

Cronología de la rotura de las raíces meniscales: ¿es la rotura de la raíz posterior del menisco interno la que provoca su extrusión, o es al revés?

Pablo Crespo Hernández¹, Diego García-Germán Vázquez²

1. Hospital Universitario Ramón y Cajal, Hospital Universitario HM Sanchinarro, Madrid.
2. Hospital Universitario Puerta de Hierro-Majadahonda, Hospital Universitario HM-Torrelodones, Clínica DKF, Madrid.

Los meniscos juegan un importante papel en la transmisión de cargas, en la estabilidad, y en la propiocepción de la articulación de la rodilla. La más importante de estas funciones es la amortiguación de cargas entre el fémur y la tibia, proceso mediante el cual los meniscos disipan las fuerzas de compresión axial que se producen con el apoyo, convirtiéndolas en fuerzas circunferenciales que se dirigen hacia la periferia articular, reduciendo con ello el impacto sobre el cartílago. Esta capacidad de los meniscos para absorber los impactos guarda una estrecha relación con su anatomía y biomecánica:

En cuanto a la anatomía, la función amortiguadora de los meniscos está facilitada tanto por su macroestructura (en que la concavidad de su superficie femoral aumenta la congruencia articular y el área de contacto, reduciendo los picos de presión), como por su microestructura (los meniscos están formados por una resistente malla de colágeno -que les proporciona rigidez-, y por proteoglicanos, macromoléculas capaces de retener y liberar una gran cantidad de agua con la compresión axial).

Con ello, es intuitivo comprender que la integridad de la anatomía meniscal es un requisito importante para la disipación de cargas, y hoy en día somos cada vez más conscientes del daño articular que se produce de forma progresiva tras una meniscectomía.

Desde un punto de vista biomecánico, es importante recordar que la sección triangular de los meniscos facilita que las cargas axiales soportadas por la rodilla tiendan a desplazarlos fuera del espacio articular. Para resistirse a este fenómeno, los meniscos deben estar unidos a los elementos óseos y capsulares de la rodilla de una forma suficientemente estable, evitando de esta forma la extrusión meniscal con la carga y la pérdida de funcionalidad que esto conlleva.

Las raíces meniscales son un elemento clave en esta estabilidad meniscal, sirviendo de anclaje a la meseta tibial en ambos extremos meniscales (aunque en el caso de la raíz anterior del menisco interno se han descrito variantes⁽¹⁾ en que dicha unión se produce a partes blandas vecinas).

Además, a lo largo de su periferia, los meniscos se encuentran unidos a la tibia (ligamentos coronarios o meniscotibiales), a la cápsula articular (ligamento meniscocapsular del cuerno posterior del menisco interno⁽²⁾), al fémur (porción meniscofemoral del fascículo profundo del ligamento colateral medial y ligamentos meniscofemorales del cuerno posterior del menisco externo⁽³⁾), y al tendón del músculo poplíteo (ligamentos poplíteomeniscales⁽⁴⁾, situados en el hiato poplíteo).

Las importantes diferencias anatómicas en estos estabilizadores periféricos entre ambos meniscos se relacionan con su distinto comportamiento durante la flexo-extensión de la rodilla. De esta forma, mientras que el menisco interno permanece relativamente inmóvil sobre la superficie tibial a lo largo de todo el arco de movimiento, el menisco externo se desplaza en sentido posterior con la flexión de la rodilla, acompañando al cóndilo femoral externo durante el fenómeno de “roll-back”.

Las roturas de las raíces meniscales se han convertido en un tema de creciente interés científico desde su primera definición hace ya 30 años, en que Pagnani las describió como avulsiones óseas de la inserción de los cuernos meniscales o roturas radiales completas producidas a menos de 10mm de dicha inserción⁽⁵⁾.

Estas roturas afectan con mucha mayor frecuencia a las raíces posteriores que a las anteriores (93% vs 7%), que son más móviles y tienen una estructura más resistente en la zona de transición menisco-hueso. En cuanto a la lateralidad, son algo más frecuentes en el menisco interno que en el externo (52% vs 41%), en parte por la menor movilidad del primero, pero sobre todo por los distintos mecanismos de producción de ambos tipos de lesiones.

Hoy sabemos que existen importantes diferencias⁽⁶⁾ en la etiología, epidemiología y consecuencias de la rotura de las raíces posteriores de ambos meniscos. Mientras que las roturas del menisco externo se producen más frecuentemente en varones jóvenes a causa de traumatismos deportivos (asociándose a la rotura del ligamento cruzado anterior), las del menisco interno tienen más frecuentemente un origen degenerativo, siendo más habituales en mujeres en la 5^a-6^a décadas de la vida y asociándose con la obesidad, desalineaciones en varo y grados moderados de deterioro articular.

Recientes estudios biomecánicos⁽⁷⁾ han demostrado que la rotura de la raíz posterior del menisco interno tiene importantes consecuencias biomecánicas para la rodilla, ya que supone la pérdida del eficaz mecanismo de transmisión de cargas previamente descrito. Como suele decirse, la rotura de la raíz posterior del menisco interno equivale funcionalmente a una meniscectomía completa, y provoca un deterioro condral acelerado que conduce en pocos años a una artrosis sintomática de rodilla y a la necesidad de cirugía de reemplazo articular.

Uno de los elementos que forman parte del diagnóstico radiológico de la rotura de las raíces meniscales⁽⁸⁾ es la identificación de extrusión meniscal patológica en imágenes de resonancia magnética. La extrusión meniscal es el fenómeno por el que el menisco se desplaza periféricamente más allá del margen articular, y de forma arbitraria se ha fijado como límite entre la extrusión fisiológica y la patológica una distancia mayor de 3mm entre el borde meniscal y el de la meseta tibial, medida en cortes coronales de resonancia magnética en la zona intermedia del ligamento colateral medial.

Hasta ahora, la mayoría de los estudios centrados en las roturas de las raíces meniscales han dado por hecho que la rotura de la raíz posterior es la causa primera de que el menisco se extruya fuera del espacio articular, con las consecuencias biomecánicas ya comentadas.

Esta publicación del Dr. Aaron J. Krych en el número de noviembre-2020 de la revista *Orthopedic Journal of Sports Medicine*⁽⁹⁾ nos recuerda que las raíces no son los únicos estabilizadores meniscales, y resalta el papel que tiene en la estabilidad del menisco la porción meniscotibial del fascículo profundo del ligamento colateral medial, que solidariza el margen inferior del menisco con el de la tibia proximal. Previamente ha sido ya demostrado que el deterioro de este ligamento explica en muchos casos la presencia de extrusión meniscal en rodillas con ambas raíces íntegras⁽¹⁰⁾.

Teniendo en cuenta estos hechos, los autores decidieron analizar la relación temporal entre la rotura de la raíz posterior del menisco interno, la integridad anatómica del ligamento meniscotibial, y el desarrollo de extrusión meniscal, con la hipótesis de que la lesión del ligamento meniscotibial pudiera preceder y facilitar la rotura de la raíz.

Para ello revisaron imágenes de resonancia magnética de pacientes sometidos a la reparación quirúrgica de distintos tipos⁽¹¹⁾ de roturas en la raíz posterior del menisco interno, con el requisito de que dichos pacientes tuvieran un mínimo de dos pruebas realizadas, con extrusión meniscal y rotura de dicha raíz en al menos una de ellas. Tras aplicar sus criterios de inclusión y exclusión, dos radiólogos analizaron un total de 63 pruebas de imagen, obtenidas de 27 rodillas en 26 pacientes.

Los investigadores encontraron que todas las rodillas analizadas tenían imágenes claras de extrusión meniscal patológica y de rotura del ligamento meniscotibial medial antes de que se produjera la rotura de la raíz posterior del menisco interno. Además, observaron un aumento de la extrusión en el 96,3% de los casos tras la rotura de la raíz, partiendo de una media de 3,3 +/-1,1mm en las resonancias previas hasta otra de 5,5 +/- 1,8mm tras dicha rotura.

A la vista de dichos resultados, el estudio concluye que la lesión del ligamento meniscotibial medial y la extrusión meniscal son dos fenómenos que preceden a la rotura de la raíz posterior del menisco interno.

Esta secuencia temporal y el agravamiento de la extrusión observado tras la rotura de la raíz les hace plantear una relación causa-efecto entre estos elementos, aventurando la hipótesis de que la rotura de la raíz posterior del menisco interno sea la consecuencia de un proceso que se inicia con una sobrecarga y estiramiento progresivo del ligamento meniscotibial, que acaba por romperse y perder su función, apareciendo una extrusión meniscal patológica, aunque leve.

Dicha extrusión supondría un aumento en la tensión sufrida por las raíces meniscales, rompiéndose finalmente la posterior (por su mayor rigidez y fragilidad). La rotura de la raíz provocaría entonces un empeoramiento de la extrusión, que se manifiesta como la pérdida completa de la función amortiguadora meniscal y el desarrollo de deterioro articular acelerado.

Desde nuestro punto de vista, el principal atractivo del trabajo del Dr. Krych está en esta posible relación causal entre la lesión degenerativa del ligamento meniscotibial y el posterior desarrollo de extrusión meniscal y finalmente rotura de la raíz posterior.

En el caso de que futuras investigaciones la confirmen, obligaría a revisar y actualizar las indicaciones actuales para el tratamiento quirúrgico de la extrusión meniscal, con el objetivo de reducir la incidencia de las roturas de la raíz posterior del menisco interno.

Actualmente disponemos ya de técnicas de centralización meniscal artroscópica del menisco medial, mediante la re inserción del tejido meniscal al margen articular con distintos implantes⁽¹²⁾, a las que podrían añadirse otras técnicas todavía por desarrollar (como por ejemplo reconstrucciones del ligamento meniscotibial). Entre las posibles ventajas de esta cirugía preventiva estarían:

1.- Reducir el riesgo de rotura de la raíz posterior del menisco interno, que ha demostrado ser una lesión gravemente incapacitante para el paciente, y tener un mal pronóstico dejada a su libre evolución.

2.- Conseguirlo mediante una intervención de menor complejidad técnica, menor agresividad quirúrgica, menor coste económico, un protocolo de rehabilitación menos limitante (con 3 semanas de descarga frente a las 6 semanas habitualmente recomendadas para las reparaciones transtibiales), y quizás menores tasas de complicaciones que las cirugías de reparación meniscal.

3.- Conseguir unos resultados funcionales y tasas de fracaso mejores que los de las actuales técnicas para la reparación de las roturas de las raíces⁽¹³⁾. Estos resultados son todavía desconocidos a largo plazo, y a pesar de que múltiples estudios han publicado menores tasa de fracaso y conversión a prótesis total de rodilla con la reparación frente al tratamiento conservador o la meniscectomía⁽¹⁴⁾, distan mucho de ser ideales, y en el último año se han publicado algunos trabajos que presentan unas tasas de cicatrización⁽¹⁵⁾ completa y estable discretas (60-70%), y otros que ponen en duda la superioridad de la reparación respecto a la meniscectomía⁽¹⁶⁾.

Otro punto de interés para nosotros es que las conclusiones de este estudio apoyan la posibilidad de que la centralización y estabilización periféricas deberían formar parte, al menos en algunos casos, de las técnicas de reparación de las roturas de las raíces meniscales⁽¹⁷⁾, ya que algunos estudios han demostrado que la re inserción anatómica de la raíz es insuficiente en ocasiones para reducir completamente la extrusión⁽¹⁸⁾.

Como últimos comentarios, nos llaman la atención dos limitaciones para los resultados del estudio que los autores no recogen en la parte final de la discusión:

En primer lugar, no se hace referencia al hecho de que las imágenes de resonancia magnética fueron tomadas con la rodilla en descarga. Dado que la extrusión meniscal es un proceso dinámico, que se agrava con la carga de la extremidad, la recogida de datos con imágenes obtenidas durante la compresión axial de la extremidad proporcionaría datos más cercanos a la realidad de este proceso.

Por otro lado, los autores no valoraron la alineación de la extremidad ni la morfología de la metáfisis proximal de la tibia en su estudio, lo que nos parece especialmente importante porque actualmente existe evidencia de que la extrusión meniscal asociada a las roturas de la raíz posterior se relaciona también con el ángulo

mecánico medial proximal de la tibia⁽¹⁹⁾, aunque la alineación de la extremidad en el plano coronal sea correcta⁽²⁰⁾.

Creemos que es muy importante saber si la relación temporal descrita en el estudio de Krych varía en función de la inclinación medial de la tibia proximal, ya que este dato es imprescindible para determinar en qué casos podría estar también indicada una osteotomía correctora de la tibia proximal, tanto en cirugía preventiva en rodillas con extrusión meniscal y raíces íntegras como asociada a reparaciones y centralizaciones en rodillas con roturas de la raíz ya establecidas.

Bibliografía

1. De Coninck T, Vanrietvelde F, Seynaeve P, Verdonk P, Verstraete K. MR imaging of the anatomy of the anterior horn of the medial meniscus. *Acta Radiol.*2017;58(4):464-71.
2. DePhillipo NN, Moatshe G, Chahla J, Aman ZS, Storaci HW, Morris ER, et al. Quantitative and Qualitative Assessment of the Posterior Medial Meniscus Anatomy: Defining Meniscal Ramp Lesions. *Am J Sports Med.*2019;47(2):372-8.
3. Masferrer-Pino A, Saenz-Navarro I, Rojas G, Perelli S, Erquicia J, Gelber PE, et al. The Menisco-Tibio-Popliteus-Fibular Complex: Anatomic Description of the Structures That Could Avoid Lateral Meniscal Extrusion. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.*2020;36(7):1917-25.
4. Aman ZS, DePhillipo NN, Storaci HW, Moatshe G, Chahla J, Engebretsen L, et al. Quantitative and Qualitative Assessment of Posterolateral Meniscal Anatomy: Defining the Popliteal Hiatus, Popliteomeniscal Fascicles, and the Lateral Meniscotibial Ligament. *Am J Sports Med.*2019;47(8):1797-803.
5. Espejo-Reina A, Espejo-Reina MJ, García-Gutiérrez G, Rosa-Nogales JD. Lesiones de las raíces meniscales. Estado actual. *Rev Esp Artrosc Cir Articul.*2018;25(supl.1):29-45.
6. Krych AJ, Bernard CD, Kennedy NI, Tagliero AJ, Camp CL, Levy BA, et al. Medial Versus Lateral Meniscus Root Tears: Is There a Difference in Injury Presentation, Treatment Decisions, and Surgical Repair Outcomes? *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.*2020;36(4):1135-41.
7. Harner CD, Mauro CS, Lesniak BP, Romanowski JR. Biomechanical Consequences of a Tear of the Posterior Root of the Medial Meniscus: *J Bone Jt Surg-Am Vol.*2009;91:257-70.
8. Fox MG. MR Imaging of the Meniscus: Review, Current Trends, and Clinical Implications. *Magn Reson Imaging Clin N Am.*2007;15(1):103-23.
9. Krych AJ, LaPrade MD, Hevesi M, Rhodes NG, Johnson AC, Camp CL, et al. Investigating the Chronology of Meniscus Root Tears: Do Medial Meniscus Posterior Root Tears Cause Extrusion or the Other Way Around? *Orthop J Sports Med.*2020;8(11):232596712096136.

10. Krych AJ, Bernard CD, Leland DP, Camp CL, Johnson AC, Finnoff JT, et al. Isolated meniscus extrusion associated with meniscotibial ligament abnormality. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*2020;28(11):3599-605.
11. LaPrade CM, James EW, Cram TR, Feagin JA, Engebretsen L, LaPrade RF. Meniscal Root Tears: A Classification System Based on Tear Morphology. *Am J Sports Med.*2015;43(2):363-9.
12. Chernchujit B, Agrawal S. Arthroscopic All-Inside Medial Meniscus Extrusion Reduction. *Arthrosc Tech.*2019;8(5):e495-501.
13. Jiang EX, Everhart JS, Abouljoud M, Kirven JC, Magnussen RA, Kaeding CC, et al. Biomechanical Properties of Posterior Meniscal Root Repairs: A Systematic Review. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.*2019;35(7):2189-2206.e2.
14. Bernard CD, Kennedy NI, Tagliero AJ, Camp CL, Saris DBF, Levy BA, et al. Medial Meniscus Posterior Root Tear Treatment: A Matched Cohort Comparison of Nonoperative Management, Partial Meniscectomy, and Repair. *Am J Sports Med.*2020;48(1):128-32.
15. Kim C-W, Lee C-R, Gwak H-C, Kim J-H, Park D-H, Kwon Y-U, et al. Clinical and Radiologic Outcomes of Patients With Lax Healing After Medial Meniscal Root Repair: Comparison With Subtotal Meniscectomy. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.*2019;35(11):3079-86.
16. Kwon O-J, Bin S-I, Kim J-M, Lee B-S, Lee S-M, Park J-G, et al. Degenerative medial meniscus posterior root tear and non-root tear do not show differences in joint survival and clinical outcome after partial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*2020;28(11):3426-34.
17. Koga H, Watanabe T, Horie M, Katagiri H, Otabe K, Ohara T, et al. Augmentation of the Pullout Repair of a Medial Meniscus Posterior Root Tear by Arthroscopic Centralization. *Arthrosc Tech.*2017;6(4):e1335-9.
18. Daney BT, Aman ZS, Krob JJ, Storaci HW, Brady AW, Nakama G, et al. Utilization of Transtibial Centralization Suture Best Minimizes Extrusion and Restores Tibiofemoral Contact Mechanics for Anatomic Medial Meniscal Root Repairs in a Cadaveric Model. *Am J Sports Med.*2019;47(7):1591-600.
19. Gelber PE, Barenus B, Perelli S. Role of Alignment and Osteotomy in Meniscal Injuries. *Clin Sports Med.*2020;39(1):211-21.
20. Erquicia J, Gelber PE, Cardona-Muñoz JI, Pelfort X, Tey M, Monllau JC. There is no relation between mild malalignment and meniscal extrusion in trauma emergency patients. *Injury.*2012;43:S68-72.