

Reparación meniscal externa incluyendo el tendón poplíteo. Estudio experimental con simulador de rodilla. Resultados preliminares

X. Pelfort López¹, M. Tey Pons², F. Reina de la Torre³, Ll. Puig Verdier¹, E. Cáceres Palou¹, R. Íñigo Pavlovich⁴, J.C. Monllau García⁵

¹ Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospitales IMAS. Hospital del Mar y Hospital de la Esperanza. Barcelona

² Instituto Catalán de Traumatología y Medicina del Deporte (ICATME). Institut Universitari Dexeus. Barcelona

³ Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Barcelona

⁴ Instituto de Cirugía Ortopédica, Artroscopia y Medicina del Deporte. Hermosillo, Sonora (México)

⁵ Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona

Correspondencia:

Dr. Xavier Pelfort López

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

Correo electrónico: 92858@imas.imim.es

Aunque las indicaciones para la misma la reparación meniscal externa están bien establecidas, algunos aspectos son todavía materia de controversia. Clásicamente, se ha recomendado evitar cruzar con suturas el tendón poplíteo, aunque en ocasiones es difícil evitarlo. El objetivo principal de este trabajo fue valorar la viabilidad de una reparación meniscal que incluyera el tendón poplíteo. Para ello se utilizaron 6 rodillas humanas congeladas, en las que se creó una lesión longitudinal en asa de cubo del menisco externo. Las rodillas se dividieron en tres grupos: grupo A (control), en el que 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 externo 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 lateral del cóndilo externo para acceder al compartimento externo de la rodilla. Después de la fijación de la osteotomía, las rodillas fueron sometidas a 1.000 ciclos de marcha, mediante un simulador experimental de marcha. Posteriormente, se realizó una valoración macroscópica de la reparación meniscal y del tendón poplíteo. No se observaron diferencias en cuanto a la situación previa en ninguno de los tres grupos. Conclusión: en este

Lateral meniscus repair including the popliteal tendon. An experimental study using a knee simulator. Preliminary results

Even though the indications for lateral meniscus repair are well established, some aspects remain controversial. It has been classically recommended to avoid sutures crossing the popliteal tendon, though this is at times difficult to achieve. The prime aim of the present study has been to assess the viability of a meniscal repair technique including the popliteal tendon. Six frozen human knees were used in which a longitudinal bucket-handle lesion was created in the lateral meniscus. The knees were divided into three groups: in group A (control), a meniscal repair was carried out with five suture points, two of them posterior and three anterior to the popliteal hiatus; in group B, one further suture point was added between the lateral meniscus and the popliteal tendon, and in group C the additional suture point included the meniscus, the popliteal tendon and the articular capsule. In all cases a lateral osteotomy of the external condyle was performed for access to the external compartment of the knee. After fixation of the osteotomy, all knees underwent 1,000 gait cycles in an experimental gait simulator; a macroscopic assessment of the meniscal repair and of the popliteal tendon was then performed. No differences were observed as compared to the initial situation in any of the

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 externo. Tendón poplíteo. Sutura meniscal.*

INTRODUCCIÓN

El menisco externo (ME) desempeña un importante papel en la prevención de los cambios degenerativos de la rodilla, por tanto, 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. Sin embargo, la sutura del menisco externa está limitada por la existencia de estructuras en el ángulo posteroexterno de la rodilla, como el tendón del músculo poplíteo (PT).

Uno de los aspectos que suscita más controversia es el tratamiento de las rupturas que afectan a la zona del hiato poplíteo. No existe consenso en cuanto a incluir o no el TP en la reparación, aunque tradicionalmente se ha recomendado evitarlo debido a que es una estructura móvil, aun cuando esta movilidad no ha sido nunca cuantificada. Hasta el momento se desconoce la fiabilidad de una reparación del ME en la zona hiatal que incluya el TP, aunque la experiencia clínica parece apuntar en el sentido de su fiabilidad (datos no publicados).

El objetivo de este estudio fue valorar en un modelo experimental los resultados de una reparación del ME 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 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. Seis fueron excluidas del estudio por presentar lesiones del ME, del ligamento cruzado anterior (LCA) o lesiones condrales severas (grado III o IV de Outerbridge). Las seis restantes (4 iz-

three groups. Conclusion: In this experimental model, lateral meniscus repair including the popliteal tendon does not appear to have any bearing on the viability of the suture.

Key words: *Lateral meniscus. Popliteal tendon. Meniscal repair.*

quierdas y 2 derechas) se utilizaron para el estudio preliminar.

Preparación de las rodillas

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 irreabsorbible para facilitar su anclaje al simulador.

Para acceder al compartimento externo de la rodilla se utilizó la osteotomía del cóndilo externo descrita por Dienst⁽¹⁾ (**Figura 1**). Se trata de una osteotomía de trazo oblicuo que respeta la inserción femoral del LCA y permite acceder con comodidad al compartimento externo.

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 externo y los 2/3 internos del menisco. Seguidamente, las 6 rodillas se dividieron en tres grupos: en el grupo A (control) la rotura se reparó mediante cinco puntos verticales con su-

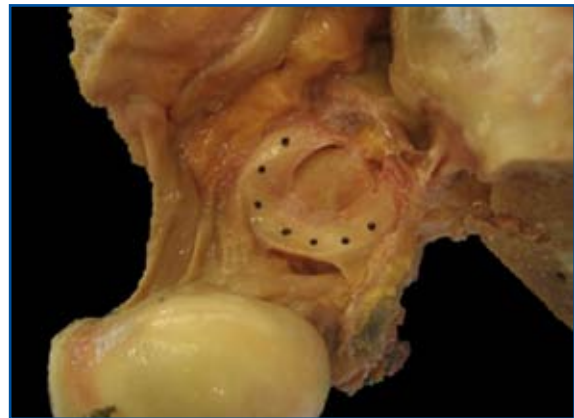


Figura 1. La osteotomía oblicua del cóndilo femoral externo permitía un fácil acceso al compartimento externo de la rodilla.

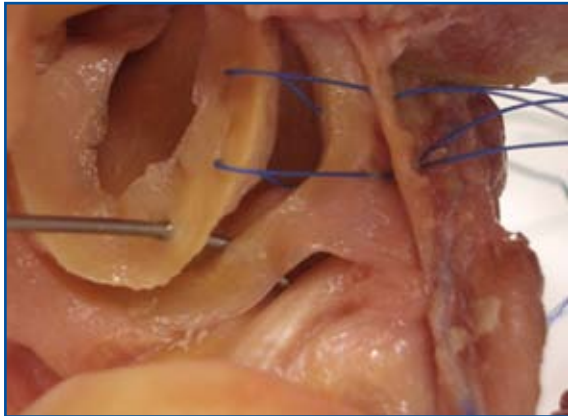


Figura 2. La reparación se realizó combinando suturas tipo fuera-dentro o dentro-fuera y utilizando agujas espinales previamente preconformadas.

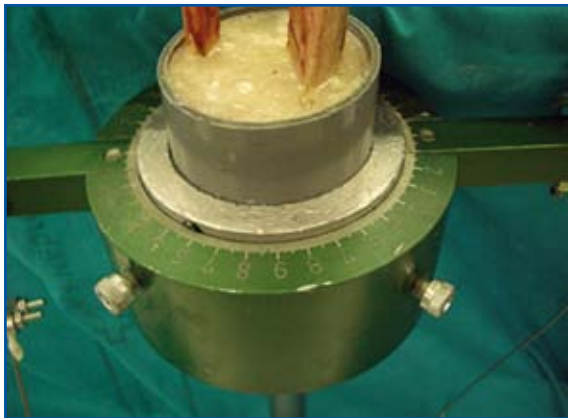


Figura 3. El anclaje tibial se realizaba mediante un cilindro de PVC y resina epoxi.

tura trenzada irreabsorbible 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 ME y TP. En el grupo C, el punto adicional incluía el ME, el TP y la cápsula articular.

Después de la reparación se sintetizó la osteotomía del cóndilo mediante tres tornillos canulados de esponjosa de 6,5 mm. Las diáfisis tibiales se fijaron sólidamente con resina epoxy 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 bulones para el bloqueo rotatorio.

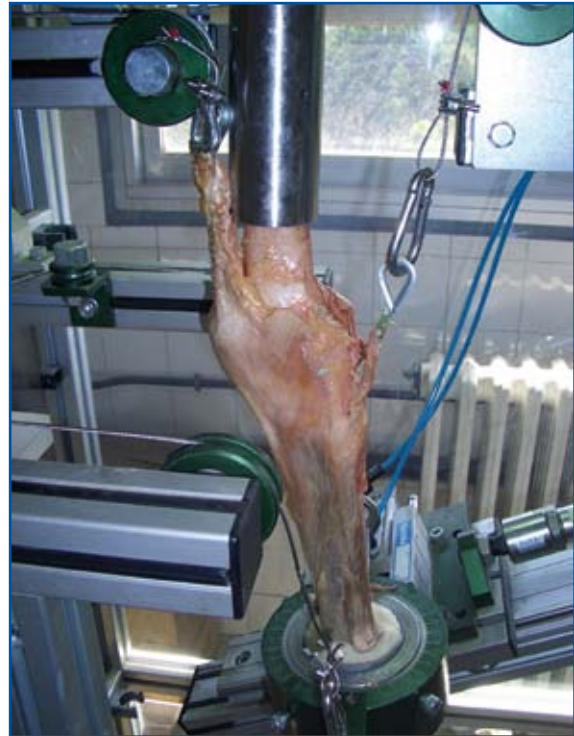


Figura 4. Imagen de una de las rodillas después de instalarla en el simulador experimental.

Simulador experimental de rodilla

Para la realización del estudio, se utilizó un 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 flexoextensión 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 cuádriceps y del bíceps femoral (Figura 4). Las fuerzas aplicadas sobre la articulación fueron de aproximadamente un 20% de las consideradas fisiológicas en la literatura⁽²⁾.

Después del montaje de las rodillas en el simulador, se realizaron 1.000 ciclos de marcha en cada rodilla. Posteriormente, se realizó una valoración macroscópica del ME, el TP y los puntos de sutura. La medición en los casos de rotura del ME o TP se realizó con medidor digital (Promax, Fowler; USA, rango 0-150 mm, resolución 0,02 mm). Se consideró como rerrotura del ME o del TP un desgarramiento superior a 1 mm. La valoración de las suturas se realizó en términos de indemnidad o rotura de la misma.

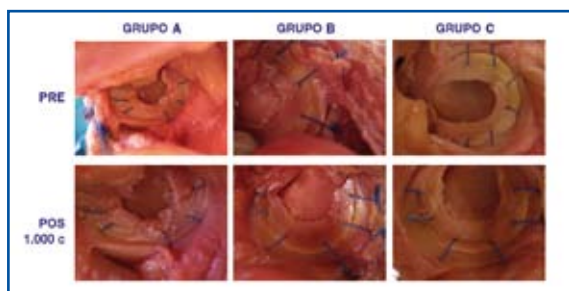


Figura 5. Imágenes macroscópicas antes y después de la realización de los ciclos de marcha.

RESULTADOS

Cada rodilla fue evaluada después de los 1.000 ciclos. En cuanto se refiere al ME, 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 (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Existen en la literatura numerosos trabajos sobre aspectos anatómicos y biomecánicos del ángulo posteroexterno de la rodilla⁽³⁻¹⁵⁾. Actualmente, no existen dudas sobre la existencia desde el periodo fetal, de sólidas conexiones entre el menisco externo y el tendón poplíteo⁽¹⁶⁻¹⁹⁾. En realidad, los fascículos poplíteo-meniscales superior e inferior, se consideran los límites anatómicos del hiato poplíteo. Kim *et al.* describen también la inserción de una rama tendinosa del tendón del semi-membranoso en el cuerno posterior del menisco externo en un 43,2% de los casos⁽⁷⁾. Asimismo, también es conocido el papel estabilizador estático y dinámico del músculo y tendón poplíteos durante los movimientos de flexoextensión de la rodilla. Tanto desde un punto de vista de cinética como cinemática de la rodilla, parece lógico relacionar el papel del menisco externo con todas estas estructuras. Sussman *et al.*, en un trabajo sobre la maduración de los fascículos poplíteo-meniscales en embriones humanos, hipotetizaron sobre la función de retracción del menisco externo que pueden tener el tendón poplíteo y los mencionados fascículos durante la flexión de la rodilla⁽¹⁸⁾. Además, destacaron su importancia para comprender con mayor facilidad los po-

TABLA 1				
VALORACIÓN DE LA REPARACIÓN, MENISCO EXTERNO Y TENDÓN POPLÍTEO DESPUÉS DE LOS CICLOS DE MARCHA				
		LM	PT	Sutura
Grupo A	Rod. 1	<1 mm	<1 mm	No rotura
	Rod. 2	<1 mm	<1 mm	No rotura
Grupo B	Rod. 3	<1 mm	<1 mm	No rotura
	Rod. 4	<1 mm	<1 mm	No rotura
Grupo C	Rod. 5	<1 mm	<1 mm	No rotura
	Rod. 6	<1 mm	<1 mm	No rotura

tenciales efectos de una meniscectomía parcial o bien de una reparación meniscal externa.

En la práctica clínica, cuando se producen roturas verticales extensas reparables del ME, respetar el hiato poplíteo puede significar dejar sin reparación una distancia de más de 1 cm. En estos casos, añadir un punto adicional de fijación sobre el TP podría aumentar la solidez de la reparación. Desde un punto de vista clínico, Kimura *et al.* obtienen en su serie mejores resultados después de una meniscectomía subtotal externa o una reparación del ME, que con una meniscectomía parcial⁽⁹⁾. El autor mantiene la teoría de la importante fuerza de retracción que ejerce el tendón poplíteo sobre el menisco externo durante el movimiento de flexión de la rodilla. Su transmisión a toda la superficie del menisco externo podría verse alterada cuando se realiza una meniscectomía parcial externa. A pesar de que no existan series clínicas publicadas sobre la inclusión del tendón poplíteo en la reparación de lesiones meniscales externas, los resultados obtenidos en el presente trabajo parecen confirmar algunas teorías previas. Posiblemente, la inclusión del tendón en la sutura tenga un efecto sumatorio en la función de retracción meniscal durante la flexión de la rodilla.

Otro aspecto a tener en cuenta son los movimientos en el plano rotacional que puede realizar el TP durante la flexoextensión de la rodilla y que podría afectar potencialmente la viabilidad de la sutura. Stäubli *et al.* realizaron un estudio dinámico utilizando videoartroscopia para valorar los cambios que se producen en el TP a nivel intraarticular durante la flexoextensión de la rodilla⁽¹⁵⁾. En esta serie, describen cómo se produce un aumento progresivo de la tensión del TP con la flexión de la rodilla. Asimismo, observaron cómo el tendón cambia levemente su posición y se introduce en el hiato

durante los movimientos de flexión con mínimos cambios rotacionales. Desde este punto de vista, este movimiento, aunque mínimo, podría repercutir sobre la viabilidad de la reparación, aunque esto no ha sucedido en nuestro trabajo experimental.

Finalmente, consideraremos algunas limitaciones de este estudio experimental antes de emitir una conclusión. En primer lugar, aunque en muchas ocasiones se ha considerado en la literatura el TP como una estructura estabilizadora estática, en realidad se trata de un músculo con capacidad de contracción que no hemos reproducido con el simulador de marcha. En segundo lugar, como ya

se ha comentado, las fuerzas aplicadas sobre la articulación se consideran un 20% de las fisiológicas. En un estudio dinámico en el que pretendíamos realizar un elevado número de ciclos, ese detalle permite evitar el deterioro de los anclajes entre los tendones cuadricepsal y bíceps femoral con los pistones hidroneumáticos. Por último, hemos de ser conscientes de las potenciales diferencias existentes entre un simulador experimental de marcha y la realidad. No obstante, los resultados preliminares sugieren que la inclusión del tendón poplíteo en una reparación meniscal externa parece ser una técnica fiable y reproducible.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dienst M, Greis PE, Ellis BJ, et al. 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.
2. Prilutsky BI, Petrova LN, Raitsin LM. Comparison of mechanical energy expenditure of joint moments and muscle forces during human locomotion. *J Biomechanics* 1996; 29 (4): 405-15.
3. Beaufils P, Hardy P, Chambat P, et al. Adult lateral meniscus. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2006; 92 (5 Suppl): 2S169-2S194.
4. LaPrade RF, Konowalchuk BK. Popliteomeniscal fascicle tears causing symptomatic lateral compartment knee pain: diagnosis by the figure-4 test and treatment by open repair. *Am J Sports Med* 2005; 33 (8): 1231-6.
5. Tria AJ, Johnson CD, Zawadsky JP. The popliteus tendon. *J Bone Joint Surg (Am)* 1989; 71: 714-6.
6. Bozkurt M, Elhan A, Tekdemir I, et al. An anatomical study of the menisofibular ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004; 12 (5): 429-33.
7. Kim YC, Yoo WK, Chung IH, et al. Tendinous insertion of semimembranosus muscle into the lateral meniscus. *Surg Radiol Anat* 1997; 19 (6): 365-9.
8. Kimura M, Shirakura K, Hasegawa A, et al. Anatomy and pathophysiology of the popliteal tendon area in the lateral meniscus: 1. Arthroscopic and anatomical investigation. *Arthroscopy* 1992; 8 (4): 419-23.
9. Kimura M, Shirakura K, Hasegawa A, et al. Anatomy and pathophysiology of the popliteal tendon area in the lateral meniscus: 2. Clinical investigation. *Arthroscopy* 1992; 8 (4): 424-7.
10. LaPrade RF, Ly TV, Wentorf FA, et al. 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.
11. Maynard MJ, Deng X, Wickiewicz TL, et al. The popliteofibular ligament. Rediscovery of a key element in posterolateral stability. *Am J Sports Med* 1996; 24 (3): 311-6.
12. Veltri DM, Deng XH, Torzilli PA, et al. The role of the popliteofibular ligament in stability of the human knee. A biomechanical study. *Am J Sports Med* 1996; 24 (1): 19-27.
13. Ferrari DA. Arthroscopic evaluation of the popliteus: Clues to posterolateral laxity. *Arthroscopy* 2005; 21 (6): 721-6.
14. 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.
15. 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.
16. Minowa T, Murakami G, Suzuki D, et al. 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.
17. Oransky M, Canero G, Maiotti M. Embryonic development of the posterolateral structures of the knee. *Anat Rec* 1989; 225 (4): 347-54.
18. Sussmann PS, Simonian PT, Wickiewicz TL, et al. Development of the popliteomeniscal fasciculi in the fetal human knee joint. *Arthroscopy* 2001; 17 (1): 14-8.
19. Tena-Arregui J, Barrio-Asensio C, Viejo-Tirado F, et al. Arthroscopic study of the knee joint in fetuses. *Arthroscopy* 2003; 19 (8): 862-8.