



**UTILIDAD DE LA LECTURA RADIOLÓGICA EN ESTACIÓN
DE TRABAJO FRENTE A LA LECTURA SOBRE PLACAS
EN EL DIAGNÓSTICO DE LA ROTURA MENISCAL Y
VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD DIAGNÓSTICA
DE LAS DIFERENTES SERIES DE RM CON VENTANAS
STANDARD Y ESTRECHAS EN ESTA PATOLOGÍA**

TESIS DOCTORAL

ESTHER DOMÍNGUEZ FERRERAS

DEPTO. de FARMACOLOGÍA, PEDIATRÍA Y RADIOLOGÍA

UNIV. de SEVILLA



Facultad de Medicina
Departamento de Farmacología,
Pediatría y Radiología

Avda. Sánchez Pizjuán, 4
Sevilla 41008
Teléfonos 954 55 17 75 - 76
Fax 954 90 59 70

**EMILIO OLLOQUI MARTÍN, DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA Y
PROFESOR ASOCIADO DEL DEPARTAMENTO DE FARMA-
COLOGÍA RADIOLOGÍA Y PEDIATRÍA DE LA FACULTAD
DE MEDICINA DE SEVILLA, Y
JOSE MANUEL MORALES PÉREZ, DOCTOR EN MEDICINA**

INFORMAN:

Que Dña. Esther Domínguez Ferreras ha desarrollado, bajo nuestra dirección, el trabajo titulado: “UTILIDAD DE LA LECTURA RADIO-LÓGICA EN ESTACIÓN DE TRABAJO FRENTE A LA LECTURA SOBRE PLACAS EN EL DIAGNÓSTICO DE LA ROTURA MENISCAL Y VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD DIAGNÓSTICA DE LAS DIFERENTES SERIES DE RM CON VENTANAS STANDARD Y ESTRECHAS EN ESTA PATOLOGÍA”.

Dicho trabajo ha sido concluido con el mejor aprovechamiento por lo que, examinado y revisado, dan su conformidad para su presentación y para que sea defendido y juzgado como TESIS para la obtención del grado de Doctor.

Y para que conste y surta efectos, firmamos el presente informe en Sevilla a 27 de abril de 2011.

Fdo. Emilio Olloqui Martin

Fdo. José Manuel Morales Pérez

Agradecimientos

El reconocimiento individual a todas las personas que han estado a mi lado en la realización de este trabajo es tarea difícil, dado el extenso apoyo que he recibido, pero espero saber aprovechar la oportunidad que me brinda este espacio.

A mis directores de tesis, los Doctores José Manuel Morales y Emilio Olloqui, por haber guiado mis pasos por este largo camino. Quiero agradecerle a José su ayuda, incluso en las tareas más tediosas, el tiempo que me ha dedicado siempre que lo he necesitado y todo el esfuerzo que ha dedicado a enseñarme. A Emilio le agradezco todos los consejos que me han permitido orientar el trabajo, así como el apoyo y la ayuda con la que siempre he podido contar.

A la Profesora Mercedes Fernández Guerrero del Área de Estadística e Investigación Operativa perteneciente al Departamento de Matemáticas de la Universidad de Castilla-La Mancha, por su gran amabilidad y generosidad, al dedicarme su tiempo cuantas veces lo he necesitado.

A los Centros del Sistema de Salud en los que desarrollamos nuestra actividad profesional les agradecemos el apoyo institucional, el acceso a los equipos y a los archivos de casos, que nos han permitido obtener los datos que han hecho posible este estudio.

A mis maestros y profesores por todo lo que me han enseñado. Y, por supuesto, quiero agradecer a mis compañeros su apoyo, su comprensión y los buenos ratos que hemos pasado juntos.

A mis padres y a mi hermana por apoyarme siempre y ayudarme en todo.

A mis padres y a mi hermana

“Los médicos cortan, queman, torturan. Y haciendo a los enfermos un bien, que más parece mal, exigen una recompensa que casi no merecen”.

Heráclito de Éfeso.

Índice general

Índice general	I
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VIII
1. Introducción	1
1.1. Anatomía y biomecánica general de la rodilla	1
1.2. Anatomía y fisiología de los meniscos	5
1.2.1. Anatomía	6
1.2.2. Meniscos anormales	7
1.2.3. Fisiología	9
1.3. Generalidades sobre las roturas meniscales	10
1.4. Clasificación de las roturas meniscales	12
1.5. Diagnóstico general de las roturas meniscales	17
1.5.1. Historia Clínica	17
1.5.2. Exploración Física	18
1.6. Tratamiento general de las roturas meniscales	22
1.7. Métodos diagnósticos de la rotura meniscal	23
1.7.1. Artrografía	23

1.7.2. Artroscopia	23
1.7.3. Resonancia Magnética	28
1.8. Imagen digital y sistemas PACS	34
1.8.1. El estándar DICOM	34
1.8.2. Los PACS comerciales	39
1.8.3. El coste de los PACS comerciales y el Software libre	40
1.8.4. Efectos directos del cambio en la forma de trabajo	40
2. Objetivos	42
3. Material y Métodos	44
4. Resultados	49
4.1. Resultados diagnósticos por método de lectura	50
4.2. Resultados diagnósticos por series y ventanas	54
5. Discusión	62
5.1. Comparación de resultados según el método de lectura	62
5.2. Comparación de resultados estratificados por experiencia del radiólogo	64
5.3. Comparación de resultados por series	65
5.4. Comparación de resultados por ventanas	69
5.4.1. Valoración general de las ventanas	69
5.4.2. Valoración apareada de las ventanas	70
5.5. Otras consideraciones	74
6. Conclusiones	75
7. Iconografía	77
Acrónimos Utilizados	86

Índice de figuras

1.1. Dibujo anatómico de la rodilla: vista posterior.	2
1.2. Imagen anatómica: vista de la superficie de los cóndilos femorales en flexión estrecha.	4
1.3. Vista de la superficie tibial de una pieza anatómica de la rodilla.	7
1.4. Meniscos discoides parciales y completos.	9
1.5. Corte histológico del menisco: zona roja	9
1.6. Esquema de una rotura longitudinal.	14
1.7. Dibujo anatómico que representa una rotura en “asa de cubo”.	14
1.8. Esquema de las roturas transversales pedunculadas.	15
1.9. Imágenes de artroscopia de rodilla.	25
1.10. Menisco indemne.	31
1.11. Lesión meniscal de grado II según la escala de Reicher.	31
1.12. Lesión meniscal de grado III según la escala de Reicher.	32
1.13. Lesión meniscal de grado IV según la escala de Reicher.	32
1.14. Diagrama Entidad-Relación general del estándar DICOM.	38
4.1. Distribución de los pacientes por sexos.	49
4.2. Distribución por rodillas evaluadas: derecha o izquierda.	50
4.3. Afectación meniscal en función de la artroscopia.	51
4.4. Comparación de curvas ROC placa vs. digital	52

4.5. Comparación de curvas ROC placa vs. digital, estratificada para radiólogos generales	53
4.6. Comparación de curvas ROC placa vs. digital, estratificada para radiólogos especialistas en musculoesquelético.	53
4.7. Distribución de los resultados obtenidos por series radiológicas, utilizando la artroscopia como <i>gold standard</i>	56
4.8. Comparación de curvas ROC de la serie Sagital Turbo multi-eco (TME) DP con ventanas estándar y estrechas	59
4.9. Comparación de curvas ROC de la serie Coronal SE T1 con ventanas estándar y estrechas	60
4.10. Comparación de curvas ROC de la serie Coronal STIR con ventanas estándar y estrechas	60
4.11. Comparación de curvas ROC de la serie Sagital GRE T1 con ventanas estándar y estrechas	61
4.12. Comparación de curvas ROC de la serie Sagital TME-T2 con ventanas estándar y estrechas	61
5.1. Número de meniscos valorados sobre placa por radiólogos generales y especialistas	63
5.2. Comparación de la lectura en placa por radiólogos generales y especialistas en musculoesquelético mediante curvas ROC	65
5.3. Comparación de las curvas ROC de diferentes series de nuestro estudio con ventana estándar	67
7.1. Rotura simple del cuerno posterior del menisco interno I	78
7.2. Rotura simple del cuerno posterior del menisco interno II	79
7.3. Rotura simple del menisco medial	79
7.4. Rotura compleja del menisco medial	80
7.5. Degeneración y rotura compleja del cuerno posterior del menisco medial	81
7.6. Rotura en asa de cubo del menisco medial	82

7.7. Rotura del menisco externo y falso positivo en rotura del menisco interno I	83
7.8. Rotura del menisco externo y falso positivo en rotura del menisco interno II	83
7.9. Probable error artroscópico en rodilla artrósica con rotura del menisco medial	84
7.10. Probable error artroscópico en rotura oblicua del menisco externo	85

Índice de tablas

1.1. Clases de servicio fundamentales y de implementación obligatoria para uso en un PACS.	37
3.1. Correlación de las variables dicotómicas de diagnóstico con las clasificaciones de resultados en RM y artroscopia.	46
4.1. Capacidad diagnóstica para cada método de evaluación; SN, SP, VPP, VPN y coeficiente κ	50
4.2. Estadísticos generales estratificados en función de la especialización del radiólogo	52
4.3. Test de Wilcoxon comparando la lectura sobre placas con la del soporte digital.	54
4.4. Capacidad diagnóstica para cada serie; SN, SP, VPP, VPN y coeficiente κ con ventana estándar y ventana estrecha (st).	55
4.5. Valor calculado del test de Friedman para las variables de diagnóstico comparando los resultados de la totalidad de las series entre sí.	55
4.6. Valores estadísticos del test de Wilcoxon para todas las series comparadas individualmente, tanto con la ventana estándar como con la estrecha (st).	57
4.7. Rangos con signo para el test de Wilcoxon para cada serie comparando los resultados de diagnóstico en cada caso de la ventana estándar con la estrecha.	58

4.8. Valores calculados del test de Wilcoxon para cada serie comparando los resultados de diagnóstico en cada caso de la ventana estándar con la estrecha.	59
5.1. Comparación de los valores de SN, SP, VPP, VPN para cada serie con ventana estándar con uno de los artículos más amplios encontrados. . .	66
5.2. Resultados del test de Wilcoxon y rangos dominantes definidos por el análisis estadístico para los pares con diferencias estadísticamente significativas en la Tabla 4.6.	68
5.3. Comparación de los valores de SN, SP, VPP, VPN para cada serie con ventana estándar y ventana estrecha (st) con uno de los artículos más amplios encontrados.	69

Introducción

1.1. Anatomía y biomecánica general de la rodilla

Dentro de la patología traumática, la rodilla es probablemente la articulación más estudiada, la pionera en el campo de la artroscopia y la que ofrece más patología quirúrgica en un cómputo global que podría abarcar también la sustitución protésica, acercándose a la cadera en indicaciones y resultados.

La rodilla presenta algunas características que la diferencian del resto de las grandes articulaciones. La principal es que está compuesta por el juego de tres huesos, fémur, tibia y rótula. Los dos primeros conforman el cuerpo principal de la articulación, que soporta el peso corporal, y la rótula cumple una misión atípica, a modo de polea sobre la que se apoyan los tendones cuadricipital y rotuliano.

Es además una articulación bicondílea. Los dos cóndilos femorales ruedan sobre la superficie casi plana de los platillos tibiales de forma que el apoyo de un hueso sobre otro es libre, sin topes óseos para mantenerlo, y necesita la sujeción ligamentosa para mantener la estabilidad.

Las superficies de contacto entre los huesos están cubiertas por una capa de cartílago y todo el conjunto está envuelto por una cápsula articular, constituyendo un espacio cerrado. La cubierta íntima de la cápsula es la membrana sinovial, cuya misión principal es la secreción del líquido del mismo nombre, fundamental en la fisiología articular, con misiones de lubricación y defensa. El exceso de secreción da lugar a un acúmulo sinovial que causa aumento de la presión intraarticular y genera el molesto y conocido derrame.

El movimiento de todas estas estructuras depende del conjunto muscular que rodea la rodilla, con puntos de inserción por encima y por debajo de ella, la irrigación



Figura 1.1: Dibujo anatómico de la rodilla: vista posterior.

arterial, el retorno venoso y el impulso nervioso ([Figura 1.1](#)).

La rodilla es una articulación que trabaja bajo presión la mayor parte del tiempo, por lo que, desde el punto de vista biomecánico, debe mantener el equilibrio entre poseer una gran estabilidad en extensión completa para soportar presiones importantes, y alcanzar una gran movilidad a partir de cierto ángulo de flexión, necesario para el desarrollo de la carrera y la marcha.

La rodilla puede efectuar movimientos en los tres planos del espacio: anteroposterior, rotatorio y lateral. La flexión de la rodilla se realiza mediante un movimiento combinado de rodadura y deslizamiento anteroposterior de la tibia sobre el fémur. Como la longitud de la superficie articular del cóndilo en sentido anteroposterior es el doble que la de la tibia, si sólo existiese el movimiento de rodadura, el cóndilo caería por detrás de la tibia. Esto, naturalmente, no sucede debido a que durante la flexo-extensión se produce una combinación de rodadura y deslizamiento, de forma que en el primer momento, la flexión se realiza por rodadura y a partir de 20° el componente de deslizamiento va haciéndose más importante hasta completar la flexión máxima. Es difícil discernir la proporción exacta de cada uno de estos componentes en las diferentes fases de movilidad articular, debido al hecho de que se superponen con una rotación automática inicial y final, así como voluntaria, durante los movimientos de flexo-extensión en el plano sagital ([Figura 1.2](#)).

Cuando se pasa de extensión a flexión, la tibia hace una rotación interna automática progresiva respecto al fémur y al pasar de flexión a extensión, la tibia hace una rotación externa automática, provocando un movimiento de atornillado de la rodilla en extensión. Este movimiento rotacional se produce debido a la asimetría de los cóndilos femorales y a su divergencia en el plano posterior.

La movilidad en el plano frontal es mínima, un máximo de 12°, no voluntaria y siempre en flexión, para facilitar la adaptación del pie a las irregularidades del terreno durante la marcha.

Los meniscos, además de aumentar el acoplamiento geométrico de las superficies articulares, aumentan la estabilidad de la rodilla, acompañando a los cóndilos femorales en sus deslizamientos anteroposteriores y en sus rotaciones sobre la meseta tibial. Durante la extensión son traccionados por las aletas meniscorrotulianas, desplazándose anteriormente, mientras que en la flexión se desplazan hacia atrás debido a la tracción



Figura 1.2: Imagen anatómica: vista de la superficie de los cóndilos femorales en flexión estrecha.

de los músculos semimembranoso en el caso del menisco interno y poplíteo en el del menisco externo ([1] [2]).

Los meniscos soportan gran parte del peso corporal durante la marcha, evitando la transmisión femorotibial directa del mismo. La superficie de los meniscos es de 10-15cm², por lo que la presión oscila entre 15-25Kg/cm².

Desde el punto de vista mecánico, los ligamentos son elementos que contribuyen, junto a otras estructuras, a mantener la estabilidad de la articulación.

En la rodilla, todos los ligamentos participan del movimiento de flexoextensión y todos ellos se tensan en cierta medida en cualquiera de los movimientos naturales de la rodilla, aunque, ciertamente, no lo hacen en el mismo grado. El que la tensión sea mayor o menor sobre un determinado ligamento depende de varios factores: grado de flexión de la rodilla, estado funcional del resto de ligamentos y sentido, plano del espacio y cuantía en que se efectúe el desplazamiento concreto que se esté considerando. Para cada ligamento existen ciertos movimientos, en ciertos planos del espacio y en ciertos grados de flexión de la rodilla, que le provocan una tensión máxima, convirtiéndose, en esas circunstancias, en el primer limitador de ese movimiento; es decir, controlar ese movimiento es función principal de ese ligamento concreto. Además, cada ligamento tiene una función estabilizadora secundaria frente a otro tipo de movimientos controlados, en primer lugar, por otros ligamentos. Este control secundario se transforma en principal cuando fallan los ligamentos que ejercen la primera resistencia.

La función principal de los ligamentos cruzados se desarrolla en el plano antero-posterior, limitando y tensándose, frente a los desplazamientos tibiales anterior y posterior. También desempeñan una función de control importante en las rotaciones tibiales y, en menor grado, en los desplazamientos en varo o valgo; de tal manera que, en relación con la función de los ligamentos mediales y laterales, los ligamentos cruzados son complementarios, supliéndose mutuamente en los casos de insuficiencia mecánica.

1.2. Anatomía y fisiología de los meniscos

En este trabajo, el estudio realizado se ha centrado sobre alteraciones meniscales, por lo que es importante conocer estas estructuras en profundidad.

1.2.1. Anatomía

Los meniscos o fibro-cartílagos semilunares, interno y externo, son estructuras fibrocartilaginosas alojadas en el interior de la rodilla que resultan esenciales en el juego fémoro-tibial.

Son estructuras de forma semilunar, con una sección transversal en forma de cuña, cuyo vértice se dirige hacia el centro de la articulación, y por tanto tienen un borde libre o vértice orientado hacia el centro de la articulación, y tres caras: una superior cóncava, en contacto con el cóndilo femoral; otra periférica, que se fija a la cápsula, y otra inferior, más aplanada que se adosa al platillo tibial. En el plano transversal tienen una forma general de **C** que discurre paralela al borde exterior de los dos platillos tibiales, aunque el interno es mayor y más abierto y el externo es más grueso, lo que supone que la morfología es claramente diferenciable:

Menisco externo: Tiene forma de círculo casi completo, de diámetro mayor que el que correspondería al menisco interno, con forma de media luna. En su zona media se encuentra en su totalidad libre de inserciones en una extensión de entre 2 y 4cm, dando paso al tendón del poplíteo a través de este hiato, situado por detrás del ligamento lateral externo.

Menisco interno: Tiene forma de **C**, siendo su cuerno posterior un poco más ancho que su parte media y cuerno anterior. El cuerno anterior se inserta en la superficie preespinal de la tibia, manteniendo conexiones con el borde anterior de ésta, con la eminencia intercondílea y con el ligamento cruzado anterior. El cuerno posterior presenta anclajes en la superficie retroespinal de la tibia.

En la [Figura 1.3](#) se muestra una vista superior de la meseta tibial derecha una vez retirado el fémur que muestra el aspecto y la estructura de ambos meniscos. En la zona derecha de la [Figura 1.3](#) puede verse el menisco interno, más abierto y más fijo que el menisco externo.

Ambos meniscos poseen anclajes que evitan su desplazamiento y los mantienen en su posición periférica. Los cuernos anterior y posterior de ambos meniscos poseen inserciones propias, fijándose a la tibia mediante pequeños ligamentos conocidos como “raíces meniscales”. Además, casi todo el contorno externo del menisco está unido a la



Figura 1.3: Vista de la superficie tibial de una pieza anatómica de la rodilla.

cápsula articular, conformando lo que se conoce como “ligamento coronario”, lo que ayuda a mantener su posición. Estas inserciones periféricas son más fuertes en el lado medial, donde llegan a engrosarse hasta formar la capa profunda del ligamento colateral interno de la rodilla, lo que justifica la menor movilidad del menisco medial, que lo hace más vulnerable que el externo a las roturas traumáticas. Por otro lado existen ligamentos específicos de fijación:

- El ligamento menisco-femoral sujeta el cuerno posterior del menisco externo a la escotadura intercondílea.
- El ligamento transverso anterior une por delante los dos meniscos.

En lo que se refiere a la biomecánica articular, los meniscos realizan varias funciones. Por una parte, debido a su sección prismática, adaptan la superficie de los cóndilos, convexos, a la de los platillos, prácticamente planos. Por otra, debido a su consistencia elástica, son unos amortiguadores excelentes en la transmisión del peso a través de la rodilla a los huesos distales de la extremidad inferior.

1.2.2. Meniscos anormales

Son anormales aquellos meniscos que presentan variaciones que alteran su morfología y en general reducen su resistencia a las tensiones, lo que los hace más susceptibles de rotura. Dependiendo de los autores, se describen dos tipos de meniscos anormales:

Quistes meniscales: Afectan de forma casi exclusiva al menisco externo, siendo excepcional su aparición en el menisco interno. La etiología es controvertida, porque mientras para Smillie ([3]) tienen un origen traumático, asociándolo en un 86 % de los casos con lesiones en “pico de loro” y recomendando la escisión total del quiste y menisco que lo rodea, para otros autores tienen un origen congénito o degenerativo (asociado a roturas degenerativas del menisco, ver [Página 13](#)).

El quiste habitualmente se localiza en la cara lateral de la rodilla, por delante del ligamento lateral externo y característicamente disminuye de tamaño en flexión ([4]), lo que permite diferenciarlo de los cuerpos libres y las exóstosis. Sin embargo, el diagnóstico diferencial con lipomas, fibromas, bursitis y gangliones de la articulación tibio-peronea es difícil.

La existencia de un quiste meniscal no se asocia a lesión del menisco adyacente de forma constante y así, Wroblewski ([5]) sólo encuentra lesiones meniscales en el 50 % de los quistes, Breck ([6]) sólo las encontró en un 16 %, y Flynn y Kelly ([7]) en un 50 %, por lo que preconizaban la escisión del quiste, respetando el menisco no lesionado. Además, la probabilidad de encontrar una rotura meniscal adyacente al quiste varía en función de la localización del mismo, siendo mucho menos frecuente en el caso de quistes parameniscales anteriores del compartimento externo que en el resto de las posibles localizaciones ([8]).

Con el advenimiento de los métodos endoscópicos, algunos autores como Ferriter, Seger y Parisien ([9]) recomiendan la meniscectomía parcial con descompresión intraarticular del quiste.

Meniscos discoides: Son infrecuentes, y aparecen casi exclusivamente en el menisco externo. Adoptan la forma de un disco entre las superficies articulares de fémur y tibia en el compartimento externo. Desde el menisco normal hasta el disco completo existe una enorme variedad de formas discoides ([Figura 1.4](#)).

Se trata de anomalías congénitas, causadas por falta de resorción del mesénquima que en un principio rellena todo el espacio articular. Dependiendo de la fase en la que se produzca la detención del proceso de resorción y lo avanzada que ésta esté, encontraremos discos de transición, intermedios, completos, etc.



Figura 1.4: Meniscos discoides parciales y completos.

1.2.3. Fisiología

Los meniscos tienen dos zonas bien diferenciadas desde el punto de vista fisiológico y anatómico:

La zona periférica, hilio meniscal o zona roja: Está íntimamente unida a la cápsula articular a través de firmes conexiones de tejido fibroso. Esta zona tiene vasos sanguíneos y terminaciones nerviosas y por tanto mantiene tanto su capacidad de cicatrización en caso de rotura como la de transmitir sensaciones dolorosas al Sistema Nervioso Central (SNC). La proporción de ésta con respecto a la masa total del menisco varía con la edad entre un 33 % en los niños y un 10 % en los adultos. En la [Figura 1.5](#) se puede ver, resaltada por el contraste, la zona roja.



Figura 1.5: Corte histológico de la rodilla que muestra la vascularización de la zona roja del menisco.

La zona central o zona blanca: Es la porción del menisco que recibe la mayor parte de la presión. Su estructura cartilaginosa, como la del resto de cartílago corporal, es avascular, careciendo asimismo de terminaciones nerviosas. Histológicamente está formada por células llamadas condrocitos, que se encuentran rodeadas de matriz condroide y fibras colágenas que, en la superficie, son transversales, perpendiculares al borde libre, y se extienden rodeando una gruesa capa de colágeno central (haz central), dónde habitualmente se inician los cambios de degeneración mucinosa. Los condrocitos son en general muy poco activos, careciendo de posibilidades de reproducción y por tanto de crecimiento. Para su metabolismo obtienen los nutrientes del líquido sinovial.

1.3. Generalidades sobre las roturas meniscales

La lesión meniscal es causa de dolor y bloqueos en la rodilla sobre todo en dos grupos de pacientes que se definen en función de la edad y de la actividad: los jóvenes deportistas y los mayores de 50 años (no necesariamente deportistas) con lesiones degenerativas. El cambio en las definiciones de los grupos de edad, que amplía fundamentalmente el grupo de pacientes “jóvenes”, y el aumento de actividad deportiva en los pacientes mayores de 50 años, ha hecho que la valoración quirúrgica de estas lesiones en ambos grupos haya cambiado y, en la actualidad en muchas ocasiones, pueda superponerse.

La mayoría de las lesiones meniscales se inician en el cuerno posterior de los meniscos y más frecuentemente en el menisco interno, ya que al estar fijado firmemente en toda su periferia, se mueve menos que el menisco externo, cuya fijación es más central; gracias a su mayor movilidad el menisco externo está menos expuesto a lesiones.

Al estudiar los factores etiológicos mecánicos, se considera que la lesión meniscal aparece como resultado de fuerzas de compresión, tracción o una combinación de ambas. La lesión es el resultado de la acción del peso corporal combinada con los movimientos incorrectos, forzados o excesivos, tanto de flexión-rotación como de extensión-rotación. La combinación del peso corporal con el esfuerzo rotacional durante la flexión o extensión es un factor aceptado como una causa de lesión de los meniscos.

La rotura de menisco con la pierna completamente extendida es extremadamente

rara, a menos que esta rotura forme parte de una lesión extensa con rotura de ligamentos cruzados o laterales, haya o no rotura condílea; por eso la rotura de menisco debe atribuirse a una flexión o extensión de la rodilla pero con rotación forzada interna o externa en un momento en el que la tibia se halla fija en el suelo en bipedestación. Otra teoría para explicar el mecanismo de rotura del menisco considera el hecho de que, si con movimientos que combinan flexión y rotación externa, se produce un valgo forzado de la rodilla sobreañadido, el espacio articular interno se abre; en esta situación, los cóndilos tibial y femoral aprietan el menisco atrapado, que se introduce en el espacio articular interno abierto, el menisco se “aplata”, produciéndose una rotura longitudinal y un desplazamiento del fragmento interno del cuerno posterior hacia la articulación.

La rotura longitudinal completa es rara en una lesión inicial de un menisco normal, pero puede darse por la acción de lesiones repetidas. El hecho de que la superficie inferior del menisco revele la localización precoz de la lesión se explica probablemente por el hecho de que el cartílago se mueve con el fémur, lo que produce erosión por rozamiento sobre la superficie tibial.

Otros factores que claramente influyen en el riesgo de rotura son: insuficiencia constitucional, laxitud de los ligamentos, insuficiencia muscular, hábitos laborales que motiven esfuerzos incorrectos, obesidad o constitución excesivamente vara o valga de la rodilla que desequilibren las tensiones a las que se hallan sometidas las estructuras de la articulación, y esfuerzos violentos que contribuyan a la rotura del menisco y a la aparición de cambios degenerativos.

Una vez que se produce una lesión, ésta casi siempre progresa a lo largo de las fibras del colágeno en dirección circunferencial. La lesión, con el tiempo, puede extenderse hacia el borde libre (pedunculada) o si continúa a lo largo del cuerpo meniscal conducir a la rotura en “asa de cubo”. En ocasiones puede presentar una desinserción periférica, más frecuente en el segmento posterior.

La rotura meniscal es una lesión frecuente, de forma que ya en estudios efectuados por Noble en 1975 ([10]) sobre 400 meniscos procedentes de necropsias se encontraron lesiones meniscales en el 29 % de los casos, con mayor frecuencia de roturas en menisco interno y en pacientes varones. La aparición de la Resonancia Magnética (RM) y de la artroscopia ha ayudado a establecer el diagnóstico de las lesiones meniscales con mayor seguridad *in vivo*, mejorando el tratamiento y pronóstico de los pacientes.

1.4. Clasificación de las roturas meniscales

Existen diversas clasificaciones de las roturas meniscales de las cuales las dos más empleadas desde el punto de vista morfológico ([11]) son:

Según las relaciones con las superficies meniscales: En función de éstas la rotura puede clasificarse como *horizontal* (paralela a una superficie meniscal) o *vertical* (perpendicular a ambas superficies meniscales). Las más frecuentes son las horizontales, que representan la evolución natural de la degeneración mixoide, por lo que se conocen también como “degenerativas”. En una rotura horizontal, la línea de rotura puede extenderse hacia la superficie tibial, la femoral o hacia el borde libre, denominándose éstas últimas “en libro abierto” por escindir el menisco en dos mitades casi simétricas.

Existe un tercer tipo de fractura que se inicia en el borde libre mediante un trayecto vertical y sufre una horizontalización progresiva hacia la profundidad del menisco, lo que genera un trayecto oblicuo o parcialmente curvo con respecto a las superficies meniscales, justificándose con ello su denominación de “oblicuas” o “en aleta de tiburón”. Este tipo de rotura tiene tendencia a separar un fragmento meniscal, lo que justifica que también se las conozca como roturas “en *flap*”.

Según el trayecto en el plano transversal: Vistas desde la superficie del menisco, las roturas que siguen el eje anteroposterior del mismo se denominan longitudinales, mientras que aquellas que se siguen un plano perpendicular al borde libre se conocen como radiales. Dado que ambas suelen ser perpendiculares a las superficies meniscales, son también por defecto roturas verticales.

Es importante resaltar que ambas clasificaciones no son, evidentemente, excluyentes entre sí, por lo que en la evaluación morfológica es necesario realizar una valoración exhaustiva de cada rotura, sobre todo en los estudios no invasivos (RM) para poder realizar una adecuada indicación terapéutica.

No es infrecuente tampoco observar roturas con múltiples trayectos que no se ajustan estrictamente a ninguno de los tipos mencionados y a las que se suele hacer referencia como *roturas complejas*.

Aunque las posibilidades teóricas de combinación son muy abundantes, la diferente anatomía de los meniscos hace que la morfología preferente de las lesiones que presentan sea también distinta, al igual que el mecanismo habitualmente implicado en la aparición de la lesión, lo que genera patrones de lesión habituales:

Roturas degenerativas: Afectan con mayor frecuencia al cuerno posterior del menisco interno y en la mayoría de los casos presentan trazos que discurren paralelos a la superficie femoral del menisco y se abren a la articulación a través de la superficie tibial (fracturas oblicuas), aunque con menor frecuencia pueden verse fracturas abiertas a la superficie femoral o al borde libre del cartílago.

Las roturas degenerativas que atraviesan la zona roja del menisco son habituales en el cuerno y cuerpo anterior del menisco externo, siendo frecuente el desarrollo de un quiste parameniscal adyacente, a veces de gran tamaño.

Su clínica habitual es el dolor en el compartimento interno de la rodilla en pacientes con edades superiores a los 55-60 años; esta clínica se ha considerado durante mucho tiempo, y se sigue considerando, como un signo inequívoco de artrosis, más aún si además se acompaña de algún signo radiológico de degeneración articular, pero no se asocia de forma constante a la existencia de rotura meniscal ya que, aunque el menisco, con la edad, sufre un proceso de envejecimiento similar al de otros cartílagos y al de la misma rodilla, son necesarias unas circunstancias desencadenantes para provocar lesiones o roturas meniscales, como puede ser un traumatismo o una sobrecarga articular.

Roturas longitudinales: Son roturas de trazo vertical y se producen habitualmente entre la zona roja y el tercio medio del menisco, separando las fibras longitudinales periféricas de las transversales ([Figura 1.6](#)). Suelen ser cortas y predominan en los cuernos posteriores de los meniscos (donde no son visibles desde la artrotomía anterior).

Es posible ver este tipo de roturas en el menisco externo donde suelen ser de origen traumático y se asocian frecuentemente a lesiones del ligamento cruzado anterior, pero son mucho más frecuentes en el menisco medial.

Cuando la rotura es más larga, progresa hacia el cuerno anterior y se vuelve inestable, complicándose frecuentemente con desplazamiento del fragmento profundo

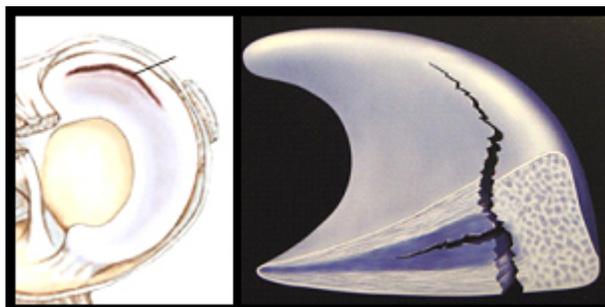


Figura 1.6: Esquema de una rotura longitudinal.

hacia la zona intercondílea, transformándose en una rotura en “asa de cubo”. Si sólo se extiende hasta la entrada del túnel poplíteo, corresponde a lo que artroscópicamente se denomina “asa de cubo corta” y si abarca toda la superficie meniscal, se convierte en el “asa de cubo” convencional (Figura 1.7) o bien pueden progresar hacia el borde interno del menisco quedando como una lesión pedunculada ([12]).



Figura 1.7: Dibujo anatómico que representa una rotura en “asa de cubo”.

Estas dos variantes o formas específicas de rotura longitudinal tienen consideraciones específicas en el diagnóstico y el tratamiento:

Desgarros pedunculados (colgajos): Cuando la rotura longitudinal progresa hacia el borde libre del menisco pueden producirse uno o dos pedúnculos. El extremo del pedúnculo, modificado por el conflicto femorotibial, suele condrificarse si está muy evolucionado, dando una consistencia dura y aspecto en “badajo de campana”. Suelen ser visibles y de fácil diagnóstico, aunque

pueden rotar y quedar ocultos bajo el menisco o en la rampa paracondílea haciendo necesaria la utilización del gancho palpador para extraerlos ([12]). Este tipo de roturas se clasifican en

- Simples
- Simples con pedúnculo anterior (Figura 1.8).
- Simples con pedúnculo anterior y posterior (Figura 1.8).
- Complejas.

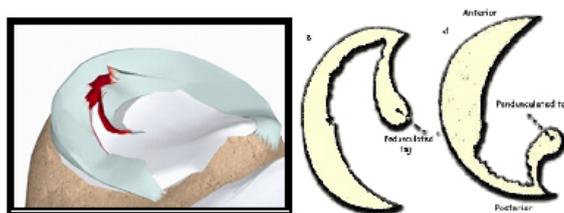


Figura 1.8: Esquema de las roturas transversales pedunculadas.

Roturas en asa de cubo: Dependiendo del grado de progresión de la rotura y la localización del fragmento separado y del punto de desgarró, se clasifican en varios subtipos con diferentes implicaciones en el diagnóstico artroscópico:

Completo (Tipo I): Se denominan así las roturas en asa de cubo en las que la rotura se extiende hasta la inserción anterior, quedando el fragmento luxado en la escotadura intercondílea. Sorprendentemente producen poca sintomatología y son difíciles de detectar durante la artroscopia porque, si están muy evolucionadas, el fragmento puede quedar oculto en la sinovial y, por otra parte, es posible deslizar el artroscopio por debajo del fragmento luxado, lo que hace imposible su visualización. Se debe sospechar cuando se detecta un menisco interno muy estrecho y existen dificultades para la movilidad del artroscopio en el compartimento interno.

Incompleto Tipo II: La rotura anterior del desgarró se encuentra a poca distancia de la inserción anterior del menisco. Son roturas que provocan el bloqueo de la extensión en función del tamaño del asa.

Incompleto Tipo III: La rotura queda oculta a la visión artroscópica desde la óptica anterolateral, localizándose por detrás del cóndilo femoral

y, por tanto, se deberá efectuar extensión casi completa de la rodilla y una fuerza valguizante con rotación externa para su correcta valoración artroscópica. Se describen dos posibles variantes:

Desgarros en el espesor del cuerno posterior: La rotura meniscal no se extiende a través del menisco y sólo con la palpación mediante el gancho, es posible apreciar un cambio de consistencia al comprimir la superficie meniscal.

Desgarro posterior meniscosinovial: Se debe a la rotura de los ligamentos capsulares y algunos autores la consideran un tipo especial de rotura, por lo que se menciona específicamente más adelante.

Fragmentos desprendidos en asa de cubo (Tipo IV): Consiste en la formación de un largo pedúnculo por desprendimiento de la inserción posterior de un asa de cubo. En el compartimento interno es muy raro el desprendimiento anterior, al revés que en el compartimento externo. Suelen situarse en el surco interno y confundirse a la exploración clínica con cuerpos libres articulares, aunque se diferencian de éstos por su falta de movilidad.

Desinserción menisco-capsular: Es considerada por algunos autores como un tipo especial de rotura ([13]), aunque otros la consideran una variante de los desgarros longitudinales incompletos Tipo III. Se produce por disrupción traumática de alguno de los ligamentos capsulares del menisco (habitualmente el ligamento menisco-tibial). Se trata de una forma de despegamiento periférico que suele acompañar a las lesiones del ligamento cruzado anterior y afecta casi siempre al cuerno posterior del menisco interno. Es difícil de visualizar artroscópicamente porque está en el compartimento posterointerno y debe accederse desde la escotadura intercondílea o desde un acceso posterointerno.

En los estudios de imagen se puede sospechar si se detecta separación entre la cara externa (hiliar) de este segmento meniscal y el borde posterior del cartílago tibial superior de más de 5mm en el plano sagital; sin embargo los falsos positivos asociados a este signo son muy abundantes, lo que hace recomendable establecer el diagnóstico radiológico sólo ante la visualización directa del ligamento roto, para lo que suele ser más útil la evaluación en el

plano coronal.

Puede tratarse mediante escisión del cuerno posterior o re inserción, aunque no existen estudios a largo plazo para comparar ambas técnicas.

Roturas radiales: Son, por definición, roturas verticales que aparecen más frecuentemente en las raíces de los cuerpos posteriores de ambos meniscos y en el cuerpo del menisco externo.

Probablemente son producidas por un mecanismo de rotación entre fémur y tibia y si la rotura llega hasta la superficie meniscal, la progresión se efectúa en sentido longitudinal transformándose en una rotura con colgajo o desgarró pedunculado.

Roturas en clivaje horizontal: La lesión divide al cuerpo meniscal en dos superficies, inferior y superior. A partir de aquí, la lesión progresa porque el movimiento de rotación entre fémur y tibia se transmite al interior del menisco lesionado.

1.5. Diagnóstico general de las roturas meniscales

1.5.1. Historia Clínica

En el análisis de la historia clínica deben valorarse específicamente los antecedentes personales (deportivos, laborales, etc.), el comienzo de la sintomatología, el mecanismo lesional, la incapacidad inmediata y la presencia de chasquido o desgarró.

En primer lugar, se pregunta si la rodilla fue lesionada con anterioridad; la respuesta positiva indica que se debe averiguar cuándo y cómo; también será necesario valorar la condición física del paciente y su morfotipo. Después debe interrogarse respecto a la lesión en particular: cómo la sintió el paciente; si el dolor apareció inmediatamente, o con posterioridad; si la rodilla se bloqueó o tuvo sensación de fallo; si estaba en flexión o en extensión, y qué clase de sonido se produjo en el momento de producirse la lesión; el tañido (*click*) o el chasquido (*snap*) pueden acompañar a las lesiones meniscales.

El mecanismo de producción característico de una lesión meniscal es un movimiento de torsión con el pie fijo en el suelo por lo que la aparición de la lesión suele asociarse a una torcedura, un movimiento de rotación de la pierna con el pie firmemente

fijo en el suelo, un golpe directo sobre la extremidad flexionada y en rotación, o el paso de una posición de cuclillas completa a posición erecta.

El dolor suele ser tan intenso y repentino que el paciente suele describirlo como si “algo se hubiera roto en la rodilla”. El dolor de una rotura aguda de menisco suele producir una detención inmediata de la actividad, mientras que una distensión de ligamentos permite continuar la actividad pero con molestias. A las pocas horas aparece inflamación y, en ocasiones, la rodilla se bloquea inmediatamente, pero este bloqueo puede ser momentáneo y reducirse espontáneamente. El paciente puede repetir el cuadro álgico al adoptar la posición de cuclillas o en actividades diarias como subir escaleras, conducir, etc.

Tras la lesión inicial suele aparecer derrame sinovial. En ausencia de derrame, debe sospecharse una lesión extra-articular. Las lesiones de los meniscos externos producen menos derrames que las de los internos debido a que tienen menos fijación capsular periférica.

La aparición inmediata de derrame hemorrágico masivo implica una lesión capsular, ligamentosa u ósea graves, o una combinación de ambas.

El interrogatorio debe continuar valorando el dolor que el paciente presente en la rodilla en el momento de la consulta; si se siente mejor con un cambio postural y de ser así, cuál es la posición más agradable; si puede estirar o doblar la pierna por sí mismo y en qué condiciones de funcionalidad se encuentra.

1.5.2. Exploración Física

Las lesiones meniscales suelen causar problemas de forma intermitente, iniciándose bruscamente tras un movimiento de rotación con dolor, bloqueo o tumefacción y calmándose en una o dos semanas hasta alcanzar una relativa normalidad.

Puede observarse dolorimiento cutáneo a lo largo de toda la línea de la articulación, lo que probablemente indica rotura de la fijación periférica del menisco. Este dolor cutáneo a la presión es más evidente en la zona posterior de la articulación y raramente se observa en la anterior, ya que la rotura anterior es infrecuente.

En la rotura de menisco, el dolor cutáneo puede aparecer en la región del ligamento lateral interno, pero la rotura del ligamento, con o sin lesión conjunta del menisco,

produce dolorimiento por encima de la línea articular. La persistencia de dolor en la interlínea articular suele indicar lesión meniscal; sin embargo, este test aislado no es diagnóstico y Shelbourne et al. ([14]) cuestionan la correlación del dolor en la interlínea articular con las roturas meniscales.

No es habitual encontrar bloqueos en una lesión inicial, ya que la rotura más frecuente se produce en el tercio posterior del menisco sin ningún desplazamiento, ni compresión del cartílago. En roturas iniciales más graves o lesiones por roturas repetidas que se extienden hacia adelante hasta el plano coronal de la articulación, puede producirse un bloqueo con prevención de la extensión completa de rodilla. El verdadero bloqueo suele ser repentino, al igual que la desaparición del mismo. Un bloqueo gradual puede ser el resultado de un derrame hemorrágico en la almohadilla de grasa infrarrotuliana, o estar producido por un cuerpo extraño dentro de la articulación. No todas las lesiones de menisco producen una historia de bloqueo.

El paciente puede sentir resistencia e inseguridad en la deambulación cuando se produce una rotura del segmento posterior del menisco, pero esta alteración clínica no es diagnóstica.

Los chasquidos audibles por el paciente o el examinador se consideran producidos por el recorrido del cóndilo femoral sobre una irregularidad articular.

Se distinguen signos funcionales y mecánicos, que veremos a continuación por separado.

Signos funcionales

Se denominan signos funcionales las manifestaciones exploratorias vinculadas a la lesión de la zona periférica (dado que la zona central es muda). Algunos son inespecíficos, como el derrame articular o la atrofia de cuádriceps, en tanto que otros son específicos, como el dolor a la presión digital circunscrito a la interlínea articular que emigra hacia adelante al extender la rodilla (Steimann II), y aumenta en el lado interno al efectuar una rotación interna (Bragard) o las maniobras de compresión-distensión para provocar dolor a nivel del menisco afecto (Steimann I, Payr, Böehler, Apley, Cabot, Merke, etc.).

La atrofia del cuádriceps aparece rápidamente tras una lesión de menisco y se

aprecia especialmente en el vasto interno. La atrofia puede verificarse de forma mensurable a los pocos días de la lesión y es perceptible *de visu* entre los 10 y los 14 días, por lo que la medición del muslo constituye una exploración obligatoria ante cualquier lesión de la articulación de la rodilla.

Todas las articulaciones del cuerpo tienden a la posición de mínima presión intra-articular y la existencia de derrame provoca aumento de la presión sobre la cápsula, que se halla inervada por fibras sensibles a estímulos dolorosos y de presión, lo cual puede estimular la inervación refleja. De esta forma el derrame de la articulación produce inhibición del reflejo cuadricepsal.

Tanto la inhibición de la contracción del cuádriceps como la distensión de la cápsula producen dolor.

Estos signos pueden ser útiles para valorar la repercusión de la lesión pero sólo traducen el trastorno funcional de la zona periférica, no pudiendo asegurar la existencia de rotura meniscal.

Signos mecánicos

Se denominan signos mecánicos una serie de alteraciones que sólo existen cuando es posible provocar un desplazamiento anormal del fibrocartílagos. El fragmento se interpone como obstáculo al libre juego articular, determinando la aparición de un bloqueo, de un crujido, de un salto o de un resorte. Estos signos pueden aparecer de forma espontánea, como el bloqueo en semiflexión, o de forma más larvada, como una limitación persistente de los últimos grados de extensión. La provocación del crujido aparece sólo en la maniobra que sobrecarga el menisco correspondiente, acompañado en ocasiones de dolor o la misma sensación del accidente que lo originó. En nuestro medio las maniobras más utilizadas son el test de McMurray y la maniobra combinada de Cabot.

Estos signos, traducen el trastorno mecánico y su negatividad no excluye lesiones horizontales, quísticas, etc., que por su anatomía lesional no provocan el resalte.

Test de McMurray ([15]): Se realiza, para el menisco interno, con el pie rotado externamente, mientras la rodilla se lleva pasivamente de flexión a extensión completa. La palpación de la interlínea articular interna durante esta maniobra demostrará

un *click* palpable, en la medida que la lesión meniscal se deslice entre el cóndilo femoral medial y la superficie del platillo tibial medial. De una forma similar las lesiones del menisco externo se pueden evaluar con el pie en rotación interna, mientras la rodilla se lleva de flexión a extensión. Esta prueba sólo es válida durante la extensión desde la flexión en 90° y no diagnostica roturas del tercio anterior del menisco.

Prueba del “crujido provocado” de Cabot ([16]): Se realiza con el paciente en decúbito supino. Con una mano apoyada sobre la rodilla afecta, mientras la otra sujeta el pie por el talón, se imprime un movimiento de rotación externa y abducción a la pierna mientras se realizan movimientos pasivos de flexo-extensión. Conservando la máxima flexión por aproximación del talón a la nalga, se pasa varias veces de la posición en abducción-rotación externa a la de abducción-rotación interna. Manteniendo la abducción-rotación interna, se vuelve nuevamente a la extensión completa.

Si en el curso de la prueba se logra aprisionar el fragmento meniscal entre ambas superficies articulares, el cóndilo femoral se ve obligado a saltar por encima del mismo, lo que provoca un crujido de calidad cartilaginosa, audible a veces, pero siempre apreciable al tacto por la mano que se apoya en la rodilla. Sabiendo que la abducción-rotación externa sobrecarga al menisco interno y que la abducción-rotación interna comprime y distiende al menisco externo, es fácil determinar el fibrocartílago responsable del crujido.

Prueba de Apley: La finalidad de esta prueba es diferenciar entre una lesión de menisco y una lesión capsular o ligamentosa. Con el paciente en posición prona, se flexiona la pierna 90° y se rota la pierna con tracción simultánea hacia arriba. La aparición de dolor con esta maniobra indica la existencia de una lesión capsular o ligamentosa. La aparición de dolor o un chasquido con la rotación de la rodilla flexionada al ejercer presión hacia abajo, indica la existencia de una lesión de menisco.

Signo de desplazamiento de la sensibilidad de Steinmann: La sensibilidad se desplaza hacia atrás cuando se flexiona la rodilla y hacia delante cuando se extiende.

Prueba del menisco a la hiperflexión: Con el paciente en posición prona, la hiperflexión de la rodilla con la pierna en rotación interna o externa puede producir un

desplazamiento hacia delante del cartílago con un chasquido doloroso por la compresión del fragmento entre los cóndilos.

1.6. Tratamiento general de las roturas meniscales

Las lesiones meniscales son susceptibles de resolución mediante su exéresis por medios artroscópicos.

Hasta hace unos años se ha efectuado la meniscectomía total como única respuesta a las roturas meniscales. Sin embargo son múltiples los autores ([17] [18] [19] [20]) que han demostrado cambios degenerativos en rodillas estudiadas mediante radiología tras meniscectomías totales o parciales, por lo que en la actualidad se prefieren actitudes más conservadoras y, desde hace ya algunos años, el intento de preservar el menisco ha sido la respuesta a los cambios degenerativos articulares producidos por las meniscectomías totales o parciales.

Los pacientes tratados mediante meniscectomía parcial presentan mejores resultados funcionales, menor número de signos objetivos, de complicaciones y de alteraciones radiológicas que los tratados con meniscectomía total. En consecuencia, la tendencia es extirpar solo la lesión, dejando la mayor cantidad posible de cuerpo meniscal estable.

El tratamiento conservador es permisible; de hecho está indicado si, tras la lesión inicial, no es posible llegar inmediatamente a un diagnóstico clínico claro y el paciente puede realizar una extensión completa. Puede hacerse un examen más preciso cuando ha remitido el derrame, el cuádriceps ha recuperado tono muscular y la funcionalidad empieza a recuperarse. Tras el diagnóstico por imagen de la lesión, la necesidad o no de realizar la artroscopia vendrá determinada por la clínica del paciente (dolor, bloqueo, ...) y sus condiciones generales; así en pacientes de cierta edad con escasa o nula sintomatología, con frecuencia no se realiza tratamiento artroscópico, en tanto que los deportistas jóvenes deberán ser intervenidos en la mayoría de los casos.

1.7. Métodos diagnósticos de la rotura meniscal

1.7.1. Artrografía

Hasta la aparición de la **RM**, el procedimiento diagnóstico radiológico de elección era la artrografía, estudio consistente en la inyección de medio de contraste en la articulación y la visualización de todas las superficies intra-articulares delimitadas por éste. En la interpretación de una artrografía existen numerosos fenómenos engañosos que pueden producir un diagnóstico incorrecto, de ahí que deba evaluarse de forma completa todo el espacio intraarticular.

Para la realización de una artrografía se punciona la articulación y se inyecta aire en la cavidad articular con el fin de distender la cápsula y crear un contraste fluoroscópico. Se inyectan de forma segura e indolora entre 20 y 40ml de aire, pero la cantidad exacta debe restringirse a aquel volumen que, sin causar distensión dolorosa, produzca un contraste visible de la articulación. Tras el aire se inyectan 3 ó 4ml de medio de contraste líquido utilizando la misma aguja.

Este estudio puede ser doloroso y es parcialmente invasivo, no permitiendo realizar el tratamiento durante la valoración diagnóstica; por ello actualmente es un estudio que no se realiza, considerándose obsoleto.

Hoy en día, las pruebas complementarias habituales para la valoración de pacientes en los que se sospecha rotura meniscal son la **RM** de rodilla y la artroscopia.

En términos generales, los estudios de imagen (básicamente la **RM** de rodilla), al no ser invasivos, permiten demostrar la presencia/ausencia de rotura meniscal en casos dudosos y detectar lesiones concomitantes que puedan obligar a realizar tratamientos específicos durante la artroscopia, en tanto que ésta es una técnica invasiva que permite el tratamiento de las lesiones además de su diagnóstico.

1.7.2. Artroscopia

La artroscopia es una técnica diagnóstica y quirúrgica que, mediante unas mínimas incisiones, permite explorar en su totalidad múltiples articulaciones del esqueleto humano, como la rodilla, el hombro, el tobillo, la cadera, la muñeca, el codo y la arti-

culación temporomandibular y, al mismo tiempo, permite practicar un gran número de intervenciones quirúrgicas en estas articulaciones.

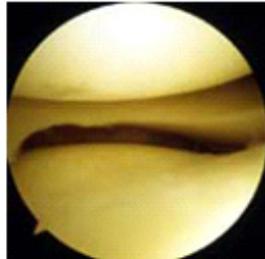
Para realizarla, se distiende la cápsula articular con líquido, habitualmente suero fisiológico, bajo condiciones de anestesia regional, y se introduce un sistema óptico conectado a una cámara de televisión que permite visualizar las diferentes estructuras articulares.

Del mismo modo, es posible introducir instrumentos que permitan manipular, resecar o coser estructuras dañadas para su reparación o toma de muestras en caso necesario.

La primera articulación en ser estudiada con técnicas artroscópicas fue la rodilla, por lo que es la articulación en la que la artroscopia es más conocida y utilizada. La artroscopia es el *gold standard* en el diagnóstico de lesiones traumáticas en la rodilla (Figura 1.9) permitiendo valorar y tratar lesiones de los meniscos, de los cartílagos, de los ligamentos cruzados, de la rótula, del tejido sinovial, etc.

La artroscopia supone como ventaja para el enfermo una notable reducción del dolor, el tiempo de intervención y el riesgo de infecciones con respecto a las técnicas quirúrgicas tradicionales, ya que las grandes incisiones habituales en éstas se sustituyen por accesos de tamaño muy limitado, por lo que la recuperación tras la cirugía artroscópica suele ser prácticamente indolora y, por regla general, se suele permitir el apoyo y la movilización de la articulación en pocos días.

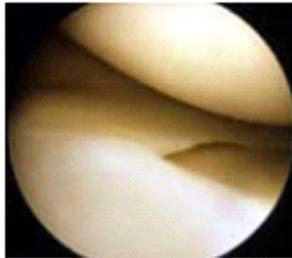
Sin embargo, las articulaciones con una gran deformidad o rigidez es decir, con movilidad reducida, no son candidatas para practicar artroscopia. Por otro lado, la artroscopia es una técnica quirúrgica invasiva que requiere el uso de un quirófano y supone un riesgo para el paciente, por lo que sólo se realiza en aquellos casos en los que se plantea un tratamiento de lesiones identificadas mediante técnicas de diagnóstico no invasivas o cuando estas técnicas no permiten el diagnóstico y persiste clínica y/o exploración física que sugiera patología orgánica.



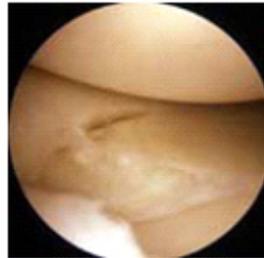
Menisco interno normal.



Rotura pediculada del menisco interno que origina los síntomas típicos de rotura del menisco al interferir con el funcionamiento normal de la articulación de la rodilla.



Menisco externo de la rodilla.



Menisco externo con rotura transversal del mismo.



Aspecto artroscópico del menisco interno normal de la rodilla.



Rotura del menisco interno.

Figura 1.9: Imágenes de artroscopia de rodilla.

En lo que se refiere a la rodilla, existen una serie de indicaciones absolutas y otras relativas para la realización de una artroscopia:

■ Indicaciones absolutas

Roturas meniscales: Actualmente toda meniscectomía debe ser artroscópica, y lo más económica posible, eliminando toda la lesión, pero nada más que la lesión.

Meniscopatías degenerativas: En fases iniciales de gonartrosis que no han respondido al tratamiento médico adecuado, si los síntomas se deben fundamentalmente al menisco degenerado. Se suelen realizar meniscectomías y artrolisis por artroscopia, cuyo resultado dependerá del estado del cartílago articular (en gonartrosis muy avanzadas, no está indicada la artrolisis artroscópica).

Cuerpos libres articulares: Indicación por excelencia para la extracción de dichos cuerpos libres, con independencia de la naturaleza de los mismos (ostecondritis, fragmentos condrales u osteocondrales, osteonecrosis, cuerpos extraños, etc.).

Roturas de los ligamentos cruzados: Como apoyo para el tiempo intraarticular de la ligamentoplastia, y la realización de otros gestos quirúrgicos habitualmente asociados, como la meniscectomía. Mejora y acorta el postoperatorio, aunque requiere experiencia por parte del cirujano. También se resuelven por artroscopia algunas de las complicaciones postquirúrgicas de las ligamentoplastias, como el “Síndrome del Cíclope” o las sinovitis reactivas a las plastias artificiales.

■ Indicaciones relativas

Patología sinovial: No todas las patologías sinoviales son indicación de artroscopia; las que se reconocen como tales son

Plicas sinoviales: Sólo si la sintomatología se debe a la plica.

Sinovitis mecánicas reactivas: Al tiempo que se soluciona la causa de la sinovitis, se puede realizar una sinovectomía por artroscopia.

Hipertrofia del paquete adiposo de Hoffa: Si existe sintomatología por el

impingement del Hoffa entre rótula y tróclea femoral, puede resolverse por esta técnica, pero esta patología aislada es excepcional.

Tumores y distrofias sinoviales: Para tomar muestras histológicas, especialmente de la sinovial y practicar sinovectomías en casos específicos (condromatosis, sinovitis villonodular pigmentada, hemangiomas, metástasis sinoviales, etc.).

Síndrome rotuliano: Si se exceptúan el cuadro de Inestabilidad Rotuliana o la existencia de lesiones orgánicas en la rótula (úlceras, fracturas, etc.), a priori no está indicada la artroscopia. Es preciso agotar todas las posibilidades del tratamiento no quirúrgico (médico, ortopédico y rehabilitador), ya que no está demostrado que la sección del alerón rotuliano externo sea efectiva como tratamiento de estos síndromes.

Rígideces articulares: Una vez agotadas las posibilidades fisioterápicas, la artroscopia puede ser útil, siempre que la causa de la rigidez sea intraarticular.

Fracturas intraarticulares: Es posible utilizar la artroscopia como apoyo para la reducción de la superficie articular, lo más anatómica posible, y evacuación del hemartros (fuente de sinovitis y rigideces posteriores). Requiere experiencia del cirujano.

Osteocondritis disecantes: Permite la limpieza de la zona lesionada y la fijación del fragmento por diversos métodos, aunque requiere gran experiencia por parte del cirujano.

Fracturas osteocondrales sin liberación del fragmento: Igualmente permite la limpieza de la zona lesionada y la fijación del fragmento por diversos métodos. También requiere experiencia por parte del cirujano.

Artritis sépticas: Se puede utilizar la artroscopia como apoyo al tratamiento antibiótico, para tomar muestras para cultivo y diagnóstico etiológico del germen, para realizar un lavado articular que permita extraer el exudado y los detritus, para la eliminación de tabiques o septos neoformados que mantengan espacios donde se acantone la infección y, en las formas más evolucionadas, para realizar sinovectomías más amplias.

Mono y poliartropatías inflamatorias: Raramente está indicada la artroscopia como medio de tomar biopsia de la sinovial o realizar sinovectomías más

amplias, salvo que la afectación sea predominante en la rodilla.

Gonartrosis (en estadios no terminales): Eventualmente puede indicarse una artroscopia para realizar lavados articulares o desbridamientos condrales.

■ **Contraindicaciones**

- Reconstrucciones ligamentosas amplias.
- Rodilla inestable aguda (extravasación).
- Criterios de prótesis total.
- Hemartros con diagnóstico claro.

La artroscopia permite la visualización directa de los meniscos y por lo tanto se considera el *gold standard* en el diagnóstico de las lesiones meniscales; sin embargo su precisión depende de:

1. La experiencia del artroscopista
2. Incapacidad para la detección de algunas roturas
 - Periféricas (meniscocapsular)
 - Iatrogénicas

Además existe una serie de roturas en las que la precisión de la artroscopia es muy limitada; así por ejemplo su precisión para detectar roturas en la superficie inferior del menisco interno oscila entre un 45 % y 65 %, y es casi nula para la evaluación de las alteraciones de señal en **RM** de grado 1 y 2 de la clasificación de DeSmet ([21] [22]); ver [Página 32](#).

1.7.3. Resonancia Magnética

La **RM** ha revolucionado la imagen diagnóstica de la rodilla, evolucionando de forma importante desde que, en 1983, Kean describiera la anatomía de la rodilla, sana y patológica en los estudios de **RM** ([23]).

El uso de la RM en el diagnóstico de las lesiones y roturas meniscales ha sido ampliamente documentado desde hace al menos dos décadas ([24]) y la especificidad de los estudios con RM para la detección de lesiones meniscales se ha descrito en diferentes estudios entre el 75 % y el 96 % ([25] [26] [27] [28]).

Ciertas áreas son más difíciles de visualizar en el estudio artroscópico, como las superficies inferiores del tercio posterior de ambos meniscos ([29] [30]). Por tanto, estas áreas son las que muestran mayores tasas de falsos positivos de RM en todos los estudios de comparación entre artroscopia y RM ([22]).

Para definir mejor el papel de la RM en la evaluación de las lesiones de rodilla, Boeve et al. ([31]) y Kreiner et al. ([32]) analizaron una serie de artículos publicados, que comparaban la RM y la artroscopia en la detección de lesiones meniscales y del ligamento cruzado anterior. A partir de los datos de esos artículos se calcularon, para los desgarros del menisco medial y los desgarros del menisco lateral, las medianas de los siguientes parámetros: Sensibilidad (SN), Especificidad (SP), Valor Predictivo Positivo (VPP), y Valor Predictivo Negativo (VPN). Las medianas de estas medidas para el menisco medial fueron SN 97 %, SP 89 %, VPP 88 %, y VPN 96 % y para el menisco lateral fueron SN 85 %, SP 94 %, VPP 86 %, y VPN 95 %.

La evaluación inicial de las lesiones de rodilla consiste habitualmente en recabar la historia clínica del paciente y realizar una serie de test manipulativos ([33] [34]). Aunque el examen físico puede ayudar a establecer el diagnóstico en estadios tardíos o con el paciente anestesiado, su utilidad en la fase aguda de la lesión ha sido cuestionada, especialmente en el caso de las roturas meniscales ([35] [36] [37] [38]).

Las anomalías traumáticas de los tejidos blandos no son visibles en la radiografía simple; sin embargo, la RM proporciona información sobre los tejidos blandos y en las últimas dos décadas se ha establecido como el método diagnóstico no invasivo más adecuado para la valoración de las lesiones internas de la rodilla ([39] [40] [41] [42] [43]).

Una revisión sistemática y meta-análisis realizado en 2003 ([44]) demostró el gran valor de la RM en el diagnóstico de roturas meniscales y lesiones de los ligamentos cruzados, alcanzándose una precisión diagnóstica de entre el 89 y el 93 % para las roturas del menisco medial ([45]). Sin embargo, el uso rutinario de la RM en la valoración de las lesiones de rodilla se encuentra limitado por el elevado coste, la disponibilidad y la larga duración de los estudios. Por otro lado hasta un 5 % de los pacientes no pueden

tolerar un estudio completo en una RM cerrada de cuerpo completo (equipo habitual en la mayoría de las instalaciones) debido a claustrofobia ([46]).

Los equipos de bajo campo dedicados al estudio articular se han desarrollado específicamente para evitar estos problemas, gracias a que su diseño compacto y la baja potencia del campo magnético permiten una importante reducción del coste de instalación con respecto a los equipos normales de 1,5T para cuerpo completo, y como sólo la pierna afecta es introducida en el anillo de resonancia, con el paciente sentado en una silla adyacente, la claustrofobia es prácticamente inexistente.

Este tipo de equipos proporciona una rentabilidad diagnóstica similar a la de los equipos de alto campo, lo que constituye un método útil de proporcionar a los pacientes un estudio específico de la rodilla con la consiguiente reducción de costes derivados del seguimiento y las incapacitaciones a largo plazo ([47]). De hecho, la RM no aumenta el coste sanitario de la atención a pacientes con lesiones de rodilla, sino que permite evitar la cirugía innecesaria en una gran proporción de casos ([48]).

La artroscopia se considera el *gold standard* para la detección de lesiones traumáticas intra-articulares de la rodilla, con una fiabilidad de entre el 95 y el 98 % ([49] [50] [51] [52]) incluyendo las roturas meniscales. Por otro lado, es un procedimiento invasivo que requiere hospitalización y anestesia regional o general, con las consiguientes complicaciones potenciales ([53] [54] [55] [56] [57] [58]) y, además, se ha publicado que el porcentaje aproximado de artroscopias en blanco cuando la indicación se basa exclusivamente en datos clínicos oscila entre el 29 y el 50 % ([40]) mientras que si los resultados de la RM están disponibles para el artroscopista antes de la intervención, se facilita la detección de las lesiones más relevantes y se obtienen mejores resultados ([48]), incluso aunque según Bernthal et al. ([59]) no permita predecir la posibilidad de reparación de la lesión con los actuales criterios artroscópicos.

Existen múltiples clasificaciones de las lesiones meniscales visibles; la más simple, aunque poco utilizada, es la de Reicher, según la cual se establecen grados de sospecha para el diagnóstico de rotura de menisco en función de la imagen RM obtenida:

Grado I: En las imágenes de RM se aprecia un menisco homogéneamente hipointenso (negro) que se asocia a un menisco sano, indemne (Figura 1.10).

Grado II: En las imágenes de RM puede identificarse una pequeña zona de incremento de señal, que sólo aparece en una de las imágenes, es decir, no está presente en

dos cortes adyacentes. La detección de este tipo de imágenes de hiperseñal es frecuente, pero en general no se asocia a la presencia de rotura, por lo que se considera que la existencia de rotura es improbable (Figura 1.11).

Grado III: En las imágenes de RM es visible una pequeña zona lineal o un área moderada no lineal de hiperseñal localizada dentro del menisco, que puede verse en dos o más cortes. Este tipo de alteraciones de la señal se asocian frecuentemente a la presencia de rotura por lo que se consideran como casos de rotura probable (Figura 1.12).

Grado IV: En la RM puede verse una gran zona de hiperseñal lineal o focal con distorsión asociada de la morfología meniscal. En este caso, el diagnóstico de rotura se considera definitivo (Figura 1.13).

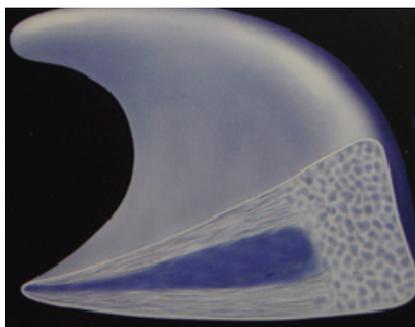


Figura 1.10: Menisco indemne.

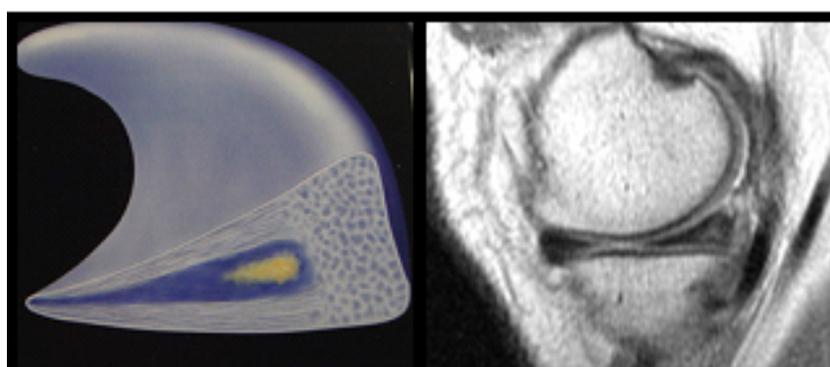


Figura 1.11: Lesión meniscal de grado II según la escala de Reicher.

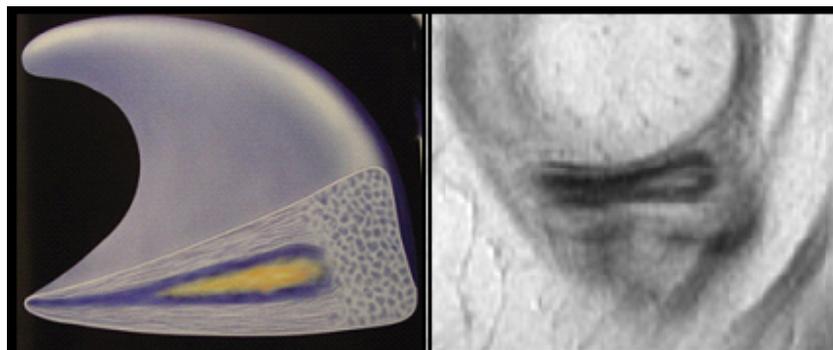


Figura 1.12: Lesión meniscal de grado III según la escala de Reicher.

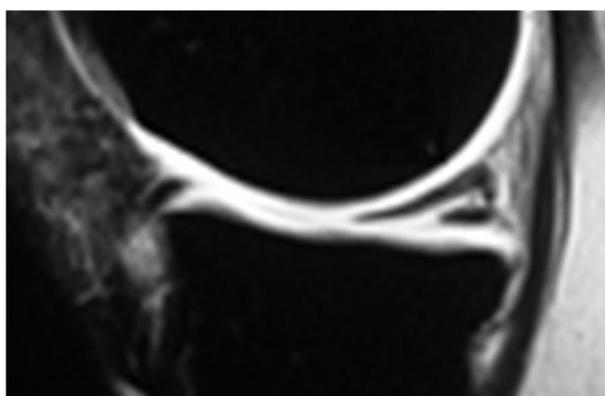


Figura 1.13: Lesión meniscal de grado IV según la escala de Reicher.

Cuando se utiliza esta clasificación, el número de falsos positivos es muy elevado, debido a que los cambios histoquímicos en el interior del menisco se interpretarían como roturas meniscales; lo que supone que la experiencia del explorador va reduciéndolos. Por contra, el valor predictivo en los casos negativos (grado I) es del 100 %.

Sin embargo, la clasificación más frecuentemente utilizada en la evaluación con RM es la de DeSmet ([60]), que es la clasificación que se ha utilizado para realizar el diagnóstico radiológico en este trabajo y según la cual se distinguen 3 patrones de señal meniscal:

1. Baja probabilidad de rotura (menor del 9 %) en meniscos totalmente hipointensos o con aumento de señal intrasustancia sin contacto de la señal intrasustancia con la superficie meniscal o con contacto dudoso.

2. Probabilidad intermedia de rotura (56 % en el menisco medial y 30 % en el lateral) en meniscos en los que se identifica hiperseñal intrasustancia que contacta con la superficie meniscal en una imagen solamente.
3. Alta probabilidad de rotura (mayor del 90 %) en aquellos meniscos con hiperseñal intrasustancia que contacta con la superficie meniscal en más de una imagen

En el estudio de De Smet de 1993 en el que se informó de estos resultados ([60]) se propuso una interpretación de los resultados de las imágenes de RM que en la actualidad es la más habitual. Si el foco de hiperseñal intrasustancia no contacta con la superficie o el contacto es dudoso, se interpreta como ausencia de rotura, en vez de considerar como posible rotura los focos de contacto dudoso; si la hiperseñal contacta con la superficie meniscal en sólo una de las imágenes del estudio se interpreta como una “posible” rotura, antes que como una rotura segura (como se hubiera hecho previamente).

Por lo tanto, en la actualidad sólo se considera un signo claro de rotura la existencia de un foco de alta intensidad de señal en el interior del menisco que contacta con la superficie del mismo y es visible en dos imágenes consecutivas o dos planos diferentes.

En la lectura de los estudios de RM se producen interpretaciones discordantes del contacto o no del área de hiperintensidad con la superficie del menisco, lo que determina la existencia o no de rotura. Las diferencias de interpretación no son infrecuentes y, de hecho, se han descrito como una dificultad frecuente en la valoración de las roturas meniscales por RM ([61] [60]).

Los protocolos de estudio de la rodilla con RM varían en función de los diferentes centros ([62] [51] [22] [63] [64] [65] [66] [67] [68] [60] [69] [70] [71] [72] [73] [74] [75] [76]), confiándose en la mayoría de los casos en secuencias spin-eco (SE) convencionales, aunque existe literatura según la cual las secuencias Fast SE o Turbo-SE (TSE) son una alternativa que permite reducir el tiempo del estudio ([77]).

Desde 1995 se está estudiando con éxito la utilidad de secuencias eco-gradiente 3D cuya ventaja principal es la obtención de cortes contiguos de espesor muy fino, que permiten reconstrucciones multiplanares ([78] [79]) con buenos resultados ([80]).

Las secuencias SE y TSE son ampliamente aceptadas por la comunidad médica, siendo más populares éstas últimas debido a la importante reducción del tiempo de adquisición que suponen, lo que no sólo reduce los artefactos de movimiento sino que

además permite un importante ahorro de tiempo que puede aumentar el rendimiento del equipo en número de pacientes explorados, o aumentar el número de series realizadas a cada paciente para el diagnóstico.

Las secuencias que asocian supresión grasa mejoran la visualización del edema, las estructuras cartilaginosas y las lesiones de la médula ósea.

1.8. Imagen digital y sistemas PACS

En la actualidad se está imponiendo, por motivos económicos y de accesibilidad a los datos, la digitalización de las historias clínicas, incluidos los datos de imagen, a través de la combinación de sistemas de archivo y comunicación de imagen o en inglés Packing and Archiving Communication Systems ([PACS](#)) [[81](#)].

1.8.1. El estándar DICOM

Digital Imaging and Communication in Medicine ([DICOM](#)) es el estándar para la gestión industrial de imágenes médicas; es un estándar de tecnología de la información desarrollado y perfeccionado gracias al esfuerzo conjunto del American College of Radiology ([ACR](#)) y la National Electrical Manufacturers Association ([NEMA](#)) desde 1982 ([[82](#)]). Su principal objetivo es garantizar la capacidad de los sistemas médicos para adquirir, almacenar, visualizar, enviar y recibir, consultar y recuperar, imprimir y procesar imágenes médicas y documentos relacionados. La versión actual de la norma, [DICOM 3.0](#), fue publicada en 1993 y es actualizada periódicamente a través de un proceso estructurado.

Antes de la introducción del estándar [DICOM](#), la gestión y transmisión de imágenes médicas era difícil debido a la utilización de plataformas informáticas heterogéneas y con sistemas operativos diferentes y producidos por diferentes fabricantes con sus propias especificaciones y software propietario.

La adopción de las directivas [DICOM](#) ha permitido, sobre todo, un enfoque estandarizado para la administración de imágenes y, con él, la posibilidad de generar flujos de trabajo estándares entre los sistemas de imagen, lo cual es la piedra angular de las implementaciones [PACS](#) ([[83](#)]).

DICOM es fundamentalmente una norma basada en objetos que utiliza las técnicas de los modelos relacionales, en particular los modelos Entidad-Relación, para describir las interacciones entre las entidades que maneja, básicamente *objetos* y *servicios*.

DICOM denomina Information Object (**IO**) a una abstracción genérica de un conjunto de objetos del mundo real que tienen toda una serie de propiedades en común y, para poder operar haciendo referencia a esos “objetos”, crea una descripción formal de la entidad abstracta que denomina Information Object Definition (**IOD**)¹. Así, cada **IOD** es una descripción formal de una abstracción; una **IOD** específica y describe con detalle las propiedades que tienen en común todos los “objetos reales” que constituyen el **IO**, indicando un nombre y una forma de almacenamiento para cada una de esas propiedades, a las que en **DICOM** se denominan *atributos*, y un rango de valores posibles que determina qué valores serán aceptables (valores legales) y cuáles no (valores ilegales) para ese atributo concreto, así como el tipo de operaciones elementales que se podrán realizar con cada uno de ellos y cómo se habrán de realizar esas operaciones. Sin embargo, lo que la **IOD** no proporciona son valores para estos atributos.

Un conjunto de valores de todos los atributos de un **IOD**, organizados tal como prevé el estándar, que describe un objeto concreto del mundo real es una “instancia” del **IOD**.

A modo de ejemplo podemos considerar el hipotético **IOD** “*Paciente*”, que representa un paciente abstracto (**IO**) y que, para describirlo, utiliza los Atributos “*nombre*”, “*apellido*”, “*fecha de nacimiento*”, “*sexo*” y “*número de Historia Clínica*”. El conjunto de los datos ordenados de un paciente real, por ejemplo “Janet Doe, nacida el 01-01-2010, mujer y con número de historia 00000”, archivado como se prevea en la **IOD**, es la representación de la Sra. Doe en el sistema, una instancia de la **IOD** “*Paciente*”.

Es posible, por razones prácticas, crear **IOD** compuestas (por ejemplo, unir las **IOD** que definen cada una de las series de un estudio de **RM** en una **IOD** única cuyos atributos serían los de las **IOD** del nivel inferior que la componen, generando así la **IOD** “*Imágenes del Estudio*”); así se pueden asociar datos de diversas adquisiciones en un sólo estudio o incorporar otros tipos de datos con las imágenes de radiología, ya sean las de los estudios radiográficos obtenidas mediante Computed Radiography (**CR**) (también conocida como Indirect Radiography (**IR**)), ya las procedentes de equipos de obtención

¹Information Object (IO) es un término informal utilizado en la PS 3.1 del estándar y cuya correspondiente formalización, introducida en la PS 3.3, es el IOD.

directa, en inglés Direct Digital Radiography (**DR**), o las de estudios más complejos como Tomografía Computerizada (**TC**) o **RM**.

Una vez definido el objeto sobre el que se puede actuar es necesario determinar qué tipo de actuaciones es posible realizar; **DICOM** define dos tipos genéricos de actuación sobre las instancias de las **IOD** a saber: servicios de almacenaje (Media Storage Services) y Servicios DIMSE, que permiten a una aplicación **DICOM** solicitar la realización de una operación a través de una red de comunicaciones o de una comunicación punto a punto (Por ejemplo, permiten hacer una búsqueda por atributos en un sistema remoto, lo que en el trabajo diario permite identificar todos los estudios realizados a un paciente que se han almacenado en el **PACS**).

DICOM prevé que las operaciones de una aplicación se serialicen siempre, de manera que el sistema realice una sola acción (un servicio) sobre un sólo objeto cada vez. No está previsto que se soliciten dos servicios simultáneamente sobre el mismo objeto ni el mismo servicio para dos o más objetos simultáneamente, de forma que **DICOM** siempre opera manejando pares formados por un objeto (una instancia de una **IOD**) y un servicio (de un determinado grupo de servicios).

Así pues, si se considera el conjunto de grupos de servicios y el conjunto de **IOD** que una aplicación utiliza, el trabajo de ésta puede organizarse mediante pares objeto-servicio, con el primer elemento del par perteneciente a una **IOD** específica y con el segundo elemento del par perteneciente a un grupo de servicios específico. Cada uno de estos pares recibe el nombre de Service-Object Pair (**SOP**) y los conjuntos de pares del mismo tipo se denominan **SOP Classes**².

El nivel superior de operación en una aplicación debe describir una Service Class Specification, que define un grupo constituido por una o más **SOP Classes** relacionadas con una función específica, que llevan a cabo diferentes operaciones **DICOM** cuando se comunican. Además, una Service Class Specification define los niveles de conformidad (dentro de un conjunto de niveles predefinidos) con el estándar para una o más **SOP Classes**, ya que cada dispositivo (aplicación) puede trabajar bien como usuario o como proveedor (**SCU** o **SCP**, respectivamente) adhiriéndose a diferentes niveles de conformidad, lo que permite una gran flexibilidad en la implementación.

²Este término es el correspondiente formal, introducido en la PS 3.4 del estándar, del término informal Information Object Class (IOC), utilizado en la PS 3.1.

Almacenamiento de imagen	Provee servicio de almacenamiento para grupos de imágenes
Consulta y recuperación de imágenes	Permite funciones de consulta y recuperación de imágenes
Impresión de imágenes	Permite la creación de copias impresas
Lista de trabajo	Permite la transferencia de la lista de trabajo desde el <i>Research Information System</i>

Tabla 1.1: Clases de servicio fundamentales y de implementación obligatoria para uso en un PACS.

Algunas clases de servicio se consideran fundamentales y de obligada implementación en un PACS (Tabla 1.1).

Otras pueden adoptarse de forma opcional, proporcionando funciones suplementarias: Compromiso de almacenamiento (para garantizar que el dispositivo receptor para el almacenamiento de imágenes se compromete a guardarlas) o el Modality Performed Procedure Step (MPPS) que genera un informe sobre el examen realizado, incluidos los datos sobre las imágenes adquiridas (fecha de inicio, hora de finalización, duración de un estudio, dosis de radiación aplicada, etc.).

En la Figura 1.14 se presenta un Diagrama Entidad-Relación para los conceptos básicos del estándar DICOM ([82]).

El estándar DICOM se actualiza hasta cinco veces al año y anualmente se publican versiones visadas por un grupo de más de 10 usuarios, hasta 30 productores (industria) y varios revisores en nombre de instituciones de interés general (gobiernos o asociaciones profesionales).

El estándar DICOM es muy adaptable, una característica que le ha permitido expandirse más allá de la Radiología, de forma que hoy es utilizado como referencia por múltiples especialidades médicas incluyendo Dermatología, Cardiología, Endoscopia, Oncología, Radioterapia o Cirugía entre otras muchas ([84]) y es una parte integral de la Integrating the Healthcare Enterprise (IHE).

La gran implantación del estándar DICOM ha hecho que los organismos de control tanto americanos como japoneses y europeos adopten el estándar DICOM y que, en la actualidad a las compañías (en la mayoría de los casos multinacionales) se les pida

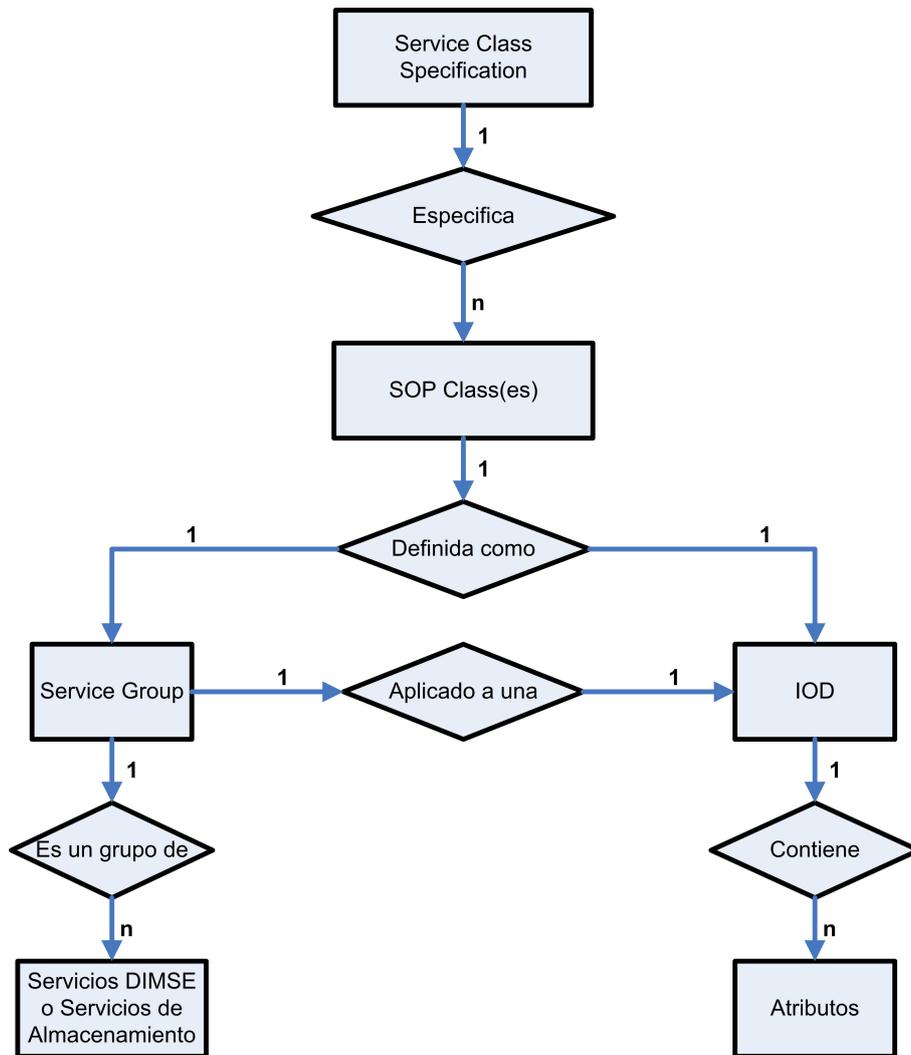


Figura 1.14: Diagrama Entidad-Relación general del estándar DICOM.

una Declaración de Conformidad **DICOM** que especifique claramente el nivel de estandarización **DICOM** de sus aplicaciones y equipos siempre que se procede a la compra de un dispositivo. Esto es un requisito previo orientado a garantizar que no se producirán problemas de importancia al conectar equipos de diferentes proveedores y su integración en un entorno **PACS** ([83]).

1.8.2. Los PACS comerciales

Los primeros resultados de evaluación muestran que un **PACS** comercial es completamente funcional para un Servicio de Radiología con volumen de trabajo y dimensiones promedio (35.000 exploraciones/año) aunque en los **PACS** experimentales se están ensayando nuevas tecnologías de red, archivo y visualización que permiten obtener rendimientos mayores.

El **PACS** es clínicamente útil de distintas formas: la capacidad de visualización remota de las imágenes permite ahorrar tiempo y desplazamientos dentro del hospital; el manejo automático de la asignación de imágenes a cada exploración permite asegurar que las imágenes han sido archivadas correctamente; el tiempo de recuperación de las imágenes disminuye de forma importante; no existe riesgo de pérdida de imágenes y permite que las exploraciones sean consultadas por varios departamentos simultáneamente. Además, el archivo central permite la obtención de múltiples copias de cada imagen, electrónicas o sobre película.

Los sistemas **PACS** han obtenido un gran éxito en las secciones de ecografía, atribuible fundamentalmente a que las imágenes son de tamaño moderado (800 Kbytes/imagen) y la misma realidad es aplicable usualmente a otros equipos de baja resolución espacial (**TC**, **RM**, Fluoroscopia digital o medicina nuclear). El uso del **PACS** en las imágenes radiográficas o digitalizadas ha tenido un éxito menor, probablemente debido a la mayor carga que generan, tanto en número de exploraciones como en el tamaño de cada imagen individual (4 a 8 MBytes), aunque con el abaratamiento del espacio de almacenamiento electrónico y el aumento de la capacidad de proceso de los nuevos computadores (basados en procesadores de núcleos múltiples) el futuro pasa por la digitalización completa de los Servicios de Imagen.

En la **TC** es más que deseable el uso de los datos digitales directos (densitométricos) en imágenes originales de 12 bits por píxel (4000 Unidades Hounsfield), ya que

con la compresión a 8 bits por píxel (256 niveles) de la imagen de vídeo se pierde información, aún adquiriendo cada imagen con distintos ajustes de ventana. En la [RM](#), en la que se cuenta con imágenes digitalizadas de hasta 11 bits por píxel (2048 grises), pueden bastar 8 bits por píxel, ya que la intensidad de la señal obtenida depende básicamente de la secuencia de estimulación utilizada.

1.8.3. El coste de los PACS comerciales y el Software libre

Informes recientes han mostrado que la digitalización de los registros médicos (introducción de la historia clínica informatizada), incluida la digitalización y tratamiento de las imágenes médicas, no han alcanzado las expectativas de los profesionales, fundamentalmente debido a tres obstáculos principales: el excesivo coste, la escasa estabilidad de los proveedores y la falta de estándares comunes y modelos adecuados.

Muchos autores sugieren que el software libre hace frente a los obstáculos comentados, ya que reduce los costes de propiedad y desarrollo, y facilita la adaptación de herramientas personalizadas para la práctica clínica. Por ello el software de código abierto está emergiendo lentamente en aplicaciones médicas y en particular en los sistemas electrónicos de gestión de registros de pacientes, imágenes médicas y aplicaciones [PACS](#).

El concepto de software *open source* no es convencional en el campo del tratamiento de imágenes médicas y plantea la cuestión fundamental de la integridad y garantía de calidad sobre el software desarrollado por una comunidad de usuarios que no sigue los criterios de conformidad y certificación tradicionales y necesarios para los programas comerciales de software médico.

OsiriX es uno de los programas de software libre más avanzado para la visualización de imágenes y su código fuente está disponible bajo Open Source Licensing Agreement [[85](#)].

1.8.4. Efectos directos del cambio en la forma de trabajo

La forma de trabajar de los radiólogos se ve afectada por la implantación de un sistema [PACS](#), pasando de informar sobre placas radiológicas a informar utilizando imágenes digitales.

Acostumbrarse a trabajar, informar, consultar y revisar en diferentes estaciones electrónicas requiere un período de aprendizaje, que depende de la experiencia previa como usuario de informática, y una cierta motivación. El entorno de trabajo tiene que ser adecuado en cuanto a iluminación, ruido, temperatura y espacio físico.

Dado el importante esfuerzo de adaptación del personal especializado en los servicios de radiología, se ha planteado que el empleo de sistemas PACS mejora los resultados diagnósticos obtenidos con la lectura del mismo estudio valorado sobre placas de archivo, aunque no se ha logrado localizar ningún estudio en la bibliografía revisada que pruebe este planteamiento.

Además, se ha planteado que el uso de imágenes digitales proporciona a los radiólogos ventajas en su trabajo habitual, ya que pueden ser manipuladas variando las ventanas de visualización (alto y ancho de ventana) para modificar la escala de grises visualizada.

Teóricamente la posibilidad de alterar las ventanas puede permitir mejorar la visualización de las lesiones presentes y consecuentemente aumentar la sensibilidad y especificidad de los diagnósticos radiológicos. Por otro lado, la visualización de una misma imagen o series de imágenes con varias ventanas diferentes consume una gran cantidad de tiempo del radiólogo, por lo que es importante determinar si esta inversión es realmente útil y aumenta la fiabilidad diagnóstica, o el informe sobre imágenes digitales manipulables no mejora el rendimiento diagnóstico con respecto al sistema tradicional.

Sin embargo, tras una amplia revisión bibliográfica de la literatura, tan sólo hemos encontrado un trabajo de correlación artroscópica orientado al análisis del valor del uso de ventanas estrechas en la interpretación, lo que es probablemente debido a la estandarización de los niveles de ventana habitualmente empleados para la impresión de la placa radiográfica, la cual es posteriormente interpretada de forma “estática” sobre el negatoscopio. Los resultados de dicho trabajo, publicado en 1993 por Buckwalter et al. ([86]), no encontraron diferencias significativas entre la capacidad diagnóstica de ambos tipos de ventana, no habiéndose encontrado nuevas valoraciones al respecto hasta la fecha.

Objetivos

Tal como se ha comentado previamente ([Sección 1.8](#)), en la mayoría de las instalaciones de radiología se ha impuesto la lectura de los estudios de imagen sobre medios digitales, utilizando sistemas de almacenamiento y gestión de archivos mediante sistemas [PACS](#) basados en el estándar [DICOM](#) ([\[82\]](#) [\[83\]](#)); (ver [Página 34](#)).

Antes de la implantación generalizada de los sistemas de almacenamiento digital de imágenes, se realizaron estudios de comparación de calidad diagnóstica de las imágenes analógicas con las digitales, comparando imagen por imagen. Posteriormente y dado el gran consumo de recursos de almacenamiento que supone un [PACS](#) a largo plazo, se han realizado y publicado múltiples estudios para evaluar diferentes formatos de almacenamiento de imágenes, para intentar determinar qué nivel de compresión es aceptable en el almacenamiento y a partir de qué nivel de compresión la calidad de la imagen recuperada tras la descompresión no es diagnóstica ([\[87\]](#) [\[88\]](#)).

Sin embargo todos estos estudios se han centrado en evaluar si la calidad de la imagen aislada es aceptable. Tras la revisión de la literatura no se ha logrado encontrar ningún artículo en el que se compare la lectura sobre pantalla en una estación de trabajo con la lectura sobre la placa radiográfica.

Por otro lado, desde el comienzo de la andadura de la [RM](#), han sido muchos los estudios científicos de comparación entre pruebas diagnósticas, que fueron diseñados metodológicamente con el objetivo de comparar entre sí la eficacia diagnóstica de diferentes secuencias de obtención de la imagen, utilizando el estudio artroscópico como *gold standard*.

Frente a ellos, sólo se ha encontrado un trabajo de correlación artroscópica orientado hacia el análisis del valor del uso de ventanas estrechas en la interpretación, publicado en 1993 ([\[86\]](#)) en el que no se hallaron diferencias significativas entre la capacidad

diagnóstica de ambos tipos de ventana, no habiendo encontrado nuevas valoraciones al respecto hasta la fecha.

Los cambios tecnológicos relacionados con la implantación del estándar **DICOM** y los sistemas **PACS**, y con ellos, la consolidación del uso de la estación de trabajo como herramienta de visualización de la imagen, permiten al radiólogo una valoración “dinámica” de los niveles de ventana. La frecuente discordancia entre las alteraciones meniscales encontradas al examinar la imagen alternativamente con ventanas anchas y estrechas, reavivan dicha incógnita y plantean la necesidad de nuevos estudios al respecto.

Al igual que los trabajos anteriores, éste pretende valorar la **SN**, **SP**, **VPP** y **VPN** de cada una de las series de **RM** de rodilla realizadas de forma protocolizada en nuestro centro, con el objetivo de determinar su eficacia diagnóstica, y por ende, su fiabilidad. A diferencia de ellos, y con el objetivo de plantear respuestas a las incógnitas mencionadas respecto a la evaluación directa de las imágenes digitales sobre estaciones de trabajo frente a las placas radiográficas y el uso de ventanas estrechas, incorporamos un análisis de la utilidad diagnóstica de cada uno de los métodos de lectura y otro adicional comparativo para cada una de las series, en el que se contrasta la capacidad diagnóstica del uso de una ventana estrecha, con respecto a los niveles clásicamente empleados para el análisis en la placa radiográfica.

En este trabajo se pretende:

1. Valorar la sensibilidad, especificidad, **VPP** y **VPN** para la detección de lesiones meniscales de los estudios estándar realizados en nuestro centro en un equipo de **RM** de bajo campo, utilizando el estudio artroscópico como *gold standard*.
2. Evaluar comparativamente los resultados de la lectura en placa radiográfica con la lectura en la estación de trabajo para determinar cuál es el mejor método de evaluación.
3. En caso de que se detecten diferencias entre la lectura sobre placa y la lectura sobre medio digital, determinar si éstas pueden ser atribuidas a la posibilidad de variación de la ventana de lectura, determinando la utilidad de las ventanas estrechas frente a las ventanas estándar de impresión.

Material y Métodos

Se realizó una selección retrospectiva de pacientes sometidos a artroscopia de rodilla en nuestro centro en un periodo de 31 meses (Agosto de 2002 a Marzo de 2005) y que, previamente a aquella, habían sido estudiados mediante RM en nuestro hospital, según protocolo, en el equipo de RM de bajo campo para uso articular del que disponemos.

Se recuperaron los informes de la artroscopia de la historia clínica de los pacientes y se codificaron los datos para poder utilizar los hallazgos como *gold standard* en el análisis de datos, obteniéndose los siguientes resultados posibles:

- Menisco sano
- Rotura simple
- Rotura compleja
- Rotura en asa de cubo

Se recuperaron la totalidad de las imágenes de los estudios diagnósticos de RM previos en formato digital, realizados en un equipo de resonancia magnética para estudio de miembros y articulaciones periféricas de 0,18T (C-Scan), Artoscan^{®1}, utilizando una antena específica de rodilla y con un protocolo establecido que incluía las siguientes secuencias:

1. Sagital TME DP/T2: FOV 170 x 170; TR 2320; TE 28/90, NEX 1; Grosor 5,5; Matriz 192 x 192; 14 Cortes (de la cortical exterior de un menisco a la del otro) analizando por separado las imágenes DP y T2 como dos series diferentes.

¹Artoscan es una marca registrada de ESAOTE S.p.A. (Italia)

2. Coronal SE T1: FOV 160 x 160; TR 540; TE 24, NEX 2; Grosor 5,5; Matriz 256 x 184; 12 CORTES (desde la línea bicondílea a la rótula).
3. Sagital GRE² T1: FOV 170 X 170; TR 560; TE 16, NEX 2; Grosor 5,5; Matriz 256 x 192; 14 Cortes (de la cortical exterior de un menisco a la del otro).
4. Coronal STIR: FOV 190 x 150; TR 1680; TE 24, NEX 2; Grosor 5,5; Matriz 192 x 126; 15 Cortes (desde la línea bicondílea a la rótula).

Los estudios se valoraron de forma ciega en una estación de trabajo utilizando el visualizador DICOM OsiriX (ver [Página 40](#)) por un radiólogo experto en patología músculo-esquelética y un residente de último año, recogiendo el diagnóstico radiológico para cada menisco en un formulario establecido de antemano. En aquellos casos en los que la valoración era coincidente entre ambos observadores se determinó este resultado como diagnóstico radiológico; los casos en los que existía discordancia entre los observadores se revisaron de forma conjunta alcanzando un diagnóstico radiológico por consenso.

Para cada caso, el estudio radiológico (inicialmente para el estudio completo y luego para cada serie con sus dos ventanas posibles) se evaluó considerando los resultados posibles como:

- Menisco sano (Grado 1 de DeSmet con menisco hipointenso).
- Menisco degenerado (Grado 1 de DeSmet con hiperseñal intrasustancia).
- Posible rotura (Grado 2 de DeSmet).
- Probable rotura (Grado 3 de DeSmet).
- Resultados no valorables.

Se recogió como “observaciones” el diagnóstico de rotura en “asa de cubo” en los casos de “probable rotura” con sospecha de la misma en las pruebas de imagen.

Se calificaron como no valorables aquellas series en las que, debido a artefactos por movimiento del paciente o por la propia naturaleza de las imágenes, no resultó posible establecer un diagnóstico radiológico.

²Gradiente (GRE)

	RM	Artroscopia
Estudio positivo	Probable rotura	Rotura simple Rotura compleja Rotura en asa de cubo
Estudio negativo	Menisco sano Menisco degenerado Posible rotura	Menisco sano

Tabla 3.1: Correlación de las variables dicotómicas de diagnóstico con las clasificaciones de resultados en **RM** y artroscopia.

Dada la diferencia de las clasificaciones utilizadas en la evaluación de los estudios radiológicos y en la valoración del estudio artroscópico, basada en los datos recogidos retrospectivamente, se unificaron los datos en variables dicotómicas para un diagnóstico de rotura (estudio positivo) o ausencia de rotura (estudio negativo) con la correlación que se indica en la [Tabla 3.1](#) para la artroscopia y la **RM**.

El diagnóstico radiológico obtenido sobre formato digital se comparó con el diagnóstico original realizado sobre las placas de resonancia magnética registrado en la historia clínica del paciente y se valoró de forma comparada la utilidad de cada una de las dos técnicas de lectura utilizando la artroscopia como *gold standard*. Se determinaron los valores de **SN**, **SP**, **VPP** y **VPN** así como el coeficiente κ de Cohen y las curvas Receiving Operator Characteristic (**ROC**) para cada una de las lecturas (digital y sobre placa) en términos generales (la totalidad de los estudios) y estratificando la lectura sobre placa en función de la experiencia del radiólogo lector en dos grupos:

- Estudio valorado sobre placa originalmente por un radiólogo especialista en radiología musculoesquelética.
- Estudio valorado sobre placa originalmente por un radiólogo general.

Así, a través de los valores de **SN**, **SP**, **VPP** y **VPN** se determina la utilidad diagnóstica de cada método de lectura y, a través de la κ de Cohen (en adelante coeficiente κ), se mide el acuerdo entre la evaluación realizada con la artroscopia y la realizada con métodos radiológicos cuando ambos están valorando el mismo objeto (el menisco del paciente). Un valor igual a 1 indica un acuerdo perfecto. Un valor igual a 0 indica que el acuerdo no es mejor que el que se obtendría por azar.

Posteriormente las secuencias individuales del estudio fueron analizadas por separado de forma ciega y en orden aleatorio en una estación de trabajo utilizando el visualizador [DICOM OsiriX](#) para valorar las imágenes digitales diagnósticas. Un radiólogo experto y un residente de último año realizaron el análisis de cada serie de forma aislada, en un orden aleatorio y de forma ciega (sin datos clínicos ni de los resultados de la artroscopia), recogiendo el diagnóstico radiológico para cada menisco en un formulario establecido de antemano. En aquellos casos en los que la valoración era coincidente entre ambos observadores se determinó este resultado como diagnóstico radiológico; las series en las que existía discordancia entre los observadores se revisaron de forma conjunta alcanzando un diagnóstico radiológico por consenso.

Para cada serie se analizaron las imágenes en la ventana estándar proporcionada por el equipo (similar a la ventana normal de impresión en placa radiológica) y con ventanas estrechas, lo que supone un total de 10 series, 5 series con imágenes estándar ([WW 1700-1800](#); [WL 800-900](#)) y 5 series con ventanas estrechas ([WW 1000-1100](#); [WL 500-600](#)).

Los diagnósticos radiológicos establecidos para cada serie aislada, con ventana estándar y con ventana estrecha, se compararon con el resultado del estudio artroscópico realizado al paciente, considerando la artroscopia como *gold standard*.

Se determinaron los valores de [SN](#), [SP](#), [VPP](#) y [VPN](#) para cada serie y los coeficientes de correlación κ de cada serie con la artroscopia.

Para analizar la utilidad diagnóstica de los métodos de lectura, las series utilizadas y las ventanas estrechas se realizó un análisis con Curvas [ROC](#) y adicionalmente se crearon nuevas variables derivadas (variables de diagnóstico) con un valor específico para cada caso en función de su correlación con la artroscopia:

- 0 = falso negativo.
- 1 = falso positivo.
- 2 = verdadero negativo.
- 3 = verdadero positivo.

Se valoró la existencia de diferencias significativas entre las variables de diagnóstico de todas las series mediante la prueba de Friedman (un test no paramétrico para

múltiples variables relacionadas) y, para valorar la diferencia diagnóstica entre la lectura sobre placa y la lectura en estación de trabajo así como valorar la diferencia diagnóstica entre la ventana estándar y la estrecha para cada serie de **RM**, se utilizó el test de Wilcoxon, un test no paramétrico que permite contrastar la hipótesis de que dos variables relacionadas tienen la misma distribución. Este procedimiento no hace supuestos sobre las formas de las distribuciones de las dos variables y sólo tiene en cuenta la información sobre la magnitud de las diferencias dentro de los pares, dando más peso a los pares que presenten grandes diferencias que a los pares que presenten diferencias pequeñas. El estadístico de contraste se basa en los rangos de los valores absolutos de las diferencias entre las dos variables.

En todo el estudio se ha considerado una significación estadística al 95 % ($p < 0,05$).

Resultados

Se identificaron un total de 181 pacientes de los cuales fue necesario descartar 21 debido a defectos de archivo de las imágenes digitales que impedían su valoración, y se excluyeron 5 pacientes, ya que tenían antecedentes de cirugía y/o artroscopia previa de la rodilla estudiada. En total se analizaron 155 pacientes (310 meniscos).

La población estudiada presentaba un rango de edad muy amplio (20 a 56 años) con una distribución por sexos de 101 varones y 54 mujeres (Figura 4.1), todos los cuales presentaban síntomas de dolor articular con datos clínicos que permitían la indicación de la artroscopia, independientemente de la existencia o no de datos radiológicos de lesión meniscal.

Del total de rodillas estudiadas (155), 62 (40 %) eran izquierdas y 82 (52.9 %) derechas, no encontrándose codificado en el informe de artroscopia la lateralidad en 11 casos (7.1 %) (Figura 4.2). Corresponde por tanto a cada lado un total de 124, 164 y 22 meniscos respectivamente.

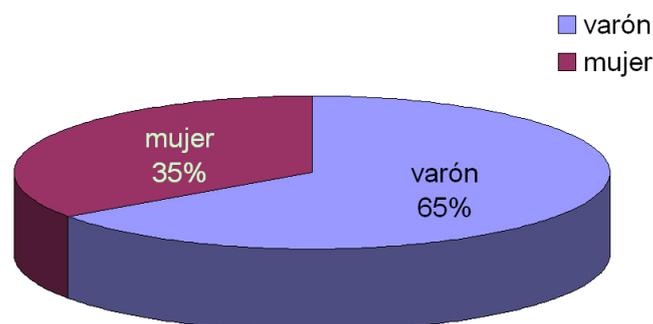


Figura 4.1: Distribución de los pacientes por sexos.

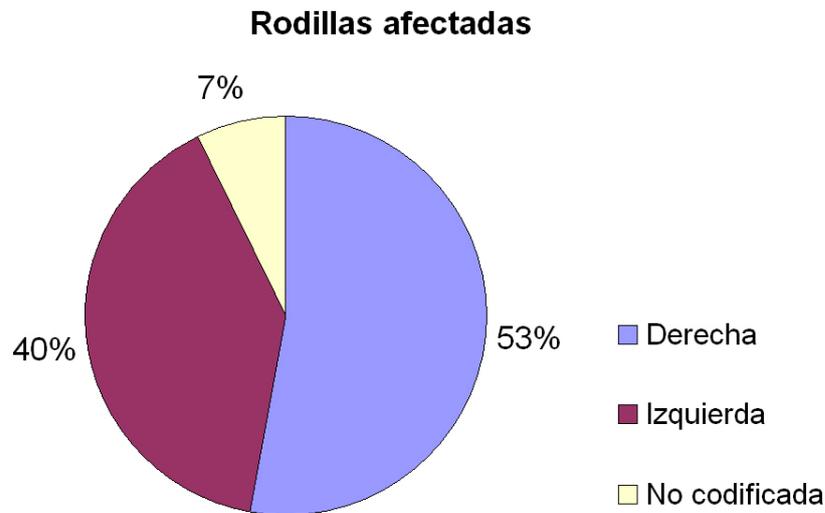


Figura 4.2: Distribución por rodillas evaluadas: derecha o izquierda.

Se identificaron 96 meniscos internos rotos (63.58 %) frente a 38 meniscos externos afectados (25.16 %), tal como puede verse en la [Figura 4.3](#). Posteriormente se acumularon los datos de diagnóstico radiológico en la forma referida en el Capítulo de [Material y Métodos](#) (Página 44).

4.1. Resultados de la valoración sobre formato digital con respecto al uso de placas radiográficas

Se calcularon la [SN](#), [SP](#), [VPP](#), [VPN](#) y coeficiente κ para la lectura sobre placa radiográfica y para la lectura sobre la imagen digital con un visualizador [DICOM](#), obteniéndose los resultados que se reflejan en la [Tabla 4.1](#).

Método de lectura	κ	SN	SP	VPP	VPN
Placa radiológica	0.462	0.70±0.08	0.77±0.06	0.70±0.08	0.76±0.06
Archivo digital	0.848	0.92±0.05	0.92±0.04	0.90±0.05	0.93±0.04

Tabla 4.1: Capacidad diagnóstica para cada método de evaluación; [SN](#), [SP](#), [VPP](#), [VPN](#) y coeficiente κ .

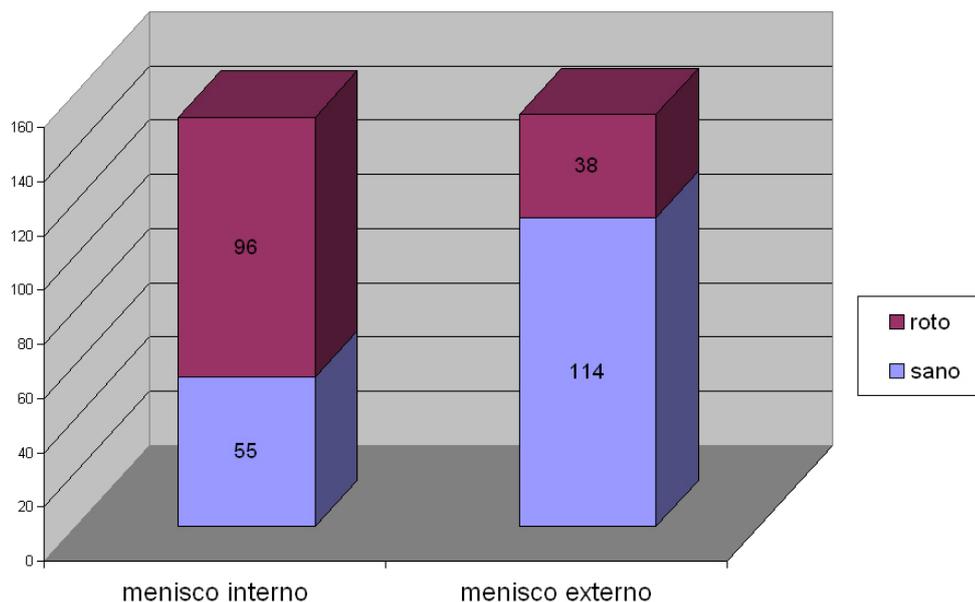


Figura 4.3: Afectación meniscal en función de la artroscopia.

Dado que los resultados obtenidos, que muestran una mayor sensibilidad y especificidad general para la lectura directa sobre el formato digital con respecto a la valoración sobre placa, podrían estar sesgados por el hecho de que uno de los radiólogos evaluadores en el estudio fuera un especialista en radiología musculoesquelética, mientras que los datos de valoración sobre placa se han obtenido de los informes de la historia clínica, realizados aleatoriamente por radiólogos especialistas en musculoesquelético (92 casos: 184 meniscos) y radiólogos generales (63 casos: 126 meniscos), se procedió a realizar un análisis estratificado de los casos separando estas dos categorías en la lectura de las placas radiológicas, y comparando los resultados con los correspondientes a la lectura sobre medio digital realizada por nosotros de los casos apareados, de forma que cada caso sea su propio control; los resultados de este análisis estratificado se reflejan en la [Tabla 4.2](#).

Se trazaron las curvas **ROC** comparativas para los resultados de la evaluación de los meniscos sobre placa radiográfica y sobre imagen digital, tanto en términos generales como en una evaluación estratificada (Figuras [4.4](#), [4.5](#) y [4.6](#)).

Grupo de estratificación	κ	SN	SP	VPP	VPN
R. General digital	0.797	0.89±0.07	0.90±0.07	0.91±0.07	0.89±0.08
R. General placas	0.566	0.74±0.11	0.83±0.10	0.83±0.10	0.74±0.11
R. especialista digital	0.884	0.91±0.06	0.97±0.03	0.96±0.04	0.93±0.05
R. especialista placas	0.387	0.63±0.11	0.76±0.09	0.69±0.11	0.70±0.09

Tabla 4.2: Capacidad diagnóstica para cada método de evaluación; SN, SP, VPP, VPN y coeficiente κ estratificados en función de la especialización del radiólogo que realizó la lectura original sobre placa.

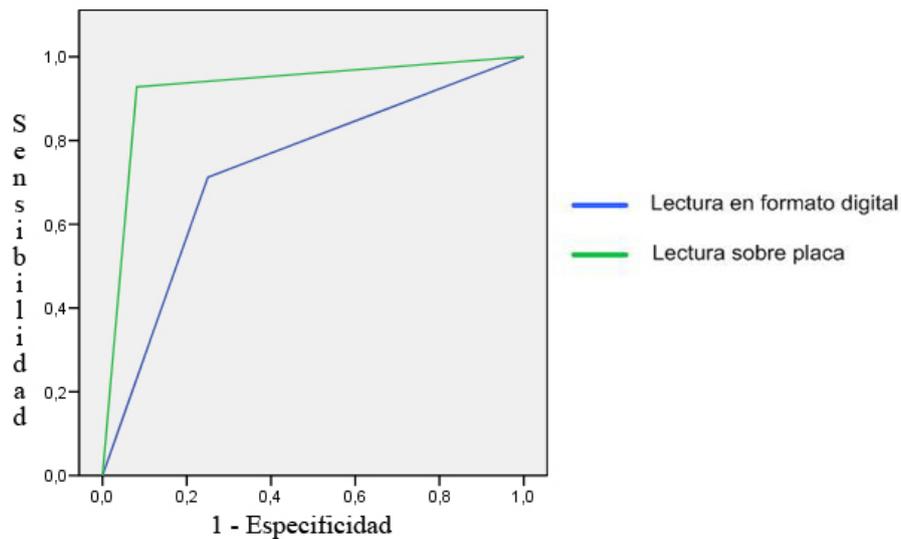


Figura 4.4: Comparación de las curvas ROC calculadas para la lectura sobre soporte digital (área bajo la curva 0.92) y la lectura sobre placa (área bajo la curva 0.73) considerando todos los casos estudiados.

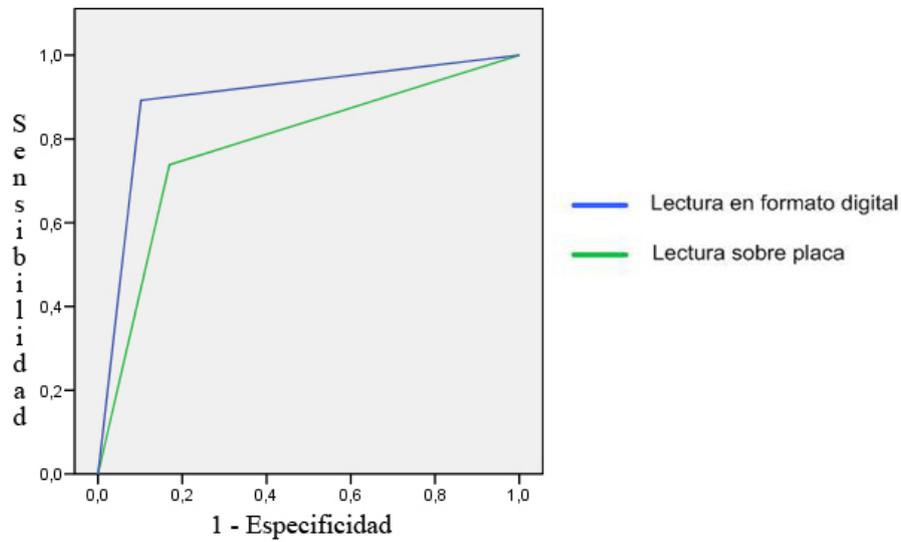


Figura 4.5: Comparación de las curvas ROC calculadas para la lectura sobre soporte digital (área bajo la curva 0.89) y la lectura sobre placa (área bajo la curva 0.78) para el grupo de casos valorados en placa por radiólogos generales.

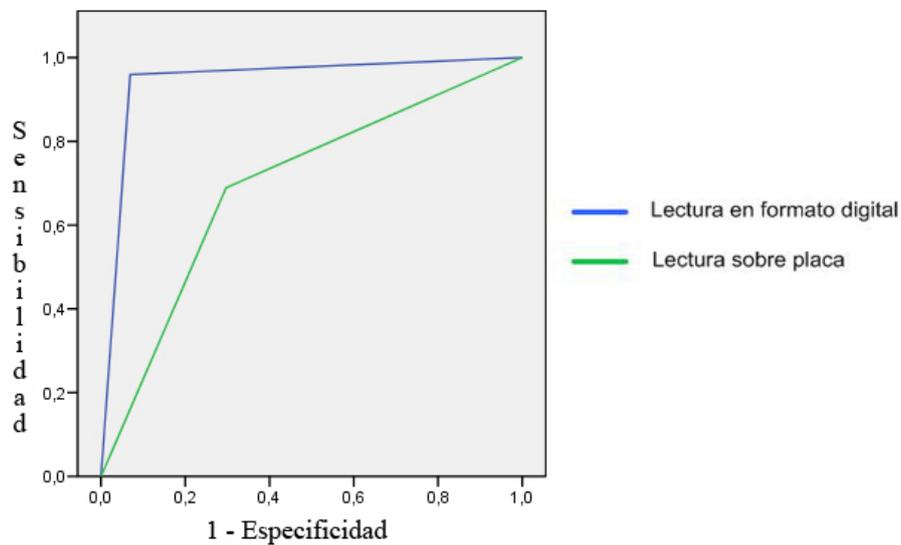


Figura 4.6: Comparación de las curvas ROC calculadas para la lectura sobre soporte digital (área bajo la curva 0.95) y la lectura sobre placa (área bajo la curva 0.70) para el grupo de casos valorados en placa por radiólogos especialistas en musculoesquelético.

El estudio se completó comparando los resultados obtenidos mediante la lectura sobre placa con la lectura en la estación de trabajo sobre formato digital utilizando el test de Wilcoxon sobre las variables derivadas, tal como se describe en el Capítulo de [Material y Métodos \(Página 47\)](#), obteniéndose los resultados que aparecen en la [Tabla 4.3](#).

Test de Wilcoxon: Lectura sobre placa - Lectura digital

	N	Rango promedio	Suma de Rangos
Rangos negativos	60 ^a	33.50	2010.00
Rangos positivos	6 ^b	33.50	201.00
Empates	233 ^c		
Total	299		

- a. lectura placas < lectura digital
- b. lectura placas > lectura digital
- c. lectura placas = lectura digital

Estadísticos de Contraste^b

	placas - digital
Z	-6.647 ^a
Sig. asintótica (bilateral)	0.000

- a. Basado en rangos positivos
- b. Prueba de los rangos con signos de Wilcoxon

Tabla 4.3: Comparación de los resultados de la lectura sobre placas con la lectura sobre soporte digital, obteniéndose una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.00$) a favor de la lectura sobre formato digital en la estación de trabajo.

4.2. Resultados diagnósticos de las diferentes series y ventanas utilizadas

Se calcularon [SN](#), [SP](#), [VPP](#), [VPN](#) y coeficiente κ para cada serie con ventana estándar y ventana estrecha, reflejándose los resultados en la [Tabla 4.4](#).

Serie	κ	SN	SP	VPP	VPN
Sag DP	0.771	0.84±0.06	0.93±0.04	0.90±0.05	0.88±0.05
Sag DP st	0.774	0.85±0.06	0.91±0.04	0.88±0.06	0.89±0.05
Cor STIR	0.727	0.80±0.07	0.90±0.04	0.86±0.06	0.85±0.05
Cor STIR st	0.757	0.83±0.06	0.90±0.04	0.87±0.06	0.87±0.05
Cor T1	0.780	0.88±0.06	0.89±0.05	0.86±0.06	0.90±0.04
Cor T1 st	0.761	0.88±0.06	0.87±0.05	0.85±0.06	0.90±0.05
Sag T2	0.668	0.69±0.08	0.94±0.03	0.90±0.06	0.80±0.04
Sag T2 st	0.705	0.77±0.07	0.92±0.04	0.88±0.06	0.83±0.05
Sag T1 GRE	0.709	0.83±0.06	0.87±0.05	0.83±0.06	0.87±0.05
Sag T1 GRE st	0.721	0.79±0.08	0.93±0.04	0.84±0.08	0.90±0.04

Tabla 4.4: Capacidad diagnóstica para cada serie; SN, SP, VPP, VPN y coeficiente κ con ventana estándar y ventana estrecha (st).

En la [Figura 4.7](#) se muestran de forma gráfica y comparada los resultados absolutos obtenidos para cada serie utilizando siempre la artroscopia como *gold standard*.

Para cada serie se crearon las variables de diagnóstico tal y como se especifica en el Capítulo de [Material y Métodos \(Página 47\)](#), y se realizaron dos tests no paramétricos de comparación entre variables relacionadas para datos apareados: la prueba de Friedman comparando los resultados diagnósticos obtenidos para todas las series estudiadas (con ambas ventanas), cuyos resultados se reflejan en la [Tabla 4.5](#).

	Rango promedio
Sagital DP	5.63
Sagital DP st	5.66
Sagital T1 GRE	5.38
Sagital T1 GRE st	5.12
Coronal STIR	5.51
Coronal STIR st	5.61
Sagital T2	5.36
Sagital T2 st	5.47
Coronal T1	5.65
Coronal T1 st	5.60

Estadísticos de contraste ^a	
N	281
χ^2	48.415
gl	9
Sig. asintótica	0.000

a. Prueba de Friedman

Tabla 4.5: Valor calculado del test de Friedman para las variables de diagnóstico comparando los resultados de la totalidad de las series entre sí.

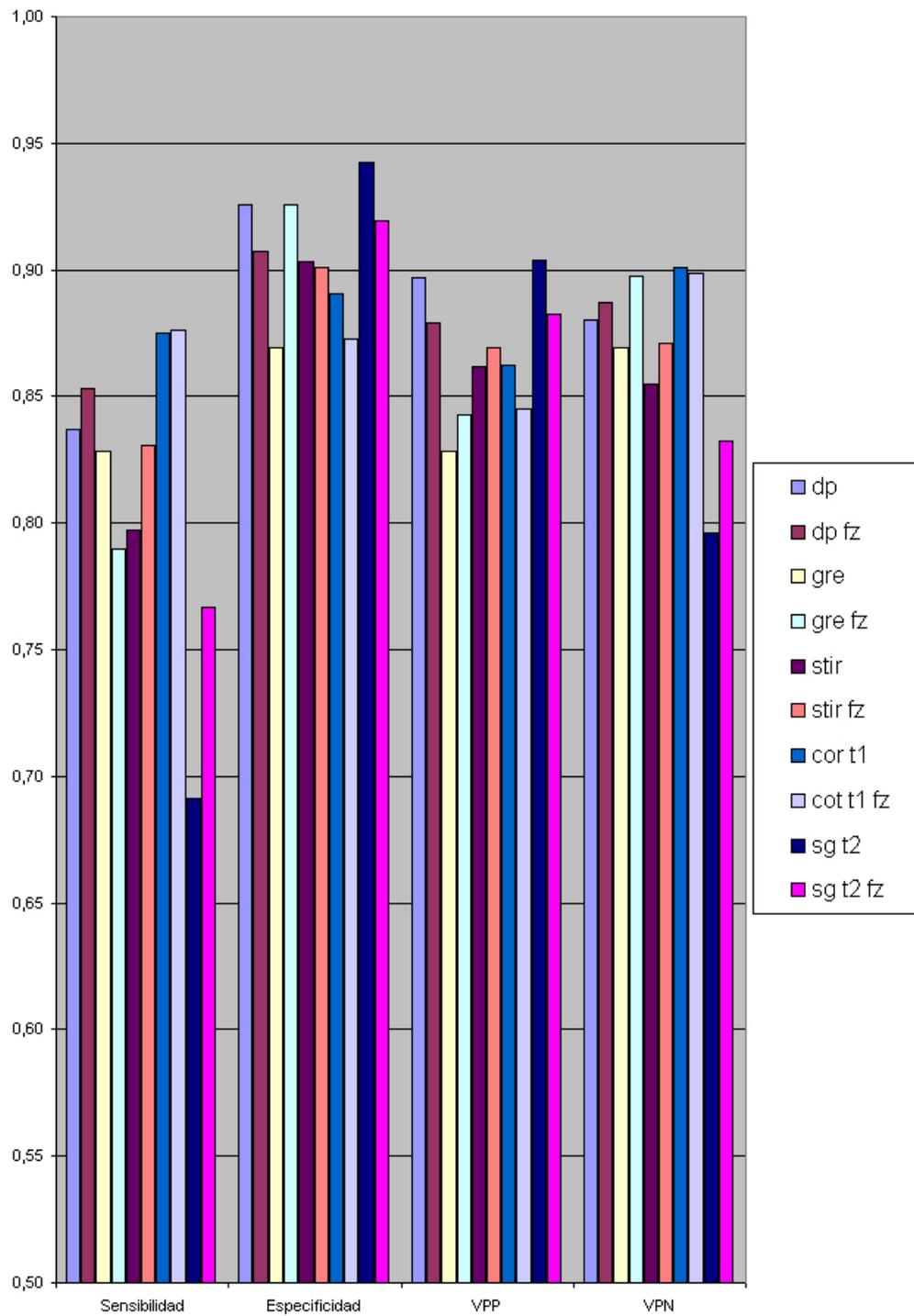


Figura 4.7: Distribución de los resultados obtenidos por series radiológicas, utilizando la artroscopia como *gold standard*.

	Sg DP	Sg T2 st	Sg T2	Cor T1 st	Cor T1	Sg GRE st	Sg GRE	Cor STIR st	Cor STIR
Sg DP st	0.44	0.02	0.00	0.62	0.85	0.00	0.55	0.73	0.04
Cor STIR	0.14	0.52	0.92	0.06	0.01	0.00	0.88	0.01	
Cor STIR st	0.86	0.21	0.05	0.87	0.61	0.00	0.09		
Sg GRE	0.12	0.59	0.79	0.12	0.03	0.00			
Sg GRE st	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Cor T1	0.50	0.10	0.02	0.25					
Cor T1 st	1.00	0.29	0.09						
Sg T2	0.01	0.20							
Sg T2 st	0.10								

Tabla 4.6: Valores estadísticos del test de Wilcoxon para todas las series comparadas individualmente, tanto con la ventana estándar como con la estrecha (st).

Dado que este test genérico reflejaba la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.00$), se procedió a valorar la capacidad diagnóstica de cada serie (con sus dos posibles ventanas) contra todas las demás mediante el test de los signos con rango de Wilcoxon; los resultados de esta comparación se muestran en la [Tabla 4.6](#).

Como uno de los objetivos del trabajo es comparar los resultados obtenidos con ventanas estrechas frente a las ventanas de impresión, y con objeto de facilitar la evaluación, el test de los signos con rango de Wilcoxon que compara la capacidad diagnóstica de la ventana estándar y la de la ventana estrecha dentro de cada serie se muestra separado en las Tablas [4.7](#) y [4.8](#).

Test de Wilcoxon de comparación de la ventana estrecha con la estándar para cada serie

		N	Rango promedio	Suma de rangos	
Sag. DP	R. positivos	5 ^a	6.00	30.00	a. Sag DP estrecha <Sag. DP estándar
	R. negativos	7 ^b	6.86	48.00	b. Sag DP estrecha >Sag. DP estándar
	Empates	297 ^c			c. Sag DP estrecha = Sag. DP estándar
	Total	309			
Sag. T1 GRE	R. positivos	23 ^d	17.78	409.00	d. Sag T1 GRE estrecha <Sag. T1 GRE estándar
	R. negativos	7 ^e	8.00	56.00	e. Sag T1 GRE estrecha >Sag. T1 GRE estándar
	Empates	254 ^f			f. Sag T1 GRE estrecha = Sag. T1 GRE estándar
	Total	284			
Cor. STIR	R. positivos	2 ^g	4.50	9.00	g. Cor. STIR estrecha <Cor. STIR estándar
	R. negativos	10 ^h	6.90	69.00	h. Cor. STIR estrecha >Cor. STIR estándar
	Empates	296 ⁱ			i. Cor. STIR estrecha = Cor. STIR estándar
	Total	308			
Cor. T1	R. positivos	6 ^j	5.25	31.50	j. Cor. T1 estrecha <Cor. T1 estándar
	R. negativos	3 ^k	4.50	13.50	k. Cor. T1 estrecha >Cor. T1 estándar
	Empates	301 ^l			l. Cor. T1 estrecha = Cor. T1 estándar
	Total	310			
Sag. T2	R. positivos	7 ^m	9.50	66.50	m. Sag. T2 estrecha <Sag. T2 estándar
	R. negativos	12 ⁿ	10.29	123.50	n. Sag. T2 estrecha >Sag. T2 estándar
	Empates	291 ^o			o. Sag. T2 estrecha = Sag. T2 estándar
	Total	310			

Tabla 4.7: Rangos con signo para el test de Wilcoxon para cada serie comparando los resultados de diagnóstico en cada caso de la ventana estándar con la estrecha.

Estadísticos de contraste^c para ventana estrecha respecto a la estándar

	Sag.DP	Sag. T1 GRE	Cor. STIR	Cor. T1	Sag. T2
Z	-0.775 ^a	-3.743 ^b	-2.437 ^a	-1.155 ^b	-1.279 ^a
Sig. asintótica (bilateral)	0.439	0.000	0.015	0.248	0.201

- a. Basado en los rangos negativos
- b. Basado en los rangos positivos
- c. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Tabla 4.8: Valores calculados del test de Wilcoxon para cada serie comparando los resultados de diagnóstico en cada caso de la ventana estándar con la estrecha.

Para completar la comparación entre la capacidad de las diferentes ventanas de diagnóstico dentro de la misma serie se representaron las curvas ROC comparando dentro de cada serie la capacidad diagnóstica de la ventana estándar con la estrecha, tal como se muestra en las Figuras 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12.

Curvas ROC para la serie Sagital TME DP

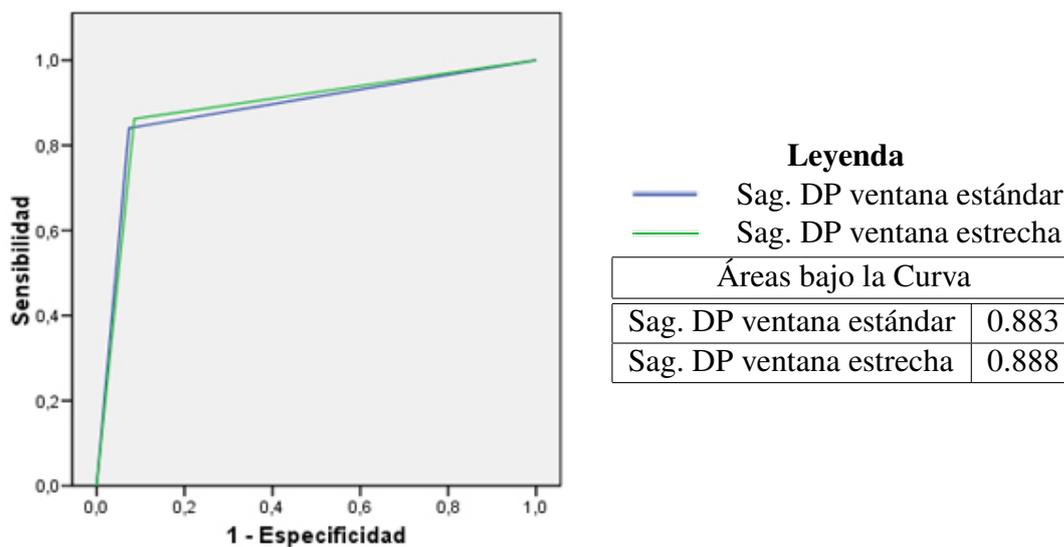


Figura 4.8: Comparación de la lectura con ventanas estándar y estrechas para la serie Sagital TME DP mediante curvas ROC.

Curvas ROC para la serie Coronal SE T1

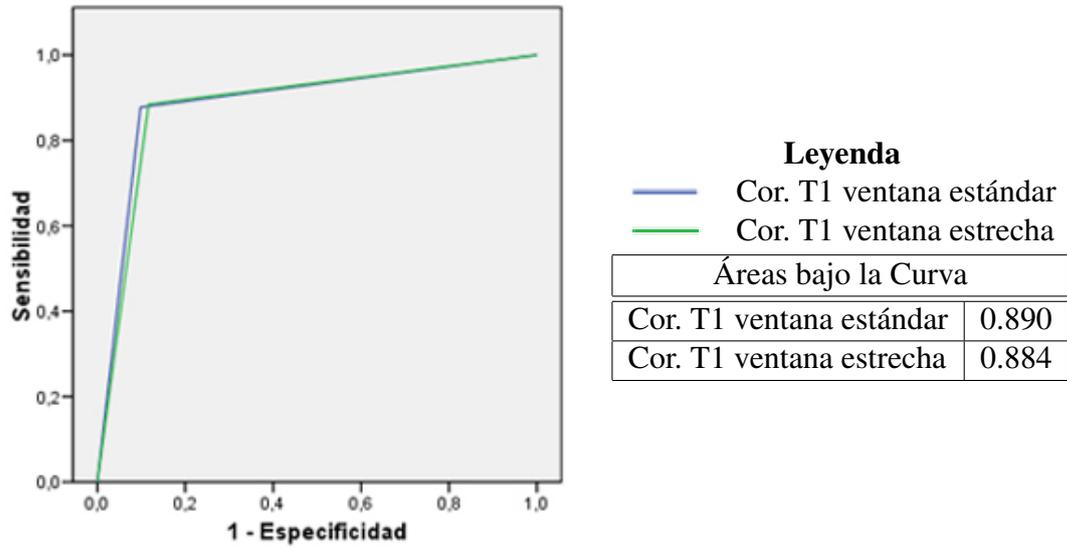


Figura 4.9: Comparación de la lectura con ventanas estándar y estrechas para la serie Coronal SE T1 mediante curvas ROC.

Curvas ROC para la serie Coronal STIR

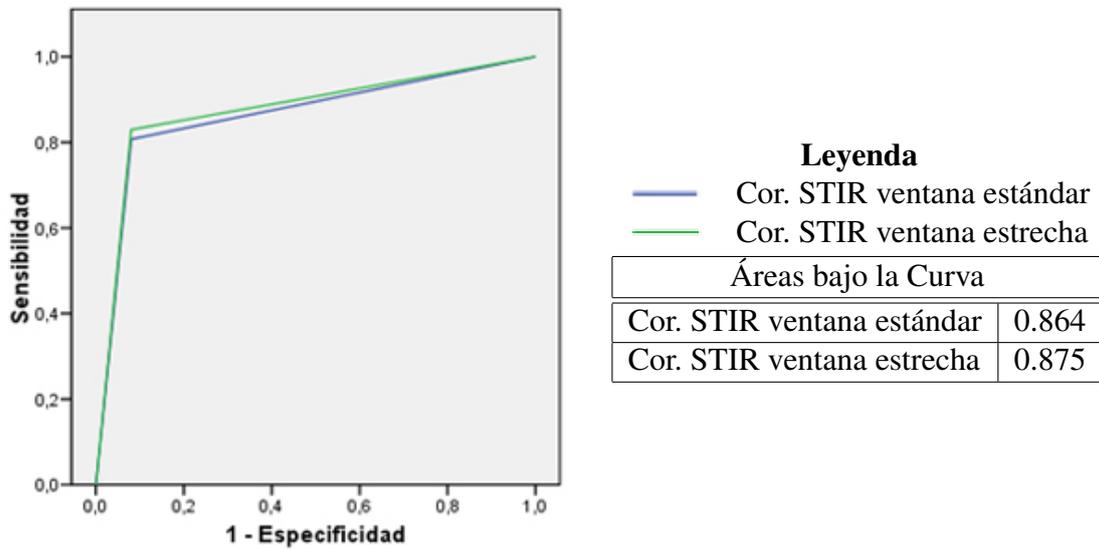


Figura 4.10: Comparación de la lectura con ventanas estándar y estrechas para la serie Coronal STIR mediante curvas ROC.

Curvas ROC para la serie Sagital GRE T1

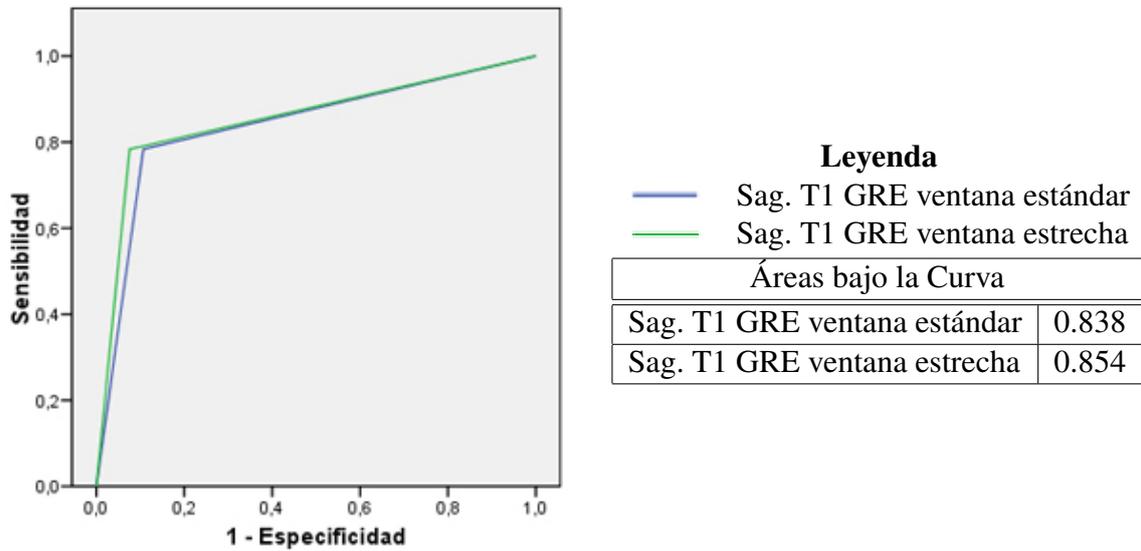


Figura 4.11: Comparación de la lectura con ventanas estándar y estrechas para la serie Sagital GRE T1 mediante curvas ROC.

Curvas ROC para la serie Sagital TME T2

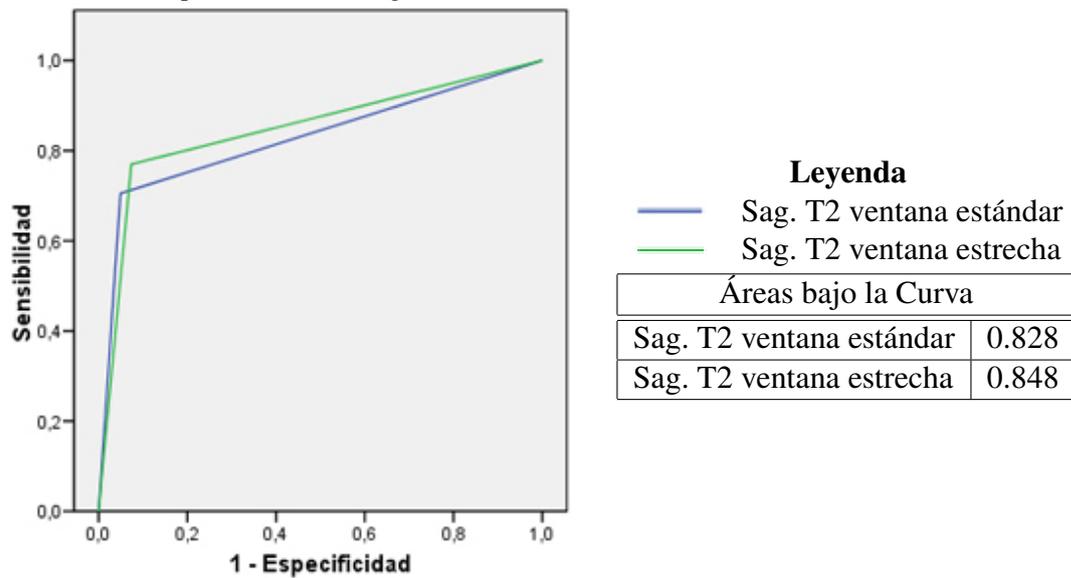


Figura 4.12: Comparación de la lectura con ventanas estándar y estrechas para la serie Sagital TME-T2 mediante curvas ROC.

Discusión

5.1. Comparación de resultados según el método de lectura

Al comparar los resultados de la lectura sobre soporte digital y la lectura sobre placa, podemos ver que los resultados son significativamente mejores cuando se realiza la lectura sobre soporte digital ($p = 0.00$) (Tabla 4.3) con mayor sensibilidad, especificidad y coeficiente κ (Tabla 4.1), lo que también se refleja en un área bajo la curva significativamente mayor (área bajo la curva 0.92 para la lectura en soporte digital y área bajo la curva 0.73 para la lectura sobre placa) en la comparación de curvas ROC (Figura 4.4).

La diferencia entre los resultados obtenidos con cada uno de los dos métodos de lectura es muy llamativa, pero en toda la literatura consultada siempre se ha considerado como referencia para determinar la utilidad diagnóstica de las imágenes almacenadas con formatos comprimidos las imágenes fuente ([87] [88]) o las imágenes analógicas originales; por ello hemos considerado necesario realizar una aproximación a las posibles causas. En una evaluación inicial de las posibles causas de la llamativa diferencia de capacidad diagnóstica detectada, se apreciaron las siguientes posibilidades:

Experiencia del radiólogo: Los datos de diagnóstico sobre soporte digital fueron obtenidos de la lectura realizada por un residente de último año y un radiólogo especialista en musculoesquelético de forma coordinada, en tanto que los de la lectura sobre placa radiológica fueron obtenidos directamente de la historia clínica de los pacientes. Estos estudios fueron leídos originalmente sobre placa por un grupo heterogéneo de radiólogos, de forma que sólo 92 estudios (184 meniscos), lo

que supone un 59.35 % del total, fueron informados por un radiólogo especialista en musculoesquelético, mientras que 63 estudios (126 meniscos), es decir el 40.64 % del total, fueron valorados por radiólogos generales (Figura 5.1). Para determinar la influencia de este factor, se realizó una estratificación de resultados, tal como se muestra en la Tabla 4.2. Los resultados obtenidos se discuten en la Sección 5.2.

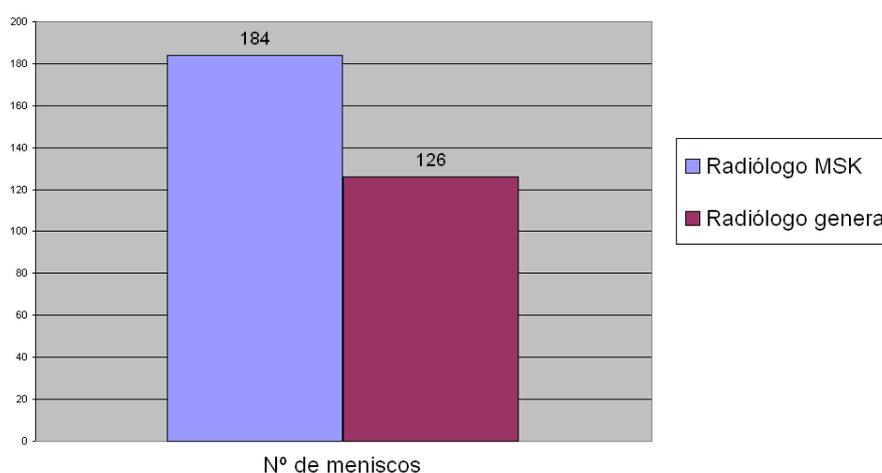


Figura 5.1: En la figura se muestra el número de meniscos que, en el diagnóstico inicial sobre placas, fueron valorados por radiólogos especialistas y por radiólogos generales.

Posibilidad de variación de ventanas: La lectura sobre placa radiográfica implica el estudio de una imagen estática, no modificable, en tanto que la lectura directa sobre soporte digital supone la posibilidad de modificar la ventana de visualización, lo que puede facilitar la detección de lesiones (Página 41). Para evaluar esta posibilidad se realizó un análisis comparativo entre las diferentes series utilizadas en nuestro estudio estándar (Sección 5.3) valorándolas con ventanas estándar y ventanas estrechas (Sección 5.4).

Tamaño de la imagen: En la lectura sobre soporte digital, el tamaño de la imagen es el de la pantalla de visualización del ordenador mientras que en la lectura sobre placa radiográfica el tamaño es mucho menor, lo que puede influir en la capacidad de detección de lesiones de pequeño tamaño. La influencia de este factor ha resultado

imposible de analizar en nuestro estudio debido a problemas técnicos derivados de la limitación de la resolución de pantalla de los ordenadores disponibles, que no permitían mantener una matriz de 512 x 512 píxeles por imagen si se intentaba ajustar el tamaño de la imagen en pantalla al de la placa radiográfica.

5.2. Comparación de resultados estratificados por experiencia del radiólogo

Tras la estratificación se comprobó que los resultados de la lectura sobre medios digitales eran significativamente mejores que los obtenidos en la lectura sobre placas por cualquiera de los dos grupos de estratificación (los casos leídos sobre placa por radiólogos generales y los leídos originalmente por radiólogos especialistas en musculoesquelético), con áreas bajo la curva de 0.89 y 0.78 en las lecturas con formato digital y sobre placa respectivamente en el grupo de estudios valorados originalmente por radiólogos generales y áreas bajo la curva de 0.95 y 0.70 en la lectura con formato digital y sobre placa respectivamente en el grupo de los estudios leídos sobre placa por radiólogos especialistas en musculoesquelético (Figuras 4.5 y 4.6 respectivamente), obteniéndose en la comparación estratificada con los datos estratificados y apareados, el mismo resultado que en la comparación sobre el total de casos.

Incluso llama la atención el hecho de que los resultados obtenidos por radiólogos generales en la lectura sobre la placa simple ($\kappa = 0.56$ y área bajo la curva 0.78) son mejores que los obtenidos por los radiólogos especialistas en musculoesquelético ($\kappa = 0.38$ y área bajo la curva 0.69) en las mismas condiciones (Figura 5.2 y Tabla 4.2) lo que orienta en contra de que la experiencia del radiólogo tenga una influencia significativa en la mejora de la rentabilidad diagnóstica del estudio al realizar el informe en otras condiciones, como puedan ser las asociadas al soporte digital utilizadas en la lectura a doble ciego realizada por nosotros.

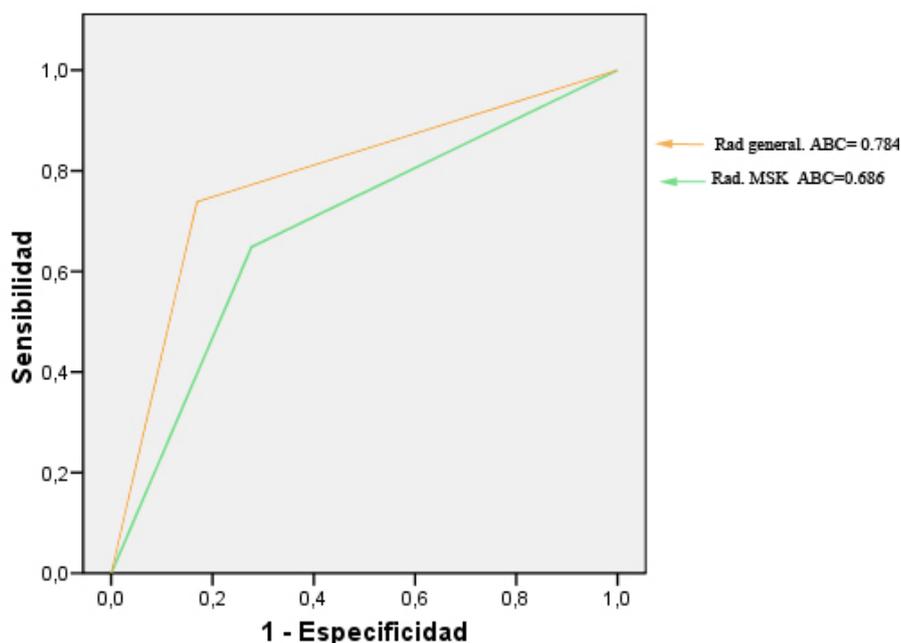


Figura 5.2: Comparación de las curvas ROC de los resultados de la lectura sobre placa obtenidos por radiólogos generales (área bajo la curva 0.78) y por especialistas en radiología musculoesquelética (área bajo la curva 0.69).

5.3. Comparación de resultados por series

Al comparar los resultados de **SN**, **SP**, **VPP** y **VPN** de cada una de las series con los resultados publicados por otros autores ([32] [44]) comprobamos que los valores obtenidos en este estudio son comparables a los ya publicados, llamando únicamente la atención una **SN** relativamente baja de la serie sagital TME-T2 (Tabla 5.1), que comentaremos más adelante (Página 66).

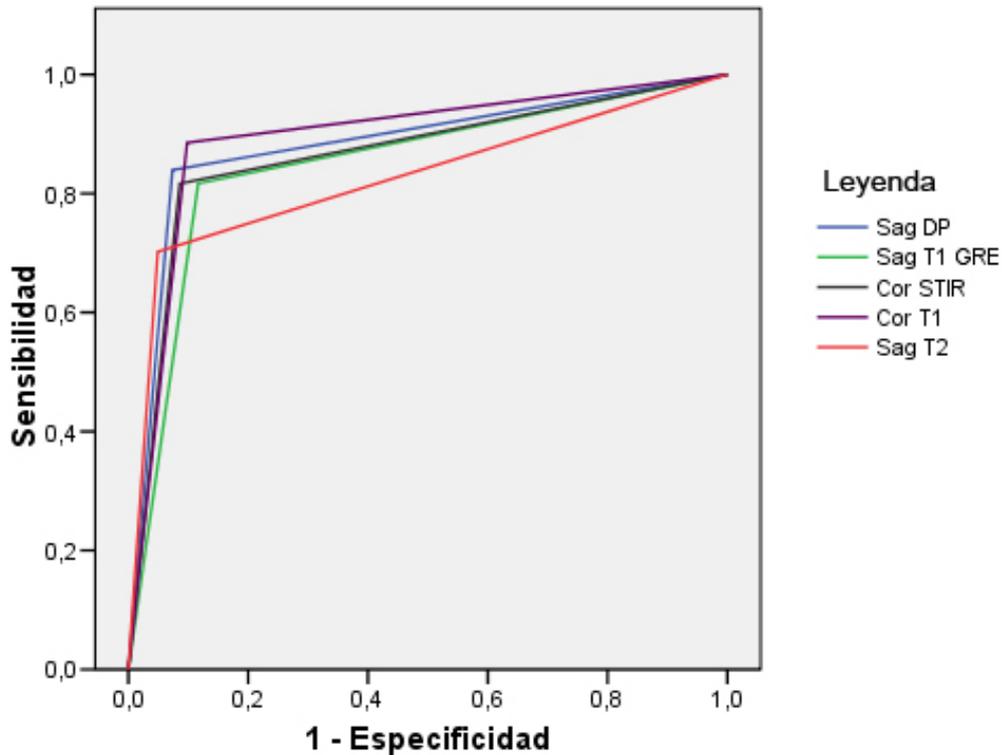
Analizando estos resultados de forma combinada con en análisis de curvas ROC, podemos apreciar algunos resultados interesantes. Así, podemos comprobar cómo las series con una mejor relación sensibilidad-especificidad, que se refleja en una curva más desplazada a la izquierda con mayor área bajo ella, son las series Coronal SE-T1 (área bajo la curva 0.894) y Sagital TME-DP (área bajo la curva 0.883), tal como se puede ver en la Figura 5.3, lo que además se asocia a mejores resultados en los valores calculados de **VPP**, que muestran diferencias máximas de 0.07 puntos con el resto de las series, con **VPP** máximo para las series sagital T2 y sagital DP (0.90 en ambos casos), y resultados

mínimos para la serie sagital T1 GRE (0.83), y en los valores calculados de VPN, que muestran diferencias máximas de 0.1 puntos con el resto de las series con VPN máximo para la serie coronal T1 (0.90), y resultados mínimos para la serie sagital T2 (0.80), todo lo cual sugiere, no sólo que puede recomendarse la incorporación de estas series a los protocolos diagnósticos, como ya han planteado otros autores, e incluso utilizar formas de adquisición de alta velocidad como las TME o Turbo-SE ([77]), sino que, en caso de duda, su evaluación es más fiable que la del resto de las series incluidas en este trabajo.

Serie	SN	SP	VPP	VPN
Sag DP	0.84	0.93	0.90	0.88
Cor STIR	0.80	0.90	0.86	0.85
Cor T1	0.88	0.89	0.86	0.90
Sag T2	0.69	0.94	0.90	0.80
Sag T1 GRE	0.83	0.87	0.83	0.87
Menisco medial [32]	0.97	0.89	0.88	0.96
Menisco lateral [32]	0.85	0.94	0.86	0.95

Tabla 5.1: Comparación de los valores de SN, SP, VPP, VPN para cada serie con ventana estándar con uno de los artículos más amplios encontrados ([32]).

Por otro lado, llama la atención que una de las series que los radiólogos suelen percibir como de mayor utilidad, la Sagital T2 (TME-T2 en nuestro trabajo), presenta una sensibilidad muy baja en comparación con las demás (0.69 ± 0.08 , frente a resultados que se encuentran entre 0.80 en el caso de la serie coronal STIR y 0.88 en el caso de la serie coronal SE-T1) y además, en el análisis de curvas ROC realizado, la serie TME-T2 no muestra tan buenos resultados como las series Coronal SE-T1 y Sagital TME-DP (área bajo la curva 0,827 para la serie Sagital TME-T2 con áreas bajo la curva de 0.894 y 0.883 para las series Coronal SE-T1 y Sagital TME-DP respectivamente) (Figura 5.3); sin embargo, esta percepción generalizada de los radiólogos no es totalmente incorrecta ya que, como podemos ver en la Figura 4.7 y en la tabla Tabla 4.4 tiene una especificidad muy alta (0.94 ± 0.03) y un VPP superior al de las otras series (0.90 ± 0.06).



Área bajo la curva

Variables	Área	Error típ. ^a	Sig. asintótica ^b	Intervalo de confianza asintótico al 95 %	
				L. inferior	L. superior
Sag. DP	0.883	0.022	0.000	0.840	0.927
Sag.T1	0.850	0.024	0.000	0.802	0.898
Cor. STIR	0.865	0.024	0.000	0.819	0.912
Cor. T1	0.894	0.021	0.000	0.853	0.935
Sag. T2	0.827	0.026	0.000	0.775	0.878

a. Bajo el supuesto no paramétrico

b. Hipótesis nula: área verdadera = 0.5

Figura 5.3: Comparación de los resultados diagnósticos obtenidos en la lectura con ventana estándar para las series incluidas en el estudio mediante metodología de curvas ROC. Se han indicado las áreas bajo la curva calculadas para cada una de ellas.

Curiosamente además, cuando se evalúa de forma cruzada con las otras series mediante el test de Wilcoxon (Tablas 4.6 y 5.2) vemos que sólo se detectan diferencias estadísticamente significativas de los resultados diagnósticos de esta serie con respecto a los de la serie Sagital TME-DP, independientemente de la ventana con la que se lea ésta ($p = 0.01$ si la serie Sagital TME-DP se lee con ventana estándar y $p = 0.00$ si la serie Sagital TME-DP se lee con ventana estrecha), la serie Coronal SE-T1 valorada con ventana estándar ($p = 0.02$) y la serie sagital T1 GRE valorada con ventana estrecha ($p = 0.00$), obteniéndose en los tres primeros casos mejores resultados con la serie Sagital TME-T2 y en el último, con la ventana estrecha de la serie Sagital T1 GRE.

Par de series comparadas	Test de Wilcoxon	Rango dominante
Sag. DP y Sag. T2	0.01	Sag. DP <Sag. T2
Cor. T1 y Sag. T2	0.02	Cor. T1 <Sag. T2
Sag DP st. y Sag. T2	0.00	Sag DP st. <Sag. T2
Sag DP st. y Sag. T2 st.	0.02	Sag DP st. <Sag. T2 st.
Sag DP st. y Cor. STIR	0.04	Sag DP st. <Cor. STIR
Sag. T1 GRE st y Sag DP	0.00	Sag. T1 GRE st >Sag DP
Sag. T1 GRE st y Sag DP st.	0.00	Sag. T1 GRE st >Sag DP st.
Sag. T1 GRE st y Sag. T2 st.	0.00	Sag. T1 GRE st >Sag. T2 st.
Sag. T1 GRE st y Sag. T2	0.00	Sag. T1 GRE st >Sag. T2
Sag. T1 GRE st y Cor. T1	0.00	Sag. T1 GRE st >Cor. T1
Sag. T1 GRE st y Cor. T1 st.	0.00	Sag. T1 GRE st >Cor. T1 st.
Sag. T1 GRE st y Cor. STIR	0.00	Sag. T1 GRE st >Cor. STIR
Sag. T1 GRE st y Cor. STIR st.	0.00	Sag. T1 GRE st >Cor. STIR st.
Cor. STIR y Cor. T1	0.01	Cor. STIR >Cor. T1
Sag. T1 GRE y Cor. T1	0.02	Sag. T1 GRE >Cor. T1

Tabla 5.2: Resultados del test de Wilcoxon y rangos dominantes definidos por el análisis estadístico para los pares con diferencias estadísticamente significativas en la [Tabla 4.6](#).

5.4. Comparación de resultados por ventanas

5.4.1. Valoración general de la utilidad de cada serie en función de la ventana de lectura

En la tabla [Tabla 5.3](#) podemos ver reflejados los valores de **SN**, **SP**, **VPP** y **VPN** considerando también los valores obtenidos con las ventanas estrechas, pudiendo comprobar cómo en todos los casos el empleo de ventanas estrechas mejora ligeramente el **VPN** (en el rango de 0.3 puntos de diferencia) pero reduce el **VPP** (en el rango de 0.2 puntos de diferencia) con resultados variables en cuanto a **SN** y **SP**, no lográndose apreciar diferencias de consideración salvo en el caso de la **SN** de la serie sagital T2 que mejora de 0.69 con la ventana estándar a 0.77 con la estrecha, aunque en realidad la **SP** y el **VPP** disminuyen, lo que hace que esta aparente mejoría de los resultados de sensibilidad aporte escasa rentabilidad diagnóstica.

Serie	SN	SP	VPP	VPN
Sag DP	0.84	0.93	0.90	0.88
Sag DP st	0.85	0.91	0.88	0.89
Cor STIR	0.80	0.90	0.86	0.85
Cor STIR st	0.83	0.90	0.87	0.87
Cor T1	0.88	0.89	0.86	0.90
Cor T1 st	0.88	0.87	0.85	0.90
Sag T2	0.69	0.94	0.90	0.80
Sag T2 st	0.77	0.92	0.88	0.83
Sag T1 GRE	0.83	0.87	0.83	0.87
Sag T1 GRE st	0.79	0.93	0.84	0.90
Menisco medial [32]	0.97	0.89	0.88	0.96
Menisco lateral [32]	0.85	0.94	0.86	0.95

Tabla 5.3: Comparación de los valores de **SN**, **SP**, **VPP**, **VPN** para cada serie con ventana estándar y ventana estrecha (st) con uno de los artículos más amplios encontrados ([32]).

Al comparar la utilidad diagnóstica de las series entre sí (con ambas ventanas) con la prueba de Friedman ([Tabla 4.5](#)) el resultado muestra diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.00$), lo que indica la existencia de series que son específicamente mejores que otras para el diagnóstico de la rotura meniscal. Para determinar qué series

generaban una diferencia específica en la prueba de Friedman se realizó una comparación de cada serie con las demás mediante el test de Wilcoxon (Tabla 4.6).

Como podemos ver en las Tablas 4.6 y 5.2, la evaluación de la serie Sagital DP con ventana estrecha no aporta beneficios; en la confrontación con la mayoría de las otras series, no hay diferencias estadísticamente significativas, y en aquellos casos en los que se detectan diferencias, a saber: la serie Sagital TME-T2 leída con ventana estándar ($p = 0.00$) o con ventana estrecha ($p = 0.02$), la serie Coronal STIR valorada con ventana estándar ($p = 0.04$) y la serie Sagital T1 GRE valorada con ventana estrecha ($p = 0.00$), éstas diferencias manifiestan mejores resultados con la otra serie, no con la serie Sagital DP valorada con ventana estrecha.

Es llamativo que, a pesar de que las imágenes que se obtienen con la ventana estrecha de la serie Sagital T1 GRE son muy difíciles de valorar por el gran contraste de blancos y negros, cuando se comparan los resultados diagnósticos caso a caso valorando sólo aquellos en los que se ha logrado alcanzar un diagnóstico radiológico, esta serie con ventana estrecha proporciona mejores resultados que cualquiera de las otras ($p = 0.00$ en todas las comparaciones).

En lo que se refiere a las series coronales, imprescindibles para la detección de algunos tipos de rotura, se puede ver que los mejores resultados diagnósticos se obtienen con la serie Coronal T1 ($\kappa = 0.780$ y área bajo la curva 0.894 para la serie coronal T1, y $\kappa = 0.727$ y área bajo la curva 0.865 para la serie coronal STIR) y que las ventanas estrechas no suponen mejoría apreciable, de forma que la comparación entre ventanas en la serie Coronal T1 no muestra diferencias significativas ($p = 0.25$) y en la serie Coronal STIR, se obtienen mejores resultados con la ventana estándar ($p = 0.01$).

5.4.2. Valoración de la utilidad de las ventanas estrechas frente a las estándar de forma apareada para cada serie

Como podemos ver en las Figuras 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12 al comparar los resultados de la lectura con ventana estándar y con ventana estrecha mediante curvas ROC, no se aprecian diferencias significativas en las áreas bajo la curva en la mayoría de las series. La única serie que muestra una discreta variación en los resultados al cambiar la ventana es la Sagital TME-T2, apreciándose discreta mejoría de los resultados diagnósticos en la lectura con ventana estrecha (Figura 4.12), aunque la diferencia es mínima,

sin clara significación estadística (área bajo la curva 0.828 con la ventana estándar y 0.848 con la ventana estrecha).

El test de Wilcoxon no muestra diferencias significativas entre las dos ventanas para las series sagital TME-DP, sagital TME-T2 y Coronal SE T1 (Tabla 4.8); para la interpretación de la prueba de Wilcoxon se ha utilizado el criterio del *p-value*, obteniéndose en estas tres series diferencias no significativas (el estadístico es, en todos los casos, mayor de 0.05).

Sin embargo, en las series Sagital GRE T1 y Coronal STIR se aprecian diferencias estadísticamente significativas. En el caso de la serie Sagital GRE T1 el valor de *p* es 0.00 (basado en rangos positivos) obteniéndose mejores resultados con la ventana estrecha, en tanto que en la serie Coronal STIR, se obtiene un *p* de 0.01 (basado en rangos negativos) obteniéndose mejores resultados con la ventana estándar (Tabla 4.8); por lo tanto, la única serie de las utilizadas en la que la revisión de la ventana estrecha puede aportar una discreta mejoría al diagnóstico no invasivo de las lesiones meniscales con RM de rodilla, es la Sagital GRE T1 ($p = 0.00$), pese a las grandes limitaciones de esta ventana, en la que el importante contraste de blancos dificulta severamente la evaluación de las imágenes (un ejemplo se puede ver en la Figura 7.2 del Capítulo de Iconografía, Página 77).

Tan sólo se ha logrado localizar, en la revisión de la literatura, un estudio previo, debido a Buckwalter et al. ([86]), que compare los resultados de lectura con ventanas estándar y ventanas estrechas. Este estudio concluye que no existe una diferencia significativa entre la lectura con ambas ventanas, pero tiene algunas diferencias importantes con respecto al trabajo que nosotros hemos desarrollado.

En primer lugar existen diferencias significativas en el volumen de información analizado; en el estudio de Buckwalter no sólo se ha evaluado un número limitado de pacientes (48) que los propios autores consideran insuficiente para establecer una recomendación definitiva, si no que, en vez de una evaluación independiente de cada serie, se ha evaluado el estudio de RM de rodilla, un estudio que además se encontraba limitado a dos series (sagital y coronal TME DP-T2), considerando el diagnóstico para el estudio completo con cada una de las dos ventanas posibles. Esto supone una valoración limitada a sólo dos series (DP y T2), estudiadas además de forma combinada, no pudiéndose determinar si alguna de las otras series que habitualmente componen un estudio de RM de rodilla puede aportar información diagnóstica añadida con la ventana

estrecha.

En nuestro trabajo, hemos aumentado sensiblemente el número de casos analizados y hemos estudiado cada serie por separado, no logrando encontrar diferencias significativas en las lecturas con ventanas estándar y estrecha para las series DP y T2, las analizadas por Buckwalter et al., con lo que podemos confirmar los resultados apuntados en sus conclusiones respecto a estas dos series; sin embargo la única serie que parece aportar un cierto valor añadido si se incluye una lectura con ventana estrecha (Sagital GRE T1) no es una de las series evaluadas en el artículo referido, por lo que no podemos secundar la conclusión genérica de que el uso de ventanas estrechas es inútil en todos los casos.

Por otro lado existen diferencias metodológicas. Buckwalter et al. realizan una lectura sobre placa del estudio completo para cada una de las ventanas por dos radiólogos diferentes, ambos especialistas en radiología MSK, analizando los resultados de curvas ROC para cada observador por separado. Por el contrario, en este trabajo se ha realizado una lectura sobre medio digital para cada serie y ventana (valoradas en orden aleatorio) alcanzándose un diagnóstico radiológico por consenso entre dos observadores, un especialista en radiología MSK y un radiólogo novel, lo que permite eliminar el posible sesgo asociado a la especialización del observador.

En la metodología de curvas ROC, la morfología de la curva obtenida determina la relación entre la sensibilidad (eje Y = sensibilidad) y la especificidad (eje X = 1-especificidad) de forma que se puede determinar qué niveles de sensibilidad y especificidad se tendrían variando el nivel de confianza para el diagnóstico. En nuestro estudio las curvas para las dos posibles ventanas en las series Coronal T1, Coronal STIR y Sagital DP se superponen, lo que supone que no existe una diferencia apreciable entre ellas.

Las curvas obtenidas para las dos ventanas de la serie Sagital T1 GRE no muestran diferencias estadísticamente significativas en la evaluación global (área bajo la curva 0.838 con ventana estándar y 0.854 con ventana estrecha); sin embargo, en la porción inicial de la curva (asociada a una tasa de bajos falsos positivos, y por tanto de mayor interés diagnóstico) la curva correspondiente a la ventana estrecha aparece desplazada a la izquierda con respecto a la estándar, es decir, con umbrales más exigentes (mayor especificidad) se obtienen mejores resultados con la ventana estrecha, y con umbrales menos estrictos los resultados se igualan, por lo que aunque en la metodología de curvas

ROC no se hayan encontrado diferencias estadísticamente significativas, la morfología de las curvas sugiere que la incorporación de la lectura de esta serie con ventana estrecha, podría aportar cierto valor añadido al diagnóstico.

En el caso de la serie Sagital T2 se obtienen unos resultados curiosos; las curvas se cruzan, de forma que en los umbrales de mayor interés diagnóstico (baja tasa de falsos positivos) la ventana estándar proporciona mejores resultados, pero al desplazarse a la derecha comprobamos que, al disminuir el umbral (segmento con baja tasa de falsos negativos), la ventana estrecha es mejor; naturalmente el intervalo de interés diagnóstico es el primero (alta especificidad y baja tasa de falsos positivos) por lo que no parece recomendable realizar una doble lectura de esta serie.

Una vez realizado el análisis global de la sensibilidad/especificidad de la lectura con cada tipo de ventana con el método de curvas ROC tal como hemos mencionado previamente, en este trabajo hemos ido un paso más allá comparando cada caso consigo mismo, en un análisis específico para cada muestra. Al crear una nueva variable para cada serie, que compara el resultado del estudio radiológico con la artroscopia, determinamos los fallos y aciertos de cada serie y luego comparamos cada paciente consigo mismo mediante un test no paramétrico para variables apareadas, el test de Wilcoxon.

La prueba de Wilcoxon de los rangos con signo calcula las diferencias entre las dos variables y clasifica las diferencias como positivas, negativas o nulas teniendo en cuenta la información de signos y la magnitud de las diferencias entre los pares. Esta prueba compara la distribución de las dos variables, permitiendo determinar si existe una diferencia significativa entre ellas. Por tanto, mediante este test se obtiene una cantidad limitada de información comparándolo con la metodología de curvas ROC, pero aporta una comparación apareada de las muestras, lo que supone una mayor precisión del resultado en el punto específico explorado.

En la práctica clínica, cada estudio es valorado de forma global, por lo cual, al valorar las imágenes con ambas ventanas simultáneamente, la existencia de una imagen sospechosa visible con una de las ventanas posibilita que ésta sea buscada específicamente con la otra ventana, lo que puede alterar la percepción subjetiva de utilidad de cada ventana y los datos de diagnóstico radiológico para cada una. Para prevenir este posible sesgo, en el estudio que hemos realizado, las imágenes con ventanas estándar y con ventanas estrechas fueron revisadas por separado, en orden aleatorio (tanto de los estudios como de las ventanas) y a doble ciego.

Se podría plantear que el verdadero interés de las ventanas estrechas radica en determinar si su uso mejora la sensibilidad y especificidad global del estudio diagnóstico, demostrándose en el análisis de curvas ROC que apenas existe variación, pero el objetivo de este análisis adicional con métodos estadísticos más específicos era evaluar si la capacidad diagnóstica de las ventanas estrechas era comparable o mejor que el de las estándar, con objeto de determinar si justifica el mejor resultado diagnóstico obtenido en la lectura de los estudios sobre soporte digital con respecto al obtenido con la lectura sobre placa, y realizar una aproximación a la utilidad de las ventanas estrechas y la conveniencia de una valoración de cada estudio con ventanas múltiples en una estación de trabajo en la actuación diaria. Dado el objetivo y la literatura revisada se decidió que este diseño experimental ampliado resultaba menos confuso separando por completo los dos tipos de ventanas para cada serie.

5.5. Otras consideraciones

Otro punto a considerar es el uso de la artroscopia como *gold standard*. En la actualidad los únicos métodos válidos para el diagnóstico de las lesiones meniscales son la RM y la artroscopia, de forma que es el estudio de comparación más aceptable. Además, en la literatura, la artroscopia ha sido ampliamente aceptada como estándar de comparación para la RM.

Sin embargo los resultados de la artroscopia no siempre reflejan el verdadero estado del menisco, ya que existen tipos de rotura y áreas de afectación en las que la artroscopia tiene una elevada tasa de error ([29] [56] [22] [66] [67] [27] [41]) habiéndose publicado ya artículos en los que se refleja la existencia de “áreas ciegas” para el artroscopio y lesiones que, por su morfología, son difíciles de detectar, lo que supone que la RM tiene el potencial de reemplazar casi completamente a la artroscopia en el papel diagnóstico ([89]). Sin embargo, al ser el único estudio que permite una visualización directa del menisco *in vivo* sigue considerándose el *gold standard* para la valoración de todas las lesiones intra-articulares de la rodilla.

Conclusiones

1. Los resultados de **SN**, **SP**, **VPP** y **VPN** para cada serie son similares a los de estudios publicados previos.
2. Los resultados de **SN**, **SP**, **VPP** y **VPN** para cada serie que se han obtenido con un equipo de resonancia magnética de bajo campo son comparables a los encontrados en la literatura para estudios realizados con equipos de alto campo.
3. Dada la diferencia de coste entre los equipos de alto y bajo campo y la rentabilidad diagnóstica obtenida, es posible recomendar la adquisición de equipos de **RM** de bajo campo de uso articular en aquellas instituciones con alto número de estudios de este tipo, para las que la inversión estaría justificada y permitiría liberar los equipos de alto campo para estudios de tronco, cráneo o columna para los que las **RM** de bajo campo no son adecuadas.
4. La lectura del estudio sobre formato digital en una estación de trabajo proporciona resultados diagnósticos significativamente mejores que los obtenidos con la lectura sobre placa radiográfica, por lo que es posible recomendar la sustitución del método de lectura de forma generalizada, eliminando progresivamente las placas impresas en las historias clínicas de los pacientes.
5. La lectura del medio digital sobre un visualizador basado en software libre y gratuito, como el visualizador OsiriX, utilizado por nosotros en este estudio, proporciona resultados diagnósticos significativamente mejores que los obtenidos con la lectura sobre placa radiográfica, por lo que no es posible justificar la no introducción de esta tecnología en los Servicios de Radiodiagnóstico basándose en la inversión económica necesaria para llevarla a cabo.

6. Pese a que las imágenes de la ventana estrecha de la serie Sagital T1 GRE son muy difíciles de valorar, cuando se logra alcanzar un diagnóstico radiológico, esta serie con ventana estrecha proporciona mejores resultados diagnósticos que el resto de las incluidas en el estudio, por lo que puede ser conveniente realizar una lectura con ventana estrecha de la serie Sagital T1 GRE.
7. No ha sido posible detectar diferencias significativas en los resultados obtenidos en la lectura con ventanas estándar y con ventanas estrechas en tres de las series evaluadas.

En las dos series que mostraban una diferencia significativa en el test de Wilcoxon, una de ellas mostraba mejores resultados con la ventana estándar y sólo la serie Sagital T1 GRE permitía una mínima mejoría del diagnóstico con la ventana estrecha, que no se refleja con claridad en la evaluación comparada de la capacidad diagnóstica global de las dos ventanas posibles mediante la metodología de curvas ROC, por lo que, dado el coste del tiempo de radiólogo añadido para una doble lectura, no es posible recomendar una lectura general del estudio con doble ventana frente a una lectura estándar.

Iconografía

Observando las tablas de **SN** y **SP** obtenidas (ver **Tabla 4.4** en el Capítulo de **Resultados-Página 55**), podemos comprobar que, en la mayoría de los casos, el diagnóstico radiológico coincide con el artroscópico, como sucedía en los pacientes a los que corresponden las Figuras **7.1**, **7.2**, **7.3**, **7.4**, **7.5** y **7.6**.

En los casos en los que la artroscopia no ha confirmado el diagnóstico radiológico se revisaron de nuevo las imágenes con propósito de autoaprendizaje. Tras esta revisión se ha detectado que existen dos grupos de casos que, aunque a los efectos han sido considerados en el estudio como falsos positivos (sin distinciones) sí pueden ser fácilmente separados.

El primer grupo de casos (ligeramente minoritario) corresponde a estudios en los que la imagen de rotura puede considerarse dudosa (al menos uno de los dos radiólogos que revisaron las imágenes la consideró dudosa/posible en la evaluación) o existe una degeneración severa del menisco que dificulta la valoración de su superficie sin evidencia clara de cambios en la morfología del fibrocartílago. Este grupo de casos está formado, con toda seguridad por falsos positivos de la RM como los que aparecen en las Figuras **7.7** y la **7.8**.

En el resto de los casos, la rotura es muy evidente en las imágenes de RM pero difícil de visualizar durante la artroscopia ya sea por la situación del compartimento (**Figura 7.9**) o por la localización de la rotura (**Figura 7.10**), lo que sugiere que pueda tratarse más bien de errores del artroscopista (*pitfalls*) ([41] [89]).

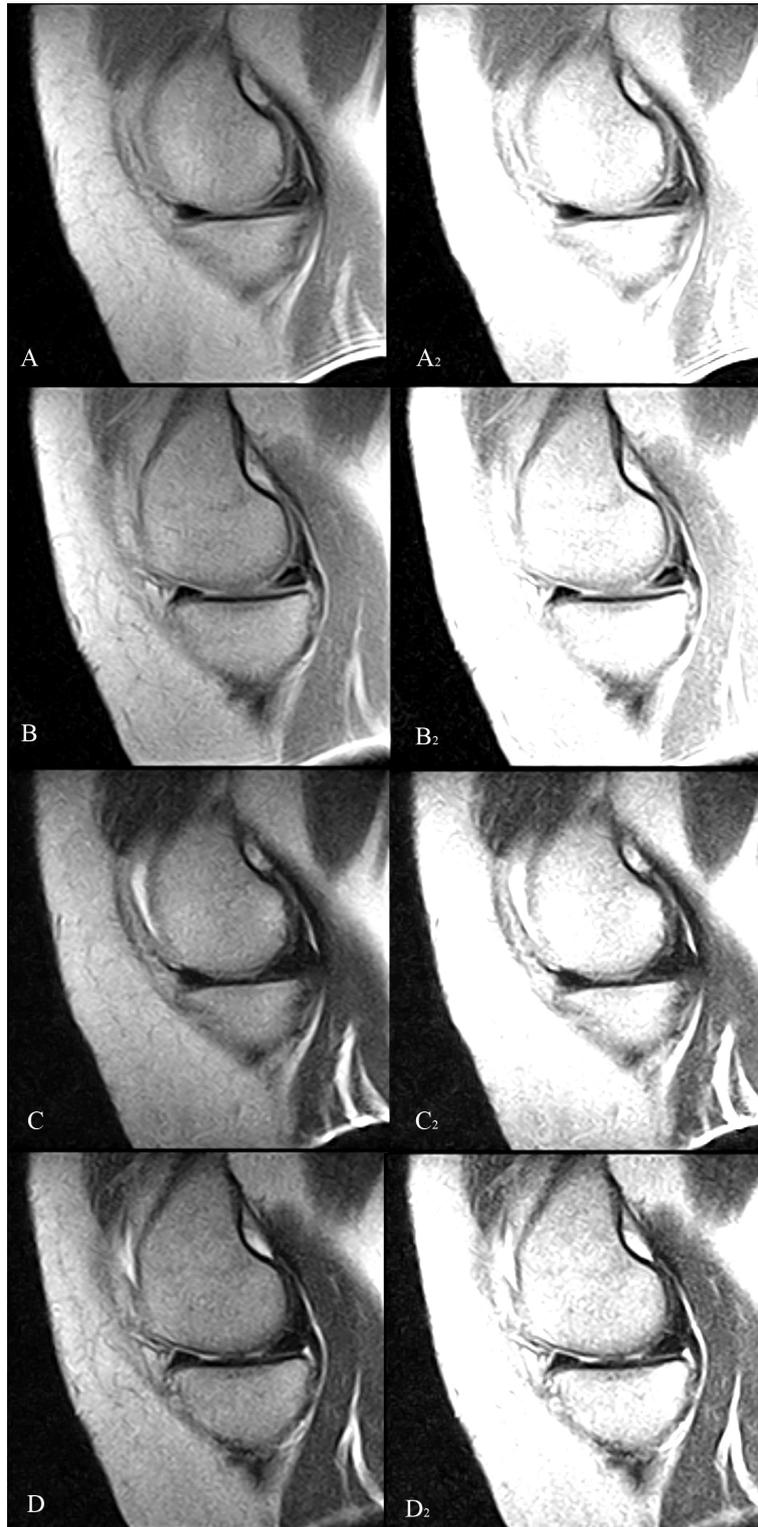


Figura 7.1: Imágenes sagitales DP-T2 con ventana estándar (A, B, C y D) y ventana estrecha (A₂, B₂, C₂ y D₂), en las que se aprecia una rotura simple del cuerno posterior del menisco medial que contacta con la superficie tibial, regularizada en la artroscopia.

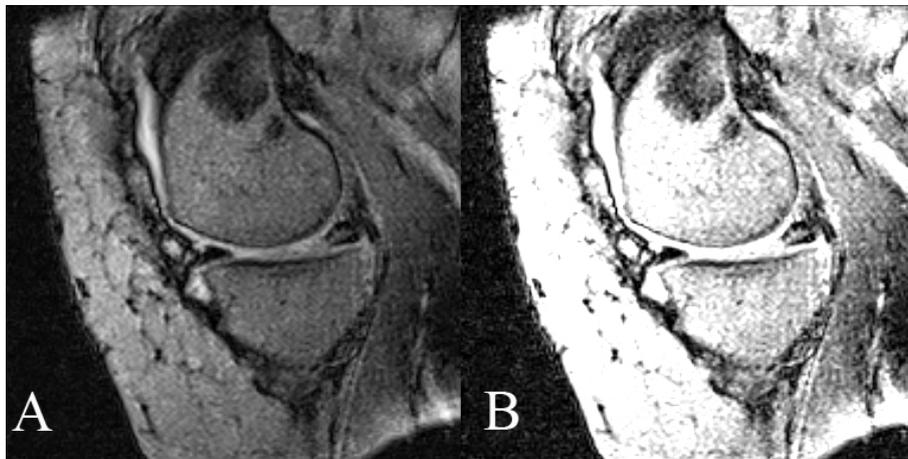


Figura 7.2: Imágenes sagitales T1 gradiente (GRE) del mismo paciente que la [Figura 7.1](#) con ventana estándar (A) y ventana estrecha (B), en las que se aprecia la “dureza” de las imágenes de gradiente (GRE) que dificulta severamente la evaluación de la ventana estrecha.

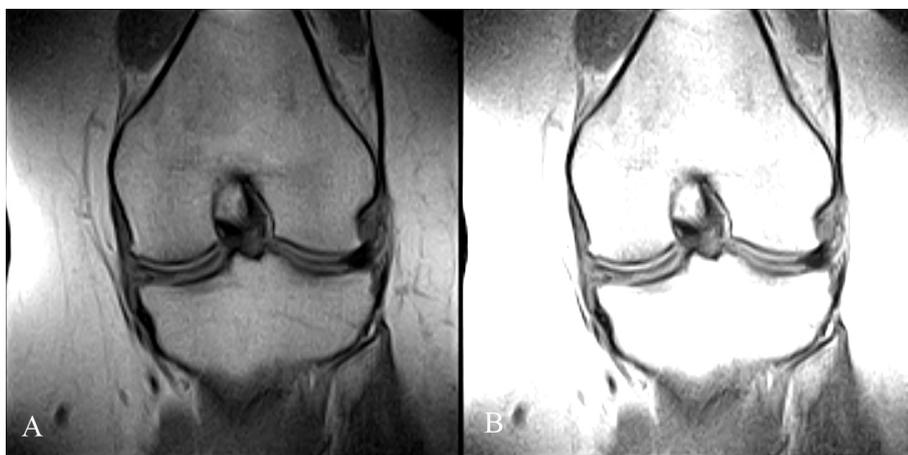


Figura 7.3: Imágenes coronales T1 con ventana estándar (A) y ventana estrecha (B), en las que se aprecia una rotura simple del menisco medial que contacta con la superficie tibial.

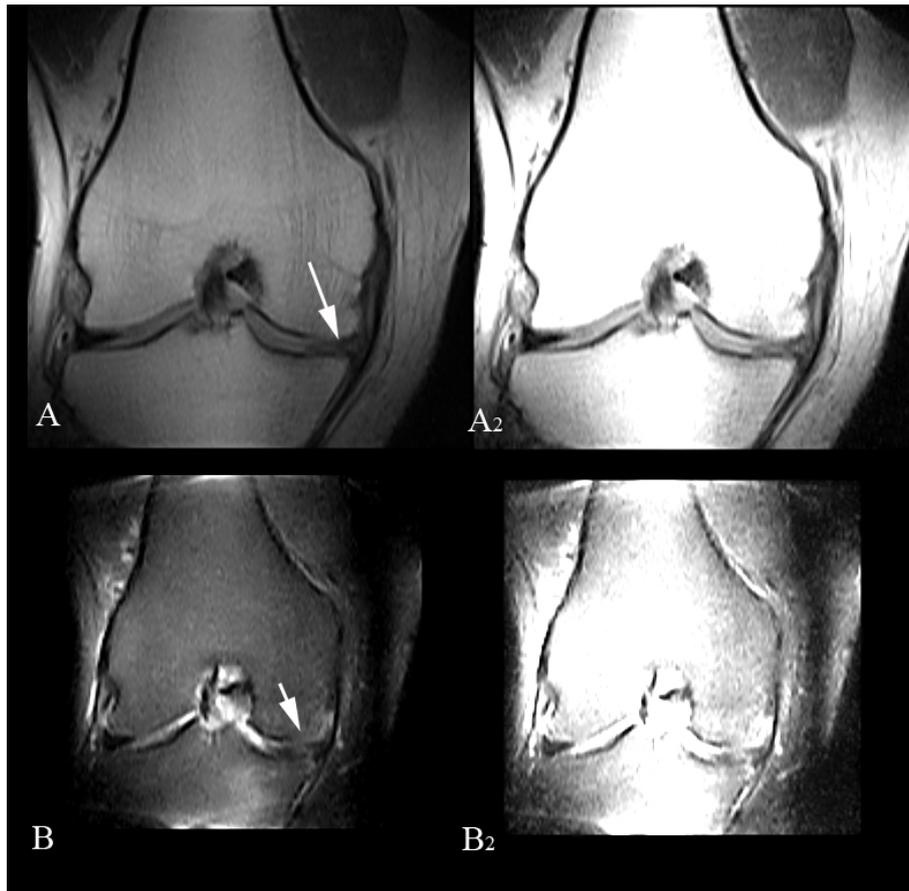


Figura 7.4: Imágenes coronales T1 (A y A₂) y STIR (B y B₂) con ventana estándar (A y B) y ventana estrecha (A₂ y B₂), en las que se aprecia una rotura compleja del menisco medial que se remodeló durante la artroscopia.

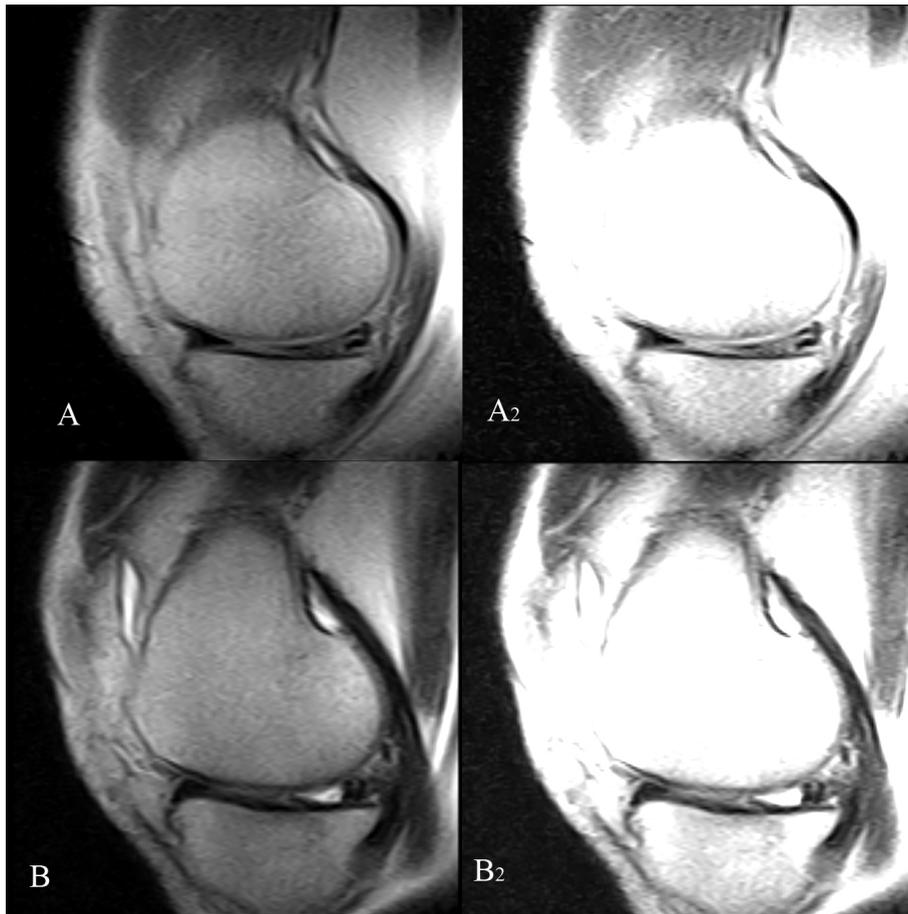


Figura 7.5: Imágenes sagitales DP-T2 con ventana estándar (A y B) y ventana estrecha (A₂ y B₂), en las que se aprecia degeneración severa del cuerno posterior del menisco medial con imagen de rotura compleja que contacta con la superficie tibial.

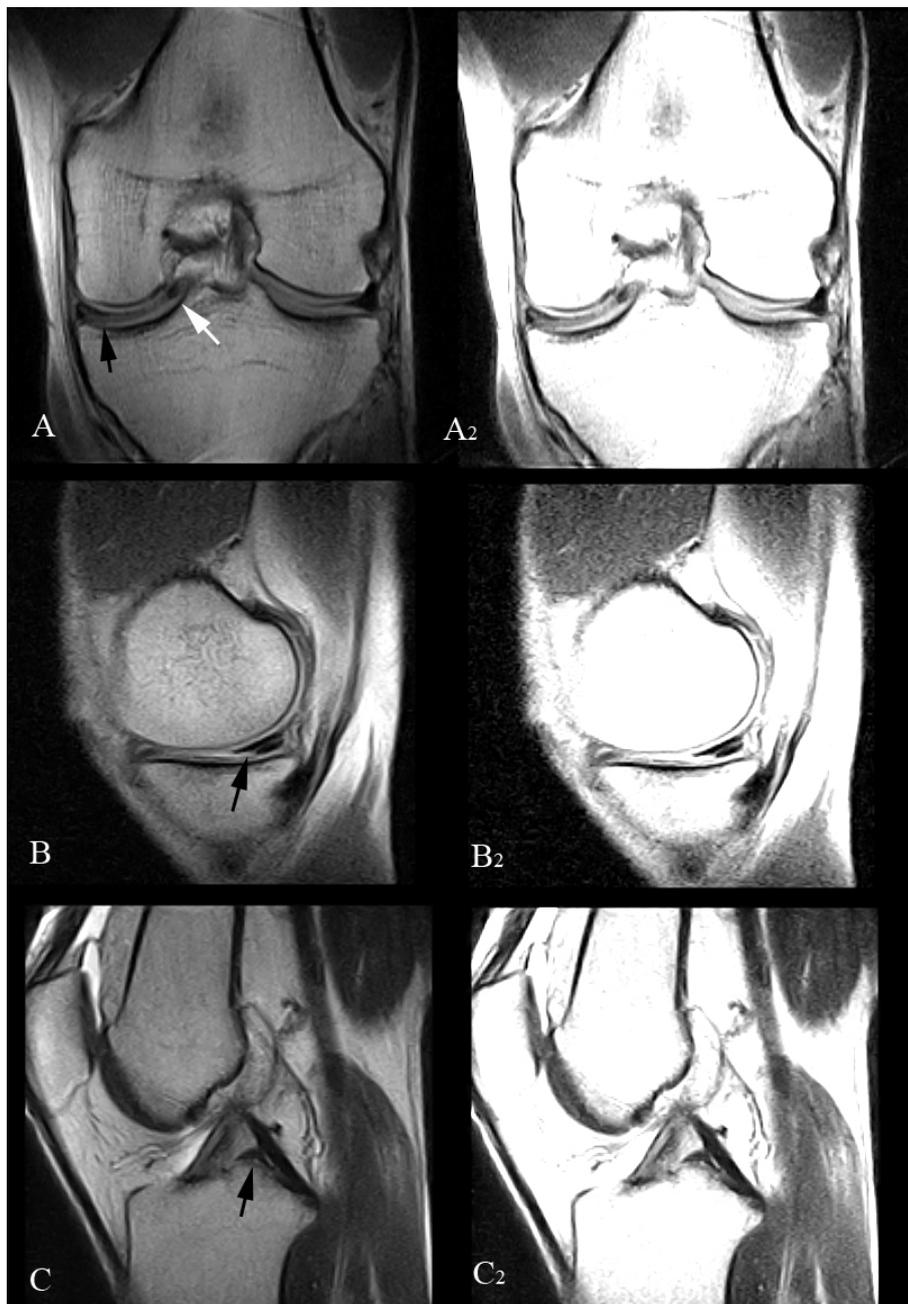


Figura 7.6: Imágenes coronales T1 (A) y sagitales DP-T2 (B y C) con ventana estándar (A, B y C) y ventana estrecha (A₂, B₂ y C₂) en las que se aprecia rotura del menisco medial (flecha negra en A y B) y desplazamiento del fragmento roto con formación de un “asa de cubo” (flecha blanca en A y flecha negra en C) extirpada durante la artroscopia.



Figura 7.7: Imágenes sagitales DP-T2 del menisco interno (A y B) y del externo (C), en las que se aprecia foco de rotura de la unión del cuerno posterior con el cuerpo del menisco medial y degeneración con rotura asociada del cuerno posterior del menisco externo. En la artroscopia se confirmó la degeneración del menisco externo (remodelada) pero no la lesión del interno.

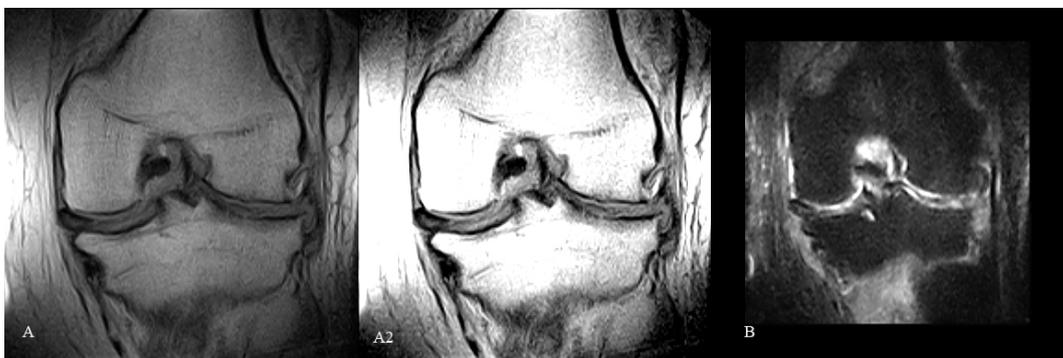


Figura 7.8: Imágenes coronales T1 (A y A2; ventana estrecha) y STIR (B) del paciente de la [Figura 7.7](#), en las que se pueden apreciar las alteraciones severas de ambos compartimentos femorotibiales con alteración de la señal y sospecha de rotura de ambos meniscos. En la artroscopia se confirmó la degeneración del menisco externo (remodelada) pero no la lesión del interno.

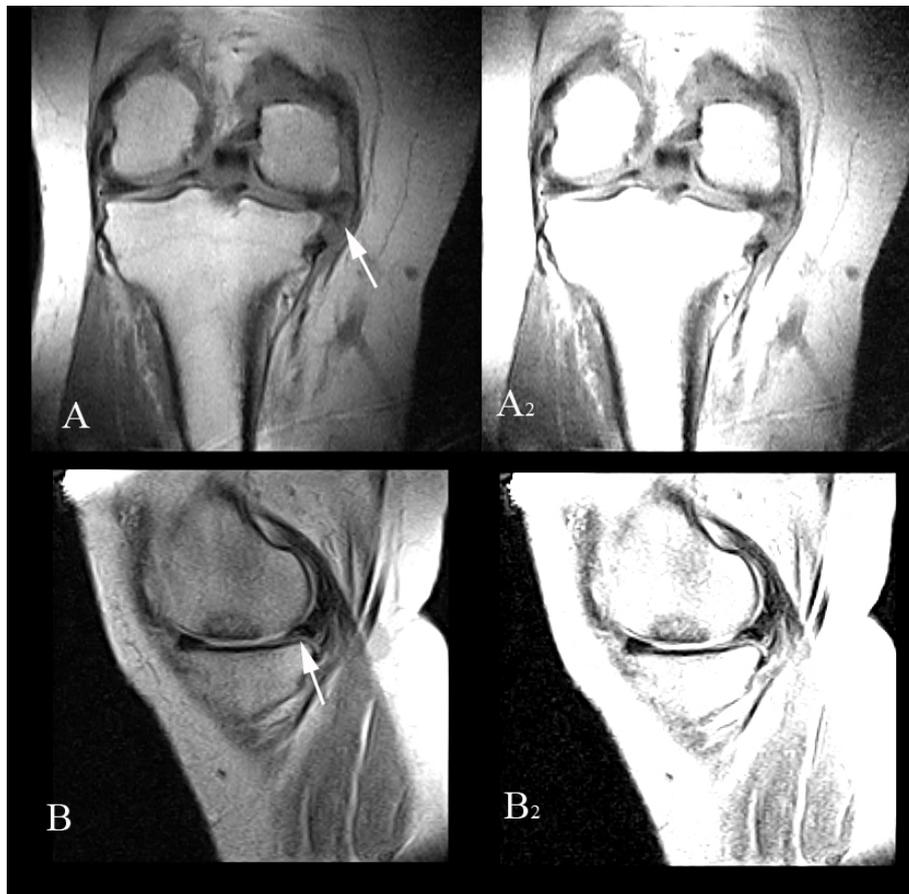


Figura 7.9: Imágenes coronal T1 (A y A₂ ; ventana estrecha) y sagital DP (B y B₂ ; ventana estrecha), en las que se puede apreciar meniscopatía avanzada medial con rotura asociada (flecha blanca) y área de osteonecrosis del cóndilo femoral medial en las imágenes sagitales. En la artroscopia se confirmó la osteonecrosis, tratada con perforaciones con aguja de Kirschner, pero no la rotura meniscal, posiblemente inaccesible por la severa alteración del compartimento.



Figura 7.10: Imágenes coronal T1 (A y A2; ventana estrecha), coronal STIR (B y B2; ventana estrecha) y sagital DP (C y C2; ventana estrecha), en las que se puede apreciar una rotura oblicua del menisco externo que contacta con la cara femoral del mismo, un espacio a menudo obviado durante la artroscopia.

Acrónimos Utilizados

ACR	American College of Radiology
CR	Computed Radiography
TC	Tomografía Computerizada
DICOM	Digital Imaging and Communication in Medicine
DP	Densidad Protónica
DR	Direct Digital Radiography
FOV	Field of View
GRE	Gradiente
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise
IO	Information Object
IOD	Information Object Definition
IR	Indirect Radiography
MPPS	Modality Performed Procedure Step
MSK	Musculoesquelético
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NEX	Número de exposiciones
PACS	Packing and Archiving Communication Systems

RM	Resonancia Magnética
ROC	Receiving Operator Characteristic
SCP	Service Class Provider
SCU	Service Class User
SE	Spin-eco
SN	Sensibilidad
SNC	Sistema Nervioso Central
SOP	Service-Object Pair
SP	Especificidad
STIR	Short Tau Inversion Recovery
TE	Tiempo de eco
TME	Turbo multi-eco
TSE	Turbo spin-eco
TR	Tiempo de repetición
VPN	Valor Predictivo Negativo
VPP	Valor Predictivo Positivo
WL	Window Level: nivel de ventana
WW	Window Width: ancho de ventana

Bibliografía

- [1] Kapandji IA, editor. *Physiologie articulaire II*. Maloine. Paris; 1974.
- [2] Bousquet G. Les laxités du genu et l'altération du cartilage rotulien. *Journées du genu - Cahier d'Orthopedie, St Etienne*. 1981;(JOSA) 8.
- [3] Smillie IS, editor. *Injuries of the knee joint (4^a ed.)*. Churchill Livingstone. Edimburg; 1977.
- [4] Pisani AJ. Pathognomonic sign for cyst of the knee cartilage. *Arch Surg*. 1947;54(2):188–190.
- [5] Wroblewski BM. Trauma and the cystic meniscus: Review of 500 cases. *Injury*. 1973;4:319–321.
- [6] Breck LW. Cyst of the semilunar cartilage of the knee. *Clin Orthop*. 1954;3:29–38.
- [7] Flynn M, Kelly JP. Local excision of cyst of lateral meniscus of knee without recurrence. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1976;58:88–89.
- [8] De Smet AA, Graf BK, Del Rio AM. Association of parameniscal cysts with underlying meniscal tears as identified on MRI and arthroscopy. *AJR*. 2011;196(2):W180–186.
- [9] Parisien JS, editor. *Arthroscopic Surgery*. McGraw-Hill Book Company. United States of America.; 1988.
- [10] Noble J, Hamblen DL. The pathology of the degenerate meniscus lesion. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1975;57:180–186.

- [11] Stoller DW, editor. *Diagnostic Imaging: Orthopaedics*. 1st ed. Salt Lake City. Amysis; 2004.
- [12] Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg (Am)*. 1974;56:223–235.
- [13] Maeseneer M, Shahabpour M, Vanderdood K, et al. Medial meniscocapsular separation: MR imaging criteria and diagnostic pitfalls. *Eur J Radiol*. 2002;41(3):242–252.
- [14] Shelbourne KD, Martini DJ, McCarroll JR, VanMeter CD. Correlation of joint line tenderness and meniscal lesions in patients with acute anterior cruciate ligament tears. *Am J Sports Med*. 1995;23:166–169.
- [15] McMurray TP. The semilunar cartilages. *J Bone Joint Surg*. 1942;29:407–414.
- [16] Cabot JR. Diagnóstico práctico de las lesiones de los meniscos de la rodilla. *Anales de Medicina*. 1961;47:240–251.
- [17] Fairbank TJ. Knee Joint Changes After Meniscectomy. *J Bone Joint Surg*. 1948;30B:664–670.
- [18] Johnson RJ, Kettelkamp DB, Clark W, et al. Factors affecting late results after meniscectomy. *J Bone Joint Surg (Am)*. 1974;56:719–729.
- [19] Walker PS, Erkman MJ. The role of the menisci in force transmission across the knee. *Clin Orthop*. 1975;109:184–192.
- [20] Maculé F, Prat J, Llovera A, Vilalta C, Ramón R. Lesiones meniscales degenerativas en pacientes mayores de 50 años. *Revista de Patología de la Rodilla*. 1996;1:29–32.
- [21] LeVihnsen ME, Baker BE. Prearthrotomy diagnostic evaluation of the knee: review of 100 cases diagnosed by arthrography and arthroscopy. *AJR*. 1980;134:107–111.
- [22] Quinn SF, Brown TF. Meniscal tears diagnosed with MR imaging versus arthroscopy: how reliable a standard is arthroscopy? *Radiology*. 1991;181:843–847.

- [23] Kean DM, Worthington BS, Preston BJ, Roebuck EJ, McKim-Thomas H, Hawkes RC, et al. Nuclear magnetic resonance imaging of the knee: examples of normal anatomy and pathology. *Br J Radiol.* 1983;56:355–364.
- [24] Reicher MA, Bassett LW, Gold RH. High-Resolution magnetic resonance imaging of the knee joint: pathologic correlations. *AJR.* 1985;145:903–909.
- [25] Reeder JD, Matz SO, Becker L, Andelman SM. MR imaging of the knee in the sagittal projection: comparison of three-dimensional gradient-echo and spin-echo sequences. *AJR Am J Roentgenol.* 1989;153:537–540.
- [26] Kelly MA, Flock TJ, Kimmel JA, Kiernan HAJ, Singson RS, Starron RB, et al. MR imaging of the knee: clarification of its role. *Arthroscopy.* 1991;7:78–85.
- [27] Mackenzie R, Keene GS, Lomas DJ, Dixon AK. Errors at knee magnetic resonance imaging: true or false? *Br J Radiol.* 1995;68:1045–1051.
- [28] Dongola NA, Gishen P. Comparison between arthroscopy and 3 dimensional double echo steady state 3D-DESS sequences in magnetic resonance imaging of internal derangements of the knee. *Saudi Medical Journal.* 2004;25(6):761–765.
- [29] Ireland J, Tricky EL, Stocker DJ. Arthroscopy and arthrography of the knee: a critical review. *J Bone Joint Surg.* 1980;62:3–6.
- [30] Selesnick FH, Noble HB, Bachman DC, Steinberg FL. Internal derangement of the knee: diagnosis by arthrography, arthroscopy and arthrotomy. *Clin Orthop.* 1985;196:26–30.
- [31] Boeve BF, Davidson RA, Staab EVJ. Magnetic resonance imaging in the evaluation of knee injuries. *South Med J.* 1991;84:1123–1127.
- [32] Kreitner KF, Hansen M, Schadmand-Fischer S, Krummenauer F, Runkel M. Low-field MRI of the knee joint: results of a prospective, arthroscopically controlled study. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr.* 1999;170:35–40.
- [33] Smith BW, Green GA. Acute knee injuries I. History and physical examination. *Am Fam Physician.* 1995;51:615–621.

- [34] Solomon DH, Simel DL, Bates DW, Katz JN, Schaffer JL. The rational clinical examination: does this patient have a torn meniscus or ligament of the knee? Value of the physical examination. *JAMA*. 2001;286:1610–1620.
- [35] Corea JR, Moussa M, Al Othman A. Mc-Murray's test tested. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1994;2:70–72.
- [36] Kim SJ, Kim HK. Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test, and the Lachman test. *Clin Orthop*. 1995;317:237–242.
- [37] Scholten RJ, Deville WL, Opstelten W, Bijl D, Van der Plas CG, Bouter LM. The accuracy of physical diagnostic tests for assessing meniscal lesions of the knee: a meta-analysis. *J Fam Pract*. 2001;50:938–944.
- [38] Oei EH, Nikken JJ, Ginai AZ, Krestin GP, Brear JA, van Vugt AB, et al. Acute knee trauma: value of a short dedicated extremity MR imaging examination for prediction of subsequent treatment. *Radiology*. 2005;234:125–13.
- [39] Reicher MA, Rauschnig W, Gold RH, Bassett LW, Lufkin RB, Glen WJ. High-resolution magnetic resonance imaging of the knee joint: normal anatomy. *Am J Roentgenol*. 1985;145:895–902.
- [40] Spiers AS, Meagher T, Ostlere SJ, Wilson DJ, Dodd CA. Can MRI of the knee affect arthroscopic practice? a prospective study of 58 patients. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1993;75-B:49–52.
- [41] Rappeport ED, Wieslander SB, Stephensen S, Launten GS, Thomsen HS. MRI preferable to diagnostic arthroscopy in knee joint injuries. A double-blind comparison of 47 patients. *Acta Orthop Scand*. 1997;68(3):277–281.
- [42] Stanitiski CL. Correlation of arthroscopic and clinical examinations with magnetic resonance imaging findings of injured knees in children and adolescents. *Am J Sports Med*. 1998;26(1):2–7.
- [43] Valles-Figueroa JF, Malacara-Becerra M, Villegas-Paredes P, Caletí-Del Mazo E. Comparison of MRI and arthroscopic images for the diagnosis of knee disorders. *Acta Ortop Mex*. 2010;24(1):8–13.

- [44] Oei EH, Nikken JJ, Verstijnen AC, Ginai AZ, Hunink MG. MR imaging of the menisci and cruciate ligaments: a systematic review. *Radiology*. 2003;226:837–848.
- [45] Cobby MJ. MR imaging of meniscal and ligamentous injuries to the knee. *Clinical MRI*. 1992;2:111–120.
- [46] Moss ML, Buongiorno PA, Clancy VA. Intranasal midazolam for claustrophobia in MRI. *J Comput Assist Tomogr*. 1993;17:991–992.
- [47] Nikken JJ, Oei EH, Ginai AZ, Krestin GP, Verhaar JA, van Vugt AB, et al. Acute Peripheral Joint Injury: cost and effectiveness of low-field-strength MR imaging—results of randomized controlled trial. *Radiology*. 2005;236:958–967.
- [48] Bryan S, Weatherburn G, Bungay H, Hatrick C, Salas C, Parry D, et al. The cost effectiveness of magnetic resonance imaging for investigation of the knee joint. *Health Technol Assess*. 2001;5:91–95.
- [49] Dandy DJ, Jackson RW. Diagnosis of internal derangements of the knee. The role of arthroscopy. *J Bone Joint Surg Br*. 1975;57:346–348.
- [50] De Haven KE, Collins HR. Diagnosis of internal derangements of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1975;57:802–810.
- [51] Fischer SP, Fox JM, Pizzo W, Friedman MJ, Snyder SJ, Ferkel RD. Accuracy of diagnosis from magnetic resonance imaging of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1991;73(1):2–10.
- [52] Halbrecht JL, Jackson DW. Office arthroscopy: a diagnostic alternative. *Arthroscopy*. 1992;8:320–326.
- [53] Gillies H, Seligson D. Precision in the diagnosis of meniscal lesions: a comparison of clinical evolution, arthrography, and arthroscopy. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61:343–346.
- [54] Committee on Complications of the Arthroscopy Association of North America. Complications in arthroscopy: the knee and other joints. *Arthroscopy*. 1986;2(4):253–258.

- [55] Sherman OH, Fox JM, Snyder SJ. Arthroscopy - "no problem surgery". An analysis of complications in two thousand six hundred and forty cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68:256–265.
- [56] McGinty JB. Complications of arthroscopy and arthroscopic surgery. In: Parisien JS, editor. *Arthroscopic surgery.* New York: McGraw-Hill; 1988. p. 221–230.
- [57] Patel D. Complications in arthroscopic surgery. In: Sherman OH, Minkoff J, editors. *Current management of complications in orthopedics: arthroscopic surgery.* Baltimore: Williams and Wilkins; 1990. p. 104–113.
- [58] Carmichael IW, Macleod AM, Travlos J. MRI can prevent unnecessary arthroscopy. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79(4):624–625.
- [59] Bernthal NM, Seeger LL, Motamedi K, Stavrakis AI, Kremen TJ, McAllister DR, et al. Can the reparability of meniscal tears be predicted with magnetic resonance imaging? *Am J Sports Med.* 2010;[Epub ahead of print].
- [60] De Smet AA, Norris MA, Yandow OR, Gnaf BK, Keene JS. Diagnosis of meniscal tears of the knee with MR imaging: effect of observer variation and sample size on sensitivity and specificity. *AJR.* 1993;160:555–559.
- [61] Kaplan PA, Nelson NL, Garvin KL, Brown DE. MR of the knee: the significance of high signal in the meniscus that does not clearly extend to the surface. *Am J Roentgenol.* 1991;156:333–336.
- [62] Crues JV, Mink J, Levy TL, Lotysch M, Stollen OW. Meniscal tears of the knee: accuracy of MR imaging. *Radiology.* 1987;164:445–448.
- [63] Raunest J, Oberle K, Loehnent J, Hoetzing H. The clinical value of magnetic resonance imaging in the evaluation of meniscal disorders. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:11–16.
- [64] Araki Y, Ootani F, Tsukaguchi I, Ootani M, Furukawa T, Yamamoto T, et al. MR diagnosis of meniscal tears of the knee: value of axial three-dimensional. Fourier transformation. GRASS images. *AJR.* 1992;158:587–590.

- [65] Aubel S, Heyd RL, Thaete FL, Wozney P. MR knee imaging: axial 3DFT GRASS pulse sequence versus spin-echo imaging for detecting meniscal tears. *Magn Reson Imaging*. 1992;10:531–539.
- [66] Quinn SF, Brown TR, Szumowski J. Menisci of the knee: radial MR imaging correlated with arthroscopy in 259 patients. *Radiology*. 1992;185:577–580.
- [67] Ruwe PA, Wright J, Randall RL, Lynch JK, Jokl P, McCarthy S. Can MR imaging effectively replace diagnostic arthroscopy? *Radiology*. 1992;183:335–339.
- [68] Barnett MJ. MR diagnosis of internal derangements of the knee: effect of field strength on efficacy. *AJR*. 1993;161:115–118.
- [69] Disler DG, Kattapuram SV, Chew FS, Rosenthal DI, Patel D. Meniscal tears of the knee: preliminary comparison of three dimensional MR reconstruction with two dimensional MR imaging and arthroscopy. *AJR*. 1993;160:343–345.
- [70] Mesgarzadeh M, Moyer R, Leder DS, Revesz G, Russoniello A, Bonakdarpour A, et al. MR imaging of the knee: expanded classification and pitfalls to interpretation of meniscal tears. *Radiographics*. 1993;13:489–500.
- [71] De Smet AA, Graf BK. Meniscal tears missed on MR imaging: relationship to meniscal tear patterns and anterior cruciate ligament tears. *AJR*. 1994;162:905–911.
- [72] Firooznia H, Golimbu C, Rafli M. MR imaging of the menisci: fundamentals of anatomy and pathology. *Magn Reson Imaging Clin North Am*. 1994;2:325–347.
- [73] Fitzgerald SW. Magnetic resonance imaging of the meniscus: advanced concepts. *Magn Reson Imaging Clin North Am*. 1994;2:349–364.
- [74] Rubin DA, Kneeland JB, Listerud J, Underberg-Davis SJ, Dalinka MK. MR diagnosis of meniscal tears of the knee: value of fast spin-echo vs conventional spin-echo pulse sequences. *AJR*. 1994;162:1131–1135.
- [75] Anderson MW, Raghavan N, Seidenwurm D, Greenspan A, Drake C. Evaluation of meniscal tears: fast spin-echo versus conventional spin-echo magnetic resonance imaging. *Acad Radiol*. 1995;2:209–214.

- [76] Justice WW, Quinn SF. Error patterns in the MR imaging evaluation of menisci of the knee. *Radiology*. 1995;196:617–621.
- [77] Cheung LP, Li KC, Hollett MD, Bergman AG, Herfkens RJ. Meniscal Tears of the Knee: Accuracy of Detection with Fast Spin-Echo MR Imaging and Arthroscopic Correlation in 293 Patients. *Radiology*. 1997;203:508–512.
- [78] Solomon SL, Totty WG, Lee JK. MR imaging of the knee: comparison of three-dimensional FISP and two-dimensional spin-echo pulse sequences. *Radiology*. 1989;173:739–742.
- [79] Heron CW, Calvert PT. Three-dimensional gradient-echo MR imaging of the knee: comparison with arthroscopy in 100 patients. *Radiology*. 1992;183:839–844.
- [80] Gückel C, Jundt G, Schnabel K, Gächter A. Spin-echo and 3D gradient-echo imaging of the knee joint: a clinical and histopathological comparison. *European Journal of Radiology*. 1995;21:25–33.
- [81] Van Ooijen P, Oudkerk M, Groningen M. What should radiology residents know about PACS? *ECR*; 2010.
- [82] Medical Imaging Technology Alliance. The DICOM standard; 2010. Available from: <http://medical.nema.org>.
- [83] Pianykh OS, editor. *Digital Imaging and communications in Medicine (DICOM). A practical introduction and survival guide*. Springer Verlag; 2008.
- [84] Horii SC. *A Nontechnical Introduction to DICOM*; 2010. Available from: <http://www.rsna.org/technology/dicom/intro/index.cfm>.
- [85] Osirix Imaging Software. *Osirix (v.3.8.1)*; 2010. Available from: <http://www.osirix-viewer.com>.
- [86] Buckwalter KA, Braunstein EM, Janizek DB, Vahey TN. MR imaging of meniscal tears: narrow versus conventional window width photography. *Radiology*. 1993 June;187(3):827–830.
- [87] Koff DA, Shulman H. An Overview of Digital Compression of Medical Images: Can We Use Lossy Image Compression in Radiology? *Can Assoc Radiol J*. 2006 October;57(4):211–217.

- [88] Ghrare SE, Mohd Ali MA, Jumari K, Ismail M. An Efficient Low Complexity Lossless Coding Algorithm for Medical Images. *American Journal of Applied Sciences*. 2009;6(8):1502–1508.
- [89] Stäbler A, Glaser C, Reiser M. Musculoesekeletal MR: knee. *Eur Radiol*. 2000;10:230–241.