnica inside-out versus all-inside para lesiones meniscales aisladas en niños. Los autores encontraron tasas similares de falla (17-19%) y resultados similares para ambas técnicas. Sin embargo más lesiones nerviosas se observaron la técnica inside-out y más complicaciones en relación al implante con la técnica all-inside.³⁹

¿Qué precauciones debemos tener al realizar una sutura todo-dentro en niños?

El riesgo de lesión neurovascular iatrogénico durante una reparación meniscal todo-dentro es particularmente relevante en rodillas pediátricas, por su menor tamaño y proximidad del paquete neurovascular. Es por esto que distintos estudios han intentado objetivar este riesgo e identificar zonas de seguridad para dirigir los dispositivos todo-dentro en niños. Yen et al. estudiaron en 10 rodillas cadavéricas pediátricas la distancia de los elementos de sutura meniscal todo-dentro al paquete neurovascular poplíteo. En la reparación del cuerno posterior del menisco lateral la arteria poplíteica estaba en promedio a 1.9 mm \pm 1.1 mm del implante. En la reparación del cuerpo del menisco lateral por el lado medial del hiato poplíteo, el nervio peroneo estaba a 3.2mm \pm 2.0 mm del implante, y por el lado lateral del hiato a 12.4 mm \pm 3.7 mm. Concluyen que en la reparación del cuerno posterior del menisco lateral, específicamente cuando la lesión está más cercana a la raíz, existe un alto riesgo de lesión neurovascular, por lo que se debe evitar dirigir el dispositivo hacia esta zona desde el portal anterolateral. En población adulta en cambio, los implantes se encontraban a más de 10mm del paquete neurovascular con la rodilla en flexión de 90 grados.^{11,40-42} Beck et al, estudiaron 250 RM de pacientes menores de 16 años y demostraron que el paquete neurovascular se encuentra a un promedio de 14-17 mm medial al borde medial del tendón del poplíteo, distancia que va disminuyendo a menor edad.⁴³

A la luz de estos hallazgos, nuestra recomendación es realizar de forma rutinaria como planificación preoperatoria la medición de la distancia entre el cuerno posterior del menisco lateral y el paquete neurovascular poplíteo en el corte axial de la RM. Así, de ser necesario realizar una sutura todo-dentro, debemos graduar la profundidad de penetración del implante acorde a esta medición, especialmente en pacientes menores. Durante la reparación meniscal debemos cuidar mantener la rodilla en una flexión de al menos 90 grados, y cuidar especialmente la longitud del implante cuando se inserta a través del portal anterolateral.

Outcomes técnicas en niños

Los resultados a largo plazo de la menisectomía tanto subtotal como total en pacientes pediátricos son pobres, llevando a una rápida aparición de cambios degenerativos en el compartimento afectado.^{25,26} Por el contrario, la reparación meniscal, incluso en lesiones complejas, ha reportado resultados alentadores. Un estudio retrospectivo con 49 rodillas en 45 pacientes menores de 18 años (78% con fisis abierta) reportó un 96% de cicatrización clínica, alcanzando un retorno deportivo en el 81%.²⁴ En la misma línea, Mintzer et al. obtuvieron un 100% de recuperación y un 82% de retorno deportivo a nivel profesional en 29 pacientes menores de 18 años sometidos a sutura meniscal con seguimiento promedio de 5 años.⁴⁴

Clásicamente se ha descrito que las mejores tasas de cicatrización tras una sutura meniscal se presentan en pacientes jóvenes, con lesiones periféricas, del menisco lateral, con reconstrucción de LCA concomitante, menos de 8 semanas de evolución y de menos de 2.5 cms de largo.^{27,45-47} Sin embargo, estudios en población pediátrica han mostrado resultados positivos de indicaciones extendidas de reparación meniscal. Un estudio de 45 pacientes menores de 18 años (35 con fisis abierta) con seguimiento promedio de 27 meses, reportó un 95% de cicatrización, incluso con tiempos de evolución prolongados previo a la cirugía.²⁴ A su vez, Noyes y Barber-Westin, evaluaron los resultados de sutura meniscal en zona avascular en pacientes menores de 20 años y encontraron tasas de éxito de un 75%, con mejores resultados en pacientes en los cuales se asoció a reconstrucción de LCA.³⁰ En cuanto a roturas complejas en pacientes menores de 18 años, Krych et al. reportaron una tasa de cicatrización del 57% cuando esta se asociaba a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior.⁴⁸

Resumiendo la evidencia disponible en pacientes con esqueleto inmaduro y reparación meniscal, una revisión sistemática de 8 estudios con 287 pacientes reportó buenos a excelentes resultados, con bajas tasas de complicaciones y buena evidencia clínica de cicatrización, tanto en pacientes con sutura meniscal aislada como asociado a reconstrucción de LCA. Las tasas de cicatrización de los 8 estudios oscilaban entre el 33 y el 100%, promediando un 74%. Además, esta revisión sostiene que la reparación es factible independiente del tipo o ubicación de lesión meniscal, siendo las técnicas all-inside e inside-out las más utilizadas. La tasas de reoperación fue de un 15%.¹³ En cuanto a resultados funcionales, también mostró buenos resultados (Scores de Lysholm de 85.4 a 96.3, y Tegner Score 6.2 a 8). Concluyen que la reparación meniscal artroscópica en pacientes pediátricos y adolescentes es un tratamiento efectivo con bajas tasas de fallo.¹³

COMPLICACIONES

La principal complicación es la falla de la sutura, con la subsiguiente necesidad de una reintervención. Una revisión sistemática de un total de 301 reparaciones reportó una tasa de fallo del 17.3% a los 16.6 meses de la cirugía (52 fallas). De estas, 41 pacientes fueron sometidos a una menisectomía parcial, 9 a una re-reparación y 2 no fueron reintervenidos.¹⁵

Con respecto a los factores de riesgos asociados a la falla de la sutura meniscal existen diversos planteamientos en la literatura. El tipo de rotura parece ser uno de los factores más determinantes en población pediátrica. El 80% de las roturas simples y 68% de las roturas en asa de balde presentaron resultados clínicos exitosos, mientras que solo un 13% de las lesiones complejas meniscales cicatrizaron.¹⁶

La distancia de la rotura a la unión menisco-sinovial también es un factor de riesgo en niños y adolescentes, existiendo una mayor tasa de falla con una distancia entre 3-6 mm versus 3 mm de distancia. Al analizar qué menisco falla más en población pediátrica, el menisco medial tiene una incidencia significativamente mayor que el lateral, reportándose una tasa de fallo de 64% versus 22% respectivamente.⁴⁹ En un estudio de 99 pacientes menores de 18 años, la tasa de fallo fue de 31% en el menisco medial y de 7% en el menisco lateral.⁴⁸ Similares resultados fueron descritos por el mismo grupo, en otro reporte donde el 75% de las reparaciones laterales cicatrizaron versus un 52% de las mediales en niños y adolescentes.

Otro factor estudiado es la madurez esquelética, donde la presencia de fisis abierta sería un factor protector. En un estudio retrospectivo de 45 pacientes, 35 con fisis abierta y 10 con fisis cerrada, se reportó un 100% de cicatrización de la reparación meniscal en pacientes con fisis abierta versus un 80% en pacientes con madurez esquelética.²⁴ Estos resultados se invierten si los pacientes tienen asociados una reconstrucción del LCA según lo descrito por Kyrch et al., donde se logró un 91% de cicatrización en pacientes con madurez esquelética versus 66% en pacientes con fisis abierta.⁴⁸ Cabe destacar que el 47% de las fallas ocurren los primeros 6 meses desde la reparación.¹⁵

Al comparar los resultados en niños versus adultos, dos revisiones sistemáticas han reportado mejoras significativas en el nivel de actividad y funcionalidad de la rodilla en pacientes pediátricos y adolescentes con una tasa de falla de 37% a 10 años.^{13,50} Estos resultados son al menos comparables a lo reportado en población adulta.⁵¹⁻⁵²

NUESTRA EXPERIENCIA

Nuestra conducta en pacientes pediátricos es apostar por la reparación meniscal a toda costa, tal como recomien-

da la literatura resumida en este artículo. Esto contempla intentar la reparación aún en casos que consideraríamos irreparables en adultos. En pacientes pediátricos extendemos la indicación de sutura a roturas extensas, complejas, subagudas o re-roturas, para evitar la menisectomía y sus efectos deletéreos en pacientes jóvenes. Para esto, resulta fundamental que paciente y padres sean parte de la decisión informada, detallando tanto los beneficios de la preservación meniscal como los riesgos de re-rotura y cirugía de revisión.

El 2017 publicamos nuestra experiencia en 35 casos de suturas meniscales en pacientes menores de 18 años, con un seguimiento promedio de 71 meses.⁵³ Tuvimos una tasa de éxito del 76%, cifra comparable a lo reportado en la literatura. Dentro de nuestra serie, destaca que todas las re-roturas ocurrieron en lesiones de más de 16mm de extensión, alcanzando una tasa de falla en este subgrupo del 73%. En nuestra experiencia, la asociación con cirugía de reconstrucción de ligamento cruzado anterior no determinó una mayor tasa de éxito, coincidiendo con reportes previamente citados. Por todo lo anterior, recomendamos intentar la reparación meniscal en niños siempre que sea técnicamente factible, como se puede ver ejemplificado en las figuras 1 y 2, advirtiendo a pacientes y padres los riesgos asociados.

Nuestro Protocolo de Rehabilitación

Es un punto de gran controversia, reportándose diversos protocolos, que oscilan desde unos más agresivos siguiendo las mismas indicaciones que una menisectomía convencional y otros más conservadores con descarga y restricción de la movilidad.

Para reparaciones meniscales aisladas, la mayoría de los cirujanos prefieren restringir la carga de peso inicial y el rango de movimiento de la rodilla para disminuir las fuerzas de compresión articulares y minimizar las tensiones del anillo que potencialmente podría sobrecargar la reparación meniscal.

Nuestra conducta depende en gran medida del tipo de rotura, de la calidad de la reparación, la edad y adherencia del paciente. En general, para roturas verticales longitudinales simples, se autoriza la carga parcial progresiva y utilizamos una férula para restringir la flexión por las primeras 6 semanas, partiendo en 0-30° y progresando gradualmente hasta alcanzar 0-90° a las 6 semanas con carga total. Para reparaciones de roturas radiales, reinserciones de raíz o reparaciones complejas, somos más estrictos con la descarga, manteniéndola por 4-6 semanas. Pivotar y hacer cuclillas no son permitidos hasta los 3-4 meses. El retorno gradual a las actividades deportivas de contacto se autoriza después de los 4-6 meses, dependiendo del progreso clínico, en los casos que se asocian a una recons-

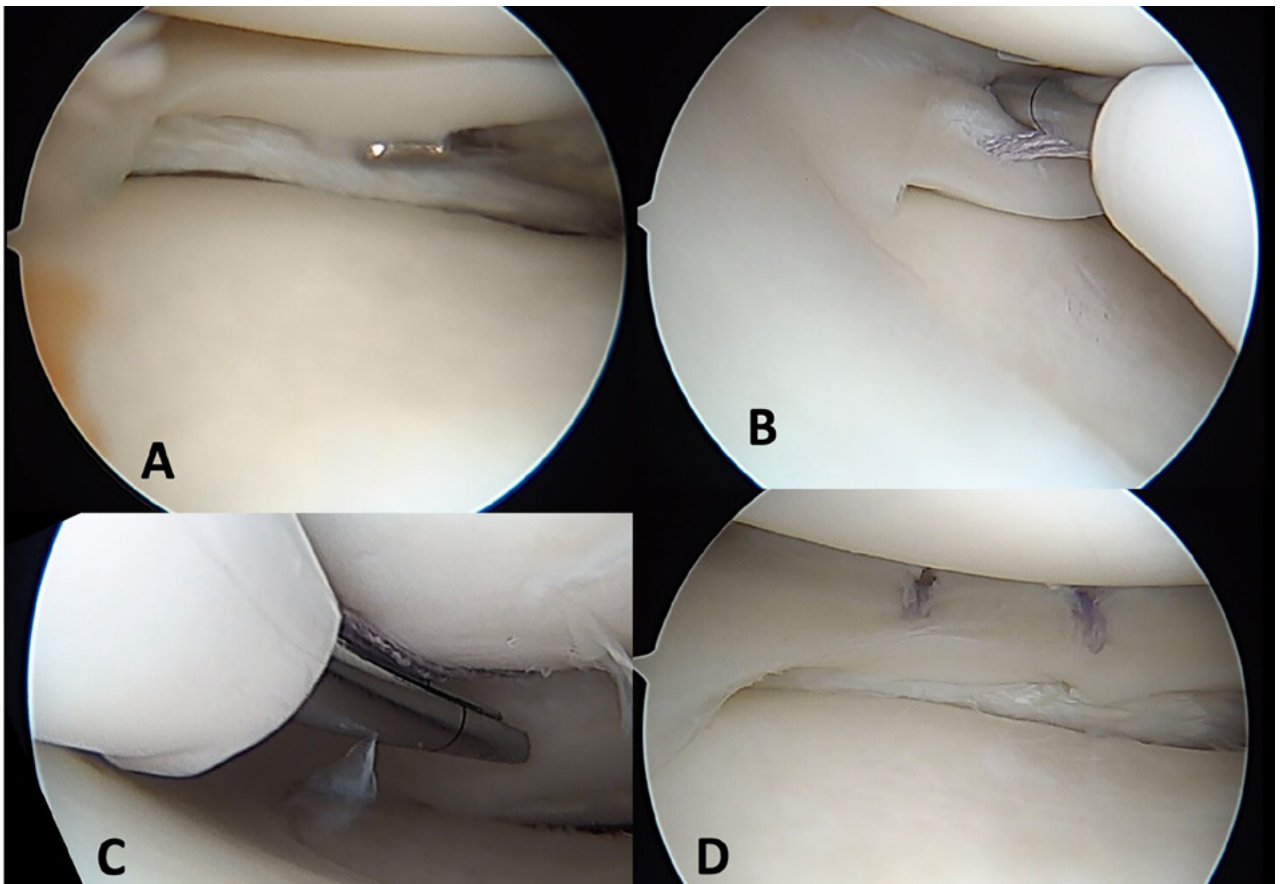


Figura 1: Paciente 14 años con lesión de LCA y rotura meniscal externa concomitante de rodilla derecha. Imágenes artroscópicas de la reparación evidencian. A) Rotura vertical longitudinal en zona roja-blanca del cuerno posterior. B) Reparación todo-dentro, con sutura de disposición vertical, desde portal anteromedial para evitar estructuras neurovasculares. C) Segunda sutura todo dentro, desde portal anterolateral para poder alcanzar la porción más medial del cuerno posterior. Se gradúa dispositivo todo-dentro para una profundidad de penetración máxima de 14 mm acorde a planificación preoperatoria medida en Resonancia Magnética. D) Resultado final, rotura reparada con dos suturas todo dentro verticales.

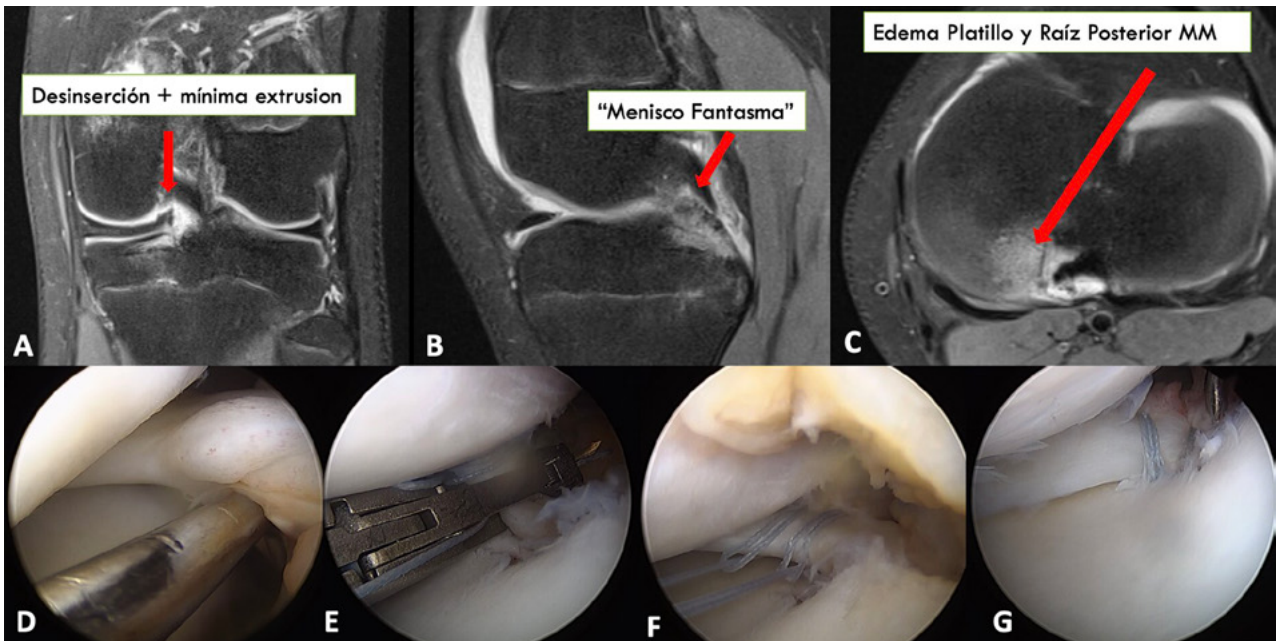


Figura 2: Paciente de 13 años, torsión de rodilla jugando fútbol. Resonancia magnética evidencia. A) Corte coronal con imagen sugerente de lesión de la raíz posterior del menisco medial, con mínima extrusión meniscal. B) Corte sagital, ausencia de la raíz posterior del menisco medial, signo conocido como "menisco fantasma". C) Corte axial, edema del platillo y raíz posterior medial. D) Visión artroscópica, se confirma la desinserción completa de la raíz meniscal medial posterior. E, F y G) Pasos en la reparación de la raíz, utilizando dos suturas de tracción de alta resistencia, y un túnel transtibial en el punto centro anatómico de la raíz meniscal medial.

trucción de LCA, esta se autoriza al 8° mes. La indicación de una resonancia o artroresonancia al 6° mes, previo alta clínica, es de preferencia del cirujano.

CONCLUSIÓN

La verdadera incidencia de roturas meniscales en niños es aún desconocida. La mayor capacidad diagnóstica asociado a la sospecha clínica y participación en deportes compe-

titivo ha mostrado un claro aumento en esta patología. La tendencia actual es la preservación y reparación meniscal independiente de la zona de la lesión, características de la rotura o tiempo transcurrido. Los resultados de la reparación meniscal en niños tienen tasas de éxito al menos comparables a los adultos. Se debe advertir con claridad a la familia y paciente los cuidados postoperatorios de una sutura meniscal y el riesgo de falla de la reparación.

BIBLIOGRAFÍA

- Hsieh HH, Walker PS. Stabilizing mechanisms of the loaded and unloaded knee joint. *J Bone Joint Surg Am*;58:87-93,1976.
- Krause WR, Pope MH, Johnson RJ, Wilder DG. Mechanical changes in the knee after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am* 58:599-604,1976.
- Levy IM, Torzilli PA, Warren RF. The effect of medial meniscectomy on anterior-posterior motion of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 64:883-888,1982.
- Kaplan EB. Discoid lateral meniscus of the knee joint. *Bull Hosp Joint Dis* 16:111-124,1955.
- Clark CR, Ogdan JA. Development of the menisci of the human knee joint: morphological changes and their potential role in childhood meniscal injury. *J Bone Joint Surg Am* 65:538-547, 1983.
- Arnoczky SP, Warren RF. Microvasculature of the human meniscus. *Am J Sports Med* 10:90-95, 1982.
- Mitchell J, Graham W, Best TM, Collins C, Currie DW, Comstock RD, et al. Epidemiology of meniscal injuries in US high school athletes between 2007 and 2013. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24(3):715-22,2016.
- Bellisari G, Samora W, Klingele K. Meniscus tears in children. *Sports Med Arthrosc Rev* 19(1):50-5,2011.
- Carter CW, Kocher MS. Meniscus repair in children. *Clin Sports Med* 31(1):135-54,2012.
- Accadbled F, Cassard X, Sales de Gauzy J, Cahuzac JP. Meniscal tears in children and adolescents: results of operative treatment. *J Pediatr Orthop B* 16(01):56-60, 2007.
- Yen Y, Fabricant P, Richmond C, Dingel A, et al. Proximity of the neurovascular structures during all-inside lateral meniscal repair in children: a cadaveric study. *J Exp Orthop* 5(1):50,2018.
- Shieh A, Bastrom T, Roocroft J, et al. Meniscus Tear Patterns in Relation to Skeletal Immaturity Children Versus Adolescents. *Am J Sports Med* 41(12):2779-83,2013.
- Ferrari M, Murphy C, Ellera J. Meniscus Repair in Children and Adolescents: A Systematic Review of Treatment Approaches, Meniscal Healing, and Outcomes. *J Knee Surg* 32(6):490-498,2018.
- Kramer D, Kalish L, Martin D, Yen Y, et al. Outcomes After the Operative Treatment of Bucket-Handle Meniscal Tears in Children and Adolescents. *Orthop J Sports Med* 7(1):232596711882030,2019.
- Liechti D, Constantinescu D, Ridley T, Chahla J, et al. Meniscal Repair in Pediatric Populations A Systematic Review of Outcomes 7(5):2325967119843355,2019.
- Yang B, Liotta E, Paschos N. Outcomes of Meniscus Repair in Children and Adolescents. *Curr Rev Musculoskelet Med* 12:233-238,2019.
- Fairbank FJ. Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br* 30:664-670,1948.
- Jerosch J, Hoffstetter I, Reer R, Assheuer J. Strain-related long-term changes in the menisci in asymptomatic athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2:8-13,1994.
- Sommerlath K, Gillquist J. The long-term course of various meniscal treatments in anterior cruciate ligament deficient knees. *Clin Orthop Relat Res* 283:207-214,1992.
- Stanitski CL, Harvell JC, Fu F. Observations on acute knee hemarthrosis in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 13:506-510,1993.
- Kocher MS, Micheli LJ. The pediatric knee: evaluation and treatment. In: Insall JN, Scott WN, eds. *Surgery of the Knee*. 3rd ed. New York: Churchill-Livingstone; 2001. pp1356-1397.
- Kocher MS, DiCanzio J, Zurawski D, et al. Diagnostic performance of clinical examination and selective magnetic resonance imaging in the evaluation of intraarticular knee disorders in children and adolescents. *Am J Sports Med* 29:292-296,2001.
- Stanitski CL. Correlation of arthroscopic and clinical examinations with magnetic resonance imaging findings of injured knees in children and adolescents. *Am J Sports Med* 26:2-6,1998.
- Vanderhave K, Moravek J, Sekiya J, Wojtys E. Meniscus Tears in the Young Athlete: Results of Arthroscopic Repair. *J Pediatr Orthop* 31:496-500,2011.
- Baratz ME, Fu FH, Mengato R. Meniscal tears: the effect of meniscectomy and of repair on intraarticular contact areas and stress in the human knee. A preliminary report. *Am J Sports Med* 14:270-275,1986.
- Manziona M, Pizzutillo PD, Peoples AB, et al. Meniscectomy in children: a long-term follow-up study. *Am J Sports Med* 11:111-115,1983.
- Rubman MH, Noyes FR, Barber-Westin SD. Arthroscopic repair of meniscal tears that extend into the avascular zone: a review of 198 single and complex tears. *Am J Sports Med* 26:87-95,1998.
- Rubman MH, Noyes FR, Barber-Westin SD. Technical considerations in the management of complex meniscus tears. *Clin Sports Med* 15:511-530,1996.
- Scott GA, Jolly BL, Henning CE. Combined posterior incision and arthroscopic intra-articular repair of the meniscus. An examination of factors affecting healing. *J Bone Joint Surg Am* 68:847-861,1986.
- Noyes FR, Barber-Westin SD. Arthroscopic repair of meniscal tears extending into the avascular zone in patients younger than 20 years of age. *Am J Sports Med* 30:589-600,2002.
- Krych AJ, McIntosh AL, Voll AE, Stuart MJ, Dahm DL. Arthroscopic repair of isolated meniscal tears in patients 18 years and younger. *Am J Sports Med* 36(07):1283-1289,2008.
- Lawrence JTR, 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* 39(12):2582-2587,2011.
- Lembach M, Johnson DL. Meniscal repair techniques required for the surgeon performing anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedics* 37(9):617-21,2014.
- Woodmass J, Johnson J, Wu I, Saris D, et al. Horizontal Cleavage Meniscus Tear Treated With All-inside Circumferential Compression Stitches. *Arthrosc Tech* 6(4):1329-33,2017.
- Kalliakmanis A, Zourntos S, Bousgas D, Nikolaou P. Comparison of arthroscopic meniscal repair results using 3 different meniscal repair devices in anterior cruciate ligament reconstruction patients. *Arthroscopy* 24(7):810-6,2008.
- Choi N, Kim T, Victoroff B. Comparison of arthroscopic medial meniscus suture repair techniques: inside-out versus all-inside repair. *Am J Sports Med* 37(11):2144-50,2009.
- Ahn J, Wang J, Yoo J. Arthroscopic all-inside suture repair of medial meniscus lesion in anterior cruciate ligament: deficient knees: results of second-look arthroscopies in 39 cases. *Arthroscopy* 20:936-45,2004.
- Fillingham Y, Riboh J, Erickson B, Bach B, et al. Inside-Out Versus All-Inside Repair of Isolated Meniscal Tears: An Updated Systematic Review. *Am J sports Med* 45(1):234-242,2016
- Grant JA, Wilde J, Miller BS, Bedi A. Comparison of inside-out and all-inside techniques for the repair of isolated meniscal tears: a systematic review. *Am J Sports Med* 40(2):459-468,2012.
- Abouheif MM, Shibuya H, Niimoto T, Kongcharoensombat W, et al. Determination of the safe penetration depth during all-inside

- meniscal repair of the posterior part of the lateral meniscus using the FasT- fix suture repair system. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:1868–1875,2011.
41. Cuellar A, Cuellar R, Cuellar A, Garcia-Alonso I, Ruiz-Iban MA. The effect of knee flexion angle on the neurovascular safety of all-inside lateral meniscus repair: a cadaveric study. *Arthroscopy* 31:2138–2144,2015
 42. Deutsch A, Wzykowski RJ, Victoroff BN. Evaluation of the anatomy of the common peroneal nerve. Defining nerve-at-risk in arthroscopically assisted lateral meniscus repair. *Am J Sports Med* 27:10–15,1999
 43. Beck J, Shifflett K, Greig D, Ebramzadeh E, et al. Defining a Safe Zone for All-Inside Lateral Meniscal Repairs in Pediatric Patients: A Magnetic Resonance Imaging Study. *Arthroscopy* 35(1):166-170,2019.
 44. Mintzer CM, Richmond JC, Taylor J. Meniscal repair in the young athlete. *Am J Sports Med* 26:630–633,1998.
 45. Greis PE, Bardana DD, Holmstrom MC, Burks RT. Meniscal injury: I. Basic science and evaluation. *J Am Acad Orthop Surg* 10:168–176,2002.
 46. Greis PE, Holmstrom MC, Bardana DD, et al. Meniscal injury: II. Management. *J Am Acad Orthop Surg* 10:177–187,2002.
 47. Eggli S, Wegmuller H, Kosina J, et al. Long-term results of arthroscopic meniscal repair: an analysis of isolated tears. *Am J Sports Med* 23:715–720,1995.
 48. Krych AJ, Pitts RT, Dajani KA, et al. Surgical repair of meniscal tears with concomitant anterior cruciate ligament reconstruction in patients 18 years and younger. *Am J Sports Med* 38:976–982,2010.
 49. Noyes FR, Chen RC, Barber-Westin SD, Potter HG. Greater than 10-year results of red-white longitudinal meniscal repairs in patients 20 years of age or younger. *Am J Sports Med* 39(5):1008–17,2011.
 50. Mosich GM, Lieu V, Ebramzadeh E, Beck JJ. Operative treatment of isolated meniscus injuries in adolescent patients: a meta-analysis and review. *Sports Health* 10(4):311–6,2018.
 51. Nepple JJ, Dunn WR, Wright RW. Meniscal repair outcomes at greater than five years: a systematic literature review and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am* 94(24):2222–7,2012.
 52. Paxton ES, Stock MV, Brophy RH. Meniscal repair versus partial meniscectomy: a systematic review comparing reoperation rates and clinical outcomes. *Arthroscopy* 27(9):1275–88,2011.
 53. Calvo R, Figueroa D, De la Fuente P, Paccot D, et al. Risk Factors Related to Meniscal Suture Failure in Children and Adolescents. *Rev Chil Ortop Traumatol* 58:34–40,2017.