

Artículo original

Estudio de la viabilidad de la reparación meniscal lateral incluyendo el tendón poplíteo con simulador de rodilla

Xavier Pelfort López,* Marc Tey Pons,** Francisco Reina de la Torre,*** Lluís Puig Verdier,****
Albert Alíer Fabregó,**** Rafael Iñigo Pavlovich,***** Joan Carles Monllau García*****

Hospitales IMAS (Mar y Esperanza)

RESUMEN. *Antecedentes:* Aunque las indicaciones para la reparación meniscal lateral están bien establecidas, algunos aspectos son todavía controvertidos. Clásicamente, se ha recomendado evitar cruzar con suturas el tendón poplíteo aunque en ocasiones es difícil evitarlo. El objetivo de este trabajo fue valorar la viabilidad de una reparación meniscal que incluyera al tendón poplíteo. *Métodos:* Para ello se utilizaron 9 rodillas humanas frescas, congeladas, en las que se creó una lesión longitudinal en asa de balde del menisco lateral. Las rodillas se dividieron en tres grupos: Grupo A (control): se realizó una reparación meniscal con 5 puntos verticales dos posteriores y tres anteriores al hiato poplíteo; Grupo B: al que se añadía un punto de sutura entre el menisco lateral y el tendón poplíteo y Grupo C: en el que el punto de sutura adicional incluía menisco, tendón poplíteo y cápsula articular. En todos los casos se realizó una osteotomía del cóndilo lateral para acceder al compartimento lateral de la rodilla. Después de la fijación de la osteotomía, las rodillas fueron sometidas a 1,000 ciclos de marcha y un test rotacional mediante un simulador experimental de marcha. Posteriormente se realizó una valoración macroscópica de la reparación meniscal y del tendón po-

ABSTRACT. *Background:* Although the indications for lateral meniscal repair are well established, some aspects are still controversial. The classic recommendation is to avoid going through the popliteal tendon with sutures, even though this is at times difficult to achieve. The purpose of this paper was to assess the feasibility of a meniscal repair that included the popliteal tendon. *Methods:* To this end, nine human fresh frozen knees were used, in which a bucket handle lesion of the lateral meniscus was inflicted. The knees were divided into three groups: Group A (control): meniscal repair was performed with 5 vertical sutures, 2 posterior and 3 anterior to the popliteal fossa; Group B: one stitch was added between the lateral meniscus and the popliteal tendon, and Group C: the additional stitch included the meniscus, the popliteal tendon and the articular capsule. In all cases a lateral condyle osteotomy was performed to access the lateral compartment of the knee. Once the osteotomy had been fixed, the knees underwent 1,000 gait cycles and a rotational test using an experimental gait simulator. Then a macroscopic assessment of the meniscal repair and the popliteal tendon was performed. *Results:* No differences were seen in the previous situation in any of the groups. *Conclu-*

Nivel de evidencia: V (Act Ortop Mex, 2010)

* Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospitales IMAS (Mar y Esperanza). Universidad Autónoma de Barcelona.

** Instituto Catalán de Traumatología y Medicina del Deporte (ICATME). Institut Universitari Dexeus. Universidad Autónoma de Barcelona.

*** Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Barcelona.

**** Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospitales IMAS (Mar y Esperanza). Universidad Autónoma de Barcelona.

***** Instituto de Cirugía Ortopédica, Artroscopía y Medicina del Deporte. Hermosillo, Sonora. México.

***** Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Universidad Autónoma de Barcelona.

Dirección para correspondencia:

Xavier Pelfort López

Hospital del Mar. Passeig Marítim 25-29. 08003 Barcelona.

E-mail: 92858@imas.imim.es

Tel: +34/932483196, Fax: +34/932483201

plíteo. Resultados: No se observaron diferencias en cuanto a la situación previa en ninguno de los tres grupos. **Conclusiones:** En este modelo experimental, la reparación del menisco lateral incluyendo el tendón poplíteo no parece tener ninguna repercusión sobre la viabilidad de la sutura.

Palabras clave: menisco, rodilla, injerto, tendón, simulación por computadora, modelo experimental.

sions: In this experimental model the repair of the lateral meniscus including the popliteal tendon did not seem to have any repercussions on suture viability.

Key words: knee, meniscus, graft, tendon, computer simulation, experimental model.

Introducción

El estudio del ángulo posterolateral de la rodilla ha tenido un creciente interés en los últimos años.¹⁻³ La mayor parte de las estructuras de esta zona tienen una implicación importante en la estabilidad rotacional lateral de la rodilla.⁴⁻⁶ Entre ellas, el tendón del músculo poplíteo (TP) que constituye uno de los principales elementos estabilizadores.⁷⁻⁹

Además, el menisco lateral (ML) juega un importante papel en la prevención de los cambios degenerativos de la rodilla¹⁰⁻¹² y mantiene una estrecha relación con el TP.¹³⁻¹⁶ Cuando presenta una rotura, su reparación parece especialmente importante, sobre todo en aquellos individuos más jóvenes. En la práctica clínica, las indicaciones para la sutura meniscal están bien definidas,^{12,17-21} aunque en el caso del ML está condicionada por la existencia del hiato poplíteo, en el que pierde su anclaje capsular directo. Actualmente, no existe consenso en cuanto a incluir o no el TP en la reparación. Tradicionalmente se ha recomendado evitarlo debido a que es una estructura móvil. No obstante, hasta el momento actual, se desconoce la factibilidad de una reparación del ML en la zona hiatal que incluya el TP. ¿Podría valorarse de forma experimental la viabilidad de una reparación del ML incluyendo el TP?

El objetivo de este estudio fue valorar en un modelo experimental los resultados de una reparación del ML que incluyera el TP. La hipótesis de trabajo fue que la inclusión del tendón no alteraría la calidad ni el comportamiento de la reparación.

Material y métodos

Se diseñó un estudio experimental, prospectivo, en que se utilizaron 12 rodillas (8 izquierdas y 4 derechas) de espécimen frescas congeladas. La media de edad de los donantes fue de 47 años (28 – 67 años). A todas ellas se les practicó una artroscopia previa para valorar el estado articular. Tres fueron excluidas del estudio por presentar lesiones del ML, del ligamento cruzado anterior o lesiones condrales severas (grado III o IV de Outerbridge). Las nueve restantes (6 izquierdas y 3 derechas) se utilizaron para el estudio.

Para la reparación de la rodilla, en cada una de las extremidades se mantuvo una longitud de 25 cm de fémur y tibia desde la interlínea articular, con objeto de poder montar la

rodilla sólidamente en el simulador. Se realizó una disección de los especímenes por planos hasta la cápsula articular, manteniendo indemnes los tendones del bíceps femoral y cuádriceps, que se suturaron con hilo trenzado no absorbible para facilitar su anclaje al simulador.

Para acceder al compartimento lateral de la rodilla se utilizó la osteotomía del cóndilo lateral descrita por Dienst y col.²² (Figura 1). Se trata de una osteotomía de trazo oblicuo, que respeta la inserción femoral del ligamento cruzado anterior (LCA) y permite acceder con comodidad al compartimento lateral.

Para poder crear la lesión vertical del ME se realizaron mediciones en diferentes áreas del menisco entre el borde libre y el muro meniscal. La rotura se realizó con bisturí en la unión del 1/3 lateral y los 2/3 internos del menisco. Seguidamente, las 9 rodillas se dividieron en tres grupos: en el grupo A (control) la rotura se reparó mediante cinco puntos verticales con sutura trenzada no absorbible de 00. Se combinaron suturas fuera-dentro o dentro-fuera a conveniencia con agujas espinales previamente adaptadas a diferentes angulaciones (Figura 2). Dos de los cinco puntos se situaban posteriores al hiato y tres anteriores al mismo. En el grupo B, se añadió un punto de sutura adicional entre ML y TP. En el grupo C el punto adicional incluía el ML, el TP y la cápsula articular.



Figura 1. La osteotomía oblicua del cóndilo femoral lateral permitía un fácil acceso al compartimento lateral de la rodilla.

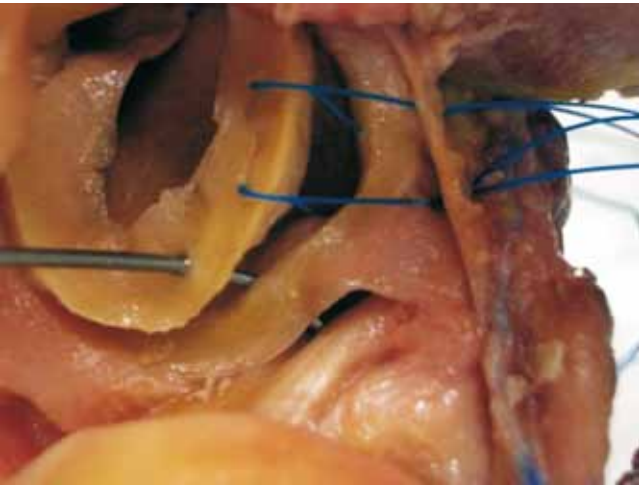


Figura 2. La reparación se realizó combinando suturas tipo fuera-dentro o dentro-fuera utilizando agujas espinales previamente preconformadas.



Figura 3. El anclaje tibial se realizaba mediante un cilindro de PVC y resina epóxica.

Después de la reparación se fijó la osteotomía del cóndilo mediante tres tornillos canulados de esponjosa de 6.5 mm. Las diáfisis tibiales se fijaron sólidamente con resina epóxica de alta resistencia en un cilindro de PVC de 15 cm de diámetro (*Figura 3*). Las diáfisis femorales se fijaron directamente en un cilindro de acero inoxidable con diversos balones para el bloqueo rotatorio.

La realización del estudio se hizo con simulador experimental de marcha tipo I. Este aparato está dotado de cinco pistones hidroneumáticos, que actúan sobre diferentes estructuras de la rodilla permitiendo reproducir el ciclo de la marcha. Los pistones reproducen el movimiento de flexo extensión de la rodilla durante un ciclo de marcha, la fuerza de reacción del suelo, el momento varizante durante la carga monopodal y las fuerzas de contracción del músculo cuadriceps y del bíceps femoral (*Figura 4*). Las fuerzas aplicadas sobre la articulación, fueron aproximadamente de un 20% de las consideradas fisiológicas en la literatura.²³



Figura 4. Imagen de una de las rodillas después de instalarla en el simulador experimental.

Después del montaje de las rodillas en el simulador, se realizaron 1,000 ciclos de marcha en cada rodilla. En ese momento, se realizó una segunda vista para valorar macroscópicamente la situación de las suturas. Con el fin de evaluar los efectos de la rotación de la rodilla sobre la reparación del ML, se realizaron a modo de «test rotacional» 500 ciclos adicionales con 20° de rotación tibial lateral y otros 500 con 20° de rotación medial. Posteriormente, se realizó una nueva valoración macroscópica del ML, el TP y los puntos de sutura. La medición en los casos de rotura del ML o TP se realizó con medidor digital (Promax, Fowler; USA, rango 0-150 mm, resolución 0.02 mm). Se consideró como re-rotura del ML o del TP un desgarro superior a 1 mm. La valoración de las suturas se realizó en términos de indemnidad o rotura de la misma.

Resultados

Cada rodilla fue evaluada después de los 1,000 ciclos. En cuanto se refiere al ML, en ninguno de los tres grupos se observó ningún signo de rotura o desgarro parcial del mismo (*Figura 5*). El TP tampoco mostró ninguna alteración en los grupos B y C a pesar de su inclusión en la sutura. Tampoco se observó ninguna rotura de los puntos de sutura realizados. Después de la realización del «test rotacional» no se observó ningún cambio macroscópico a nivel de las suturas realizadas ni tampoco en el TP (*Tabla 1*).

Discusión

Estos resultados sugieren que la inclusión del TP en una reparación meniscal lateral no parece causar en este mode-

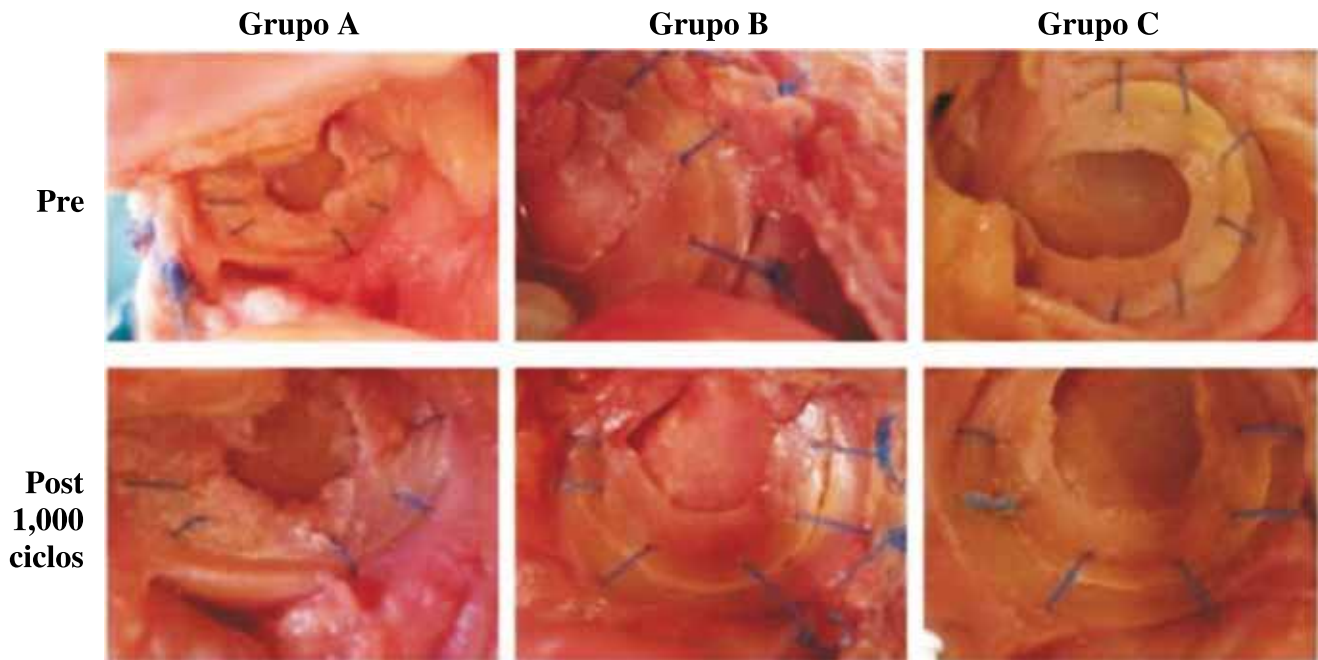


Figura 5. Imágenes macroscópicas antes y después de la realización de los ciclos de marcha.

Tabla 1: Valoración final de la reparación, menisco lateral y tendón poplíteo después de los 1,000 ciclos de marcha y el «test rotacional».

		ML	TP	Sutura
Grupo A	Rodilla 1	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
	Rodilla 2	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
	Rodilla 3	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
Grupo B	Rodilla 4	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
	Rodilla 5	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
	Rodilla 6	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
Grupo C	Rodilla 7	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
	Rodilla 8	< 1 mm	< 1 mm	No rotura
	Rodilla 9	< 1 mm	< 1 mm	No rotura

lo experimental una tensión excesiva sobre estas estructuras. Existen en la literatura numerosos trabajos sobre aspectos anatómicos y biomecánicos del ángulo posterolateral de la rodilla.¹⁻⁹ Actualmente, no existen dudas sobre la existencia de sólidas conexiones entre el menisco lateral y el TP,¹³⁻¹⁶ así como la función desbloqueadora del músculo poplíteo durante la fase inicial de la flexión de la rodilla. Asimismo también se considera clave el papel de las estructuras estabilizadoras del ML durante los movimientos de flexo-extensión.

Kaplan y cols.²⁴ consideraron que la posición del TP se mantenía invariable durante los movimientos de la rodilla. Más recientemente, Stäubli y cols.⁹ en su trabajo utilizando videoartroscopía, valoraron también el comportamiento intraarticular del TP durante la flexo-extensión de la rodilla. En él, observaron como el TP durante el movimiento

de flexión disminuye mínimamente su grado de tensión y se introduce levemente en el hiato poplíteo. Además, Tria y cols.²⁵ observaron en su estudio anatómico sólidas conexiones entre el ME y el TP en 7 de las 40 rodillas estudiadas.

Todo ello hace pensar que el cierre del hiato poplíteo durante una reparación del ML probablemente repercute de forma mínima sobre la cinemática del ángulo posterolateral de la rodilla y en algunos casos puede implicar una mayor solidez de la reparación.

En cuanto al tipo de sutura, siempre se utilizaron puntos verticales para evitar variables de confusión. No obstante debemos ser conscientes de algunas de las limitaciones del trabajo. En primer lugar no se ha podido reproducir la contracción de músculo poplíteo. Hasta donde sabemos, se desconoce de forma exacta la potencia de contracción del mismo y su repercusión sobre la cinemática de la rodilla. Además, el simulador utiliza tensiones infrafisiológicas²³ y el número de ciclos realizados también puede considerarse limitado.

No obstante, no existen en la literatura trabajos relacionados con la posibilidad de inclusión del TP en una reparación del ML.

Conclusión

La sutura del menisco lateral incluyendo el TP parece no provocar ninguna alteración sobre ambas estructuras en este modelo experimental. Serán necesarios un mayor número de estudios para confirmar estos resultados preliminares.

Bibliografía

1. Bozkurt M, Elhan A, Tekdemir I, Tonuk E: An anatomical study of the meniscofibular ligament. *Knee Surg Sport Traum Arthrosc* 2004; 12(5): 429-33

2. Kimura M, Shirakura K, Hasegawa A, Kobayashi Y, Udagawa E: Anatomy and pathophysiology of the popliteal tendon area in the lateral meniscus: 1. Arthroscopic and anatomical investigation. *Arthroscopy* 1992; 8(4): 419-23.
3. Kimura M, Shirakura K, Hasegawa A, Kobayashi Y, Udagawa E: Anatomy and pathophysiology of the popliteal tendon area in the lateral meniscus: 2. *Clin Invest Arthros* 1992; 8(4): 424-7.
4. LaPrade RF, Ly TV, Wentorf FA, Engebretsen L: The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament and lateral gastrocnemius tendon. *Am J Sports Med* 2003; 31(6): 854-60.
5. Maynard MJ, Deng X, Wickiewicz TL, Warren RF: The popliteofibular ligament. Rediscovery of a key element in posterolateral stability. *Am J Sports Med* 1996; 24(3): 311-6.
6. Veltri DM, Deng XH, Torzilli PA, Maynard MJ, Warren RF: The role of the popliteofibular ligament in stability of the human knee. A biomechanical study. *Am J Sports Med* 1996; 24(1): 19-27.
7. Ferrari DA: Arthroscopic evaluation of the popliteus: Clues to posterolateral laxity. *Arthroscopy* 2005; 21(6): 721-6.
8. Nielsen S, Helming P: The static stabilizing function of the popliteal tendon in the knee. An experimental study. *Arch Orthop Trauma Surg* 1986; 104(6): 357-62.
9. Staubli HU, Birrer S: The popliteus tendon and its fascicles at the popliteal hiatus: gross anatomy and functional arthroscopic evaluation with and without anterior cruciate ligament deficiency. *Arthroscopy* 1990; 6(3): 209-20.
10. Alford JW, Lewis P, Kang RW, Cole BJ: Rapid progression of chondral disease in the lateral compartment of the knee following meniscectomy. *Arthroscopy* 2005; 21(12): 1505-9.
11. Beaufils P, Hardy P, Chambat P, Clavert P, Djian P, Frank A, Hulet C, Potel JF, Verdonk R: Adult lateral meniscus. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2006; 92(5 Suppl): 2S169-2S194.
12. Van Trommel MF, Simonian PT, Potter HG, Wickiewicz TL: Arthroscopic meniscal repair with fibrin clot of complete radial tears of the lateral meniscus in the avascular zone. *Arthroscopy* 1998; 14(4): 360-5.
13. Minowa T, Murakami G, Suzuki D, Uchivama E, Kura H, Yamashita T: Topographical histology of the posterolateral corner of the knee with special reference to laminar configurations around the popliteus tendon: a study of elderly Japanese and late-stage fetuses. *J Orthop Sci* 2005; 10(1): 48-55.
14. Oransky M, Canero G, Maiotti M: Embryonic development of the posterolateral structures of the knee. *Anat Rec* 1989; 225(4): 347-54.
15. Sussmann PS, Simonian PT, Wickiewicz TL, Warren RF: Development of the popliteomeniscal fasciculi in the fetal human knee joint. *Arthroscopy* 2001; 17(1): 14-8.
16. Tena-Arregui J, Barrio-Asensio C, Viejo-Tirado F, Puerta-Fonolla J, Murillo-Gonzalez: Arthroscopic study of the knee joint in fetuses. *Arthroscopy* 2003; 19(8): 862-8.
17. Bohnsack M, Rühmann O: Arthroscopic meniscal repair with bioreabsorbable implants. *Oper Orthop Traumatol* 2006; 18(5-6): 425-52.
18. Haas AL, Schepsis AA, Hornstein J, Edgar CM: Meniscal repair using FastT-Fix all-inside meniscal repair device. *Arthroscopy* 2005; 21(2): 167-75.
19. Jones HP, Lemos MJ, Wilk RM, Smiley PM, Gutierrez R, Schepsis AA: Two year follow-up of meniscal repair using a bioreabsorbable arrow. *Arthroscopy* 2002; 18(1): 64-9.
20. Tsai AM, McAllister DR, Chow S, Young CR, Hame SL: Results of meniscal repair using a reabsorbable screw. *Arthroscopy* 2004; 20(6): 586-90.
21. Tuckman DV, Bravman JT, Lee SS, Rosen JE, Sherman OH: Outcomes of meniscal repair: minimum of 2 year follow-up. *Bull Hosp J Dis* 2006; 63(3-4): 100-4.
22. Dienst M, Greis PE, Ellis BJ, Bachus KN, Burks RT: Effect of lateral meniscal allograft sizing on contact mechanics of the lateral tibial plateau: an experimental study in human cadaveric knee joints. *Am J Sports Med* 2007; 35(1): 34-42.
23. Prilutsky BI, Petrova LN, Raitzin LM: Comparison of mechanical energy expenditure of joint moments and muscle forces during human locomotion. *J Biomechanics* 1996; 29(4): 405-15.
24. Kaplan EB: Surgical approach to the lateral (peroneal) side of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet* 1957; 104: 346-56.
25. Tria AJ, Johnson CD, Zawadsky JP: The popliteus tendon. *J Bone Joint Surg (Am)* 1989; 71: 714-6.