

## ORIGINAL

## Roturas del ligamento cruzado anterior en pacientes con fisis abiertas

### Anterior cruciate ligament rupture in patients with open physes

Leyes Vence M, López Hernández G, Martín Buenadicha E, Gutiérrez García J L, Fernández Hortigüela M L

Unidad de Rodilla. Servicio de Cirugía Ortopédica. Centro de Prevención y Rehabilitación FREMAP Majadahonda. Madrid.

#### Resumen

**Objetivo:** presentar nuestra experiencia y realizar una revisión bibliográfica de las series clínicas y trabajos experimentales sobre la reconstrucción del LCA en pacientes con las fisis abiertas.

Las roturas del ligamento cruzado anterior en pacientes esqueléticamente inmaduros son cada vez más frecuentes. El riesgo de alteración del crecimiento ha limitado el uso rutinario de métodos de reconstrucción anatómica del LCA que han demostrado su eficacia en adultos.

**Conclusión:** la reconstrucción del LCA en pacientes en crecimiento debe ser precoz para evitar las lesiones condrales y meniscales.

**Palabras clave:**

Ligamento cruzado anterior; fisis; adolescentes.

#### Abstract

**Objective:** To report our experience and conduct a literature review of the clinical series and experimental studies on reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) in patients with open physes. Anterior cruciate ligament ruptures in skeletally immature patients are increasingly common. The risk of altering growth has limited the routine application of ACL anatomical reconstruction methods, which have demonstrated their efficacy in adult patients.

**Conclusion:** Reconstruction of the ACL in growing patients must be established on an early basis in order to avoid chondral and meniscal lesions.

**Key words:**

Anterior cruciate ligament; physis; adolescents.

#### Introducción

Las roturas del ligamento cruzado anterior (LCA) en pacientes con fisis abiertas representan el 3,3% de las roturas del LCA [1]. En niños con hemartros agudo de rodilla, el LCA está roto entre un 10 y un 65% de los casos [1-4]. En los últimos años ha aumentado la incidencia de roturas de LCA en niños y adolescentes jóvenes, probablemente debido a la participación cada vez más temprana en deportes de competición y a una mejoría en los métodos diagnósticos.

El diagnóstico de la rotura de ligamento cruzado anterior en el niño y en el adolescente, igual que en el adulto, es eminentemente clínico. La presencia de hemartros agudo con maniobras de Lachman y *pivot shift* positivas son indicativas de rotura del LCA. Las radiografías de la rodilla, en dos proyecciones, sirven para descartar la avulsión de la espina tibial que produciría una clínica similar a la rotura intersticial del LCA.

Stanitski et al [5] estudiaron la correlación entre el diagnóstico clínico y la RNM con los hallazgos artroscópicos, en 28 pacientes de 8 a 17 años, con lesiones de la rodilla que incluían lesiones meniscales, del LCA y del cartílago. La exploración clínica obtuvo un mejor valor predictivo positivo, valor predictivo negativo sensibilidad y especificidad que la RNM por lo que concluyeron que la RNM no

#### Correspondencia

M. Leyes Vence  
Centro de Prevención y Rehabilitación FREMAP Majadahonda  
Carretera de Pozuelo 61. 28220 Majadahonda, Madrid  
manuel\_leyes@fremap.es

ayuda excesivamente en el diagnóstico y tratamiento de las lesiones de rodilla en este grupo de pacientes.

En pacientes con fisis abiertas el mismo mecanismo lesional puede provocar una avulsión ósea de la espina tibial, una rotura intersticial del LCA o una lesión combinada con avulsión ósea y rotura intersticial asociada del LCA. Un estudio [6] ha encontrado que los pacientes con rotura intersticial del LCA tenían una escotadura más estrecha que los pacientes con avulsión de la espina tibial.

Las fracturas avulsiones de la eminencia tibial no desplazadas o mínimamente desplazadas, tipos I y II de Meyers y McKeever [7] se tratan mediante inmovilización de la rodilla en extensión. La presión de los cóndilos femorales al extender la rodilla ayuda a reducir la eminencia tibial. Cuando la eminencia tibial no se reduce en extensión hay que sospechar que existe un atrapamiento del cuerno anterior del menisco interno [8]. Las fracturas tipo III con desplazamiento marcado precisan reducción y osteosíntesis que pueden ser realizadas por vía artroscópica o por miniartrotomía. La eminencia tibial puede fijarse con tornillos epifisarios, transfisarios o con suturas de tracción que reanclan el LCA, atraviesan la epífisis tibial y se anudan en un puente óseo medial a la tuberosidad anterior de la tibia. Con frecuencia, la avulsión de la eminencia tibial se asocia a un estiramiento intersticial del LCA que justifica la laxitud residual de algunos pacientes a pesar de una perfecta consolidación de la espina tibial.

En el tratamiento de las roturas intersticiales del LCA en pacientes con fisis abiertas existe controversia en la elección entre tratamiento conservador y tratamiento quirúrgico. En la literatura varias series han demostrado los malos resultados del tratamiento conservador de las roturas de LCA en pacientes en crecimiento, con una alta incidencia de nuevos fallos de la rodilla y de lesiones meniscales y condrales concomitantes [9-15]. Graf et al [11] detectaron nuevas lesiones meniscales en 7, de 12 pacientes esqueléticamente inmaduros, con rotura de LCA tratada conservadoramente durante un período de 15 meses. Por su parte, Aicroth et al [9] revisaron a 23 niños que fueron tratados conservadoramente con rehabilitación, rodilleras y recomendaciones de modificación de la actividad. Los resultados fueron malos, se identificaron lesiones condrales y meniscales durante el seguimiento y en la madurez y 10 de 23 pacientes mostraron cambios degenerativos en las radiografías. Mizuta et al [13] también publicaron malos resultados con tratamiento conservador en 18 pacientes esqueléticamente inmaduros que se rompieron el LCA. Seis de los pacientes esperaron a reconstruir el LCA hasta alcanzar la madurez esquelética. La escala modificada de Lysholm

mostró un resultado excelente, uno bueno, 8 regulares y 8 malos. Con una puntuación media de 64,3. Sólo un paciente recuperó su nivel de actividad deportiva. En dos series comparativas [16,17], los pacientes intervenidos presentaban menor inestabilidad, mayor nivel de actividad, mayor porcentaje de regreso a la actividad deportiva y menor incidencia de lesiones meniscales que el grupo de pacientes tratados conservadoramente. Además, el retraso en el tratamiento quirúrgico se asocia a una mayor incidencia de lesiones meniscales. Millet et al [18] mostraron la relación entre el tiempo transcurrido hasta la cirugía y las complicaciones posteriores. En 39 pacientes con roturas del LCA, entre 10 y 14 años, vieron que la incidencia de roturas del menisco interno en el grupo de pacientes intervenidos antes de los 6 semanas de producirse la lesión era del 11% frente al 36% en los operados más tarde.

Basándonos en la literatura y en nuestra experiencia pensamos que los niños y adolescentes con laxitud patológica, *pivot shift* positivo y más de 10 o 12 mm de desplazamiento anterior en la prueba de Lachman deben ser intervenidas mediante reconstrucción del LCA para proteger la rodilla de lesiones meniscales y condrales para lo cual seguimos un algoritmo de tratamiento en función de la edad y maduración esquelética (Figura 1).

Las técnicas de reconstrucción habitualmente utilizadas en adultos atraviesan la fisis y tienen el riesgo potencial de frenar el crecimiento con las correspondientes deformidades angulares o disimetrías. Diversos autores han descrito técnicas de reconstrucción del LCA que no atraviesan la fi-

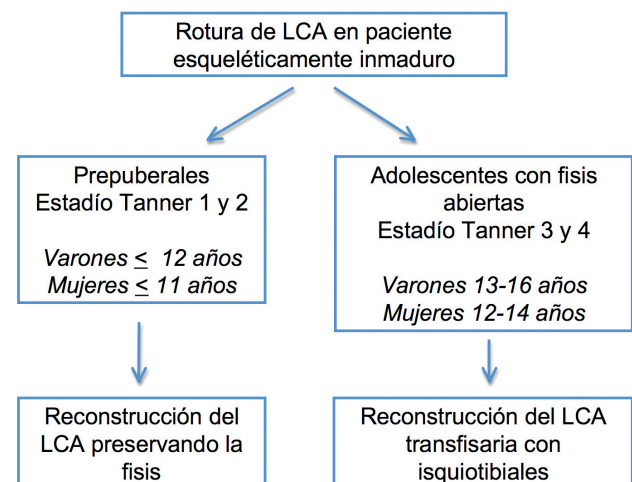


Fig. 1. Algoritmo de tratamiento.

sis tibial y femoral. Brief et al [19] redirige el semitendinoso por debajo del ligamento intermeniscal anterior a través de la escotadura y en la posición *over the top*. Esta técnica no atraviesa la fisis pero al no ser un procedimiento anatómico con el tiempo fracasa. Parker et al [20] reconstruyeron el LCA en 6 pacientes con las fisis abiertas realizando un surco en la cortical anterior de la tibia y un surco en la posición *over the top* en el fémur sin atravesar la fisis. El resultado funcional fue satisfactorio pero se constató una laxitud residual. La diferencia máxima entre el lado sano y el operado, en la prueba de KT-1000 manual, era de 3.6 +1.9 mm.

Kocher et al [21] obtuvieron buenos resultados reconstruyendo el LCA con una técnica que preservaba las fisis combinada intra y extraarticular utilizando injerto autólogo de cintilla ilirotibial. Operaron 44 niños y adolescentes esqueléticamente inmaduros en estadio de Tanner 1 o 2, con una edad cronológica media de 10 años y un seguimiento medio de 5 años. Los resultados de la prueba de Lachman fueron normales en 23 pacientes, casi normal en 18 y anormal en 1. Dos pacientes precisaron revisión de la plastia por fracaso. El crecimiento medio desde la cirugía hasta la última revisión fue de 21,5 cm y no se observaron deformidades angulares o dismetrías.

También Andrews et al [22] presentaron buenos resultados con procedimientos parciales transfisarios en 8 pacientes. Utilizaron aloinjerto de tendón de Aquiles o fascia lata introducidos a través de túnel tibial y posición *over the top* en el fémur, evitando realizar un túnel en el lado femoral. El seguimiento no mostró deformidades angulares ni dismetrías y en 5 de los 8 pacientes la diferencia entre el lado sano y el operado con el KT-1000 fue menor de 3 mm.

Lo et al [23], utilizando la misma técnica de Andrews, con túnel en la tibia de un diámetro máximo de 6 mm y posición *over the top* en el fémur, empleando isquiotibiales como injerto, reconstruyeron el LCA en pacientes con una previsión mínima de crecimiento de 5 cm. Obtuvieron excelentes resultados en 5 pacientes con fisis abiertas y una edad media de 13 años. Ningún paciente presentó deformidad angular o dismetría a pesar de que la serie incluía un paciente de 8 años. En todos los pacientes la diferencia entre el lado sano y el operado en la prueba de KT-1000 fue menor de 3 mm. La migración proximal de la fijación femoral a los 4 años y medio sugería crecimiento del fémur y elongación de la nueva plastia.

El riesgo de la fijación *over the top* incluye la exposición del cartílago de crecimiento con el riesgo de crear un puente óseo o la colocación inadvertida de una grapa a través de la fisis como ocurrió en un paciente de la serie de Lipscomb (24).

Varios modelos experimentales han analizado el efecto de atravesar con túneles las fisis abiertas. Houle et al [25] efectuaron túneles transfisarios de diferente diámetro en conejos inmaduros y demostraron que cuanto mayor sea el diámetro del túnel mayor es la deformidad angular, siendo la fisis proximal tibial la más vulnerable al cierre fisario. Stadelmaier et al [26] demostraron que el relleno de los túneles con un injerto de fascia lata evitaba la formación de puentes óseos transfisarios en perros esqueléticamente inmaduros. También Seil et al [27] realizando túneles transfisarios en el fémur y en la tibia, de ovejas inmaduras, sólo observaron puentes óseos y deformidades angulares en el fémur cuando el túnel que atravesaba la región posterolateral de la fisis se dejaba vacío. Guzzanti et al [28] reconstruyeron el LCA, en 21 conejos inmaduros, utilizando el tendón semitendinoso. A pesar de que la intervención lesionó el 12% del cartílago de crecimiento en el plano antero-posterior y un 3% del área fisaria femoral, no se observaron cierres fisarios ni deformidades angulares en el fémur. Sin embargo, cuando el túnel era tibial, lesionando el 12% de la fisis en el plano antero-posterior y un 4% del área fisaria, dos tibias desarrollaron una deformidad en valgo y otra se acortó aunque en la histología no se observaron puentes fisarios. Edwards et al [29] también demostraron, en un modelo canino, que se pueden provocar deformidades angulares en perros inmaduros por una excesiva tensión de la plastia de LCA sin que se formen puentes óseos fisarios. Recientemente, Babb et al [30] en un modelo experimental en conejos, encontraron que el riesgo de provocar un cierre fisario puede ser evitado o minimizado implantando células madre mesenquimales.

En la literatura tan sólo hemos encontrado dos casos publicados en los que la reconstrucción del ligamento cruzado anterior provocase una deformidad angular severa [24][31].

En la encuesta realizada por el grupo de estudio del ligamento cruzado anterior la incidencia de cierre fisario tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior en pacientes con fisis abiertas era del 11% y se relacionaba con errores quirúrgicos, como la fijación proximal de la plastia o la utilización de injertos con pastillas óseas atravesando la fisis o la colocación de grapas sobre la tuberosidad anterior de la tibia [32]. De los 15 pacientes con cierre fisario, 8 casos tenían una deformidad femoral distal en valgo con cierre de la fisis lateral femoral distal, 3 un recurvatum tibial por cierre de la fisis de la tuberosidad anterior de la tibia, dos casos un genu valgo sin aparente cierre fisario y, finalmente, otros dos casos de dismetría de extremidades.

Matava y Siegel [33] presentaron 8 casos de reconstrucción del LCA con isquiotibiales colocados a través de los túneles femorales y tibiales con fijación proximal y distal y no detectaron ninguna deformidad angular. También, Aronowitz et al [34] atravesaron con túneles las dos fisis, femoral y tibial, en una serie de 19 pacientes, de al menos 14 años, sin encontrar daños fisarios ni deformidades angulares.

Aunque la mayoría de los autores aconsejan la utilización de injertos de partes blandas, Shelbourne et al [35] emplearon autoinjerto de tendón rotuliano en adolescentes con las fisis abiertas a través de túneles transfisarios y tampoco sufrieron deformidades angulares sus pacientes.

Existe unanimidad que para minimizar los riesgos de cierre fisario tras reconstrucción transfisaria del ligamento cruzado los túneles han de ser lo más pequeños posibles y de localización central para disminuir el riesgo de deformidad angular y se debe evitar la utilización de pastillas óseas o sistemas de fijación que atraviesen las fisis. También se debe tener en cuenta que los procedimientos extraarticulares con mucha disección o fijación cerca de fisis pueden causar más daño en la fisis que los túneles a través de la fisis.

En algunas series los resultados de la reconstrucción del LCA son peores en pacientes con las fisis abiertas que en adultos. Aicroth et al [9] estudiaron 45 niños con 47 rodillas intervenidos entre 1990 y 2000, mediante reconstrucción del LCA con aloinjerto de isquiotibiales y un seguimiento entre 11 y 96 meses. Los resultados fueron satisfactorios en el 75% de los pacientes e insatisfactorios en el resto. El porcentaje de reroturas fue mayor que en los

adultos. Otros autores sin embargo han publicado resultados similares a los obtenidos en la población adulta. Kocher et al [36] operaron 61 rodillas, en 59 adolescentes esqueléticamente inmaduros (estadio 3 de Tanner), con una edad cronológica media de casi 15 años. Fueron intervenidos mediante reconstrucción transfisaria del LCA con autoinjerto de isquiotibiales y fijación metafisaria. El seguimiento medio fue de 4 años. En dos pacientes falló la plastia. La puntuación media en la escala de Lysholm fue de  $91,2 \pm 10,7$  y el Lachman fue normal en 51 rodillas y casi normal en 8. El crecimiento medio de los pacientes fue de 8,2 cm. No encontraron deformidades angulares ni disimetrías si bien tres casos desarrollaron artrofibrosis y precisaron movilización bajo anestesia.

## Nuestra experiencia

Entre 2003 y 2007, hemos tratado 12 pacientes con rotura de LCA y fisis abiertas (Figura 2) (Figura 3). La edad media de los pacientes fue de 14 años con un rango de 9 a 16 años. Nueve pacientes eran varones y 3 mujeres.

En los dos pacientes más jóvenes, de 9 y 10 años, intentamos inicialmente tratamiento conservador con rehabilitación, modificación de la actividad y rodillera. Uno de los pacientes a los 4 meses de la rotura de LCA tuvo un nuevo fallo de la rodilla y sufrió un asa de cubo del menisco interno que precisó sutura con plastia de LCA asociada (Figura 2).

En los 11 pacientes intervenidos utilizamos semitendinoso y recto interno con túneles transfisarios (Figura 4). Un paciente tenía una rotura periférica del menisco externo

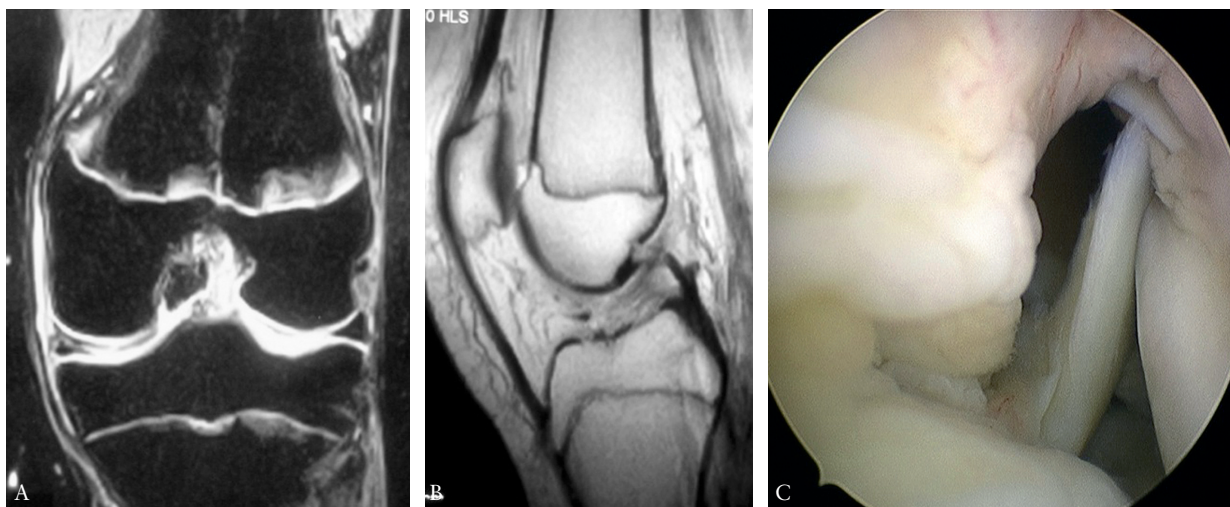
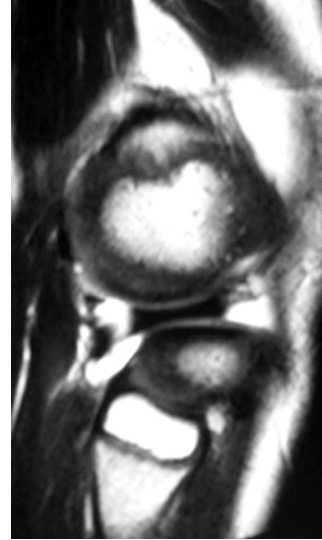


Fig. 2. a, b) Corte coronal (T2) y sagital (T1) de la rodilla en varón de 13 años, con rotura de LCA tratado inicialmente de forma conservadora que sufrió rotura del menisco interno. c) Imagen artroscópica que muestra la ausencia del LCA.

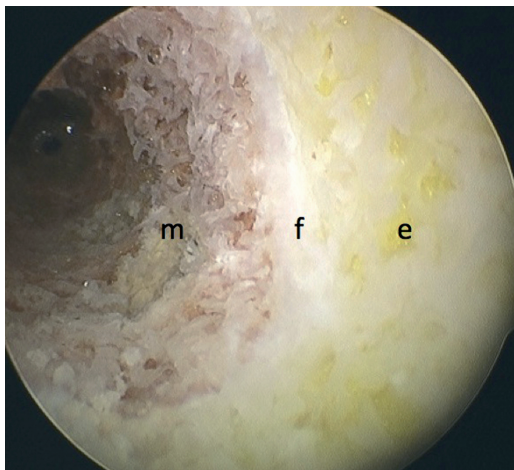




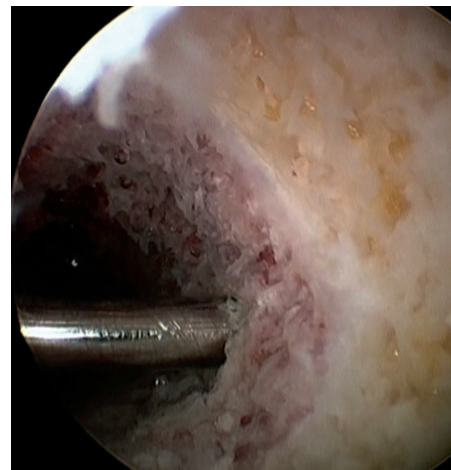
**Fig. 3.** Corte sagital de RNM en T2 de un paciente de 9 años con rotura proximal de LCA y fisis abiertas.



**Fig. 5.** Corte sagital de RNM en T2 de un paciente de 9 años con rotura proximal de LCA y fisis abiertas.



**Fig. 4.** Visión artroscópica del túnel femoral con el artroscopio en el portal antero-medial. Se observa la epífisis (e), la fisis abierta (f) y la metáfisis (m).



**Fig. 6.** Visión artroscópica del túnel femoral con el artroscopio en el portal antero-medial. Se observa como el sistema de fijación transversal proximal de la plastia preserva la fisis.

con subluxación meniscal (Figura 5). El diámetro medio de los túneles fue de 7 mm.

La fijación proximal de la plastia la realizamos con el sistema transfixiante rigidfix® (Mitek) en 6 pacientes (Figura 6) y fijación transversal de crosspin® (Stryker) en los 5 pacientes restantes. La fijación distal la realizamos con grapa cortical en 10 pacientes y con tornillo interferencial y grapa en el paciente de mayor edad.

Con un seguimiento medio de 3 años (1-5) no detectamos disimetrías ni deformidades angulares. Ninguna de las plastias ha fracasado y todos los pacientes intervenidos han recuperado su nivel de actividad deportiva.

## Discusión

Bollen et al [37] señalaron que las plastias de isquiotibiales implantadas en pacientes esqueléticamente inmaduros crecen con el tiempo. Realizaron RNM a los 35 meses (rango: 18 – 58 meses) de la cirugía y observaron un crecimiento de la plastia, con una media de un 42% de su longitud inicial (33 a 57%). Los pacientes habían crecido una media de 17,3 cm (rango: 14 – 24 cm). Sin embargo, el diámetro de las plastias no cambió a pesar del aumento marcado de su longitud.

Las lesiones condrales y meniscales secundarias a fallos repetidos de la rodilla en los pacientes tratados conservado-

ramente son irreversibles y con potenciales secuelas a largo plazo peores que la disimetría o deformidad angular secundarias a un cierre fisario. El puente fisario puede ser extirpado o se puede cerrar la fisis del lado contrario de la rodilla (hemiepifisiodesis) para evitar la deformidad angular. Las disimetrías clínicamente significativas pueden ser tratadas mediante elongación de la extremidad corta o acortamiento de la extremidad contralateral.

El tratamiento conservador de las roturas del ligamento cruzado anterior en pacientes con fisis abiertas obtiene malos resultados.

El retraso en la cirugía aumenta la morbilidad, lesiones meniscales y condrales. La incidencia de cierre fisario tras la intervención es baja y generalmente está relacionada con errores quirúrgicos. Los pacientes postpuberales cercanos a la madurez esquelética deben ser tratados como adultos. Las roturas parciales del LCA, sobre todo si son estables, pueden ser tratadas conservadoramente.

Los túneles transfisarios deben ser lo más pequeños posibles y localizados centralmente para disminuir el riesgo de provocar deformidades angulares

Es aconsejable utilizar sólo injertos de partes blandas, evitando la implantación de pastillas óseas o sistemas de fijación atravesando la fisis.

Los procedimientos extraarticulares que precisan una disección extensa o sistemas de fijación cercanos a la fisis pueden ser más dañinos que túneles transfisarios.

Es imprescindible un seguimiento cuidadoso para monitorizar el crecimiento y planificar la intervención si ocurre un cierre fisario. **I**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arendt EA, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 1995; 23:694-701.
2. Eiskjaer S, Larsen ST, Schmidt MB. The significance of hemarthrosis of the knee in children. *Arch Orthop Trauma Surg* 1988; 107:96-8.
3. Beachy G, Akau CK, Martinson M, Olderr TF. High school sports injuries. A longitudinal study at Punahou School: 1988 to 1996. *Am J Sports Med* 1997; 25:675-9.
4. Kloeppel-Wirth S, Koltai JL, Dittmer H. Significance of arthroscopy in children with knee joint injuries. *Eur J Pediatr Surg* 1992; 2:169-72.
5. Stanitski CL. Correlation of arthroscopic and clinical examinations with magnetic resonance imaging findings of injured knees in children. *Am J Sports Med* 1998; 26:2-6.
6. Kocher MS, Mandiga R, Klingele K, Bley L, Micheli LJ. Anterior Cruciate Ligament Injury versus spine fracture in the skeletally immature knee: a comparison of skeletal maturation and notch width index. *J Pediatr Orthop* 2004; 24:185-8.
7. Meyers MH, McKeever FM. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. *J Bone Joint Surg (Am)* 1970; 52-A:1677-84.
8. Kocher MS, Micheli LJ, Gerbino P, Hresko MT. Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. *Am J Sports Med* 2003; 31:404-7.
9. Aicroth 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-B:38-41.
10. Engebretsen L, Svenningensen S, Benum P. Poor results of anterior cruciate ligament repair in adolescence. *Acta Orthop Scand* 1988; 59:684-6.
11. Graf BK, Lange RH, Fujisaki K, Landry GL, Saluja RK. Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients: meniscal pathology at presentation and after attempted conservative treatment. *Arthroscopy* 1992; 8:229-33.
12. Kannus P, Jarvinen M. Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament. Long-term results. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987; 69:1007-12.
13. Mizuta H, Kubota K, Shiraishi M, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K. The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. *J Bone Joint Surg (Br)* 1995; 77:890-4.
14. Stanitski CL. Anterior cruciate ligament injury in the skeletally immature patient: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 1995; 3:145-51.
15. Angel K, Hall D. Anterior cruciate ligament injury in children and adolescent. *Arthroscopy* 1989; 5:197-200.
16. Pressman AE, Letts RM, Jarvis JG. Anterior cruciate ligament tears in children: an analysis of operative versus nonoperative treatment. *J Pediatr Orthop* 1997; 17:505-11.
17. Mc Carroll J. Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes. *Am J Sports Med* 1988; 16:44-7.
18. Millet 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.
19. Brief LP. Anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *Am J Sports Med* 1994; 22:569-74.
20. Parker AW, Drez D, Cooper JL. Anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *Am J Sports Med* 1994; 22:44-7.



21. Kocher MS, Garg S, Micheli LJ. Physseal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents. *J Bone Joint Surg (Am)* 2006; 88-A:283-93.
22. Andrews M, Noyes FR, Barber-Westin SD. Anterior cruciate ligament allograft reconstruction in the skeletally immature athlete. *Am J Sports Med* 1994; 22:48-53.
23. Lo IK, Kirkley A, Fowler PJ, Miniaci A. The outcome of operatively treated anterior cruciate ligament disruptions in the skeletally immature child. *Arthroscopy* 1997; 13:627-34.
24. Lipscomb AB, Anderson AF. Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J Bone Joint Surg (Am)* 1986; 68:19-28.
25. Houle JB, Letts M, Yang J. Effects of a tensioned graft in a bone tunnel across the rabbit physis. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 391:275-81.
26. 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.
27. Seil R, Pape D, Kohn D. The risk of transphyseal drilling in sheep with open physes. *Arthroscopy* 2008; 24:824-33.
28. Guzzanti V, Falciglia F, Gigante A, Fabbriani C. The effect of intra-articular ACL reconstruction on the growth plates in rabbits *J Bone Joint Surg (Br)* 1994; 76-B:960-3.
29. Edwards TB, Greene CC, Baratta RV, Zieske A, Willis RB. The effect of placing tensioned graft across open growth plates. A gross and histologic analysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2001; 83-A:725-34.
30. Babb JR, Ahn JI, Azar FM, Canale ST, Beaty JH. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction using mesenchymal stem cells. *Am J Sports Med* 2008; 36:1164-70.
31. Koman JD, Sanders JO. Valgus deformity after reconstruction of the anterior cruciate ligament in a skeletally immature patient. A case report. *J Bone Joint Surg (Am)* 1999; 81-A:711-5.
32. Kocher M, Saxon HS, Hovis WD, Hawkins RJ. Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients: Survey of the Herodicus Society and the ACL Study Group. *J Pediatr Orthop* 2002; 22:452-7.
33. Matava MJ, Siegel MG. Arthroscopic reconstruction of the ACL with semitendinosus-gracilis autograft in skeletally immature adolescent patients. *Am J Knee Surg* 1997; 10:60-9.
34. Aronowitz ER, Ganley TJ, Goode JR, Gregg JR, Meyer JS. Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med* 2000; 28:168-75.
35. Shelbourne KD, Gray T, Wiley BV. Results of transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft in tanner stage 3 or 4 adolescents with clearly open growth plates. *Am J Sports Med* 2004; 32:1218-22.
36. Kocher MS, Smith JT, Zoric BJ, Lee BA, Micheli LJ. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature pubescent adolescents. *J Bone Joint Surg (Am)* 2007; 89-A:2632-9.
37. Bollen S, Pease F, Ehrenreich 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-B:455-9.

#### Conflicto de intereses

Los autores no hemos recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Ninguna entidad comercial ha pagado, ni pagará, a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que estamos afiliados.