

# Anatomía, biomecánica y vascularización de los meniscos

J. Payo Rodríguez, E.C. Rodríguez Merchán

Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología.  
Hospital Universitario La Paz. Madrid

## Correspondencia:

E.C. Rodríguez Merchán  
Po de la Castellana, 261  
28046 Madrid

Correo electrónico: rmercha@arrakis.es

Los meniscos de la rodilla, interno y externo, son estructuras fibrocartilaginosas con forma de media luna que adaptan la superficie tibial –más plana– a la superficie femoral –más convexa–. Distinguimos un cuerpo y unos cuernos anterior y posterior. Están compuestos en su mayor parte por agua y colágeno; la disposición de las fibras de colágeno es la característica principal y la responsable de la mayoría de sus funciones. El menisco interno y el externo tienen distinta configuración y presentan diferencias en sus inserciones, lo que provoca que tengan un comportamiento distinto, siendo el menisco externo más móvil que el interno. Los meniscos presentan una serie de funciones y unas características biomecánicas concretas. Desde un punto de vista clínico, la vascularización que reciben tiene una clara influencia en cuanto al tratamiento y pronóstico de las roturas en función de su localización, diferenciando una zona roja-roja (más periférica), otra roja-blanca (intermedia) y otra blanca-blanca (más central).

**Palabras clave:** Meniscos de la rodilla. Anatomía. Biomecánica. Vascularización. Roturas meniscales.

## EMBRIOLOGÍA

El menisco aparece en el feto en la 8.<sup>a</sup> semana, siendo una concentración de fibroblastos con poca matriz extracelular. Con el crecimiento, va aumentando el porcentaje de fibras de colágeno y éstas van adquiriendo la orientación específica que mostrará tras el nacimiento como respuesta a los movimientos de la articulación<sup>(1)</sup>.

**Anatomy, biomechanics and vascularization of the menisci.** The internal and external menisci of the knee are fibrocartilaginous structures generally in the shape of a half-moon, that adapt the flatter tibial surface to the more convex femoral one. Macroscopically, a meniscal body and anterior and posterior cornua may be distinguished. The menisci consist mostly of water and collagen; the disposition of the collagen fibres is their main characteristic and is responsible for most of their functions. The internal and external menisci evidence different configurations and differences in their insertions; this leads to differences in their behaviour, the external meniscus being more mobile than the internal one. The knee menisci have a number of functions and show concrete biomechanical characteristics. From the clinical point of view, the vascularization they receive has an evident influence on the therapeutic management and prognosis of meniscal tears based on their location, for which a more peripheral "red-red" zone, an intermediate "red-white" one and a more central "white-white" one may be differentiated.

**Key words.** Knee menisci. Anatomy. Biomechanics. Vascularization. Meniscal tears.

## ANATOMÍA

Son estructuras fibrocartilaginosas, con forma de media luna que actúan acentuando la profundidad de las superficies articulares de la tibia para recibir a los cóndilos femorales.

## Composición

El tejido meniscal está compuesto por 72% agua, 22% colágeno, 0,8% glucosaminoglicanos<sup>(2)</sup>. Su

composición en seco es de colágeno (75%), proteínas no colágenas (8-13%), glucosaminoglicanos y glucoproteínas. Las fibras de elastina, que representan el 0,6% del peso seco del menisco, facilitan la recuperación de la forma original del menisco después de una deformación.

Existen 4 tipos fundamentales de colágeno, pero el tipo I supone un 90% del total, y es la principal diferencia con el cartílago articular, donde predomina el tipo II. El contenido en colágeno del menisco va aumentando desde el momento del nacimiento hasta los 30 años; a partir de esa edad se estabiliza y comienza a descender a partir de la octava década.

Por otro lado, las proteínas no colágenas sufren más variaciones a lo largo de la vida, ya que su porcentaje al nacer es de 21,9%, y pasa a 8,1% entre la tercera y la séptima década, para después aumentar de nuevo a 11,6%. Además, todos estos cambios son distintos si analizamos los tercios internos, intermedios y externos<sup>(3)</sup>.

### Examen histológico

Están compuestos por fibroblastos y células fibrocartilaginosas entre una matriz organizada de fibras colágenas eosinofílicas. La matriz extracelular está formada principalmente por proteoglicanos, glucoproteínas y agua.

Los haces de colágeno se disponen de forma circular en todo su espesor<sup>(4)</sup>, y de forma radial en las superficies femoral y tibial y en el centro, paralelas a la superficie articular de la tibia; actúan como tensores que proporcionan rigidez

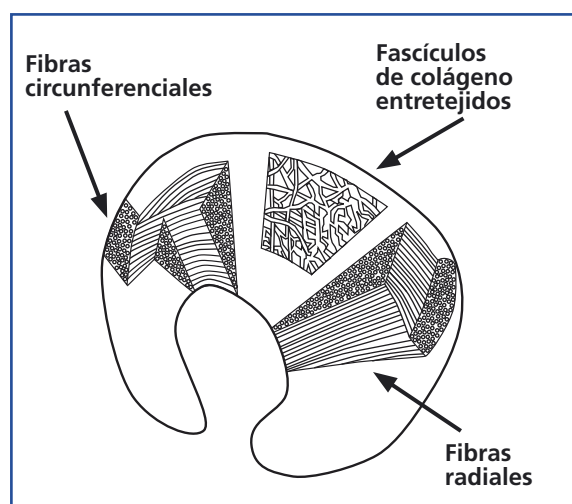


Figura 1. Disposición de las fibras de colágeno en el menisco.

estructural y ayudan a resistir las fuerzas longitudinales de cizallamiento que sufren los meniscos cuando están sometidos a compresión, y así se previenen las roturas longitudinales.

La distribución de las fibras es la siguiente<sup>(5)</sup>: capa superficial: las fibras son de disposición radial; en la capa intermedia, las fibras se disponen paralelas o circunferenciales; y en la capa más profunda se sitúan de forma paralela a la periferia.

El examen con microscopio electrónico nos muestra que el menisco tiene diferentes capas de colágeno (Figura 1): una capa superficial compuesta por una red de finas fibrillas onduladas que forman una matriz a modo de malla; justo por debajo de esta capa superficial, se halla otra compuesta en parte por fascículos de colágeno alineados de forma irregular; una capa media en la que las fibras son de mayor tamaño y se orientan en paralelo siguiendo una dirección circunferencial. Es esta capa media a la que nos hemos referido la que permite que el menisco soporte las fuerzas tensiles y actúe como transmisor de carga en la articulación de la rodilla.

### Inervación

La inervación depende principalmente del nervio articular posterior (del nervio tibial posterior), pero parte de la inervación del menisco interno la realiza el nervio articular medial, y por ramas terminales del nervio obturador y femoral (Figura 2).

La inervación de los cuernos anterior y posterior es mayor que la que presenta el cuerpo

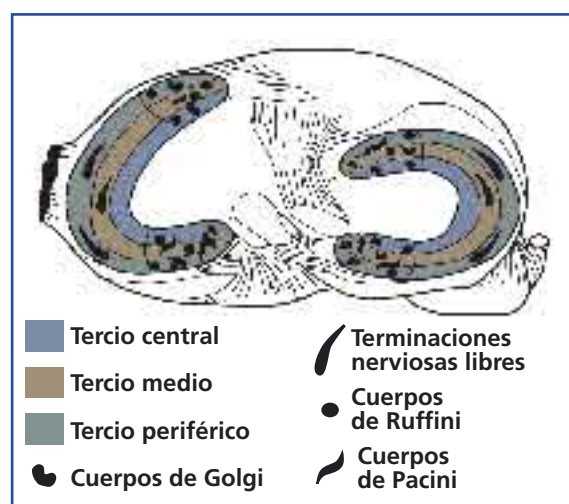


Figura 2. Localización de los receptores y terminaciones libres en los meniscos.



Figura 3. Corte sagital de la articulación de la rodilla, mostrando la relación del menisco con las superficies articulares.

meniscal<sup>(6)</sup>. La inervación que recibe el menisco no varía entre sexos ni entre el ME ni el MI, pero sí se han encontrado un menor número de receptores a medida que aumenta la edad.

Se ha descrito la presencia de distintos receptores:

- de Ruffini: de umbral bajo y de adaptación lenta, se trata de receptores de presión y de cambios estáticos de la articulación;
- de Pacini: de umbral bajo y de adaptación rápida, actúan como receptores de tensión y de aceleración articular;
- de Golgi: se estimulan cuando se acercan los límites del rango de movimiento de la rodilla, produciendo una inhibición neuromuscular<sup>(5)</sup>.

Cada menisco ocupa los dos tercios periféricos de cada mitad tibial de la superficie articular. El borde más periférico es más grueso (Figura 3), convexo y se encuentra insertado en la cápsula articular; según de aleja de la periferia el menisco se va adelgazando hasta el borde libre. Las superficies proximales son cóncavas para contactar con los cóndilos femorales, mientras las distales son planas, y están en contacto con la superficie articular tibial.

- El *menisco interno* (MI) tiene una forma semicircular, con una longitud de 3,5 cm; el cuerno posterior es más ancho que el cuerno anterior (Figura 4).

En la zona posterior está firmemente insertado entre la inserción tibial del LCP y la inserción del cuerno posterior del ME, mientras que la inserción anterior es más variable y más débil.

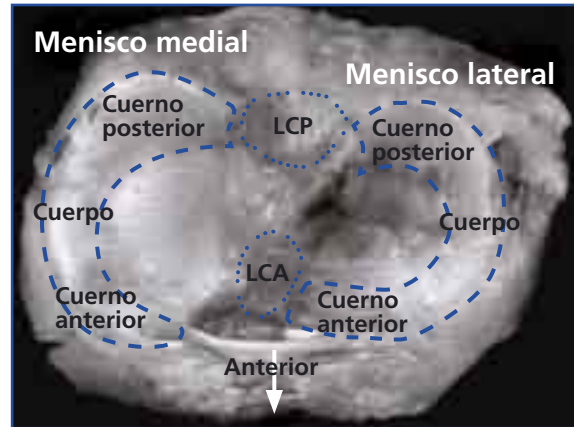


Figura 4. Visión superior de los meniscos e inserciones.

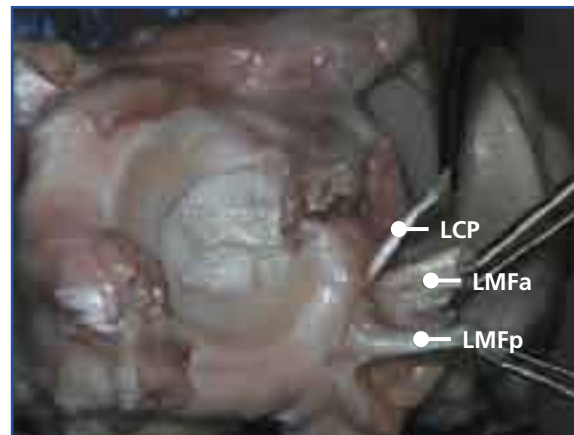


Figura 5. Detalle de la relación de los ligamentos menisofemorales anterior y posterior con el ligamento cruzado posterior.

Periféricamente se inserta a lo largo de toda la cápsula, y la porción tibial de esta inserción es lo que se conoce como *ligamento coronario*. En el punto medio del MI se encuentra insertado con mayor firmeza al fémur y a la tibia a través de una condensación de la cápsula denominada *ligamento colateral medial profundo*. Su inserción tibial se sitúa unos milímetros distalmente a la superficie articular de la tibia.

- El *menisco externo* (ME) tiene forma casi circular y abarca una mayor superficie articular que el interno (Figura 4 y 5).

El cuerno anterior se inserta adyacente a la zona posterior de la inserción del LCA, con el que se une parcialmente; el cuerno posterior se inserta anterior al cuerno posterior del menisco interno. Los ligamentos menisofemorales

anterior y posterior conectan el cuerno posterior del ME con la zona intercondilea del cóndilo femoral medial que abrazan al LCP, y también de conocen con los nombres de Humphry (anterior: por delante del LCP) y Wrisberg (posterior: por detrás del LCP; más constante), estando ambos en un número reducido de personas. La inserción periférica con la cápsula se ve interrumpida por el hiato del poplíteo, y varias de sus fibras se insertan en la porción periférica y borde superior del ME. A diferencia del MI, no tiene ninguna conexión con el ligamento colateral lateral.

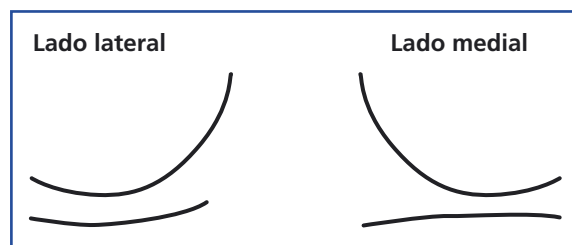
El ligamento intermeniscal transverso (**Figura 6**) une los cuernos anteriores de ambos meniscos; también existen ligamentos meniscofemorales desde los cuernos anteriores de ambos meniscos hasta la escotadura intercondilea por delante del LCA, y son menos robustos y frecuentes que los de Humphry y Wrisberg.

## BIOMECÁNICA Y FUNCIONES

McMurray<sup>(7)</sup> en 1942 escribió que “es un error realizar menisctomías parciales ante una lesión meniscal”, ya que se pensaba que era el remanente meniscal era una de las causas de artrosis, aunque previamente en 1923 McNeil Love<sup>(8)</sup>, había observado que tras la menisctomía total se producían episodios de dolor relacionados con los cambios de tiempo, que sugiere un posible desarrollo de artrosis secundaria.

Entre las **funciones** de los meniscos se encuentran:

1. **Transmisión de la carga:** en extensión, el 50% de la carga es transmitida a través del menisco, mientras que con una flexión de 90° es del 85%; esto se debe a que en extensión los meniscos están perfectamente intercalados entre las superficies articulares, y con la flexión los me-



**Figura 6.** Congruencia de los compartimentos interno y externo de la rodilla.

niscos pierden parcialmente el contacto con los cóndilos; además, una resección del menisco entre el 15-34% incrementa las presiones de contacto en más del 350%. También encontramos diferencias entre los compartimentos, ya que en el compartimento externo el 70% de la carga es transmitida a través del menisco, mientras que en el compartimento interno es del 50%

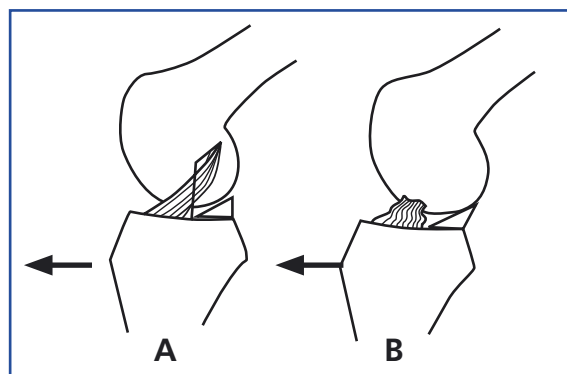
2. **Absorción de fuerzas de compresión,** facilitada por la disposición circular de las fibras de colágeno. La rodilla normal tiene una capacidad de absorción de fuerzas 20% mayor que las que han sido sometidas a menisctomías.

3. **Mejora la congruencia** entre las superficies articulares del fémur y de la tibia. En un corte sagital de ambos compartimentos, el compartimento femorotibial interno muestra mayor congruencia que el lateral, por lo que habrá una menor congruencia en el compartimento externo ante la ausencia de menisco<sup>(9)</sup>.

4. **Distribución del líquido sinovial** a través de la superficie articular.

5. Los meniscos dan cierta **estabilidad** en el eje anteroposterior en ausencia de LCA<sup>(10)</sup> (**Figura 7**), actuando el cuerno posterior como cuña para ayudar a reducir la traslación anterior de la tibia, por lo que la menisctomía parcial de esta región aumentaría la subluxación anterior de la tibia. Esta función es mucho mayor en el menisco interno que en el externo, ya que éste último presenta menos inserciones capsulares. No se comprueba inestabilidad tras la menisctomía con LCA intacto ni tampoco en la estabilidad en el plano rotacional.

6. **Protección frente al desarrollo de artrosis:** se evidenció en el trabajo de Fairbank (**Figura 8**),



**Figura 7.** A: en presencia de LCA; B: en ausencia de LCA, el cuerno posterior da cierta estabilidad en el eje anteroposterior.



Figura 8. Cambios descritos por Fairbank tras la menisectomía total.

quien describió los cambios radiológicos tras realizar una menisectomía: estrechamiento de la línea articular, aplanamiento del cóndilo femoral y la formación de osteofitos. También se ha visto una relación lineal entre la cantidad de menisco resecado y los cambios que se producen en el cartílago<sup>(9)</sup>, aunque también se producen cambios degenerativos tras las roturas meniscales, por lo que existe la duda si son mayores los cambios que siguen la menisectomía o los que se producen tras una rotura meniscal<sup>(11)</sup>.

7. *Estructuras propioceptivas*: percepción de la posición de la rodilla; están presentes terminaciones nerviosas tipo I y II en los cuernos anterior y posterior.

### Biomecánica

Dado que la inserción del ME con la cápsula no es tan extensa como la del MI, su movilidad es mayor, permitiendo que pueda desplazarse hasta 1 cm. Esta movilidad, dirigida por las inserciones del tendón poplíteo y ligamento meniscofemoral, explica en parte la mayor incidencia de lesiones meniscales en el MI.

Durante el funcionamiento normal de la articulación<sup>(12)</sup>, el centro de rotación se desplaza desde una posición más posterior en la articulación (fase de la marcha de apoyo precoz) hacia una más anterior (fase intermedia de la marcha), y la localización de los puntos de contacto

llevan un movimiento similar. La localización de estos puntos de contacto se basa en la presunción de una rodilla en equilibrio y que las tres fuerzas dominantes, la carga funcional, la fuerza muscular y la fuerza de reacción articular, deben estar en equilibrio. Los meniscos permiten un gran desplazamiento del punto de contacto con movimientos relativamente pequeños de las superficies articulares. El menisco realiza esta función de dos formas:

1. Incrementa la estabilidad de la articulación y evita un mayor desplazamiento de las superficies óseas cuando se exponen a cargas compresivas;

2. Incrementan la congruencia articular al aumentar el área de contacto: con superficies articulares congruentes (en presencia de meniscos), un desplazamiento de 2mm de la tibia es suficiente para que los puntos de contacto se distancien entre 8 y 10 mm, mientras que ante superficies de contacto menos congruentes (en ausencia de meniscos), se requieren mayores movimientos de la tibia para producir el mismo desplazamiento de los puntos de contacto.

### Desplazamientos de los meniscos en la flexoextensión

Partiendo de una posición de extensión, con la flexión ambos meniscos retroceden, pero el ME retrocede dos veces más que el interno (6 mm frente a 12 mm). Al mismo tiempo que este retroceso, los meniscos se deforman, y se debe a que tienen dos puntos fijos, los cuernos, mientras que el resto es móvil. El ME se deforma y se desplaza más que el interno, puesto que las inserciones de sus cuernos están más próximas.

- *Factores pasivos que afectan al movimiento de traslación de los meniscos*: los cóndilos femorales empujan a los meniscos hacia delante.

- *Factores activos que afectan al movimiento de traslación de los meniscos*: durante la extensión, los meniscos se desplazan hacia delante gracias a los alerones meniscorrotulianos tensos por el ascenso de la rótula; además, el cuerno posterior del ME se ve impulsado hacia delante debido a la tensión de los ligamentos meniscofemorales.

Durante la flexión, el MI es impulsado hacia atrás por la expansión del semimembranoso que se inserta en su borde posterior, mientras que el cuerno anterior es impulsado por las fibras del LCA; el ME es impulsado hacia atrás por la expansión del poplíteo.



### Desplazamientos de los meniscos en la rotación axial

Los meniscos siguen exactamente los desplazamientos de los cóndilos, y a la vez se deforman. También en este caso, el ME se desplaza el doble que el MI.

Durante la rotación externa de la tibia, el ME está impulsado hacia la parte anterior, mientras que el MI lo es hacia la parte posterior.

Durante la rotación interna, el MI avanza mientras que el ME retrocede.

Los desplazamientos meniscales en la rotación axial son principalmente pasivos, aunque también interviene de forma activa el alerón meniscorrotuliano, por el desplazamiento de la rótula respecto a la tibia.

### VASCULARIZACIÓN

Los vasos meniscales se pueden identificar en su tercio periférico hacia la semana 22 de gestación<sup>(2)</sup>. En el recién nacido, todo el menisco está vascularizado; en el segundo año ya se distingue una región central más avascular.

El aporte vascular de ambos meniscos se realiza a través de las arterias geniculadas medial y lateral (Figura 9). De estos vasos salen diversas ramas que forman el plexo capilar parameniscal que se encuentra dentro de la sinovial y en los tejidos capsulares de la articulación. Este plexo aporta la vascularización periférica del menisco. Tan sólo del 10-30% de la periferia del menisco interno y del 10-25% del menisco externo reciben vascularización directa<sup>(13)</sup>; también parte del aporte vascular llega a través de los cuernos

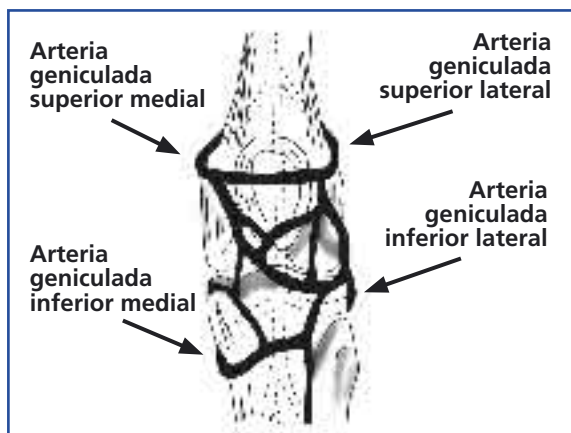


Figura 9. Arco vascular de arterias geniculadas.

anterior y posterior; el resto del menisco se nutre por difusión desde el líquido articular.

Los cuernos meniscales reciben su vascularización a través de los vasos sinoviales que penetran en los cuernos meniscales y finalizan su recorrido en una red capilar terminal. Los cuernos se encuentran más vascularizados que la región del cuerpo meniscal.

El tejido sinovial vascular se refleja ligeramente a lo largo de toda la inserción periférica de los meniscos, tanto en la superficie tibial como femoral. Este receso sinovial se extiende a muy corta distancia de la inserción periférica de los meniscos, y contiene vasos pequeños, terminales e incurvados. Este tejido sinovial vascularizado no contribuye a vascularizar el menisco, pero sí de forma fundamental a la respuesta reparativa de éste.

En un trabajo realizado en cadáver<sup>(14)</sup>, en el que inyectaba contraste y estudiaban los meniscos por RNM, encontraron diferencias significativas en la captación periférica del cuerno posterior respecto al anterior y también al comparar la vascularización periférica del cuerpo del menisco externo respecto al del interno.

### Respuesta vascular ante la lesión

Las lesiones meniscales se suelen clasificar por la localización de la rotura, que se halla relacionada con el aporte vascular y la "aparición vascular" del menisco. La vascularización meniscal periférica es capaz de producir respuestas reparativas similares a las que se producen en cualquier otro tejido conectivo (Figura 10).

Así, la rotura meniscal en la llamada zona roja-roja (desinserción capsular periférica) tiene un aporte vascular funcional que invade la

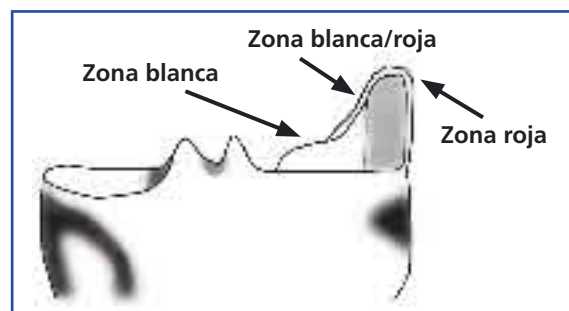


Figura 10. Clasificación de las lesiones del menisco en relación a su vascularización.

cápsula y la zona meniscal lesionada, por lo que tiene un mejor pronóstico de recuperación.

Las roturas en la *zona roja-blanca* (roturas meniscales en la zona vascular periférica) tienen un aporte vascular periférico activo, y la zona más interna de la lesión está ocupada por vasos funcionalmente activos. Estas lesiones tienen una vascularización suficiente para cicatrizar.

En estas zonas se forman coágulos de fibrina ricos en células inflamatorias; los vasos del plexo perimeniscal proliferan e invaden la zona de coágulos de fibrina, y se acompaña de proliferación de células mesenquimales indiferenciadas; la lesión se rellena de tejido de granulación fibrovascular y celular, que hace que se adhieran los bordes de la lesión. La resistencia de este tejido de reparación es mínima si se compara con el del menisco normal. La síntesis de colágeno se irá incrementando lentamente dentro del tejido de granulación, provocando así una cicatriz fibrosa.

Las roturas en la *zona blanca-blanca* (lesiones meniscales en zona avascular) no tienen aporte vascular sanguíneo y teóricamente no son capaces de cicatrizar, aunque algunos estudios experimentales muestran que si conectamos la parte avascular con la zona vascular periférica a través de canales vasculares, las lesiones pue-

den cicatrizar por el proceso habitual. También se ha visto experimentalmente que si se coloca un coágulo de fibrina exógeno sobre una lesión meniscal de esta zona, se puede provocar una respuesta reparativa similar a la que se produce en la zona vascular. Este coágulo proporciona estímulos quimiotácticos y mitogénicos, y sirve de soporte para la invasión celular secundaria.

## CONCLUSIONES

Los meniscos son estructuras cuyas funciones se han ido conociendo a lo largo del tiempo; hace años se consideraban estructuras sin ninguna función y se realizaban incluso meniscectomías totales, hasta en la actualidad intervenir en la estabilidad de la rodilla. La vascularización de las distintas zonas del menisco varían en cuanto a su localización y en cuanto al tratamiento y pronóstico de la lesión; se diferencian tres zonas relacionadas con la capacidad de cicatrización y de reparación de cada zona: zona roja-roja, que tiene un mejor pronóstico de recuperación; zona roja-blanca, que tiene una vascularización suficiente para cicatrizar; y la zona blanca-blanca, que teóricamente no es capaz de cicatrizar.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Arnoczky SP. Building a meniscus. Biologic considerations. Clin Orthop. Relat Res 1999; 367 (Suppl): S244-53.
- 2 Messner K, Gao J. The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and rationale for clinical treatment. J Anat 1998; 193 (Pt 2): 161-78.
- 3 Ghosh P, Taylor TK. The knee joint meniscus. A fibrocartilage of some distinction. Clin Orthop Relat Res 1987; 224: 52-63.
- 4 Bullough PG, Munuera L, Murphy J, Weinstein AM. The strength of the menisci of the knee as it relates to their fine structure. J Bone Joint Surg Br 1970; 52 (3): 564-7.
- 5 Brindle T, Nyland J, Johnson DL. The Meniscus: Review of Basic Principles With Application to Surgery and Rehabilitation. J Athl Train 2001; 36 (2): 160-9.
- 6 Assimakopoulos AP, Katonis PG, Agapitos MV, Exarchou EI. The innervation of the human meniscus. Clin Orthop Relat Res 1992; 275: 232-6.
- 7 McMurray TP. The semilunar cartilages. Br J Sur 1942; 29: 407-14.
- 8 McNeill Love R. Prognosis after removal of semilunar cartilages. Br Med J 1923; ii: 324-6.
- 9 McDermott ID, Amis AA. The consequences of meniscectomy. J Bone Joint Surg Br 2006; 88 12: 1549-56.10.
- 10 Shoemaker SC, Markolf KL. The role of the meniscus in the anterior-posterior stability of the loaded anterior cruciate-deficient knee. Effects of partial versus total excision. J Bone Joint Surg Am 1986; 68 (1): 71-9.
- 11 Cox JS, Cordell LD. The degenerative effects of medial meniscus tears in dogs' knees. Clin Orthop Relat Res 1977; 125: 236-42.
- 12 Kapandji AI. Fisiología articular (vol. 2). Madrid: Panamericana; 1998.
- 13 Shim SS, Leung G. Blood supply of the knee joint. A microangiographic study in children and adults. Clin Orthop Relat Res 1986; 208: 119-25.
- 14 Hauger O, Frank LR, Boutin RD, Lektrakul N, Chung CB, Haghghi P, Resnick D. Characterization of the "red zone" of knee meniscus: MR imaging and histologic correlation. Radiology 2000; 217 (1): 193-200.