



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

GRADO EN MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio anatómico, radiológico y funcional de la articulación de la rodilla

Anatomic, radiologic and functional study of the knee joint

Autor: Dña. Rosario Martín Grandes

Directores: Dr. Juan Antonio Montero Simón,
Dra. Ana García Bolado

Santander, Junio 2016

Índice

I. Resumen / Abstract	3
II. Introducción	4
A. Superficies articulares	4
B. Meniscos articulares	5
C. Cápsula articular y membrana sinovial	6
D. Ligamentos	8
III. Objetivos	12
IV. Material y método	13
A. Obtención de cortes de la articulación de la rodilla.	13
B. Obtención de imágenes de resonancia magnética.	13
C. Disección anatómica	14
D. Análisis bibliográfico	14
V. Resultados y discusión	15
A. Correlación anatómico – radiológica	15
Plano axial	16
Plano sagital	20
Plano coronal	23
B. Aspectos radiológicos y funcionales de la rodilla	25
Rotura meniscal	27
Necrosis avascular del cóndilo femoral	29
Lesiones ligamentosas	30
Bursitis prepatelar	33
Síndrome de la cintilla iliotibial	34
Condromalacia rotuliana	35
Quiste poplíteo	36
VI. Observaciones finales	38
VII. Referencias bibliográficas	39
VIII. Bibliografía complementaria	42
IX. Agradecimientos	43

I. Resumen / Abstract

La rodilla es una de articulaciones más complejas del organismo, fundamental en la deambulación, con un amplio rango de movilidad que, al mismo tiempo, precisa de una gran estabilidad. Esta doble función es posible, al menos en parte, gracias al refuerzo de la cápsula fibrosa por potentes ligamentos y expansiones tendinosas de los músculos periarticulares. Las lesiones de dichas estructuras, independientemente de su etiología, suponen una reducción significativa de la calidad de vida, constituyendo uno de los motivos de consulta más frecuentes en la práctica clínica y, precisando, en la mayoría de los casos, la realización de pruebas de imagen para su confirmación. La resonancia magnética (RM) es el método más empleado para el estudio de la articulación de la rodilla, por su alta sensibilidad en el diagnóstico de patología de partes blandas, si bien la interpretación de las imágenes por el radiólogo requiere un extenso conocimiento de la anatomía de la región. En este trabajo realizaremos una revisión de las principales patologías de rodilla diagnosticadas por RM, resaltando los rasgos anatómicos indicativos de la alteración en las imágenes y detallando la disfunción concomitante de la biomecánica articular en cada caso. Para ello, desarrollaremos en primer lugar una aproximación a la interpretación de la imagen radiológica, presentando una correlación con la anatomía seccional en el cadáver.

Palabras clave: anatomía, rodilla, resonancia magnética, biomecánica.

The knee is one of the most complex joints in the body, essential in ambulation, with a wide range of movement which requires, at the same time, high stability. This dual function is partially due to the strengthening of the fibrous capsule by powerful ligaments and tendon expansions of the periarticular muscles. Injuries of these structures, regardless of their etiology, lead to a decrease of the quality of life, they constitute one of the most frequent consultations in clinical practice and may require imaging techniques to confirm the diagnosis. Magnetic resonance is the most employed method to study the knee due to its high sensibility to detect soft tissues pathology, although interpretation of the images by the radiologist needs an extended knowledge of the anatomy. In this study we will review the main injuries of the knee diagnosed by Magnetic Resonance Imaging (MRI), highlighting the anatomical features that reveal the pathology in the images and detailing the corresponding biomechanical dysfunction in each case. For this purpose, we will initially perform an approach to the interpretation of the radiological image, by illustrating a correlation with the sectional cadaveric anatomy.

Key words: anatomy, knee joint, magnetic resonance imaging, biomechanics.

II. Introducción

La rodilla es la mayor articulación del cuerpo y posiblemente la más compleja, ya que tiene una doble función: presenta una amplia movilidad, necesaria para la marcha, sin perder la gran estabilidad que precisa para soportar el peso del cuerpo. Desde el punto de vista morfológico se considera una articulación triple, troclear y bicondílea, constituida por la extremidad distal del fémur, la extremidad proximal de la tibia y la rótula ^[1] (figura 1).

A. Superficies articulares

Extremidad inferior del fémur

La superficie articular de la extremidad inferior del fémur presenta, en su parte anterior, la superficie rotuliana o tróclea femoral, compuesta por dos vertientes separadas entre sí por una garganta media, siendo la vertiente lateral más extensa que la medial.

Las vertientes de la tróclea femoral se continúan posteriormente con las superficies condíleas, que tienen una serie de particularidades importantes en la biomecánica de la articulación: 1) la superficie condílea medial es más estrecha y más larga que la lateral, 2) cada una de ellas describe una curvatura cuyo radio disminuye de anterior a posterior, y 3) no son paralelas entre sí, si no que divergen en los planos horizontal y vertical.

Tanto la superficie rotuliana como las superficies condíleas están revestidas de cartílago articular formando una superficie articular única, si bien se pueden observar las ranuras condilotrocleares en la zona de transición entre las vertientes de la tróclea y las superficies condíleas.

Rótula

La superficie articular de la rótula está presente en los tres cuartos superiores de la cara posterior de la misma. Revestida de cartílago articular, presenta dos carillas laterales cóncavas separadas por una cresta roma, que se corresponden con la superficie rotuliana de la extremidad inferior del fémur.



Figura 1. Visión anterior de la articulación de la rodilla, compuesta por la extremidad inferior del fémur, la extremidad superior de la tibia y la rótula, de la que parte el ligamento rotuliano.

Extremidad superior de la tibia

En la cara superior de los cóndilos tibiales, separadas entre sí por el espacio intercondíleo, se encuentran las superficies condíleas (medial y lateral), destinadas a articularse con las superficies del fémur que reciben el mismo nombre. Ambas están revestidas de cartílago articular y tienen forma ovalada, aunque la superficie medial es más estrecha, larga y cóncava que la lateral.

B. Meniscos articulares



Son dos láminas fibrocartilaginosas dispuestas entre los cóndilos femorales y tibiales, consiguiendo una mayor congruencia entre las superficies articulares. Tienen forma de semiluna y sección triangular, siendo el menisco medial mayor en sentido anteroposterior que el lateral, de manera que el primero adopta una forma de “C” mientras que el segundo, más pequeño tiene forma de “c” o de “o” (figura 2).

Figura 2. Visión frontal de la articulación de la rodilla en flexión, tras abrir la cápsula articular y eliminar el cóndilo femoral interno. La rótula engastada en el tendón del cuádriceps ha sido rechazada hacia abajo. Nótese la disposición de los meniscos en la articulación y las diferencias morfológicas entre uno y otro. Apreciamos bien igualmente el ligamento cruzado anterior y la apariencia del cartílago articular.

En ellos se pueden distinguir dos bordes, dos caras y dos extremos. El borde lateral (o base), que se adhiere a la cápsula articular, es convexo, mientras que el borde medial es cóncavo. La cara superior, cóncava, contacta con los cóndilos femorales mientras que la inferior lo hace con los cóndilos tibiales, a los que está unida por la periferia.

Por sus extremos o cuernos, los meniscos se unen a la eminencia intercondílea de la tibia de la siguiente forma: los cuernos anterior y posterior del menisco lateral se insertan, respectivamente, inmediatamente por delante y por detrás de la eminencia intercondílea. Cabe mencionar que del cuerno posterior parte un haz de fibras que, acompañando al ligamento cruzado posterior, llegan al cóndilo femoral interno. Estas fibras reciben el nombre de ligamento meniscofemoral. Por su parte, el menisco medial se inserta en la parte más anterior de la eminencia intercondílea a través de su cuerno anterior, mientras que el posterior lo hace por detrás de la inserción de su homólogo lateral.

Los dos meniscos se unen por su parte anterior por un haz de fibras que se extiende transversalmente uniendo sus cuernos anteriores y denominado ligamento transverso de la rodilla.

C. Cápsula articular y membrana sinovial

La **cápsula articular** es una envoltura fibrosa que se une a la extremidad inferior del fémur y la extremidad superior de la tibia. En la parte anterior se encuentra la rótula, engarzada en el tendón del cuádriceps, lo que supone una solución de continuidad de la cápsula articular.

En el fémur se une, en la cara anterior, en la fosa supratroclear. Desde ahí, a cada lado, se dirige hacia abajo y afuera bordeando la tróclea femoral hasta llegar a las caras laterales de los cóndilos femorales. Después pasa inferiormente a los epicóndilos hasta alcanzar la cara posterior de la articulación para, finalmente, introducirse en la fosa intercondílea, donde se fusiona con los ligamentos cruzados. La distancia entre la inserción de la cápsula y las superficies articulares es diferente según el segmento que se considere. Así, su inserción a nivel de la fosa supratroclear se encuentra a 1 o 1,5 cm del cartílago articular, en la zona media de las caras laterales de los cóndilos femorales pasa a 1,5 cm y en la zona posterior se vuelve a acercarse al cartílago articular, pasando solamente a unos milímetros hasta llegar a la fosa intercondílea ^[2].

Por otro lado, en la tibia, la cápsula articular se une en la zona más anterior del espacio intercondíleo. Desde ahí se dirige hacia los lados, contorneando los cóndilos tibiales y próxima a las superficies condíleas, a unos 5 mm aproximadamente ^[2]. A este nivel se une al borde lateral de los meniscos articulares, siendo la unión más fuerte en el menisco medial, lo que supone una menor movilidad de éste. En la parte posteroexterna la línea de inserción desciende hasta casi alcanzar la articulación tibioperonea. Cuando la cápsula fibrosa llega a la zona posterior, alcanza el espacio intercondíleo donde se confunde con los ligamentos cruzados.

La **membrana sinovial** reviste el interior de la cápsula articular, interrumpiéndose a nivel de las superficies articulares, a las que circunscribe. Dado que en determinadas zonas de la articulación la inserción de la cápsula fibrosa se aleja de las superficies articulares, la membrana sinovial se refleja en las zonas óseas que quedan en el interior de la articulación, formando fondos de saco.

En el fémur, la sinovial sigue el contorno de las superficies articulares y cubre las zonas óseas existentes entre éstas y la línea de inserción de la cápsula fibrosa. De este modo, en la parte anterior de la articulación la sinovial forma un fondo de saco que recibe el nombre de receso subcuadricipital, al que llegan las fibras del músculo articular de la rodilla, cuya función parece ser evitar el pinzamiento del mismo en los movimientos de extensión ^[1]. Además, en ocasiones, el receso subcuadricipital puede comunicarse con

una bolsa serosa asociada al tendón del cuádriceps, llamada bolsa serosa suprarrotuliana.

A nivel de los meniscos articulares la sinovial se limita únicamente a unirse al borde externo de los mismos (figura 3), de tal manera que se pueden distinguir dos sectores articulares, supra e inframeniscal.

En la tibia la sinovial contornea las superficies condíleas y se refleja a unos 5 mm de las mismas. Sin embargo, en la zona posteroexterna, donde la línea de inserción capsular desciende hasta casi alcanzar la articulación tibioperonea, forma un divertículo, el receso subpoplíteo, que puede llegar a comunicarse con la sinovial de dicha articulación.

Dado que la rótula se encuentra engastada en el tendón del cuádriceps, a este nivel la sinovial se encuentra interrumpida, y se limita a bordear el cartílago articular rotuliano.

Por debajo de la rótula y entre el tendón rotuliano y la zona anterior de la eminencia intercondílea se observa una formación adiposa, el cuerpo adiposo infrarrotuliano (también conocido como grasa de Hoffa), que obliga a la membrana sinovial a alejarse de la cápsula fibrosa a este nivel. Consecuentemente, la sinovial forma una serie de pliegues: dos laterales, llamados pliegues alares; y, uno medio, la plica sinovial infrarrotuliana. Ésta, en ocasiones, puede llegar a unirse a la sinovial a nivel de la escotadura intercondílea, formando un tabique en la zona central de la articulación ^[1].

Además del cuerpo adiposo infrarrotuliano, existen otras formaciones adiposas en la articulación. La función de todas ellas es amortiguar los cambios de volumen que sufre la articulación en los movimientos de flexo – extensión.

Alrededor de la articulación existen bolsas serosas, algunas asociadas a los ligamentos y otras a los músculos periarticulares que, en ocasiones, pueden establecer comunicaciones con la cavidad articular.

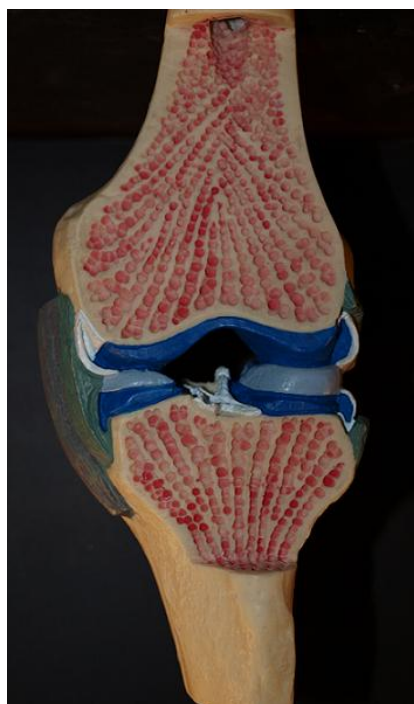


Figura 3. Corte frontal de la articulación de la rodilla. Se observan los meniscos articulares (en color gris claro) dispuestos entre las superficies articulares (azul oscuro) así como la sinovial (en color blanco), uniéndose en el margen lateral de los meniscos.

D. Ligamentos

Los ligamentos constituyen, junto con la cápsula articular, los medios de unión de la articulación, fundamentales en la biomecánica de la misma. Además de ligamentos, existen otras formaciones fibrosas y tendinosas que contribuyen a su refuerzo. Para su descripción se dividen en anteriores, colateral tibial, colateral peroneo y posteriores.

Ligamentos anteriores

La cápsula articular se encuentra reforzada por su parte anterior por engrosamientos de la propia cápsula, refuerzos procedentes del tendón del músculo cuádriceps y refuerzos de la fascia lata.

En el plano más profundo los ligamentos son considerados engrosamientos de la cápsula articular e incluyen las aletas rotulianas y los ligamentos meniscorrotulianos. Las aletas rotulianas (medial y lateral) son dos expansiones fibrosas, delgadas, que se extienden desde los bordes laterales de la rótula hasta los cóndilos femorales. Los ligamentos meniscorrotulianos se originan también en los bordes laterales de la rótula, en una posición más inferior que aquéllas, para terminar uniéndose al borde externo de los meniscos.

En el plano medio, también denominado plano tendinoso, se encuentran el tendón del cuádriceps, las expansiones que éste presta a la articulación y el tendón rotuliano que, en conjunto, suponen el elemento estabilizador más importante en el plano anterior.

El tendón del cuádriceps, formado por fibras procedentes del recto femoral y de los vastos, se inserta en el borde superior de la rótula. A este nivel la cápsula articular es muy delgada y se adhiere íntimamente a las fibras profundas del tendón, incluso en ocasiones puede faltar y ser sustituida por él ^[1]. Las fibras distales del tendón del cuádriceps forman el ligamento rotuliano que parte del vértice de la rótula hasta llegar a la tuberosidad tibial, donde se inserta (figura 1). Del tendón de inserción de los vastos lateral y medial salen fibras tendinosas que se dirigen a los bordes laterales de la rótula y del ligamento rotuliano y a los cóndilos tibiales y que reciben el nombre de retináculos rotulianos.

Por último, en el plano más superficial y en la parte lateral, la aponeurosis del músculo tensor de la fascia lata contribuye al refuerzo de la articulación a través de una expansión que se dirige hacia la rótula y que se une estrechamente a los retináculos rotulianos.

Ligamento colateral tibial

El ligamento colateral tibial es una potente banda fibrosa situada en la región medial de la rodilla (figura 4.A). Se origina en el epicóndilo medial para después dirigirse oblicuamente hacia abajo y delante hasta llegar al cóndilo medial de la tibia, donde se inserta a nivel de la cápsula articular. Algunas de sus fibras continúan su trayecto distalmente, rodean el tendón del músculo semimembranoso y terminan en la parte superior de la cara medial de la tibia. Las fibras más profundas, consideradas por algunos autores como una entidad aparte ^[3], se extienden oblicuamente desde las inserciones femorales y tibiales hasta el borde externo del menisco medial.

Ligamento colateral peroneo

El ligamento colateral peroneo se dispone en la cara lateral de la rodilla. Es independiente de la cápsula fibrosa en todo su trayecto, el cual se extiende desde el epicóndilo lateral del fémur hasta el vértice de la cabeza del peroné (figura 4.B).

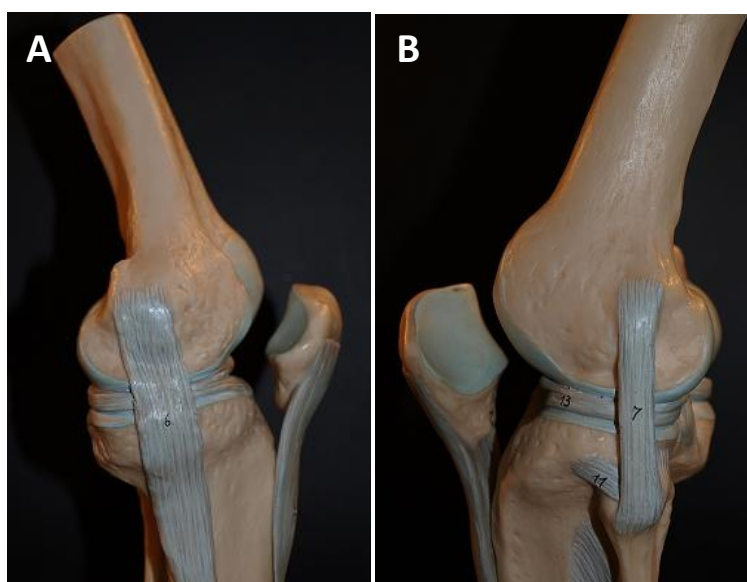


Figura 4. A: ligamento colateral tibial. B: ligamento colateral peroneo.

En este momento cabe mencionar la existencia del ***ligamento anterolateral*** de la rodilla (figura 5). Su primera descripción se realizó en relación con las fracturas por avulsión en el extremo proximal de la tibia ^[4]. Sin embargo, en trabajos posteriores las escasas e imprecisas descripciones de esta estructura llevaron a confusión acerca de su anatomía y función ^[5]. Los textos clásicos de la anatomía han descrito siempre estas fibras como engrosamientos capsulares sin otorgarle una relevancia funcional extraordinaria. Sin embargo, recientemente, un estudio anatómico detallado ^[6] le otorga a esta estructura la categoría de ligamento independiente, aunque pueda compartir fibras en su estructura con el ligamento colateral peroneo y el tracto iliotibial.

Los autores describen con exactitud sus inserciones: se origina en el epicóndilo lateral del fémur, por delante de la inserción proximal del ligamento colateral peroneo. Desde aquí, sus fibras se dirigen oblicuas hacia abajo y hacia delante, pudiendo observar que, a nivel del menisco lateral, se adhiere fuertemente al tercio medio de éste. Finalmente, alcanza el extremo proximal de la tibia, insertándose por detrás del tubérculo de Gerdy^[6]. Estos autores sugieren un papel para este ligamento en el control del desplazamiento del pivote óseo en la rotación interna de la tibia.



Figura 5. Visión anterolateral de la articulación de la rodilla tras abrir la cápsula articular. La flecha muestra la situación del ligamento anterolateral. Nótese la estrecha relación con el ligamento colateral peroneo a nivel de la inserción proximal.

Ligamentos posteriores

En este grupo se incluyen los ligamentos cruzados, el ligamento poplíteo oblicuo y el ligamento poplíteo arqueado.

Los ligamentos cruzados (anterior y posterior) son dos cordones fibrosos muy potentes, situados en el interior de la articulación, entre la membrana sinovial que queda por delante de ellos y la cápsula fibrosa, a la que se unen y refuerzan a nivel de la escotadura intercondílea del fémur. Desde aquí, se extienden hasta la eminencia intercondílea de la tibia, donde se insertan, siendo esta unión la que determina su nombre.

La inserción tibial del ligamento cruzado anterior (LCA) se encuentra en el área intercondílea anterior, justo por delante de la eminencia intercondílea, posterior a la inserción del cuerno anterior del menisco medial y alineado con la inserción del cuerno anterior del menisco lateral (figura 2). Desde aquí, sus fibras se dirigen oblicuas hacia arriba, atrás y ligeramente afuera para insertarse en la parte posterior de la cara intercondílea del cóndilo femoral externo.

La inserción distal del ligamento cruzado posterior (LCP) se sitúa en el área intercondílea posterior de la meseta tibial, por detrás de la eminencia intercondílea y de los cuernos posteriores de los meniscos. Desde aquí sus fibras se dirigen oblicuas hacia arriba, delante y adentro para terminar en la parte anterior de la cara intercondílea del cóndilo femoral interno. Aquí llegan también, asociadas al LCP, las fibras del ligamento meniscofemoral que, como se ha mencionado previamente, parten del cuerno posterior del menisco lateral (figura 6.A).

En los últimos años, el estudio de los ligamentos cruzados es de especial interés para los cirujanos ortopédicos, ya que el objetivo de las distintas técnicas quirúrgicas que emplean es reparar las estructuras anatómicas restaurando en la mayor medida de lo posible la función ^[3]. Así, diversos trabajos han puesto de manifiesto que tanto el LCA como el LCP están formados por dos haces de fibras que difieren tanto en su origen como en su inserción ^[7,8]: los haces anteromedial y posterolateral en el LCA, y los haces anterolateral y posteromedial en el LCP. La importancia de esto reside en que tienen implicaciones funcionales y radiológicas que serán comentadas más adelante.

El ligamento poplíteo oblicuo es una expansión fibrosa que emite el tendón del músculo semimembranoso, un poco por encima de la tibia. Estas fibras se dirigen superior y lateralmente para terminar en la cápsula fibrosa a nivel de la escotadura intercondílea (figura 6.B).

El ligamento poplíteo arqueado se origina en el vértice de la cabeza del peroné y se dirige hacia arriba, dividiéndose en dos fascículos: lateral y medial. El fascículo lateral continúa ascendiendo hasta llegar a la cara posterior de la cápsula fibrosa, a la que se une a nivel del cóndilo femoral externo. A esta zona de la cápsula fibrosa también llegan las fibras más superiores del fascículo medial, que se abre en abanico, mientras que las fibras más inferiores de éste se dirigen medialmente para insertarse en la tibia, formando un arco sobre el músculo poplíteo (figura 6.B)

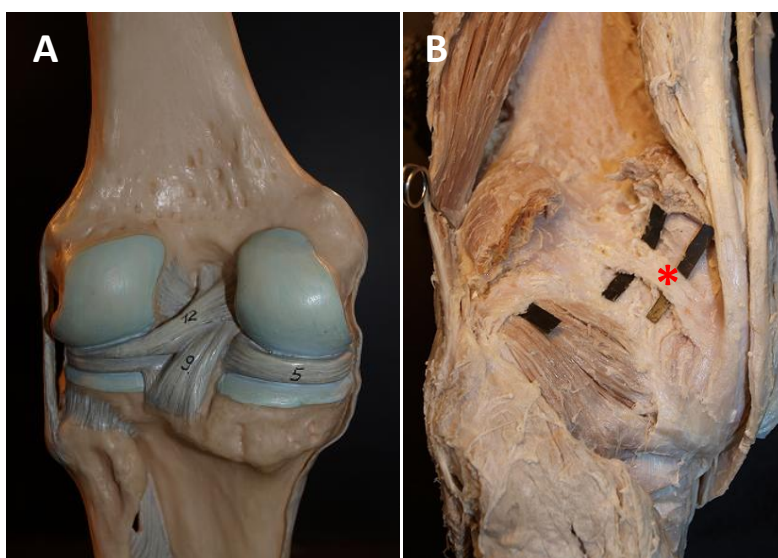


Figura 6. Visión posterior de la articulación de la rodilla. A: maqueta en la que se pueden observar el menisco interno (5), el ligamento cruzado posterior (9) y el ligamento meniscofemoral (12). B: Visión posterior de la articulación de la rodilla tras reseca los músculos gastrocnemios. Podemos ver a la izquierda las inserciones tendinosas del semimembranoso, grácil y semitendinoso. En la disección de la cápsula articular resaltamos dos ligamentos intercalando unas tiras negras: el ligamento poplíteo oblicuo (asterisco) apreciando su origen en el tendón del músculo semimembranoso; y la presencia del ligamento poplíteo dibujando un arco sobre el músculo poplíteo.

Los aspectos funcionales de los distintos componentes articulares serán revisados más adelante, en el apartado de “Resultados y discusión”.

III. Objetivos

Los objetivos que nos planteamos en el presente trabajo de revisión centrado en la anatomía, estudio radiológico y patología de la rodilla son los siguientes:

1. Realización de un breve recuerdo anatómico de la articulación de la rodilla ilustrado con imágenes incluyendo disecciones en el cadáver.
2. Introducción al reconocimiento de las estructuras de la rodilla por resonancia magnética. Esto comprende la obtención de cortes apropiados en distintos planos de la rodilla a partir de piezas cadavéricas y de imágenes radiológicas semejantes para una comparación anatómico-radiológica. Finalmente, realizaremos la demostración por correlación del aspecto que presentan en la RM, las estructuras musculoesqueléticas que constituyen la rodilla, cuyo reconocimiento es fundamental en los estudios anatómicos y clínicos.
3. Reconocimiento mediante resonancia magnética de las principales patologías musculoesqueléticas asociadas a la rodilla, resaltando la base diagnóstica en los elementos anatómicos afectados.
4. Breve revisión del impacto funcional en la dinámica articular de las patologías articulares de la rodilla cuyo diagnóstico radiológico se describe en nuestro estudio.

IV. Material y método

A. Obtención de cortes de la articulación de la rodilla.

Se seleccionaron cuatro rodillas de cadáveres procedentes de donantes de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria, previamente embalsamados acorde a los estándares, por el personal del Departamento de Anatomía y Biología Celular. Tanto para la obtención de los cortes de rodilla, como en la disección anatómica que describiremos más abajo, antes de comenzar con el procesamiento, las rodillas aisladas son lavadas en agua durante un periodo de 7 días, renovando el agua a diario. A continuación, de dos de ellas se obtuvieron secciones en el plano sagital y de las otras dos en el plano axial y en el plano coronal respectivamente. Para la preparación de los cortes las rodillas fueron introducidas en cajas de porexpan inmersas en agua. Unas varillas metálicas finas atravesando la caja sirvieron para fijar la rodilla en la posición deseada. Posteriormente se congelaron en un arcón a -80°C durante una semana y finalmente los bloques congelados fueron seccionados en la orientación apropiada, obteniendo rodajas mediante una sierra de carpintero vertical en los planos ya mencionados. Se practicaron cortes seriados de cómo máximo 2 cm de grosor. Finalizado el proceso se obtuvieron fotografías por medio de una cámara de alta resolución con su equipo de iluminación adecuado.

B. Obtención de imágenes de resonancia magnética.

En lo que respecta a la RM, se ha utilizado un equipo General Electric de 1.5 Tesla (T), obteniendo imágenes potenciadas en T1, T2 y T2 con supresión grasa en los planos axial, coronal y sagital.

La RM se basa en las propiedades magnéticas de los núcleos de ciertos elementos, como es el átomo de hidrógeno (H), el mayoritario en el organismo ^[9]. Su núcleo posee un movimiento alrededor de su eje llamado espín que tiene un determinado momento angular. Cuando son sometidos a un intenso campo magnético (cuya unidad es el T), el espín de los núcleos tiende a orientarse con las líneas de fuerza del campo ^[10] y, si además en ese momento, se les aplica un pulso de radiofrecuencia, entran en resonancia, cambiando de orientación y girando de forma sincrónica, de manera que se produce una “señal de resonancia” a partir de la cual puede obtenerse una imagen ^[11]. Cuando el pulso de radiofrecuencia cesa, esta señal se ve modificada, ya que los átomos de hidrógeno vuelven a su estado inicial, pierden la orientación con las líneas de fuerza del campo y la armonía del movimiento giratorio de sus núcleos, lo que se conoce como tiempos de relajación T1 (T1) y T2 (T2), respectivamente, y que son específicos para cada tipo de tejido ya que dependen de su composición molecular (mayor o menor contenido de átomos de H) ^[11].

La información obtenida por este procedimiento se transforma en una imagen aplicándole una operación matemática que recibe el nombre de “Transformada Rápida de Fourier”. Los tiempos de relajación pueden medirse de forma independiente, creando imágenes que muestran las diferencias de T1 o de T2 de los tejidos ^[11], a través de la modificación de determinados parámetros de los pulsos de radiofrecuencia. Así se pueden conseguir imágenes “potenciadas en T1”, en los que la grasa se ve hiperintensa (blanca) y el líquido hipointenso (negro); en cambio, en las imágenes “potenciadas en T2”, el líquido es hiperintenso y la grasa, menos intensa ^[10]. En la secuencia T2 con supresión grasa el líquido será hiperintenso, y la grasa, hipointensa, lo que resulta de gran utilidad en el estudio de patología de tejidos ricos en grasa como es el caso de la médula ósea amarilla de los huesos, como se explicará más adelante.

C. Disección anatómica

En el recuerdo anatómico de este trabajo se presentan disecciones de rodilla para ilustrar algunas estructuras. Para ello se llevó a cabo la disección de dos rodillas de donantes, en la sala de disección del Departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria. Las piezas, una procedente de varón y otra de mujer, estaban previamente fijadas por procedimientos estándar basados en inyección de una solución de formol. Las disecciones se practicaron sobre una mesa de autopsia. Los materiales básicos empleados fueron: estiletes, tijeras hemostáticas para suturar tejidos, tijeras de disección rectas y curvas, pinzas tisulares y de disección, bisturís, guantes de látex, separadores, sierra quirúrgica, retractores y sondas.

D. Análisis bibliográfico

En cuanto a la búsqueda bibliográfica, fue realizada principalmente a través de la base de datos de Pubmed, atendiendo a los aspectos anatómicos, radiológicos y funcionales más relevantes en la práctica clínica. Asimismo se emplearon otras plataformas de búsqueda de información disponibles en la biblioteca del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, como son “Uptodate” y “Clinikal Key” y textos de clásicos de Anatomía.

V. Resultados y discusión

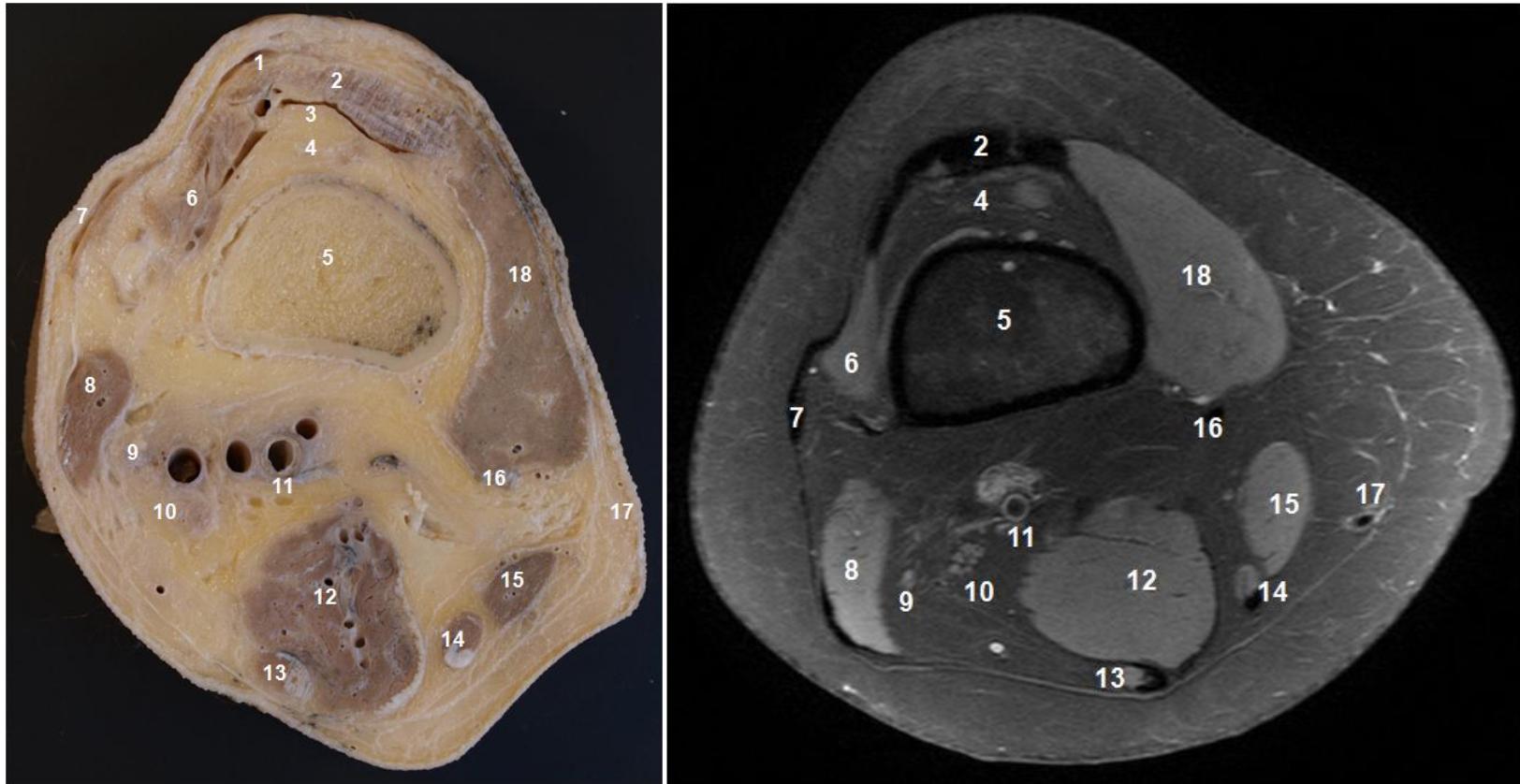
A. Correlación anatómico – radiológica

Las técnicas de imagen del cuerpo humano son un pilar fundamental en la práctica clínica diaria. Los estudios de imagen han supuesto un gran avance en el proceso diagnóstico, estando justificada su realización cuando los datos obtenidos a través de la historia clínica y otras pruebas complementarias no son suficientes para obtener un diagnóstico concreto. Los más utilizados en el estudio de la articulación de la rodilla son la radiografía, la tomografía computarizada, la RM, la ecografía y la artrografía. La elección de una u otra, no sólo depende del contexto clínico y del diagnóstico diferencial, sino también de la disponibilidad de las mismas y de la valoración del riesgo – beneficio, ya que algunas son potencialmente perjudiciales por el empleo de radiaciones ionizantes. En cualquier caso, la interpretación de las imágenes por parte del Radiólogo está supeditada, entre otros factores, a un extenso conocimiento de la Anatomía. Sin embargo, el apoyo que tiene en la imagen del cuerpo humano la medicina en general, hace que el reconocimiento de estructuras en la imagen radiológica no sólo sea fundamental para el radiólogo, sino también para el resto de profesionales facultativos como los del área de la cirugía, la medicina interna o la medicina de familia. Por otro lado, y en parte como consecuencia de lo expuesto, en las facultades de ciencias de la salud, los profesores de todos los niveles de la formación médica, cada vez deben recurrir a más imágenes radiológicas en su trabajo diario. Así, por ejemplo, el desarrollo de los métodos de diagnóstico por imagen ha despertado un gran interés en los Anatomistas, ya que permiten estudiar el cuerpo humano a través de formas distintas a la clásica disección, constituyendo una herramienta más en su labor investigadora y docente.

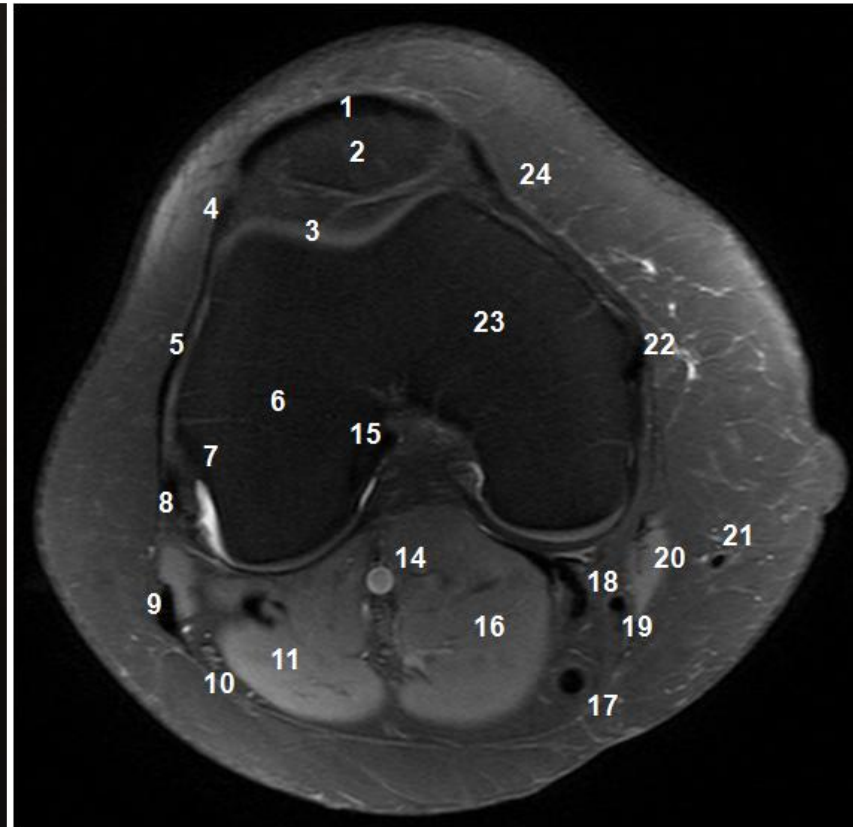
Por todo lo planteado, se hace pertinente la realización de estudios de correlación anatómico-radiológica apoyándose en la comparación entre las imágenes radiológicas e imágenes correlativas obtenidas a partir de la disección en el cadáver. Hoy en día el número de trabajos de correlación es escaso, aunque se están incrementando notablemente debido a su utilidad y al constante desarrollo de las técnicas de imagen (ver Kassarian et al. 2011; Helito et al., 2015) ^[12,13]. Dichos trabajos resultarán de gran utilidad para resolver problemas específicos de profesionales de la clínica en el diagnóstico radiológico, pero también pueden suponer un apoyo fundamental para la aproximación a la imagen radiológica del docente o el propio alumno.

En este trabajo nos centramos en el estudio de la articulación de la rodilla. La RM es la gran protagonista en el estudio por técnicas de imagen de dicha articulación, por ello, comenzamos con una introducción de la interpretación de imágenes radiológicas de la rodilla en secciones organizadas en planos diferentes, apoyándonos en su correlación radiológica.

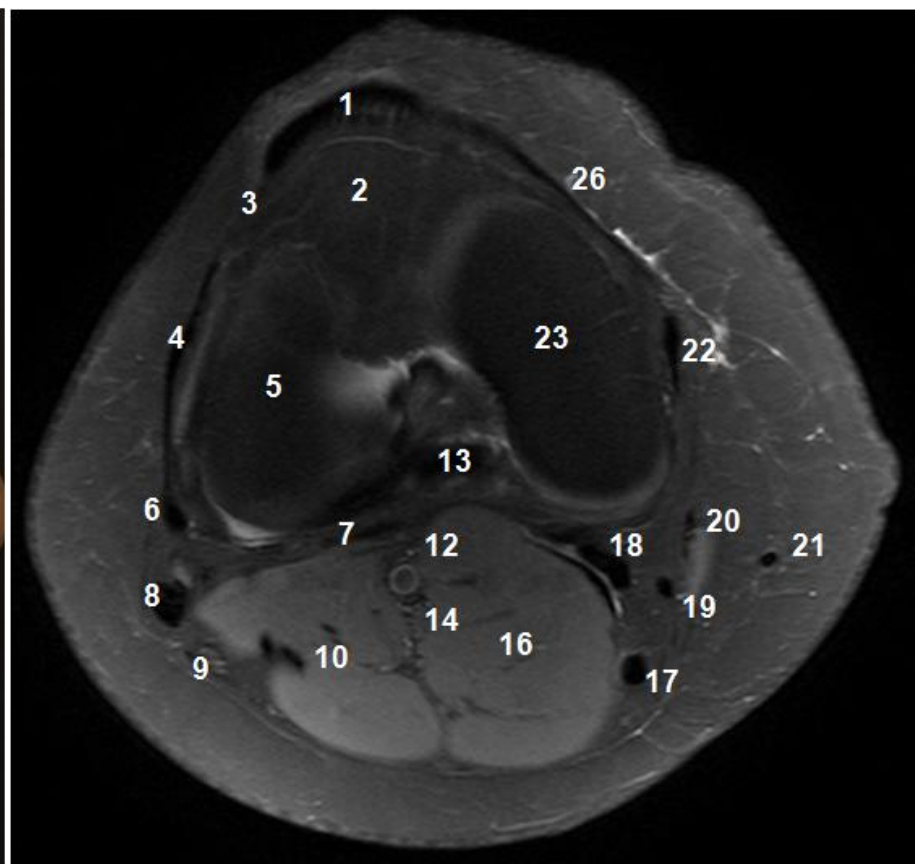
Plano axial



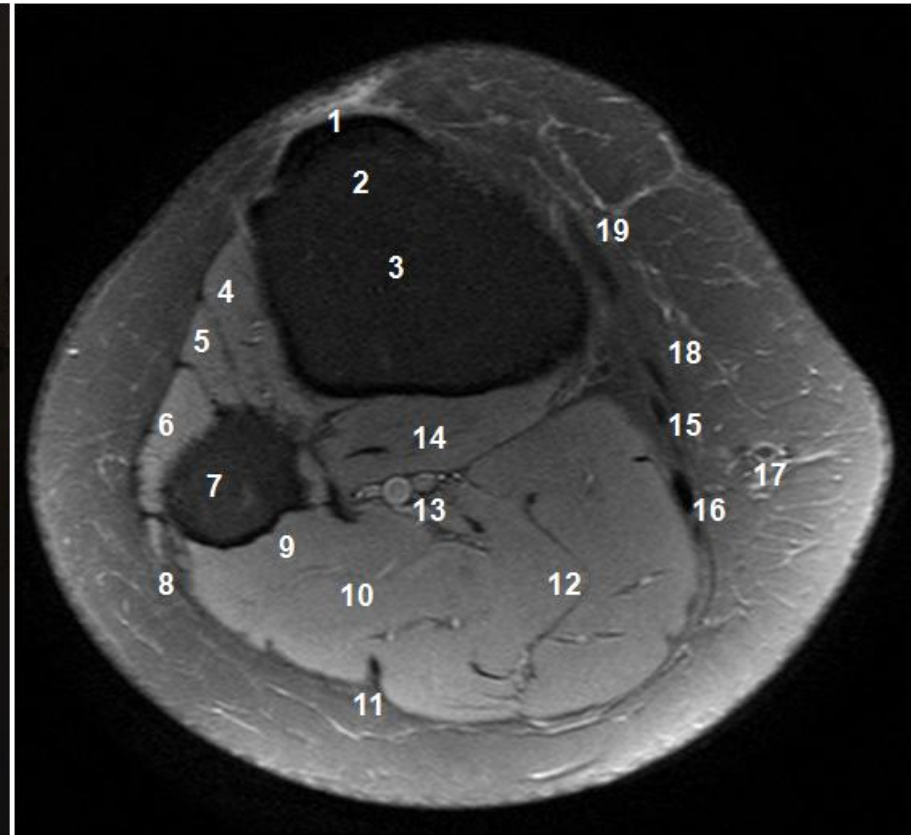
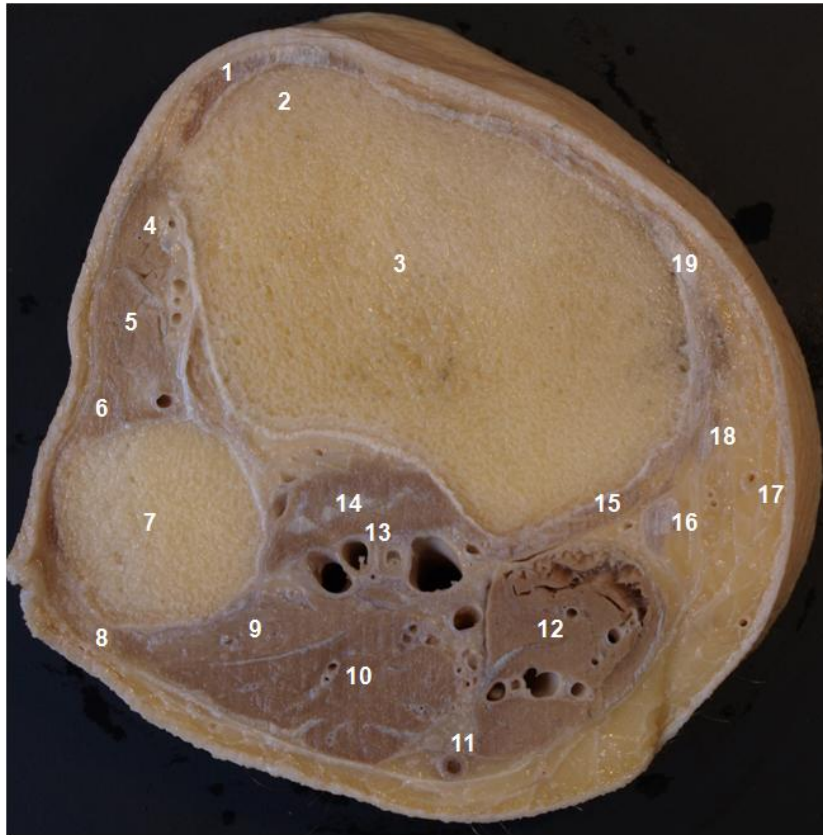
Cortes de cadáver y RM potenciada en T2 con supresión grasa. 1: bolsa serosa prerrotuliana. 2: músculo recto anterior (tendón). 3: bolsa serosa suprarrotuliana. 4: cuerpo adiposo suprarrotuliano. 5: diáfisis femoral. 6: músculo vasto lateral. 7: tracto iliotibial. 8: músculo bíceps femoral. 9: nervio peroneo. 10: nervio tibial. 11: arteria poplítea. 12: músculo semimembranoso. 13: músculo semitendinoso. 14: músculo grácil. 15: músculo sartorio. 16: músculo aductor mayor (tendón). 17: vena safena mayor. 18: músculo vasto medial.



Cortes de cadáver y RM potenciada en T2 con supresión grasa. 1: tendón del cuádriceps. 2: rótula. 3: cartílago articular. 4: retináculo rotuliano lateral. 5: tracto iliotibial. 6: cóndilo femoral lateral. 7: músculo poplíteo (tendón). 8: ligamento colateral peroneo. 9: músculo bíceps femoral (tendón). 10: nervio peroneo. 11: músculo gastrocnemio (cabeza lateral). 12: vena safena menor. 13: nervio tibial. 14: arteria poplítea. 15: ligamento cruzado anterior. 16: músculo gastrocnemio (cabeza medial). 17: músculo semitendinoso (tendón). 18: músculo semimembranoso. 19: músculo grácil (tendón). 20: músculo sartorio. 21: vena safena mayor. 22: inserción del músculo aductor mayor. 23: cóndilo femoral medial. 24: retináculo rotuliano medial.

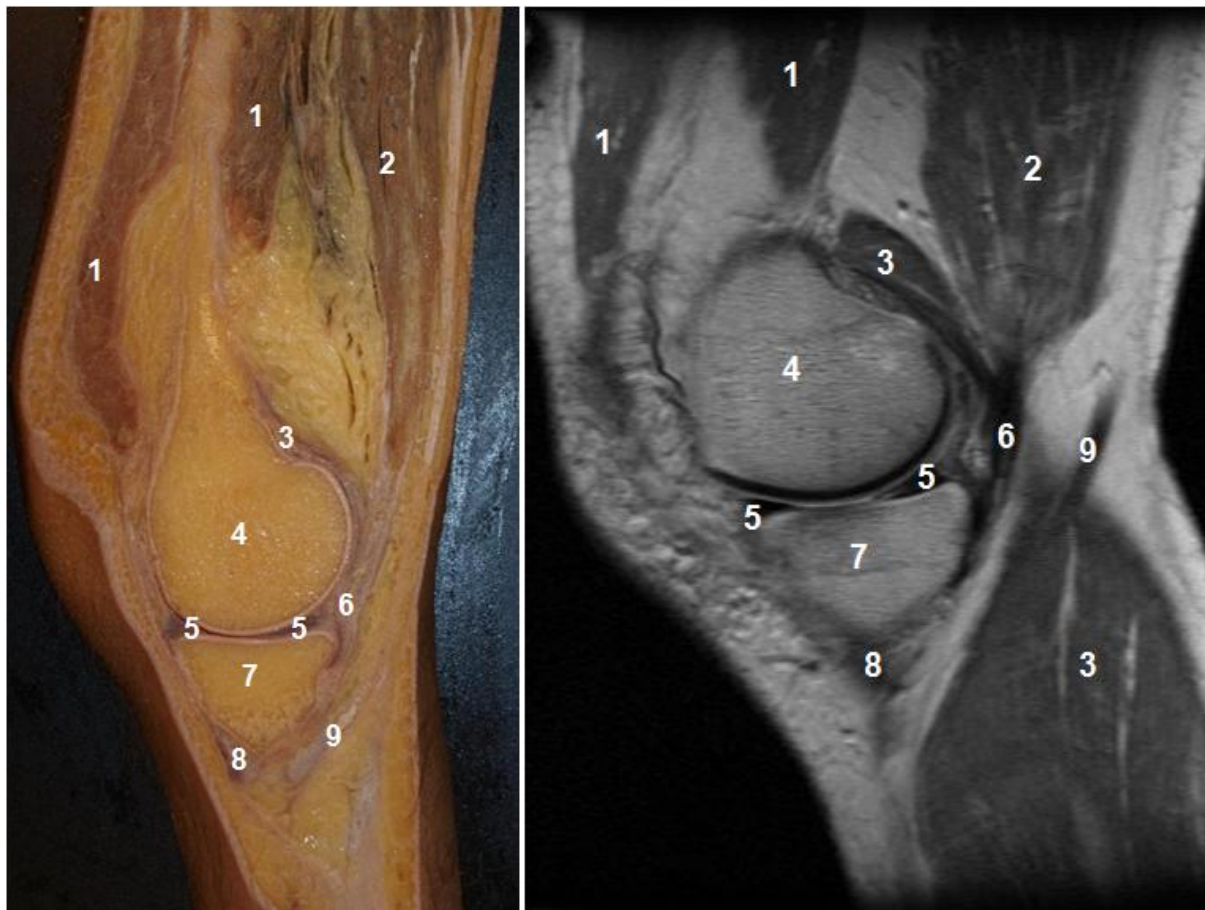


Cortes de cadáver y RM potenciada en T2 con supresión grasa. 1: ligamento rotuliano. 2: cuerpo adiposo infrarrotuliano. 3: retináculo rotuliano lateral. 4: tracto iliotibial. 5: cóndilo femoral lateral. 6: ligamento colateral peroneo. 7: tendón del músculo poplíteo. 8: músculo bíceps femoral (tendón). 9: nervio peroneo. 10: músculo gastrocnemio (cabeza lateral). 11: músculo poplíteo. 12: arteria poplítea. 13: ligamento cruzado posterior. 14: nervio tibial. 15: vena safena menor. 16: músculo gastrocnemio (cabeza medial). 17: músculo semitendinoso (tendón). 18: músculo semimembranoso. 19: músculo grácil (tendón). 20: músculo sartorio (tendón). 21: vena safena mayor. 22: ligamento colateral medial. 23: cóndilo femoral medial. 24: menisco lateral (cuerno anterior). 25: menisco medial (cuerno anterior). 26: retináculo rotuliano medial

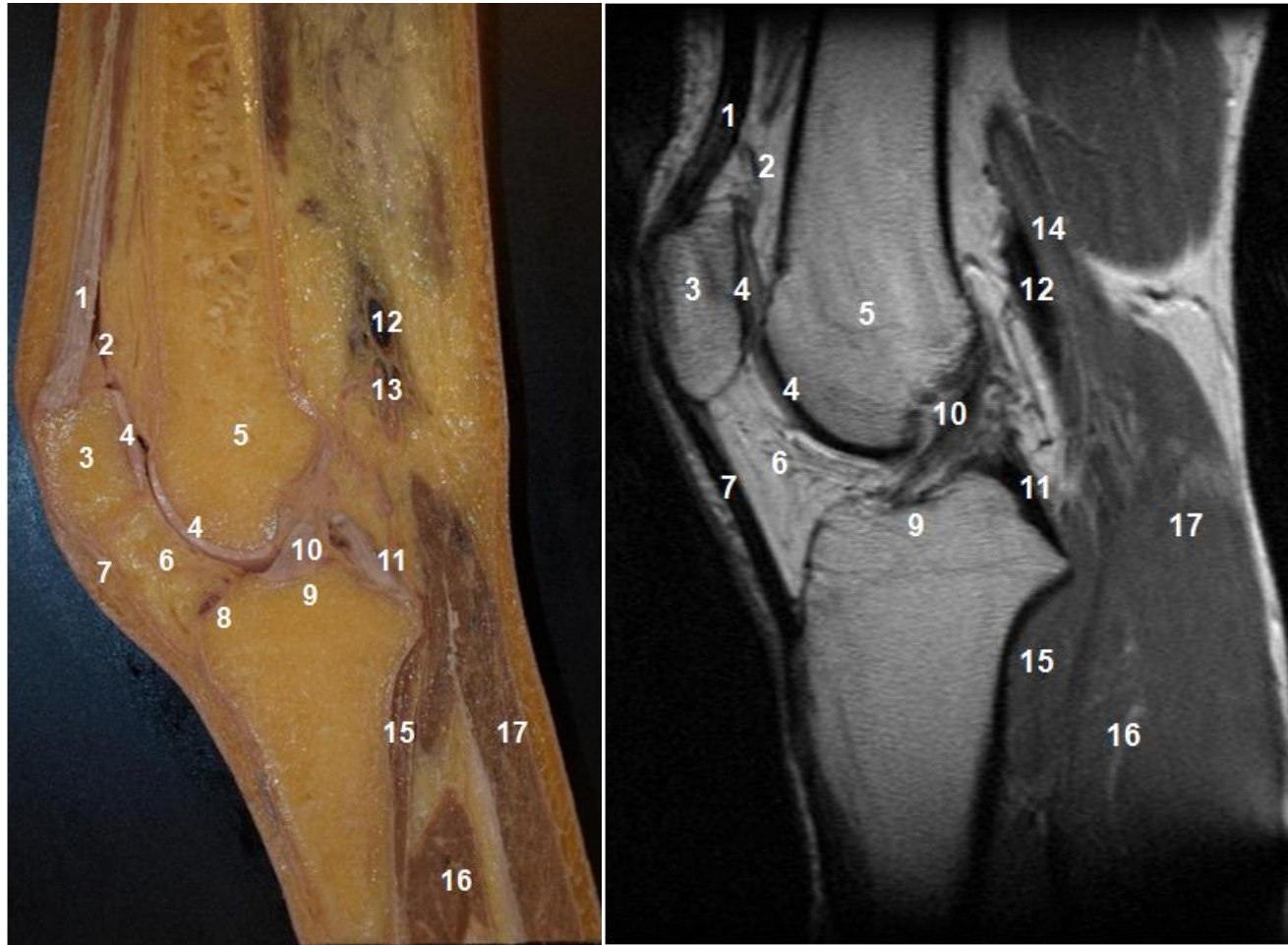


Cortes de cadáver y RM potenciada en T2 con supresión grasa. 1: ligamento rotuliano. 2: tuberosidad tibial. 3: extremidad proximal de la tibia. 4: músculo tibial anterior. 5: músculo extensor largo de los dedos. 6: músculo peroneo largo. 7: cabeza del peroné. 8: nervio peroneo. 9: músculo sóleo. 10: músculo gastrocnemio (cabeza lateral). 11: vena safena menor. 12: músculo gastrocnemio (cabeza medial). 13: arteria poplítea. 14: músculo tibial posterior. 15: músculo semimembranoso (tendón). 16: músculo semitendinoso (tendón). 17: vena safena mayor. 18: músculo grácil (tendón). 19: músculo sartorio

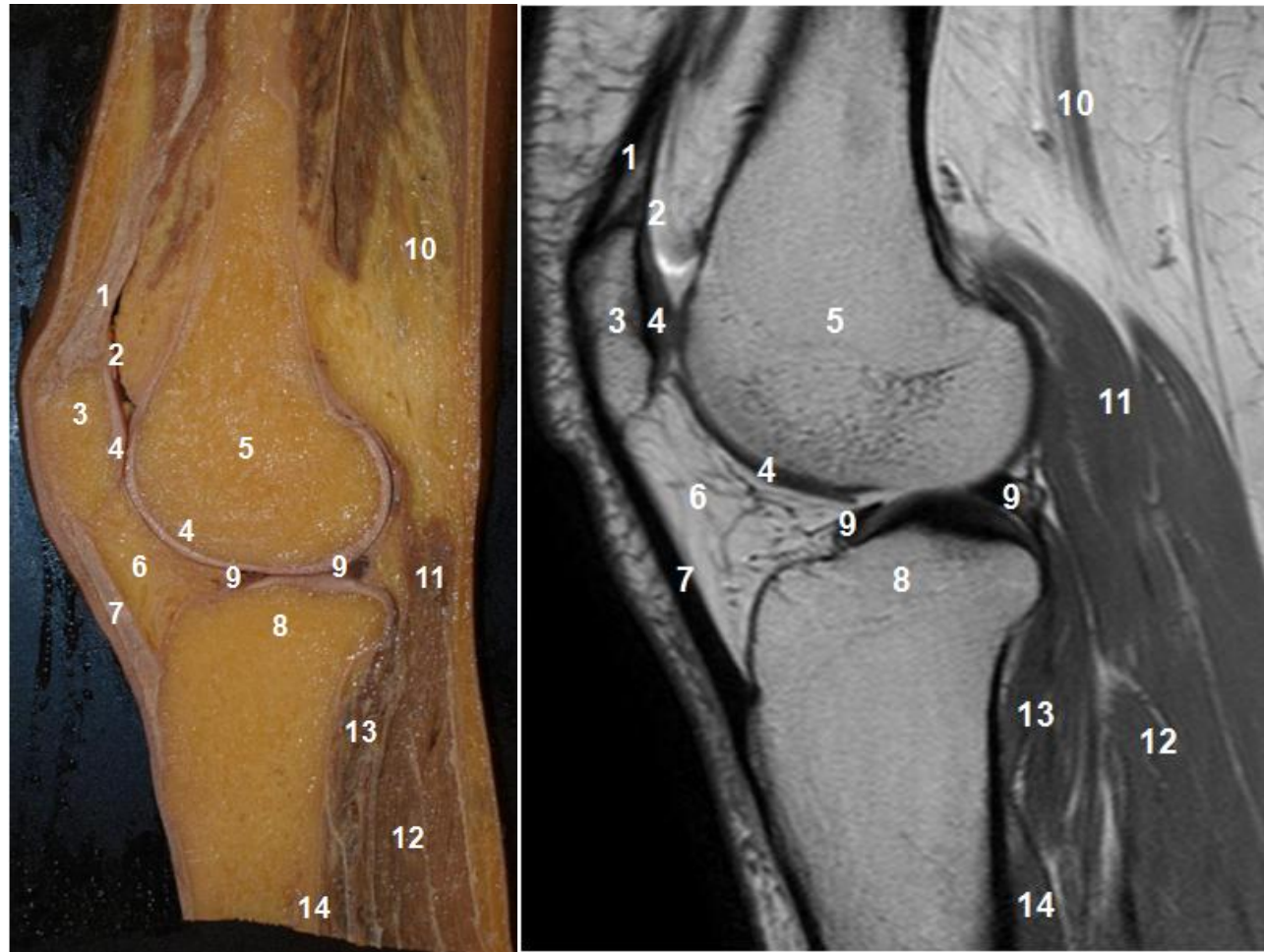
Plano sagital



Cortes de cadáver y RM potenciada en T1. 1: músculo vasto medial. 2: músculo semimembranoso. 3: músculo gastrocnemio (cabeza medial). 4: cóndilo femoral medial. 5: menisco medial (cuernos anterior y posterior). 6: tendón del semimembranoso. 7: cóndilo tibial medial. 8: inserción de los músculos sartorio y grácil. 9: tendón del semitendinoso.



Cortes de cadáver y RM potenciada en T1. 1: tendón del cuádriceps. 2: receso subcuadricipital. 3: rótula. 4: cartílago articular. 5: fémur (porción intercondílea). 6: cuerpo adiposo infrarrotuliano. 7: ligamento rotuliano. 8: menisco interno (cuerno anterior). 9: eminencia intercondílea. 10: ligamento cruzado anterior. 11: ligamento cruzado posterior. 12: vena poplítea. 13: arteria poplítea. 14: nervio tibial. 15: músculo poplíteo. 16: músculo sóleo. 17: músculo gastronemio (cabeza medial).

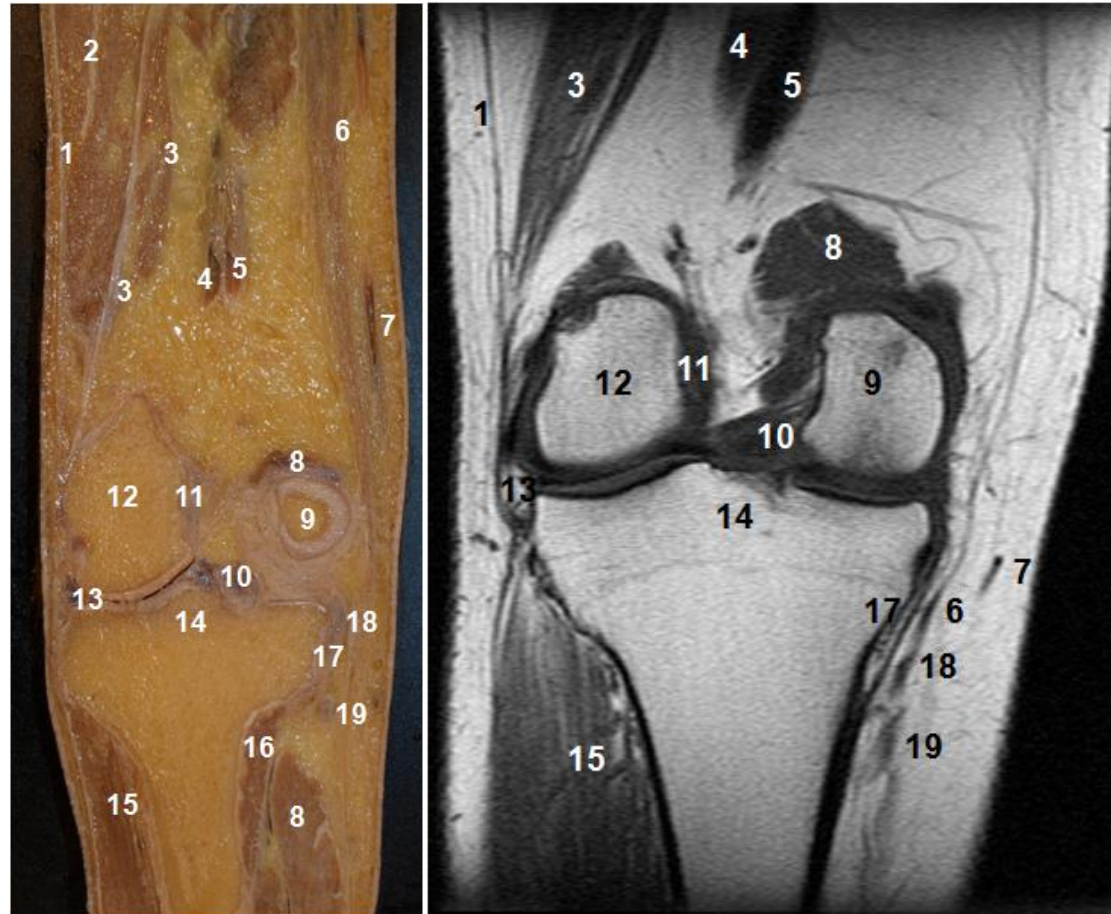


Cortes de cadáver y RM potenciada en T1. 1.: tendón del cuádriceps. 2: receso subcuadricipital. 3: rótula. 4: cartílago articular. 5: cóndilo femoral lateral. 6: cuerpo adiposo infrarrotuliano. 7: ligamento rotuliano. 8: cóndilo tibial lateral. 9: menisco lateral (cuernos anterior y posterior). 10: nervio peroneo. 11: músculo gastrocnemio (cabeza lateral). 12: músculo sóleo. 13: músculo poplíteo. 14: músculo extensor largo de los dedos.

Plano coronal



Cortes de cadáver y RM potenciada en T1. 1: músculo vasto lateral. 2: tracto iliotibial. 3: músculo vasto medial. 4: arteria superior medial de la rodilla. 5: cóndilo femoral medial. 6: ligamento colateral medial. 7: menisco medial (porción intermedia). 8: extremidad superior de la tibia. 9: cuerpo adiposo infrarrotuliano. 10: cartílago articular. 11: cóndilo femoral lateral.



Cortes de cadáver y RM potenciada en T1. 1: tracto iliotibial. 2: músculo vasto lateral. 3: músculo bíceps femoral. 4: vena poplítea. 5: arteria poplítea. 6: músculo sartorio. 7: vena safena mayor. 8: músculo gastrocnemio (cabeza medial). 9: cóndilo femoral medial. 10: ligamento cruzado posterior. 11: ligamento cruzado anterior. 12: cóndilo femoral lateral. 13: menisco lateral (porción intermedia). 14: eminencia intercondílea. 15: músculo tibial anterior. 16: músculo poplíteo. 17: tendón del músculo semimembranoso. 18: tendón del músculo grácil. 19: tendón del músculo semitendinoso.

B. Aspectos radiológicos y funcionales de la rodilla

Además de la Anatomía, la comprensión de la fisiología articular es fundamental en la clínica, puesto que conociendo el mecanismo de lesión y explorando la rodilla es posible identificar las estructuras posiblemente afectadas, orientar el diagnóstico e interpretar los estudios de imagen cuando son necesarios.

En primer lugar se ha de tener en cuenta algunos aspectos básicos sobre la estática articular. La posición de máxima estabilidad de la rodilla es la extensión, donde la tensión de los ligamentos colaterales y cruzados ejerce un papel primordial. En esta posición, el eje de la diáfisis femoral forma un ángulo obtuso abierto hacia fuera de unos 170 – 175º con el eje longitudinal del esqueleto de la pierna ^[14], lo que se conoce como “genu valgo fisiológico”. Este ángulo presenta variaciones según el sexo, pero cabe tener en cuenta que puede sufrir variaciones patológicas conocidas como “genu valgo” cuando el ángulo se cierra, y “genu varo” cuando el ángulo se invierte. Así, la transmisión de las cargas se ve alterada, lo que puede condicionar modificaciones en el desarrollo de los ligamentos colaterales ^[1] e implica un mayor riesgo de degeneración del compartimento afecto ^[15].

En segundo lugar, se deben conocer las bases de la movilidad articular. La rodilla tiene dos ejes de movimiento: uno transversal, a través del cual se realizan los movimientos de flexo – extensión, y otro longitudinal, que permite los movimientos de rotación (interna y externa).

En los movimientos de flexo – extensión los cóndilos femorales giran sobre los cóndilos tibiales. Sin embargo, debido a las características morfológicas de los cóndilos femorales descritas en la introducción, la flexo – extensión en este caso difiere un poco con respecto al resto de articulaciones condíleas. En primer lugar, por su forma espiroidea, además del movimiento de giro, se produce un desplazamiento de las superficies óseas, que varía en función de si la extremidad está apoyada o se mantiene oscilante ^[1]. En segundo lugar, debido a que el cóndilo medial es más largo que el lateral, éste precisa de un mayor recorrido para completar el movimiento, por tanto, en los primeros grados de flexión y en los últimos de extensión se produce un movimiento de rotación denominada “automática”^[14], que también depende de la posición de la extremidad.

Los movimientos de rotación axial sólo son factibles cuando la rodilla está flexionada. Esto se debe, entre otros factores, a la tensión de los ligamentos cruzados y colaterales en la extensión, lo que hace que esta posición sea la de mayor estabilidad articular ^[1,14]. Otro aspecto a tener en cuenta es que el eje a través del cual se realizan los movimientos de rotación es un eje longitudinal que pasa por la eminencia intercondílea, más concretamente por la espina interna. Esto se deriva de forma indirecta de la diferencia de tamaño de los cóndilos femorales, ya que si el eje de rotación es más medial, permitirá el mayor recorrido que necesita el cóndilo femoral lateral para completar sus movimientos.

Por su parte, la rótula se desliza verticalmente sobre el canal formado por la tróclea femoral y la escotadura intercondílea en los movimientos de flexo-extensión. Además, se desplaza hacia atrás con respecto a la tibia y bascula sobre sí misma, de manera que en la flexión, su cara articular se encuentra mirando hacia abajo y atrás ^[14]. Por otro lado, en los movimientos de rotación axial, se ve arrastrada por los cóndilos femorales, hacia fuera en la rotación interna, y hacia dentro en la rotación externa. Los desplazamientos de la rótula, cuyo principal responsable es el músculo cuádriceps, requieren una gran longitud de sus conexiones, lo que es posible gracias a los fondos de saco que la cápsula articular forma en el plano anterior. Por otro lado, estos movimientos son estabilizados por las aletas rotulianas y los ligamentos meniscorrotulianos. Cualquier alteración que modifique el comportamiento de estos elementos, por ejemplo una malformación congénita o el genu valgo, es un factor predisponente de lesiones rotulianas, como la luxación recidivante de la rótula o la condromalacia rotuliana.

Para cumplir con su cometido de aumentar la congruencia entre las superficies articulares y amortiguar y absorber las cargas, los meniscos se desplazan durante los movimientos, hacia atrás en la flexión y hacia delante en la extensión ^[1]. También lo hacen en los movimientos de rotación, de manera que en la rotación externa el menisco externo avanza y el interno retrocede, mientras que en la rotación interna sus movimientos se producen inversamente ^[14]. Las alteraciones en estos desplazamientos condicionan la aparición de roturas meniscales, sobre todo ante movimientos bruscos y posiciones extremas como se verá posteriormente.

Los ligamentos tienen un papel esencial en la estabilidad de la rodilla, tanto en la estática como en la dinámica articular, función que se complementa con la acción de los músculos periarticulares durante el movimiento ^[1].

La función principal de los ligamentos colaterales es estabilizar la rodilla en extensión, por su lado interno y externo, tensándose durante la extensión y distendiéndose en la flexión ^[14]. De forma secundaria, actúan restringiendo los movimientos de rotación interna y externa, aportando una limitación diferente al movimiento en función de los grados de flexión, como se ha visto en diferentes estudios ^[16,17].

Especial mención merecen los ligamentos cruzados que actúan, de forma general, asegurando la estabilidad anteroposterior de la rodilla. La función principal del LCA es restringir el desplazamiento hacia delante de la tibia, tensándose durante la extensión. Diversos estudios han constatado que la limitación al movimiento que oponen los haces anteromedial y posterolateral del LCA va variando a medida que la rodilla se mueve desde la extensión a mayores grados de flexión ^[3, 18]. Secundariamente, el LCA actúa estabilizando la articulación en el movimiento de rotación interna y limita los incrementos de la angulación en valgo ^[19].

Por su parte, el LCP se tensa durante la flexión, impidiendo el desplazamiento posterior de la tibia. De forma secundaria, es un estabilizador del movimiento de rotación externa y del varo o valgo excesivos. Al igual que el LCA, el LCP está compuesto por dos haces, el haz anterolateral y el haz posteromedial, cuya tensión es diferente según la posición de la articulación que se considere: el primero se tensa en la flexión y el segundo en la extensión. Sin embargo, ambos contribuyen a estabilizar el desplazamiento posterior de la tibia ^[19].

Las particularidades en la fisiología tanto de los ligamentos colaterales como de los cruzados, tienen especial interés desde el punto de vista de la Cirugía Ortopédica, ya que permite alcanzar una mayor aproximación a la funcionalidad normal en las técnicas de reconstrucción. Sin embargo, el conocimiento de las bases biomecánicas de la rodilla es una herramienta muy útil para el Médico General en la exploración de los pacientes con potenciales lesiones de esta articulación, hecho frecuente en las consultas de Atención Primaria.

Puesto que la patología de la rodilla es muy amplia y este trabajo se centra, en parte, en el estudio de la misma a través de la RM, se expondrán a continuación una serie de entidades en cuyo diagnóstico esta técnica es especialmente útil: la rotura meniscal, la necrosis avascular del cóndilo femoral, las lesiones ligamentosas, la condromalacia rotuliana, la bursitis prerrotuliana, el síndrome de la cintilla iliotibial y el quiste de Baker, que servirán como ejemplos en un intento de resumir cómo se observan las diversas estructuras articulares en condiciones tanto normales como patológicas. Asimismo, se revisará la repercusión que tienen en la fisiología articular, resaltando los aspectos más relevantes desde el punto de vista clínico.

Rotura meniscal

Las roturas meniscales son una de las patologías más frecuentes de la articulación de la rodilla, constituyendo un motivo de consulta habitual, ya que causan dolor y bloqueos articulares, si bien en ocasiones suponen un hallazgo casual en pacientes asintomáticos ^[20]. Según el mecanismo de lesión se clasifican en degenerativas, sin necesidad de un traumatismo previo, o traumáticas, que ocurren típicamente ante movimientos bruscos de rotación, con la rodilla en flexión y la extremidad apoyada en el suelo ^[21], asociando en muchas ocasiones lesiones ligamentosas. Se manifiestan con dolor, sensación de inestabilidad y bloqueos en flexión. Esto es debido a que la parte lesionada deja de cumplir su función normalmente, y la extensión completa resulta imposible ^[14], lo que se traduce muchas veces en una dificultad para subir escaleras. Todo esto, junto con otros datos de la historia clínica como la edad del paciente, es fundamental a la hora de interpretar las imágenes obtenidas a través de la RM, que es la técnica de elección ante la sospecha de esta patología.

En condiciones normales y por su naturaleza fibrocartilaginosa, los meniscos se ven hipointensos en todas las secuencias. También se pueden observar en los tres planos, siendo preferibles los planos sagital y coronal para su estudio. De acuerdo con las características morfológicas de los meniscos descritas previamente, en el plano sagital los cuernos meniscales aparecen como dos estructuras triangulares, mientras que el cuerpo adopta una forma de “pajarita”. En el plano coronal, es el cuerpo el que presenta una forma triangular mientras que los cuernos tienen forma de banda ^[11].

Cuando se produce una rotura meniscal, se observa una zona hiperintensa lineal, acorde con el trayecto de la fractura (figura 7.A). En función de éste y de su extensión, se clasifican en verticales u horizontales y longitudinales o transversas, aunque pueden producirse combinaciones entre ellas como ocurre en las fracturas oblicuas o en pico de loro. Una forma particular es la rotura “en asa de cubo” (figura 7.B), un tipo de rotura vertical en la que se ve afectada una gran parte del menisco, quedando dividido en dos fragmentos, uno externo y otro interno. Este último se desplaza hacia el centro de la articulación de forma similar al giro del asa de un cubo, de ahí que reciba este nombre.

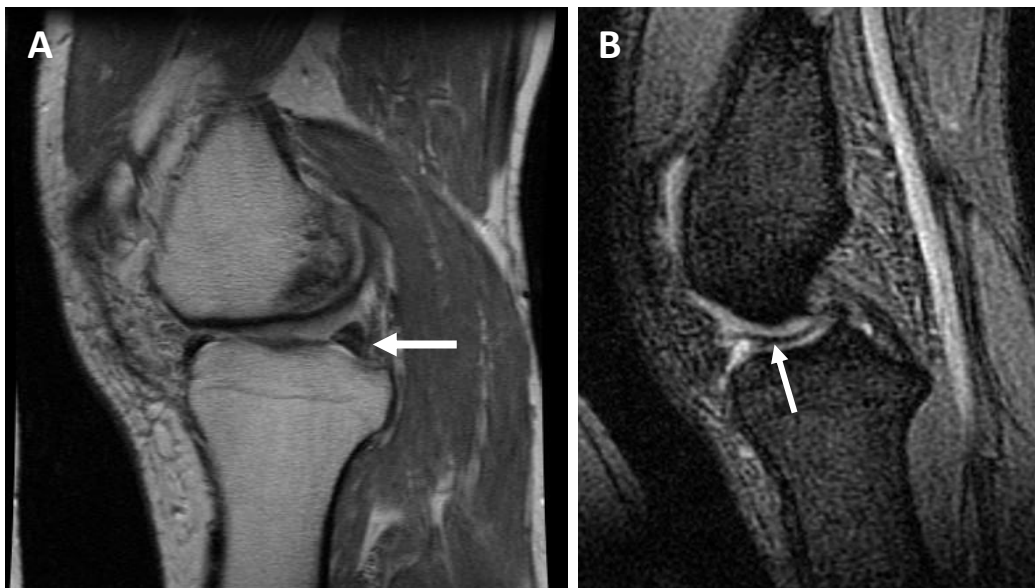


Figura 7. Cortes sagitales de RM potenciados en T1 (A) y en T2 (B). A: Rotura horizontal; nótese la franja hiperintensa horizontal en el cuerno posterior del menisco interno, que atraviesa el contorno triangular hipointenso característico de esta estructura en las secciones sagitales (flecha). B: Rotura en asa de cubo. La flecha señala la porción del menisco que se ha desplazado hacia la zona central de la articulación. Para diagnosticar este tipo de rotura, se debe tener presente la necesidad de valorar las imágenes de toda la serie en conjunto.

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de interpretar las imágenes es el hecho de que, en ocasiones, algunas estructuras articulares pueden simular una rotura meniscal y llevar a errores en el diagnóstico. Un ejemplo de ello es el ligamento transverso de la rodilla, que puede ser confundido con una rotura del cuerno anterior del menisco externo ^[22].

En un corte axial (figura 8.A), este ligamento aparece como una estructura lineal hipointensa uniendo los cuernos anteriores de ambos meniscos. En el plano sagital se observará su sección, de un grosor variable, a la altura de la esquina anterosuperior del cuerno meniscal. Teniendo en cuenta que está rodeado de grasa y que ésta es hiperintensa en las secuencias T1 y T2, se verá una línea hiperintensa a dicho nivel, confundiendo con una rotura ^[11] (figura 8.B).

Con todos los datos mencionados previamente, es posible realizar un diagnóstico concreto, determinando la localización y extensión de la lesión y, permitiendo planificar un tratamiento adecuado, que es el objetivo último del proceso.

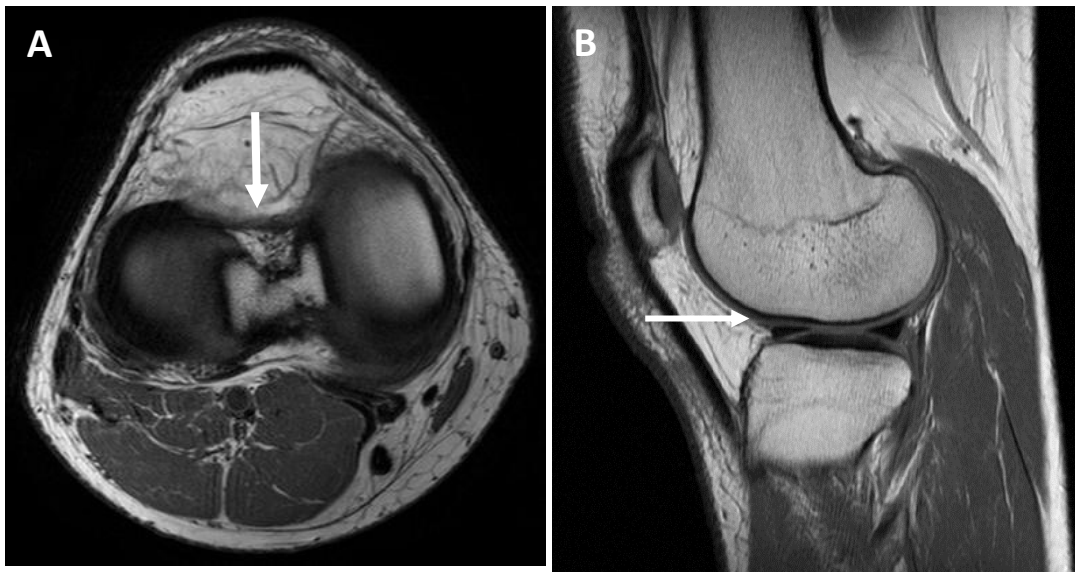


Figura 8. A: corte axial potenciado en T1. La flecha señala la una línea hipointensa que se extiende entre los cuernos anteriores de los dos meniscos, correspondiente al ligamento transverso de la rodilla. B: corte sagital potenciado en T1. La flecha señala la situación del ligamento transverso, que se ve hipointenso y rodeado por una línea hiperintensa que se confunde con una rotura a nivel de la esquina anterosuperior del cuerno anterior del menisco externo.

Necrosis avascular del cóndilo femoral

La necrosis avascular del cóndilo femoral es una patología muy invalidante que afecta sobre todo a mujeres de edad media. En ocasiones la isquemia del tejido óseo es idiopática, aunque puede estar asociada a traumatismos, tratamiento con corticoides, quimioterapia, consumo de alcohol y hemoglobinopatías entre otras causas ^[23]. Inicialmente es asintomática y, a medida que avanza, provoca dolor y disminución progresiva de la movilidad, manifestaciones inespecíficas que requieren la realización de estudios de imagen para su diagnóstico, dado que la modalidad de tratamiento depende fundamentalmente del estadio en que se encuentre ^[24].

Por su disponibilidad, la radiografía simple (figura 9.A) suele ser la primera prueba realizada, aunque en ella no se aprecian signos patológicos en los primeros estadios de la necrosis ósea [25]. Sin embargo, es posible hacerlo a través de la resonancia magnética ya que detecta cambios en la composición de los tejidos, en este caso, de la médula ósea amarilla. En condiciones normales, ésta se observa hiperintensa en la secuencia T1 e hipointensa en T2 con supresión grasa. En las fases iniciales de la necrosis, en las que se produce edema, la señal se ve modificada y las zonas afectadas se observarán hipointensas en T1 e hiperintensas en T2 con supresión grasa (figura 9.B). De este modo, es posible diagnosticar la necrosis avascular de forma precoz y por todo ello, la resonancia magnética es la prueba de elección ante la sospecha de esta patología [23].

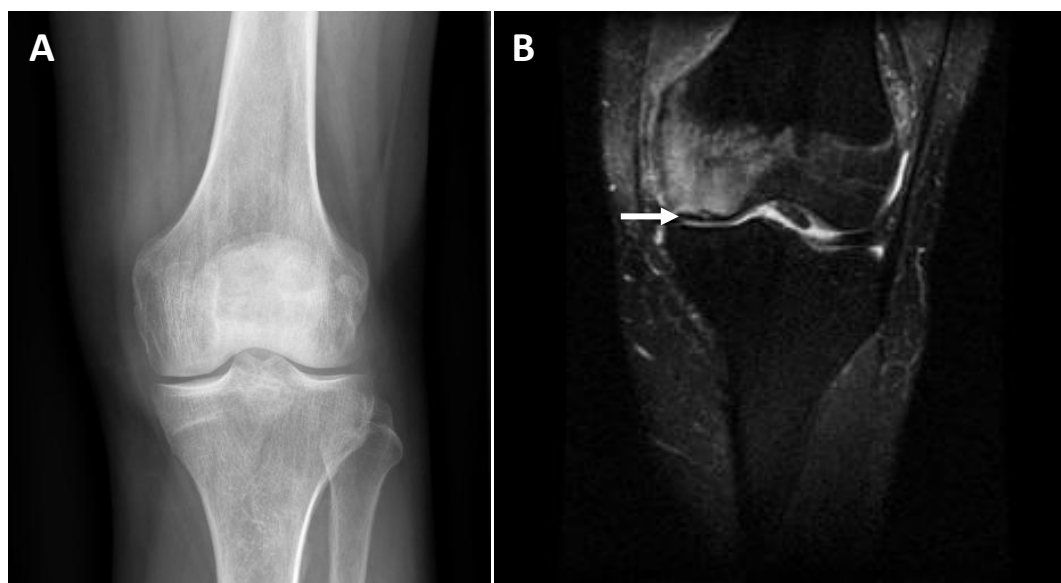


Figura 9. A: radiografía simple de un paciente con necrosis avascular del cóndilo femoral. B: imagen de RM potenciada en T2 con supresión grasa del mismo paciente. Se puede observar un área hiperintensa en el cóndilo femoral interno, que corresponde al edema producido como consecuencia de la necrosis. Inmediatamente por debajo se puede ver el fragmento necrótico, como una línea hipointensa subcondral (flecha).

Lesiones ligamentosas

El LCA es el más frecuentemente lesionado de todos los ligamentos de la rodilla [26,27]. En la mayor parte de los casos se producen en actividades que impliquen correr o saltar, de modo que ante un cambio de posición que precise de una deceleración brusca o en movimientos que combinen la rotación con un estrés en valgo, el ligamento puede verse lesionado [26]. La lesión por traumatismos directos, que suelen deberse a una deformación en valgo o una hiperextensión de la rodilla, es menos frecuente [28]. Se manifiesta generalmente con dolor, inflamación y sensación de inestabilidad, datos poco específicos, por lo que es necesario realizar una serie de pruebas que orienten hacia una ruptura del LCA. Existen numerosas pruebas y todas ellas buscan la deficiencia que la lesión del ligamento produce en la biomecánica articular. Quizá la más conocida sea la prueba de Lachmann (o de cajón

anterior) que consiste, con la rodilla ligeramente flexionada, en sujetar el fémur con una mano y con la otra traccionar de la tibia hacia delante ^[29], observándose el desplazamiento de ésta si el ligamento está lesionado. No obstante, el diagnóstico debe confirmarse con estudios de imagen, siendo la resonancia magnética el “gold standard” ^[22].

Para la evaluación de los ligamentos cruzados se suelen emplear las secuencias potenciadas en T2, siendo el plano sagital el mejor para su estudio, aunque la utilización de los otros planos, sobre todo el axial, aumenta la sensibilidad y especificidad en la detección de roturas ^[11]. En condiciones normales, el ligamento cruzado anterior se verá como una banda hipointensa. Dado que está formado por dos haces de fibras que difieren en su inserción tibial, en el extremo distal de la inserción se verá una zona de señal intermedia que corresponde al tejido fibroadiposo interpuesto entre los dos haces (figura 10.A). Cuando se produce una rotura se observarán cambios en la intensidad de la señal o en su forma y, en caso de rotura completa, una interrupción de sus fibras (figura 10.B).

Las lesiones del LCP, mucho menos frecuentes, pueden ser exploradas de una forma similar pero a la inversa de la maniobra de Lachmann, es decir, desplazando la tibia hacia atrás, lo que se conoce comúnmente como “cajón posterior”. Por otro lado, en la RM se observa como una gruesa banda curvilínea hipointensa (figura 10.A). En caso de rotura, se aprecian cambios en la intensidad de la señal debido al edema o incluso discontinuidad de sus fibras si la rotura es completa.

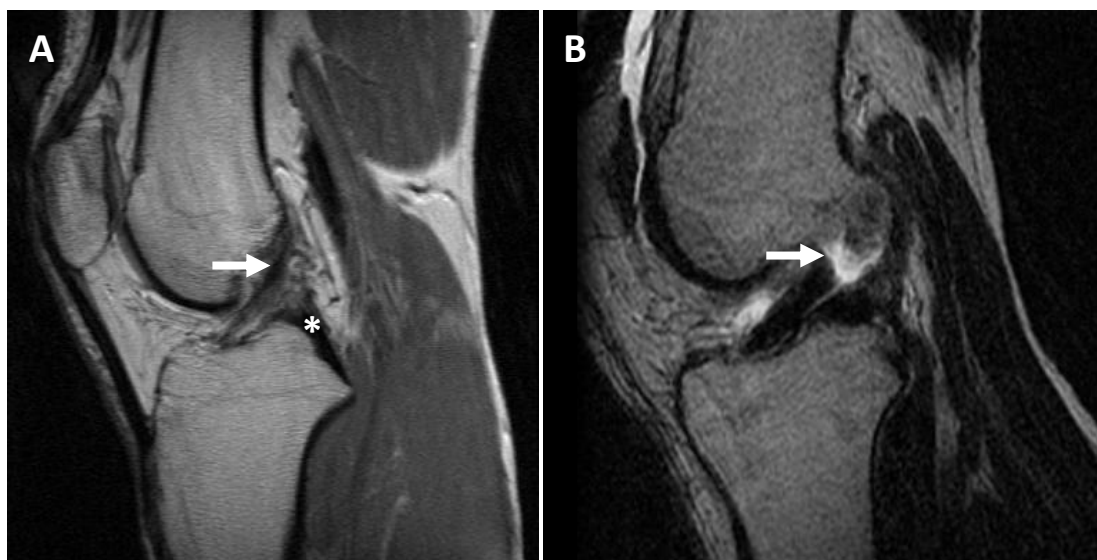


Figura 10. A: corte sagital potenciado en T1. La flecha muestra el LCA en su zona proximal. En la parte distal se ve una zona de mayor intensidad que corresponde al tejido fibroadiposo interpuesto entre sus dos haces. El asterisco señala la mitad distal del LCP puesto que esta sección no interesa a toda su extensión. B: corte sagital potenciado en T2, donde se observa una rotura completa del tercio proximal del ligamento cruzado anterior (flecha). Nótese la zona hiperintensa indicativa del edema asociado a la rotura.

Las lesiones del ligamento colateral tibial son las segundas en frecuencia ^[27]. El mecanismo de lesión puede ser directo, por una posición de valgo forzado con la rodilla en flexión; o indirecto, por movimientos de abducción y rotación, asociándose en este caso a lesiones de otras estructuras articulares ^[30,31]. El relato del paciente o de testigos suele ser fundamental para establecer la sospecha y, la exploración física, particularmente el grado de “bostezo articular” al someter a la rodilla a un valgo forzado, permite clasificar la lesión del ligamento colateral tibial en tres grados. En el grado I (o esguince) el ligamento está intacto y no suele ser necesaria la realización de estudios de imagen ya que en principio el tratamiento es conservador. En los grados II y III, en los que ya existe rotura, la RM es una herramienta valiosa ya que no sólo puede definir la localización y características de la lesión, sino que además permite la valoración de otras posibles estructuras afectadas ^[31,32].

En condiciones normales el ligamento colateral tibial, al igual que el peroneo, se observa como una estructura lineal hipointensa (figura 11) que sigue el respectivo trayecto descrito previamente, lo que determina la necesidad de valorar conjuntamente varios cortes sucesivos para detectar su lesión ^[11], siendo empleados preferentemente los cortes coronales.

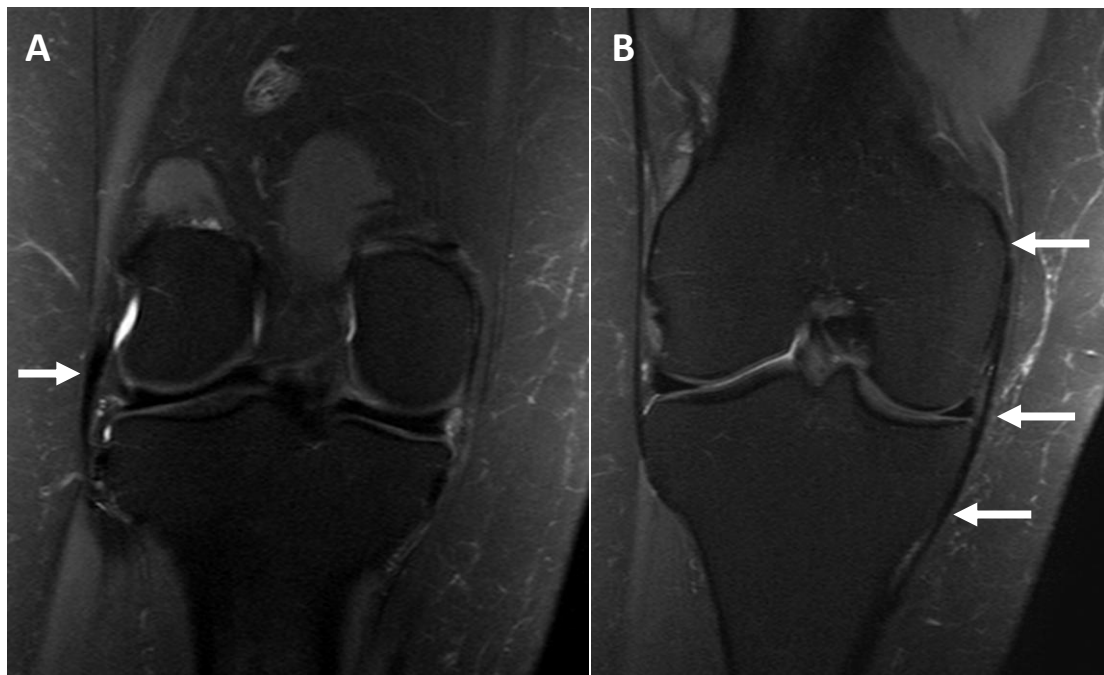


Figura 11. Cortes coronales potenciados en T2 con supresión grasa. A: se observa parte del trayecto del ligamento colateral peroneo (es necesario el estudio de cortes consecutivos por su trayecto oblicuo). B: ligamento colateral tibial.

Los hallazgos en RM de las lesiones del ligamento colateral tibial dependen del grado de la lesión y del tiempo de evolución ^[11]. La figura 12.A. es un ejemplo de cómo se observa una lesión de grado I que, a pesar de no ser necesarios los estudios de imagen para su diagnóstico, es la más frecuente. Por otro lado, la figura 12.B. ilustra la necesidad, por parte del radiólogo, de datos clínicos suficientes para la interpretación de las imágenes.

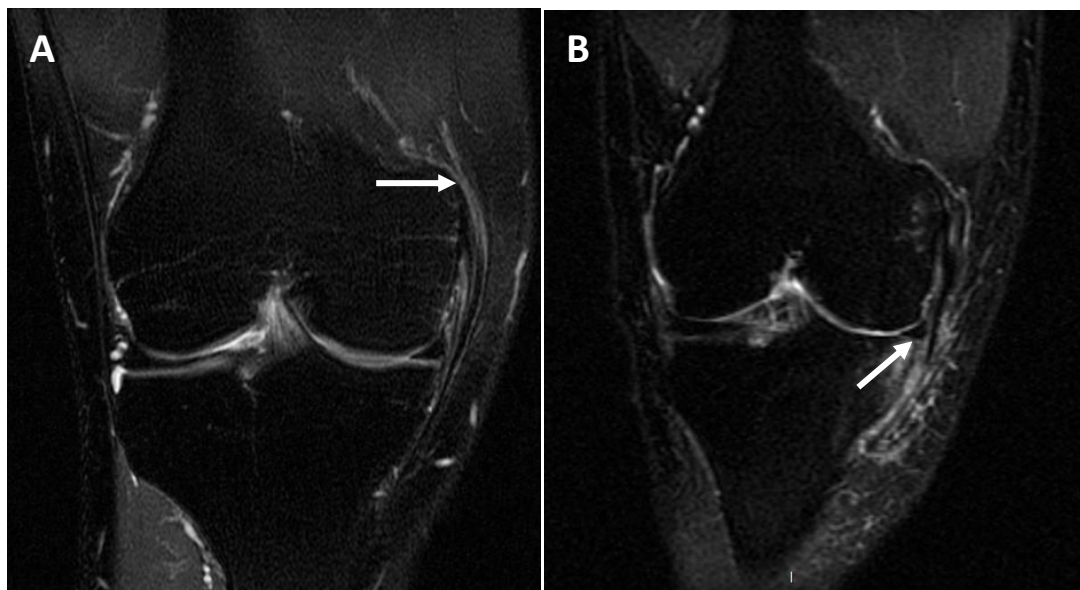


Figura 12. Cortes coronales potenciados en T2 con supresión grasa. A: la flecha señala una zona de hiperintensidad medialmente al ligamento colateral tibial, a nivel de su inserción proximal, lo que corresponde a una lesión de grado I. B: paciente con sospecha de rotura del menisco interno. Se observa edema en la región distal del ligamento colateral tibial, secundaria a la extrusión apreciable del menisco interno.

Por su parte, las lesiones del ligamento colateral peroneo son poco frecuentes y suelen asociarse a otras lesiones ligamentosas, particularmente del ligamento cruzado anterior y/o posterior ^[33]. Esto ocurre generalmente por un mecanismo de alta energía, en el que se combinan un movimiento de hiperextensión con un varo forzado. Una sencilla forma de explorar la deficiencia de este ligamento consiste en realizar un varo forzado, observando el grado de bostezo articular que su ruptura provoca. La ruptura del ligamento colateral peroneo se verá en la RM como una zona de hiperintensidad en T2 en el interior del ligamento y de las estructuras adyacentes ^[11].

Bursitis prepatelar

La bursitis prepatelar o prerrotuliana es una inflamación de la bolsa serosa situada por delante de la rótula en el tejido celular subcutáneo ^[34]. Se debe principalmente a traumatismos repetidos en dicha región, asociándose con frecuencia a profesiones en las que se requiere estar arrodillado durante un tiempo prolongado como los mineros o los miembros del clero, de ahí que se conozca con el nombre de “rodilla de beata” ^[35]. Además de los traumatismos, las infecciones, la gota y la artritis reumatoide son etiologías frecuentes de este proceso, lo que hace necesaria la realización de pruebas complementarias (principalmente análisis de sangre y del líquido de la bolsa) con el objetivo de descartar o confirmar estas causas que tienen un tratamiento específico.

En lo que se refiere a los estudios de imagen, se suele emplear la radiografía simple para confirmar el origen extraarticular del proceso mientras que la RM se reserva generalmente para aquellos casos crónicos en los que es preciso descartar la presencia de una osteomielitis rotuliana asociada ^[35,36]. En ella, la bursitis prepatelar se observa como una colección hipointensa en T1 e hiperintensa en T2 (figura 13).

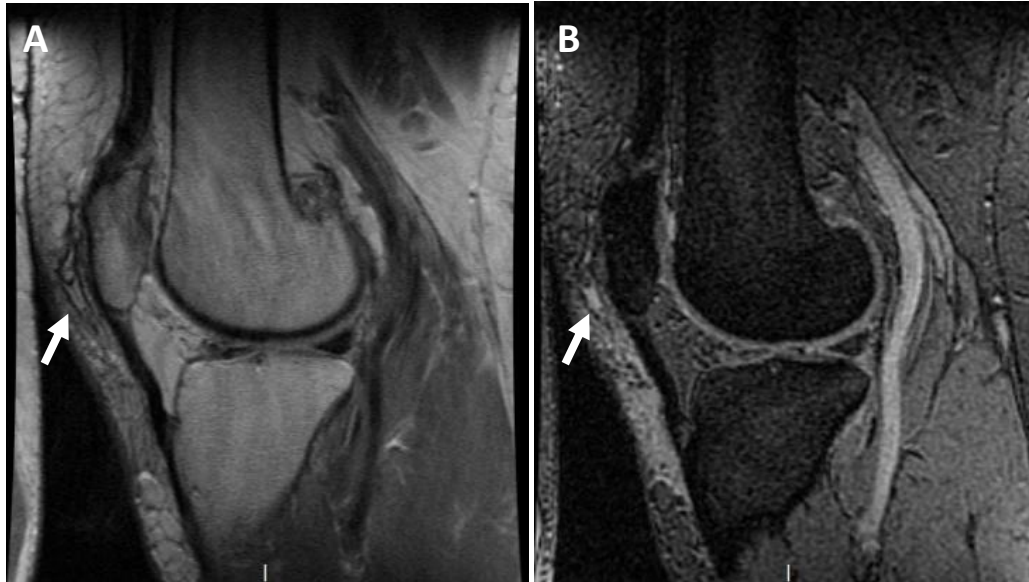


Figura 13. Bursitis prepatelar en secuencias potenciadas en T1 (A) y en T2 (B).

Síndrome de la cintilla iliotibial

El síndrome de la cintilla iliotibial es una lesión por sobreuso que se produce por el roce del tracto iliotibial con el epicóndilo lateral del fémur ante movimientos repetitivos de flexión de la rodilla, siendo una lesión típica de corredores aunque también es frecuente en el ciclismo y otros deportes ^[37]. En relación con su patogenia, se han propuesto diversos factores biomecánicos que pueden contribuir a su desarrollo, como son la debilidad de la musculatura abductora de la cadera, el acortamiento del tracto iliotibial y el grado de flexión de la rodilla durante la fase de balanceo de la marcha, entre otros ^[37]. Sin embargo, los hallazgos de diferentes trabajos sobre estos factores son, en muchos casos, contradictorios.

Este cuadro se manifiesta inicialmente por dolor en la región lateral de la rodilla durante el ejercicio pero con el tiempo se hace constante y más intenso. Por lo general esta clínica, junto con la inflamación observada en la exploración, permite realizar el diagnóstico sin necesidad de estudios de imagen. La RM se reserva para aquellos casos en los que el diagnóstico es incierto, se sospecha la lesión asociada de otras estructuras de la región o para la planificación de un tratamiento quirúrgico ^[38].

Al igual que los ligamentos colaterales, el tracto iliotibial se observa en el plano coronal como una estructura lineal hipointensa. Cuando se produce el síndrome de la cintilla iliotibial, se observará un cambio en la señal del tejido graso adyacente a la misma ^[11] (figura 14).

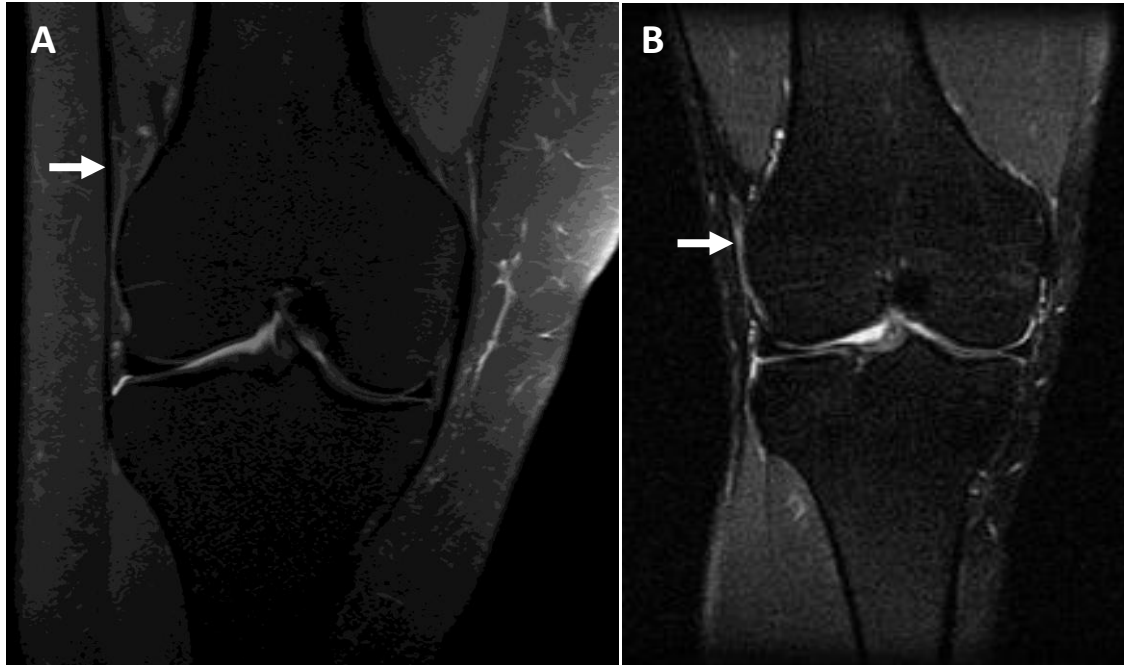


Figura 14. Cortes coronales potenciados en T2 con supresión grasa. A: tracto iliotibial en condiciones normales. B: hiperintensidad en la grasa situada entre el epicóndilo femoral lateral y el tracto iliotibial, lo que sugiere un posible síndrome de la cintilla iliotibial.

Condromalacia rotuliana

Clásicamente, la condromalacia rotuliana hacía referencia al llamado “síndrome de dolor femororrotuliano”, entidad frecuente en adolescentes y adultos jóvenes que se presenta básicamente con dolor en la región anterior de la rodilla y cuyo diagnóstico es de exclusión, descartando patología peripatelar e intraarticular ^[39]. Hoy en día este síndrome y la condromalacia rotuliana son consideradas entidades independientes, ya que ésta consiste en la degeneración del cartílago articular de la rótula que, por causas aún no del todo conocidas, se fisura y adelgaza causando principalmente dolor en la región anterior de la rodilla ^[40].

En cuanto a las técnicas de imagen para su diagnóstico, la RM es la técnica de elección, alcanzando una sensibilidad del 90% en la detección de lesiones del cartílago visibles por artroscopia ^[22]. Aunque es esencial la valoración de las imágenes en los tres planos, para la valoración del cartílago patelar son preferibles los cortes axiales y sagitales.

En la secuencia potenciada en T2, aparece como una estructura de señal intermedia, diferenciándose bien del hueso que aparece hipointenso, y del líquido articular, que se ve hiperintenso ^[22] (figura 15.A.). Cuando se ve alterado, aparecerán cambios en la intensidad de la señal del cartílago, así como irregularidad en su superficie, fisuras, disminución de su grosor o incluso exposición del hueso subcondral (figura 15.B).

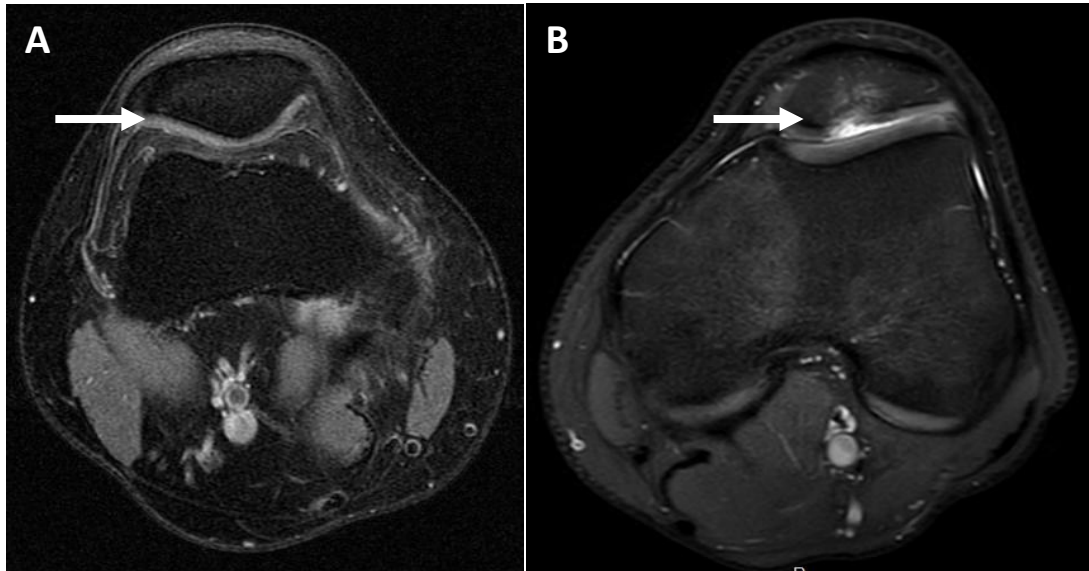


Figura 15. Cortes coronales potenciados en T2 con supresión grasa. A: la flecha señala el cartílago articular rotuliano de una rodilla sana. B: condromalacia rotuliana de grado IV.

Quiste poplíteo

Los quistes poplíteos o de Baker son quistes sinoviales que se forman en la bolsa serosa situada entre los músculos semimembranoso y gastrocnemio ^[11]. En los adultos se asocian con frecuencia a patología degenerativa, inflamatoria o traumática, mientras que en los niños suelen ser idiopáticos ^[41]. La mayoría son asintomáticos, siendo un hallazgo casual en estudios de imagen realizados por otros motivos. Cuando son sintomáticos, se manifiestan principalmente por dolor en el hueco poplíteo o en la pantorrilla y en la exploración podría llegar a observarse una tumefacción, aunque esto es variable y depende del tamaño del quiste. Además pueden comprimir estructuras vecinas como la vena o la arteria poplíteas, simulando una flebitis o provocando claudicación intermitente, respectivamente. Otras complicaciones son la ruptura, la hemorragia intraquística y muy raramente la infección ^[42].

La primera aproximación al diagnóstico a través de los estudios de imagen suele realizarse mediante la realización de una ecografía, que suele ser suficiente para confirmar el diagnóstico. En caso contrario, o cuando se valora la posibilidad de realizar un tratamiento quirúrgico, se emplea la RM, donde los quistes se ven como colecciones hipointensas en T1 e hiperintensas en T2 (figura 16).

Además, por su capacidad para aportar mayor contraste en los tejidos blandos y obtención de imágenes en múltiples planos, es considerada la técnica de elección para confirmar la naturaleza quística de la lesión, evaluar sus relaciones con las estructuras articulares y los tejidos circundantes e identificar las posibles lesiones intraarticulares asociadas ^[42].

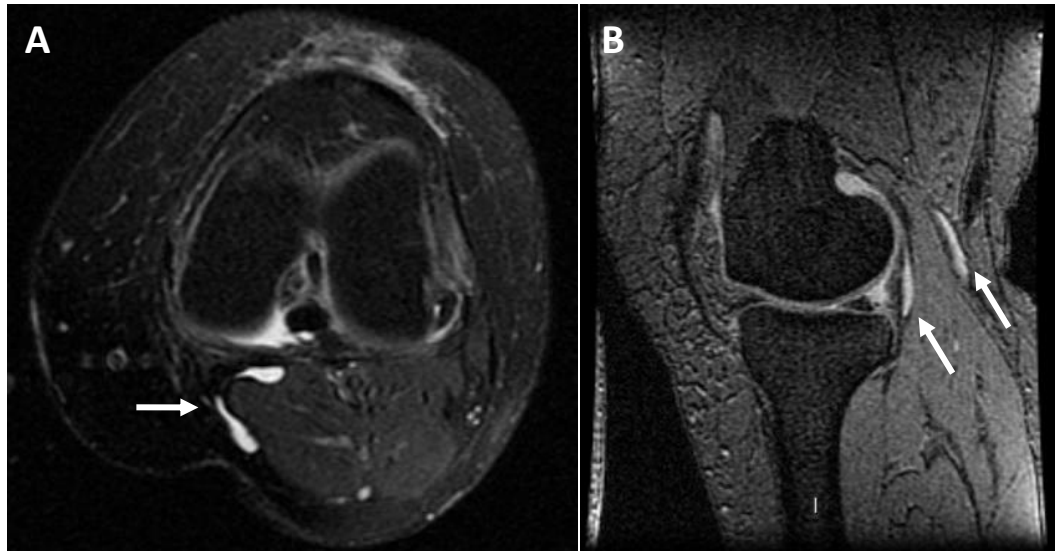


Figura 16. Imágenes de resonancia magnética potenciadas en T2. Las flechas señalan una colección bilobulada hiperintensa en los planos axial (A) y sagital (B) que corresponde a un quiste de Baker.

VI. Observaciones finales

Múltiples aspectos se han conjugado en el último siglo para que el ser humano haya experimentado un destacable incremento en su esperanza de vida. Sin duda el avance de la medicina y el acceso a la información de la población tienen un peso importante en este aspecto. Sin embargo, una de las consecuencias de este cambio, combinado también con los hábitos modernos de vida, es el aumento de las enfermedades degenerativas en la población. Este fenómeno está incrementando las exigencias hacia dos campos de la medicina que están en desarrollo exponencial en los últimos años, el diagnóstico por imagen y la medicina regenerativa. Estos dos campos son además interdependientes, de modo que el desarrollo de cualquier terapia regenerativa requiere de un buen diagnóstico y seguimiento apoyado en las técnicas de imagen.

No obstante, hoy en día, la imagen médica del cuerpo humano es fundamental para el ejercicio diario del trabajo asistencial en prácticamente todos sus ámbitos y, por lo tanto, en la formación de los profesionales de la medicina. Por otro lado, desde los inicios de la ciencia médica, el estudio del cadáver ha sido fundamental para mantener y propiciar su desarrollo. En consecuencia, el desarrollo de trabajos comparativos que hagan correlaciones en el cadáver, con las imágenes obtenidas del cuerpo humano por las distintas técnicas de imagen, en continuo desarrollo, redundarán en beneficio de profesionales asistenciales, docentes e investigadores y estudiantes de las ciencias de la salud. Es y será de gran utilidad demostrar de una manera rápida y accesible, el reconocimiento de las distintas estructuras anatómicas apoyándose en el cadáver, ayudando entre otras cosas al diagnóstico acertado.

En este trabajo hemos pretendido realizar una aproximación a este problema, tomando como referencia la articulación de la rodilla. Hemos podido mostrar cómo se visualizan las distintas estructuras por las técnicas de imagen y hemos resaltado los rasgos de diagnóstico característicos en patologías frecuentes de esta articulación. Entre otras cosas cabe destacar el grado tan fino de descripción que se puede alcanzar en el diagnóstico de la patología y, la presencia de estructuras anatómicas normales que pueden dar lugar a falsos positivos en el diagnóstico, como es el caso del ligamento transversal de la rodilla en nuestro estudio. En definitiva, pronosticamos un incremento en el uso del cadáver en apoyo del auge y desarrollo de las técnicas de imagen del cuerpo humano.

VII. Referencias bibliográficas

1. García-Porrero JA, Hurlé JM. Anatomía humana. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2005.
2. Rouvière H, Delmas V. Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. 11ª ed. Barcelona: Elsevier; 2005.
3. LaPrade RF, Moulton SG, Nitri M, Mueller W, Engebretsen L. Clinically relevant anatomy and what anatomic reconstruction means. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 23:2950-59.
4. Segond P. Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse. *Progrès Médical.* 1879; 1-85.
5. Irvine GB, Dias JJ, Finlay DB. Segond fractures of the lateral tibial condyle: brief report. *J Bone Joint Surg.* 1987; 69: 613-614.
6. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat.* 2013; 223: 321-328.
7. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; 454:35-4.
8. Miller MD, Cooper DE, Fanelli GC, Harner CD, LaPrade RF. Posterior cruciate ligament: current concepts. *Instr Course Lect.* 2002; 51:347-51.
9. Lafuente J, Aguado A, Ramón E. Imagen por resonancia magnética. En: Del Cura JL, Pedraza S, Gayete A. Radiología esencial. Madrid: Médica Panamericana; 2009.
10. De Gregorio MA, Villavieja JL, Alfonso ER. Radiología para estudiantes. Zaragoza: Facultad de Medicina, Universidad; 2000.
11. Jorquera M, Barrera J. Rodilla. En: Pedrosa CS, Casanova R. Diagnóstico por imagen: tratado de radiología clínica. 2ª ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2004. p. 655-796.
12. Helito CP, Helito PV, Bonadio MB, Pécora JR, Bordalo-Rodrigues M, Camanho GL, et al. Correlation of magnetic resonance imaging with knee anterolateral ligament anatomy: a cadaveric study. *Orthop J Sports Med.* 2015; 3 (12).
13. Kassarian A, Tomas X, Cerezal L, Canga A, Llopis E. MRI of the quadratus femoris muscle: anatomic considerations and pathologic lesions. *AJR Am J Roentgenol.* 2011; 197(1):170-4.

14. Kapandji AI. Fisiología articular. 5ªed. Madrid: Médica Panamericana; 2002.
15. Levine HB, Bosco JA. Sagittal and coronal biomechanics of the knee. A rationale for corrective measures. Bull NYU Hosp Jt Dis. 2007; 65 (1): 87-95.
16. LaPrade MD, Kennedy MI, Wijdicks CA, LaPrade RF. Anatomy and biomechanics of the medial side of the knee and their surgical implications. Sports Med Arthrosc Rev. 2015; 23 (2): 63-70.
17. Ewan W, James BS, Christopher M, LaPrade BA, LaPrade RF. Anatomy and biomechanics of the lateral side of the knee and their surgical implications. Sports Med Arthrosc Rev. 2015; 23(1):2–9.
18. Jordan SS, DeFrate LE, Nha KW, Papannagari R, Gill TJ, Li G. The in vivo kinematics of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament during weight-bearing knee flexion. Am J Sports Med. 2007; 35 (4): 547-554.
19. Kweon C, Lederman ES, Chhabra A. Anatomy and Biomechanics of the Cruciate Ligaments and Their Surgical Implications. En: Fanelli GC. The multiple ligament injured knee: a practical guide to management. New York: Springer; 2004.
20. Mezhov V, Teichtahl A, Strasser R, Wluka A, Cicuttini F. Meniscal pathology: the evidence for treatment. Arthritis Res Ther. 2014;16(2):206.
21. Anderson BC. Meniscal injury of the knee. [Monografía en internet]. Walthman (MA): UpToDate; 2015 [acceso 17 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
22. Sanders T. Imaging of the knee. In: Miller M, Thompson S. DeLee & Drez's orthopaedic sports medicine. 4ª ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2015. p. 1087-1100
23. Ferri F. Avascular necrosis. En: Ferri's Clinical Advisor 2016. Elsevier; 2016. 188-190.
24. Hernigou P. Ostéonécroses non traumatiques des épiphyses de l'adulte. Orthop Traumatol Surg Res. 2006; 39 (2):1-16.
25. Steinberg M, Hayken G, Steinberg D. A quantitative system for staging avascular necrosis. J Bone Joint Surg. 1995; 77-B:34-41.
26. Friedberg R. Anterior cruciate ligament injury. [Monografía en internet]. Walthman (MA): UpToDate; 2016 [acceso 27 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>

27. Webb J, Corry I. Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage. *Br J Sports Med*. 2000; 34: 227-228
28. Niska J, Petrigliano F, McAllister D. Anterior cruciate ligament injuries (including revision). In: Miller M, Thompson S. *DeLee & Drez's orthopaedic sports medicine*. 4^a ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2015.
29. Buckup K. *Pruebas clínicas para patología ósea, articular y muscular*. Barcelona: Masson; 1997
30. Dexter W, Fields K, Grayzel J. Medial collateral ligament injury of the knee. [Monografía en Internet]. Waltham (MA): UpToDate; 2014 [acceso 21 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
31. Treme G, Schenck R. Medial ligamentous injuries of the knee. In: Scott N. *Insall & Scott: Surgery of the knee*. 5^a ed. Philadelphia: Elsevier; 2012.
32. Taketomi S, Uchiyama E, Nakagawa T, Takeda H, Nakayama S, Fukai A, et al. Clinical features and injury patterns of medial collateral ligament tibial side avulsions: "Wave sign" on magnetic resonance imaging is essential for diagnosis. *The Knee*. 2014; 21: 1151-1155.
33. Levy B, Stuart M, Whelan D. Posterolateral Instability of the Knee: Evaluation, Treatment, Results. *Sports Med Arthrosc Rev* 2010;18:254–262.
34. Aguiar R, Viegas F, Fernandez R, Trudell D, Haghighi P, Resnick D. The prepatellar bursa: cadaveric investigation of regional anatomy with MRI after sonographically guided bursography. *AJR*. 2007; 188: 355-358
35. Canoso J. Knee bursitis. [Monografía en internet]. Waltham (MA): UpToDate; 2016 [acceso 22 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
36. Choi H. Patellar osteomyelitis presenting as prepatellar bursitis. *The Knee*. 2007; 14: 333–335
37. Lavine R. Iliotibial band friction syndrome. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2010; 3: 18-22
38. Jackson J. Iliotibial band syndrome. [Monografía en internet]. Waltham (MA): UpToDate; 2016 [acceso 26 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>

39. O'Connor F, Mulvaney S. Patellofemoral pain syndrome. [Monografía en internet]. Walthman (MA): UpToDate; 2016 [acceso 30 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
40. Ramírez T. Condromalacia rotuliana. Rev Med Costa Rica. 2014; 611: 551-553.
41. Helfgott S. Popliteal (Baker's) cyst. [Monografía en internet]. Walthman (MA): UpToDate; 2015 [acceso 18 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
42. Baron D. Quistes sinoviales. EMC. 2016; 49 (1): 1-14.
43. Marra M, Crema M, Chung M, Roemer F, Hunter D, Zaim S et al. MRI features of cystic lesions around the knee. The Knee. 2008; 15: 423-438.

VIII. Bibliografía complementaria

- Netter FH. Atlas de anatomía humana. 3ªed. Barcelona: Masson; 2003.
- Rohen JW, Yokochi C, Lütjen-Drecoll E. Atlas de anatomía humana: estudio fotográfico del cuerpo humano. 7ª ed. Madrid: Elsevier; 2011.
- Möller TB, Reif E. Atlas de bolsillo de cortes anatómicos: tomografía computarizada y resonancia magnética. Madrid: Editorial médica panamericana; 2007.
- Fleckenstein P, Trantum-Jensen J. Bases anatómicas del diagnóstico por imagen. Madrid: Mosby-Doyma; 1995.
- Putz R, Pabst R, Sobotta. Atlas de anatomía humana. 22ª ed. Madrid: Editorial médica panamericana; 2006.
- Weissman B, Baccei S, Kim C. Imaging techniques for evaluation of the painful joint. [Monografía en Internet]. Walthman (MA): UpToDate; 2016 [acceso 16 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
- Baker R, Fredericson M. Iliotibial band syndrome in runners: biomechanical implications and exercise interventions. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2016; 27:53–77
- Cush JJ. Valoración de los trastornos articulares y musculoesqueléticos. En: Kasper D, Fauci A, Hauser S, Longo D, Jameson J, Loscalzo J. Harrison: Principios de Medicina Interna. 19ª ed. New York: McGraww-Hill; 2016.

IX. Agradecimientos

A Juan Antonio Montero y a Ana García Bolado, por todo el tiempo dedicado a ayudarme, con gran entusiasmo y paciencia, al desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que, de forma altruista, donan su cuerpo permitiendo el avance de la ciencia.

A Montse, por la preparación y conservación de las piezas, y por tenerlas siempre a mi disposición cuando las necesitaba.

A mi familia, especialmente a mis padres, por su apoyo incondicional durante estos seis largos y duros años.