

CAPÍTULO 5 - MENISCOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN. TÉCNICAS DE REPARACIÓN

Autores: Iñigo Cearra Guezuraga, Mauri Rotinen Diez
Coordinador: Arkaitz Lauzirika Uranga
Hospital Universitario de Basurto (Bilbao)

1.- INTRODUCCIÓN

Los meniscos, del griego *mêniskos* (luna creciente), son dos estructuras intraarticulares de la rodilla, fundamentales para la correcta función y mantenimiento de la misma. Incrementan la estabilidad articular, distribuyen la carga axial, absorben impactos y parecen colaborar también en la lubricación y nutrición articular. Su lesión es causa de una significativa morbilidad musculoesquelética, con un incremento en el riesgo de desarrollo de cambios artrósicos en el medio-largo plazo.

2.- ANATOMÍA MACROSCÓPICA

Los meniscos se describen como dos tejidos fibrocartilaginosos de color blanco que se sitúan sobre el platillo tibial en los compartimentos medial y lateral de la articulación fémoro-tibial, denominándose menisco interno y menisco externo, respectivamente. Aunque ambos comparten una morfología en media luna en una visión céfalo-caudal, presentan ciertas particularidades:

- El menisco interno es más abierto, con forma de “C”. Es más ancho posteriormente que anteriormente (1), cubre el 60% de la superficie tibial, y está más fijado a estructuras vecinas, destacando su integración en el ligamento colateral medial profundo, lo que lo hace menos móvil y por ello más propenso a las lesiones (2).
- El menisco externo es más cerrado, aproximándose a la forma de “O”. Tiene una anchura uniforme, cubre el 80% de la superficie tibial, y tiene una menor fijación periférica y por tanto una mayor movilidad.

Ambos meniscos presentan una mayor fijación en los cuernos anterior y posterior, a través de distintos ligamentos, destacando el ligamento transversal intermeniscal y los variables ligamentos menisco-femorales (Ligamentos de Humphrey y Wrisberg) (Figura 1A).

En una sección coronal, los meniscos exhiben una morfología triangular de base periférica, con una superficie superior cóncava e inferior plana, que se adapta a las superficies articulares de fémur y tibia respectivamente, incrementando la congruencia y la estabilidad articular (1) (Figura 1B).

3.- ANATOMÍA MICROSCÓPICA

Los meniscos están compuestos por una densa matriz extracelular (MEC), integrada a su vez por agua (72%) y colágeno (22%) (3,4), así como proteoglicanos, proteínas no colágenas y glicoproteínas, en menor porcentaje. Presentan una celularidad escasa a expensas de fibrocondrocitos, células que muestran un aspecto más fibroblástico en las capas superficiales y más condrocítico en las capas profundas.

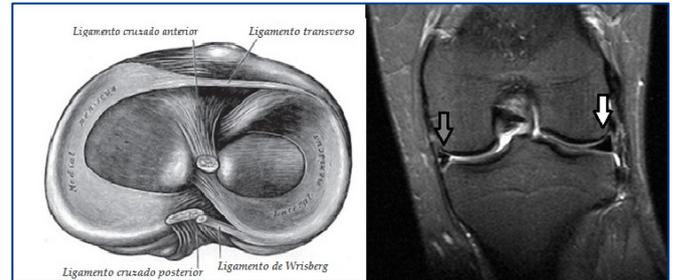


Figura 1A. Dibujo mostrando una visión craneocaudal del platillo tibial. Pueden observarse la morfología característica de los meniscos interno y externo, así como sus inserciones ligamentosas.

Figura 1B. Corte coronal en una RMN de rodilla izquierda. Con una flecha se señalan los meniscos, cuya sección coronal se adapta a las superficies óseas de fémur y tibia. El menisco externo (flecha blanca) muestra una morfología normal, mientras que el interno (flecha gris) presenta el aspecto típico tras una meniscectomía parcial.

Las fibras de colágeno predominantes son de tipo I (90%), y se presentan abigarradamente entrecruzadas, con una disposición circunferencial en profundidad y radial en superficie. (Figura 2A). Biomecánicamente, esta distribución permite convertir fuerzas de compresión axial en fuerzas tensiles circunferenciales. Otras proteínas no colágenas como la fibronectina (8-13%) y la elastina (0,6%) contribuyen también a ésta función.

Por otra parte los proteoglicanos, que resultan de la unión de cadenas de glicosaminoglicanos, se unen al ácido hialurónico a través de glicoproteínas de adhesión (Figura 2B). Los complejos macromoleculares resultantes tienen la capacidad de retener agua, lo que proporciona hidratación y sobre todo una capacidad intrínseca de soportar compresión axial (4).

Se describe por último la existencia de pequeños canalículos en el seno de esta matriz, cuya función no es aún bien conocida, aunque parecen estar relacionados con el bombeo de líquido sinovial (5).

4.- VASCULARIZACIÓN E INERVACIÓN

El menisco es una estructura relativamente avascular, con un aporte de sangre proveniente de las arterias geniculadas medial y lateral (ramas de la arteria poplítea) limitado al 10-30% periférico en el menisco interno y al 10-25% en el externo (Figura 2A) (3).

La nutrición de la zona avascular es más precaria, a expensas de mecanismos de difusión a partir del bombeo de

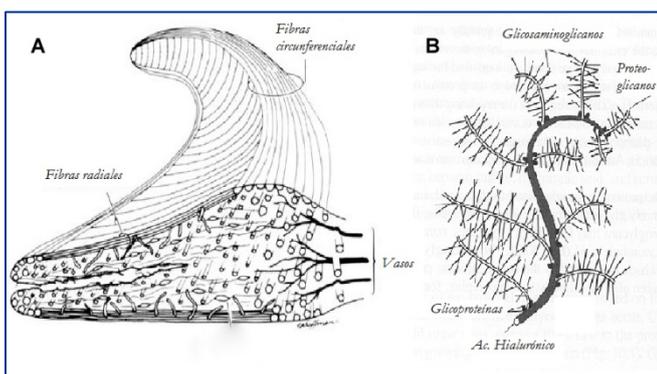


Figura 2A. Dibujo representado la disposición radial y circunferencial de las fibras de colágeno en el menisco. Puede observarse asimismo la entrada de los vasos sanguíneos desde la periferia.

Figura 2B. Dibujo mostrando la disposición de los agregados de proteoglicanos, compuestos de glicosaminoglicanos (Condroitín sulfato, Queratán sulfato), con ácido Hialurónico. Sus propiedades físicas y electromagnéticas le permiten retener agua.

líquido sinovial, que se genera principalmente con la movilización articular (5).

Esta diferencia en la nutrición va a conllevar asimismo una distinta capacidad de cicatrización y regeneración, de forma que la vascularización esperable en la región lesionada nos determina en ocasiones el tratamiento indicado, como explicaremos más adelante. En este sentido solemos aplicar la clasificación de Millar, Warner y Harner, según la cuál, distinguimos 3 zonas en el menisco a medida que nos alejamos de la periferia:

- **Zona Roja:** Totalmente dentro del área vascular (hasta 3mm). Mayor capacidad de regeneración.
- **Zona Roja-blanca:** En el borde del área vascular (3-5mm). Capacidad intermedia de regeneración.
- **Zona Blanca:** en el área avascular (mayor de 5mm). Pobre capacidad de regeneración (3).

Por otra parte, la inervación del menisco proviene de la rama peronea recurrente del nervio peroneo común, en forma de pequeñas terminaciones nerviosas que penetran junto con los vasos por la periferia, desde la cápsula articular. Las terminaciones nerviosas alcanzan los dos tercios periféricos del cuerpo meniscal y se concentran en los cuernos. Hay que destacar la riqueza existente de mecanorreceptores (Ruffini, Pacini y Golgi) (6), que son fundamentales en la función de propiocepción.

5.- CINEMÁTICA

Los meniscos son estructuras móviles, que acompañan a los cóndilos femorales durante la flexión de la rodilla, desplazándose posteriormente. Se observa un mayor desplazamiento en el cuerno anterior de ambos meniscos, dando lugar a un radio decreciente con la flexión, adaptándose así al radio decreciente de la curvatura de los cóndilos femorales. Este hecho contribuye a mantener la congruencia durante todo el arco de flexo-extensión (2).

Sin embargo, como se ha señalado antes, el menisco interno presenta una menor movilidad, particularmente en el cuerno posterior, lo que hace a ésta zona especialmente susceptible a un pinzamiento entre las superficies óseas de fémur y tibia durante la flexión de la rodilla, con el consiguiente riesgo de lesión (2).

Conviene señalar por último la ausencia de una extrusión periférica de los meniscos que cabría esperarse con la aplicación de carga axial, siendo la misma evitada por la solidez de los citados anclajes ligamentosos en los cuernos anterior y posterior (1). En este sentido, la compresión axial por sí misma no produce un movimiento significativo de los meniscos sanos.

6.- FUNCIONES

Podrían resumirse en los siguientes apartados:

Transmisión y amortiguación de cargas: la morfología congruente del menisco permite aumentar la superficie de distribución de carga de los cóndilos femorales convexos al platillo tibial plano, y de ésta manera reducir el estrés soportado por unidad de superficie. Por otra parte, la disposición de sus fibras permite absorber fuerzas de compresión axial dispersándolas en un estrés circunferencial (2). Este efecto podría asemejarse a las ondas circulares que se generan en la superficie del agua al tirar una piedra.

La meniscectomía, parcial o total, disminuye por una parte ésta capacidad de absorción, y por otra parte reduce la superficie de carga disponible, concentrando el estrés por unidad de superficie y conduciendo así a un sufrimiento y degeneración precoz del cartilago articular (7) (Figura 3). Según diversos estudios, en extensión, el menisco externo soportaría hasta un 70% de la carga en el compartimento lateral, y hasta un 50% en el menisco interno en el compartimento medial. Estas cifras aumentarían con la flexión de la rodilla. La meniscectomía total interna supondría una disminución del 50-70% en la superficie de contacto y un aumento del 100% de la carga axial soportada en la superficie restante. Con la meniscectomía total externa observamos una disminución en la superficie de contacto del 40-50% y un drástico aumento de la carga del 200-300%. De ello se desprende la peor tolerancia del compartimento externo a la pérdida del menisco (8).

Estabilización articular: la mencionada estructura congruente de los meniscos los convierte en estabilizadores articulares, siendo el cuerno posterior del menisco interno el principal limitante de la traslación anterior de la tibia cuando hay una rotura o déficit funcional del ligamento cruzado anterior.

Lubricación y nutrición articular: se cree que el sistema de microcanales observado en la ultraestructura meniscal tendría como función el bombeo de líquido sinovial hacia el cartilago articular supra o subyacente, colaborando a la nutrición del mismo y aumentando la lubricación articular (5).

Propiocepción: la riqueza en mecanorreceptores colabora en gran medida a la adecuada propiocepción articular. Se considera que los mecanorreceptores de adaptación rápida (Pacini) median la sensación de movimiento articular,

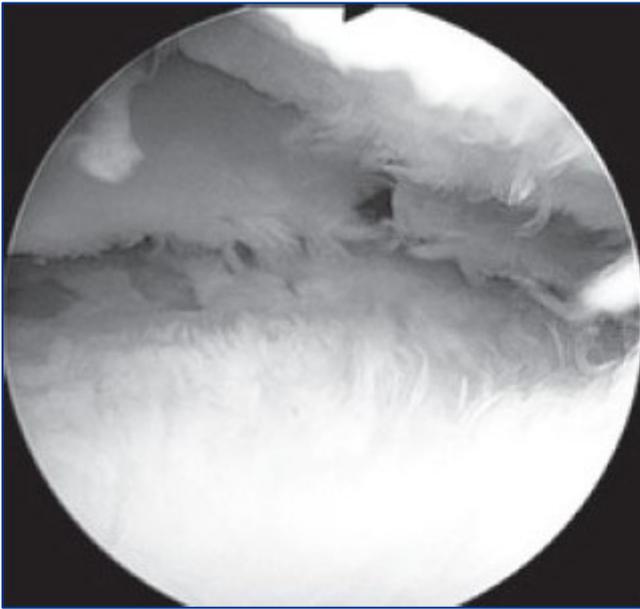


Figura 3. Artroscopia en la que puede apreciarse una rotura compleja del menisco interno, que ha propiciado el desarrollo de lesiones condrales severas en el compartimento interno.

mientras que los de adaptación lenta (Ruffini y Golgi) detectarían la posición articular (6).

7.- ENVEJECIMIENTO MENISCAL

Con la edad se observan cambios notorios en los meniscos, que se tornan amarillentos y pierden celularidad, hidratación y elasticidad (9). Además, se observa la aparición de áreas quísticas, a partir de las cuales puede iniciarse un desgarro degenerativo. Cabe destacar la progresiva pérdida de vascularización asociada a la edad, que condiciona una cada vez menor capacidad de cicatrización del tejido, con las implicaciones clínicas que de ello se derivan (3).

8.- CONDICIONES FAVORECEDORAS DE ROTURA MENISCAL

Las siguientes situaciones favorecen la lesión meniscal:

- Rodilla inestable, como ocurre tras la rotura del LCA, con laxitud congénita o con atrofia muscular, que supone una sobrecarga funcional para los meniscos.
- Rodilla con ejes mecánicos anormales, que condicionan una distribución desigual de cargas.
- Meniscos más frágiles en el paciente mayor de 45 años, con pérdida relativa de movilidad y elasticidad y con áreas de degeneración (2).

9.- PATRONES DE ROTURA MENISCAL

Aunque se tratan en otro capítulo de este libro, cabe señalar que las roturas meniscales siguen habitualmente un recorrido determinado por la distribución de las fibras de colágeno de la que hemos hablado antes.

Así, se distinguen roturas longitudinales (verticales o circunferenciales), transversales (radiales), oblicuas, y horizontales. La rotura en asa de cubo es una rotura longitudinal extendida, y frecuentemente las roturas horizontales resultan de la progresión de una transversal (2) (Figura 4).

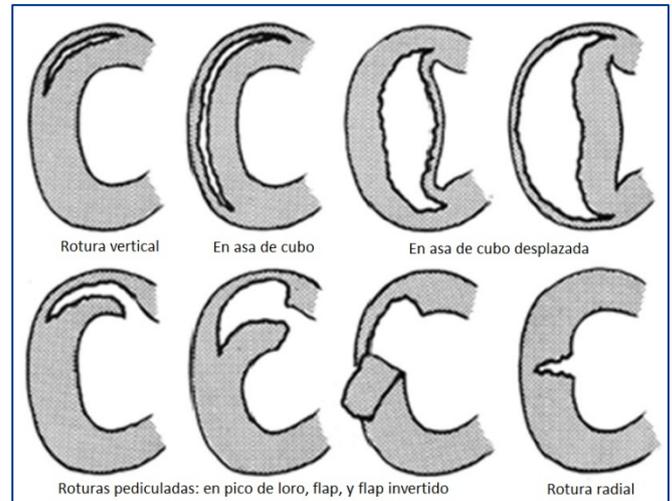


Figura 4. Dibujo donde se representan distintos tipos de rotura meniscal. Obsérvese cómo el trazo de desgarro sigue la dirección de las fibras radiales y/o circunferenciales.

9.- ESTRATEGIAS DE TRATAMIENTO

También se tratarán más adelante, pero cabe hacer una primera clasificación de las posibilidades terapéuticas (10):

- **Tratamientos ablativos:** Se trata de la meniscectomía parcial, que hoy en día se realiza sistemáticamente por vía artroscópica. Se indica ante roturas en las que se prevé poca o nula capacidad de cicatrización del tejido, y consiste en la exéresis del fragmento roto con regularización del nuevo borde meniscal. Se ha de conservar tanto menisco como sea posible, teniendo en cuenta que cuanto más menisco quitamos más sobrecarga va a recibir el cartílago articular, como hemos señalado.
- **Tratamientos reparativos:** Consiste en la sutura meniscal por distintos medios. Se indica cuando creemos posible una cicatrización, esto es, idealmente cuando la rotura es reciente, asienta en la llamada zona roja, y ocurre en el paciente joven. Consiste en reducir el fragmento roto a su posición anatómica y fijarlo al resto de menisco periférico.
- **Tratamientos sustitutivos:** Incluyen el aloinjerto meniscal o el implante meniscal de colágeno (CMI). Se indican en lesiones meniscales no reparables, intentando evitar las consecuencias de una meniscectomía subtotal o total. Implica la colocación de un menisco de cadáver o bien una estructura artificial que se utiliza como un soporte temporal hasta la formación de una nueva matriz tras su colonización por células similares a los fibrocondrocitos del menisco, obteniéndose así un tejido similar al menisco anatómico y funcionalmente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Warren RF, Arnoczky SP, Wickiewicz TL. Anatomy of the knee. In: Nicholas JA, Hershman EB, eds. *The Lower Extremity and Spine in Sports Medicine*. St Louis: Mosby; 1986:657-694.
2. Alice J.S. Fox, MSc, Asheesh Bedi, MD, and Scott A. Rodeo, MD. The Basic Science of Human Knee Menisci: Structure, Composition, and Function. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* July/August 2012 vol. 4, no. 4, 340-351
3. Arnoczky SP. Gross and vascular anatomy of the meniscus and its role in meniscal healing, regeneration and remodeling. In: Mow VC, Arnoczky SP, Jackson SW, eds. *Knee Meniscus: Basic and Clinical Foundations*. New York, NY: Raven Press; 1992:1-14.
4. Ghadially FN, LaLonde JMA, Wedge JH. Ultrastructure of normal and torn menisci of the human knee joint. *J Anat*. 1983;136:773-791.
5. Bird MDT, Sweet MBE. Canals of the semilunar meniscus: brief report. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70:839.
6. Gronblad M, Korkala O, Liesi P, Karaharju E. Innervation of synovial membrane and meniscus. *Acta Orthop Scand*. 1985;56:484-486.
7. Forriol F, Estevez A. Consecuencia de la extirpación de los meniscos de la rodilla. *Rev Ortop Traumatol*. 2004;48 (supl 1):61-6.
8. Kettelkamp DB, Jacobs AW. Tibiofemoral contact area: determination and implications. *J Bone Joint Surg Am*. 1972;54:349-356.
9. Höpker WW, Angres G, Klingel K, Komitowski D, Schuchardt E. Changes of the elastin compartment in the human meniscus. *Virchows Arch A Pathol Anat Histopathol*. 1986;408:575-592.
10. García-Germán D, Delgado A, Hernández J. Lesiones de los ligamentos y meniscos de la rodilla. *Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 2º Edición, 2012. Ed. Alberto Delgado Martínez. Panamericana. ISBN: 978-8498352108. 641-644.