



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
THE AMERICAN BRITISH COWDRAY
MEDICAL CENTER I.A.P.
DEPARTAMENTO DE RESONANCIA MAGNETICA

EFICACIA DIAGNÓSTICA DE LAS IMÁGENES POR
RESONANCIA MAGNÉTICA DE RODILLA. RELACIÓN
CON EL INTERVALO DE TIEMPO ENTRE LA RM Y LA
ARTROSCOPIA.

T E S I S D E P O S G R A D O
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ESPECIALISTA EN RADIOLOGIA E IMAGEN
P R E S E N T A:
DR. SIGFRIDO ERNESTO
GARCIA CORREA

MÉXICO, D.F., AGOSTO DEL 2008





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A GRACIELA, MA. GRACIELA, GONZALO Y ARIADNA

AGRADECIMIENTOS

A LA DRA. ELIA IRMA GARCIA TORRES

**POR SU CONFIANZA Y DIRECCIÓN, IMPRESCINDIBLES EN LA
REALIZACIÓN DEL PRESENTE PROYECTO DE TESIS Y EN EL TRABAJO
DIARIO.**

**A MIS MAESTROS RADIÓLOGOS DE LA DIVISION
DE IMAGENOLOGIA DEL CENTRO MEDICO ABC.**

**A TODO EL PERSONAL TÉCNICO DEL CENTRO MEDICO ABC, POR
ESTOS AÑOS DE APRENDIZAJE Y APOYO.**

Y

**AL PERSONAL ADMINISTRATIVO DE NUESTRA DIVISION, EN ESPECIAL
AL LIC. MARIO CAMARGO VILLALOBOS, POR SU COLABORACION
PARA EL PRESENTE TRABAJO**

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la eficacia de la resonancia magnética (RM) en el diagnóstico de lesiones meniscales y de ligamentos cruzados de la rodilla, considerando la influencia del tiempo transcurrido entre la RM y la artroscopia sobre los resultados.

Material y métodos: Se analizaron retrospectivamente 211 rodillas estudiadas por RM del período del 1° de julio de 2007 al 1° de julio del 2008, incluyendo únicamente a las que después se les practicó artroscopia en un período no mayor a 3 meses (23 estudios completos de RM con artroscopia). Se considera la artroscopia como patrón de referencia. El análisis de los reportes de RM y artroscopia se enfocó exclusivamente en el estudio de lesiones de ligamentos cruzados y meniscos, excluyendo otras patologías en ésta investigación.

Resultados: La sensibilidad de la RM para detectar lesiones meniscales y de ligamentos cruzados fue 95.5% cuando el intervalo de tiempo entre ambas técnicas fue igual o menor a tres meses y ascendió a 100% cuando el intervalo de tiempo fue igual o menor a un mes.

Además, la especificidad del método para detectar lesiones meniscales y de ligamentos cruzados también se mostró con mejoría ante menor intervalo, ya que se incrementó del 91 al 93% global.

Conclusión: La RM es una herramienta excelente para el diagnóstico de lesiones de rodilla, con alta sensibilidad y especificidad de la RM como guía para la intervención artroscópica, más precisa cuanto menor es el intervalo de tiempo transcurrido entre ambas técnicas.

Palabras clave: Rodilla. Ligamentos y meniscos. Resonancia magnética. Artroscopia. Lesiones de la rodilla.

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

Cartilago articular: es el recubrimiento blanquecino que tienen los extremos de los huesos de las articulaciones.

Cápsula sinovial: es una bolsa de tejido especializado que rodea las articulaciones; una de las funciones de la cápsula sinovial es producir el líquido sinovial que lubrica las articulaciones.

Cols.: colaboradores.

Contrastes en RM: La inyección intravenosa de contrastes paramagnéticos, fundamentalmente basados en el uso de quelatos de gadolinio, produce un acortamiento del T1 de la sangre circulante y así provoca un aumento de la señal de la luz de las estructuras cardiovasculares durante el tiempo de tránsito del contraste por el torrente circulatorio (de manera similar a como lo hacen los contrastes yodados en los estudios angiográficos). Este contraste provoca aumento de la señal de los tejidos vascularizados y posteriormente se elimina por filtración glomerular.

DP: densidad de protones. Es el número de protones en el volumen de la imagen.

Ligamento: es una estructura fibroelástica que une dos huesos entre sí.

RM: Resonancia Magnética. Técnica de imagen que se basa en la propiedad que poseen los núcleos de hidrógeno de absorber energía electromagnética cuando están sometidos a un campo magnético intenso. Las imágenes anatómicas resultantes permiten analizar las características morfológicas de los tejidos y en algunos casos su composición tisular y función. La forma en la que se produce esa liberación de energía permite, además, observar diferencias entre tejidos normales y patológicos.

Secuencias de pulso en RM: Se denominan secuencias de pulso a las diferentes técnicas de RM que, modificando la forma de aplicar la radiofrecuencia (RF), permiten obtener información de diferentes características magnéticas de los tejidos. Las diferentes

formas de aplicar la RF [tiempo de repetición (TR), tiempo de eco (TE), ángulo de inclinación (α o q), tiempo de inversión TI, tren de ecos, etc.] proporcionan secuencias que básicamente podemos agrupar en secuencias *spin-echo* (SE) y secuencias *gradient-echo* (GE).

Secuencias espín-eco (SE): Las secuencias SE con sincronización temporal son las habitualmente empleadas para obtener estudios morfológicos y de caracterización de tejidos.

Secuencias gradient-echo (GE): Secuencias que tienen una resolución temporal muy alta y permiten obtener múltiples imágenes en fracciones de segundo. En las secuencias GE el flujo es completamente hiperintenso y la sangre que fluye proporciona, por sí misma, sin necesidad de inyectar contrastes, una imagen similar a la que se obtiene en los estudios angiográficos. A partir de las secuencias GE se han desarrollado nuevas formas de adquirir las imágenes en tiempos mucho más cortos, del orden de los milisegundos. Estas secuencias se denominan genéricamente secuencias GE ultrarrápidas o turbo-eco de gradiente. Tienen la posibilidad de obtener muchas imágenes y analizarlas en forma de cine-RM, pudiendo evaluar tamaño, forma y motilidad de estructuras diversas.

STIR: Secuencia de inversión-recuperación que utiliza tiempo de inversión corto de 180 ms. en 1.5 tesla para suprimir la grasa.

T1: Tiempo de relajación longitudinal (T1). Es el tiempo que tarda en recuperar la posición de equilibrio tras la excitación con un pulso de RF. Los tiempos de relajación longitudinal –T1– serán diferentes según la composición tisular y podremos caracterizar los tejidos: la grasa tiene un T1 muy corto (muy hiperintenso) mientras que el líquido tiene un T1 muy largo (muy hipointenso). La presencia de moléculas o iones paramagnéticos aumentan de forma muy significativa la velocidad de relajación

longitudinal (acortan el T1). Este efecto paramagnético es la base del uso de los quelatos de gadolinio (Gd^{3+}) como medio de contraste en RM.

T2: Tiempo de relajación transversal (T2). Al aplicar un pulso de RF los protones precesan como un sistema coherente –en fase– pero inmediatamente empiezan a perder la coherencia de fase y se produce una disminución de la magnetización. Esta pérdida de la coherencia de fase es la base del T2. El T2 de un tejido nos ayuda a su caracterización; así, los tejidos con alto contenido en agua, como el líquido sinovial o los quistes, tienen un T2 largo (muy hiperintenso), mientras que otros tejidos tienen un T2 corto (hipointensos) como el calcio (depositado en cantidades macroscópicas), la cortical de los huesos, tendones, ligamentos, fibrocartílago y tejido fibroso maduro y las sustancias con hemosiderina. El gas y el aire no presentan señal debido a su baja densidad de protones.

Tendón: en una estructura fibroelástica que une un músculo a un hueso.

INDICE

I.	TITULO	A1
II.	RESUMEN	A3
III.	GLOSARIO Y ABREVIATURAS	A3
IV.	INTRODUCCION	A4
V.	MARCO TEORICO	A5
VI.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	A6
VII.	JUSTIFICACIÓN	A7
VIII.	HIPOTESIS	A7
IX.	OBJETIVOS	A7
X.	MATERIAL Y METODOS	A8
XI.	CONSIDERACIONES ETICAS	A8
XII.	RECURSOS	A8
XIII.	RESULTADOS	A9
XIV.	DISCUSIÓN	A9
XV.	CONCLUSIONES	A10
XVI.	BIBLIOGRAFIA	A11
XVII.	COMENTARIO DEL ASESOR	A12

IV. INTRODUCCIÓN

La exploración de rodilla mediante resonancia magnética (RM) constituye una de las más frecuentes de RM en nuestro hospital. Aunque la eficacia diagnóstica de la RM se ha demostrado ampliamente en diversas poblaciones, no lo ha sido directamente en nuestro medio en el último lustro.

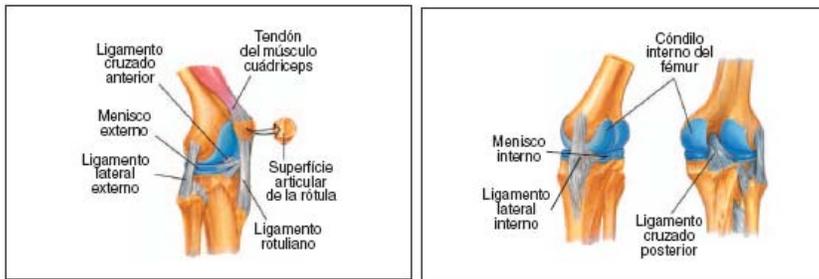
La gran variabilidad en los equipos de RM, las técnicas y los protocolos utilizados no siempre permiten extrapolar los resultados obtenidos en estudios publicados. Por estas razones, decidimos tratar de cuantificar la eficacia de la RM para el diagnóstico de lesiones de rodilla (específicamente meniscales y de ligamentos cruzados) en nuestro hospital.

Se estudia el uso constante y sistemático de esta exploración, para que los resultados obtenidos en los estudios de RM de rodilla sean lo más válidos, reproducibles y óptimos posible, en relación a la referencia por artroscopía. Los resultados finales constituyen la presente tesis de posgrado, con miras a utilizar el equipo de 3 Tesla próximamente.

V. MARCO TEORICO

La incidencia general de las lesiones de rodilla la sitúa como una de las primeras causas de morbilidad en numerosos países del mundo, debido al notable incremento de las actividades deportivas. En México se considera a la patología de la rodilla como la segunda causa de morbilidad del sistema músculo-esquelético después de las afecciones de columna lumbar (Sistema Epidemiológico y Estadístico de Enfermedades y Defunciones CIE-10, 2004). Ya que la reducción de morbilidad va de la mano de un diagnóstico oportuno y al implemento de estrategias terapéuticas y preventivas adecuadas, la **Resonancia magnética de rodilla** se utiliza como una forma no invasiva de evaluar pacientes con sospecha de enfermedad meniscal o ligamentaria, y como un recurso insustituible de guía previo a la intervención terapéutica artroscópica.

Las afecciones de la rodilla constituyen una de las principales causas de consulta médica, tanto en atención primaria como en atención especializada, así como una importante limitación funcional del paciente al trastornar la marcha. La rodilla es una articulación bicondílea, desde un punto de vista anatómico, y troclear desde un punto de vista mecánico. Su principal movimiento es la flexoextensión. En flexión permite, además, un pequeño grado de rotación axial. Está diseñada, sobre todo, para aportar estabilidad al cargar peso, en la movilidad y *la locomoción*. Sin embargo, es muy inestable lateral y medialmente. La *estabilidad* de la rodilla viene dada por la morfología de la articulación, las estructuras cápsulo-ligamentosas y meniscales (que proporcionan la *estabilidad* pasiva) y la estructura muscular, fundamentalmente el cuádriceps, que proporciona la *estabilidad* activa. ⁽¹⁾



Figuras 1 y 2. Vistas anterolateral, posterointerna y posterior de la rodilla

La articulación de la rodilla es la más grande y compleja del organismo, e incluye 3 compartimientos, el femoropatelar y los femorotibiales interno y externo.

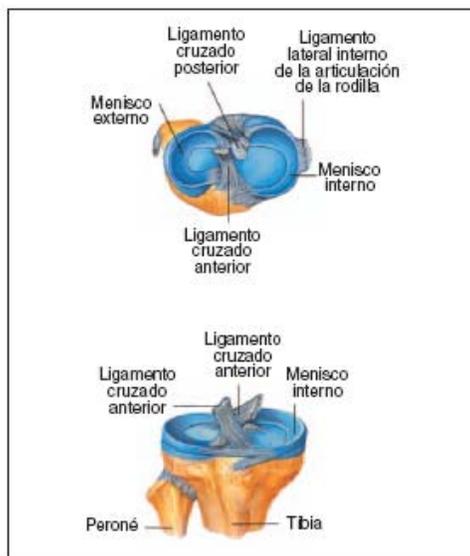


Figura 3. Meseta tibial

Los meniscos son estructuras fibrocartilaginosas destinadas a la amortiguación de las fuerzas que se transmiten entre fémur y tibia. De morfología semilunar, más cerrada en el externo que en el interno, presentan ambos una sección triangular. El menisco interno se halla firmemente fijado a la superficie no articular de la tibia por el ligamento coronario. Los cuernos anteriores de ambos meniscos están conectados por el ligamento menisco transverso. El cuerno posterior del menisco externo se une de forma laxa al

fémur por los ligamentos meniscofemorales anterior y posterior que discurren anterior y posteriormente respecto al ligamento cruzado posterior (LCP).

GENERALIDADES SOBRE LA RESONANCIA MAGNÉTICA

En 1946, Félix Bloch y Edward M. Purcell demostraron que al situar determinado tipo de núcleos en campos magnéticos potentes, estos núcleos podían absorber energía de radiofrecuencia (RF) y posteriormente liberarla, también en forma de energía de RF, que podía ser captada por una antena. Denominaron a este fenómeno físico resonancia nuclear magnética y a la frecuencia se le denominó frecuencia de resonancia. Richard R. Ernst y Weston Anderson, en 1966, introducen una modificación en el fenómeno de la RM que consiste en aplicar la RF no de una forma continua, sino mediante pulsos. En 1971, Damadian publica un trabajo sobre la posibilidad de discriminar tejidos según las diferencias en los tiempos de relajación de cada tejido y en 1973, Lateurburg publica el primer experimento de tomografía por RM sobre unos tubos llenos de agua. Las primeras imágenes de tomografía por RM las obtiene R.C. Hawkes en 1979 y en 1981 se instala el primer prototipo de RM para uso clínico en el Hospital Hammersmith de Londres. ⁽²⁾

La resonancia magnética se basa en la propiedad que poseen los núcleos de hidrógeno de absorber energía electromagnética cuando están sometidos a un campo magnético intenso. La RM aplicada al diagnóstico por imagen consiste en la utilización de imanes potentes (0,2, 0,5, 1, 1,5, 2 Tesla) y señales de RF para obtener información sobre algunos núcleos del cuerpo humano.

Los átomos de hidrógeno del cuerpo humano –denominados también protones– tras ser sometidos a un campo magnético y excitados con ondas de radiofrecuencia (RF), liberan señales de RF que son captadas por las antenas o bobinas, codificadas en un

complejo sistema analógico-digital y transformadas mediante una computadora en imágenes en «gama de grises».

Cuando los protones están alineados con el campo magnético principal se encuentran en estado de equilibrio, pero si se aplica un pulso de RF que tenga la misma frecuencia que la frecuencia de precesión de los protones, se provoca una transferencia de energía entre estos dos sistemas, es decir, estos dos sistemas entran en resonancia. Durante este proceso de resonancia, los protones del cuerpo absorben energía y pasan de un estado de reposo a un estado de excitación. Al cesar el pulso de radiofrecuencia, los protones previamente excitados tienden a regresar a su situación de reposo, de mayor estabilidad, liberando la energía previamente absorbida.

El tiempo que tarda un tejido en recuperar la situación de reposo se conoce como tiempo de relajación.

Las imágenes de RM se obtienen debido a que es posible diferenciar los tejidos y las estructuras de acuerdo con su mayor o menor magnetización en un momento dado. La magnetización se debe a factores intrínsecos y factores extrínsecos. Los factores intrínsecos son inherentes al tejido que se estudia, por lo que no tenemos control sobre ellos. Son:

1.- Densidad Protónica

Es el número de protones en el volumen de la imagen. DP.

2.- Tiempo de relajación en T1

Tiempo que tardan los protones en liberar el exceso de energía

3.- Tiempo de relajación en T2: Tiempo que tardan los protones en desfasarse. La grasa tiene un T1 corto, le cuesta poco liberar la energía. El agua tiene un tiempo de relajación T1 largo, le cuesta liberar energía. La grasa tiene un tiempo de relajación T2 corto, es decir, se desfasa rápido. En cambio el agua tiene un tiempo de relajación T2 largo, se

desfasa lentamente.

Los factores extrínsecos nos sirven para potenciar las diferencias de composición de los tejidos que van a determinar las diferencias en los tiempos de relajación T1 y T2 de los mismos. Estos parámetros son:

1.- Tiempo de Repetición (TR)

Es el tiempo entre un pulso de radiofrecuencia y el siguiente. TR.

2.- Tiempo de Eco (TE)

Es el tiempo que transcurre entre un pulso de radiofrecuencia y la obtención del eco. TE.

3.- Ángulo de Basculación: También llamado "flip angle". FA. Es el ángulo de inclinación del vector momento magnético de los núcleos de hidrógeno, respecto del vector del campo magnético estático.

4.- Tiempo de Inversión: Se representa como TI.

Como modelo básico de análisis de la imagen médica obtenida mediante Resonancia Magnética del cuerpo humano, puede afirmarse que dicha imagen está influenciada casi por completo por la distribución del elemento hidrógeno en las diferentes estructuras anatómicas.

En consecuencia, puede postularse que aquellas enfermedades que supongan un aumento en la distribución de hidrógeno en el área afectada se acompañarán de una intensidad de señal diferente respecto de la misma zona anatómica en una persona sana.

Dado que la mayor parte de las enfermedades se acompañan tanto de una respuesta orgánica como de una respuesta inflamatoria, y dado que en la respuesta inflamatoria se produce edema por aumento de la distribución de agua, en cuya molécula existe hidrógeno, tenemos la explicación de por qué la Resonancia Magnética es una técnica

de diagnóstico útil para la mayoría de las especialidades médicas. Si a esto unimos su resolución anatómica y sensibilidad para detectar mínimos cambios en la concentración de hidrógeno, sucede que en muchas ocasiones es la primera prueba accesoria que por imagen es capaz de confirmar una sospecha clínica o de resolver un diagnóstico diferencial. ⁽³⁾

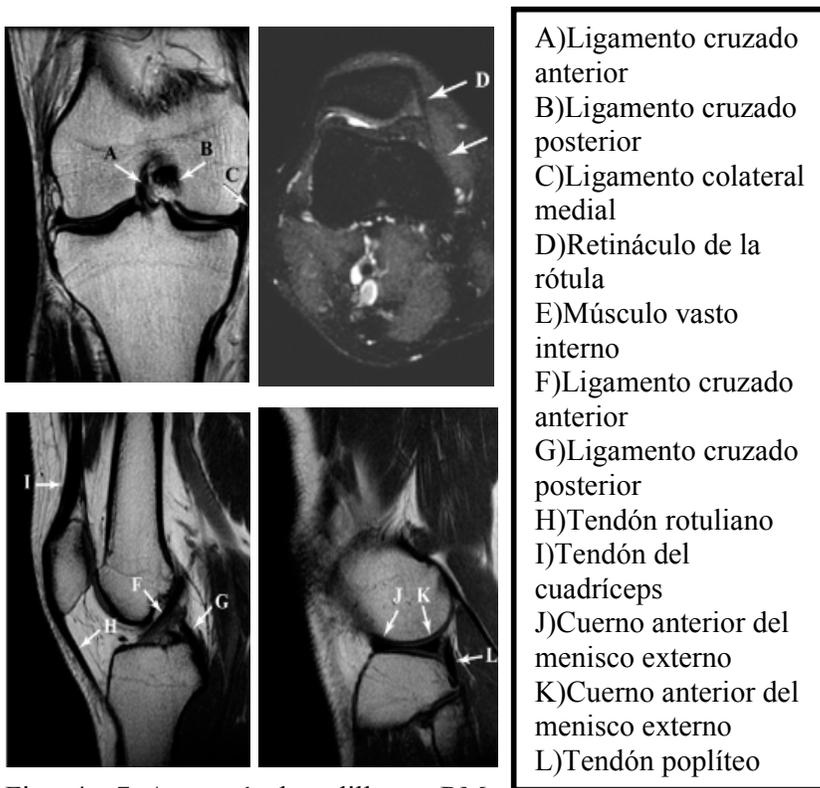
La imagen por Resonancia Magnética (RM) es un procedimiento de adquisición de datos tomográfico, por lo que comparte conceptos con otras técnicas de diagnóstico por imagen que son más familiares para el clínico, y esta analogía es especialmente marcada con la Tomografía Axial Computarizada (TAC).

La intensidad de señal en RM es un concepto análogo al de la densidad radiológica en la TAC. Podemos definir la intensidad de señal como el nivel de magnetización de un tejido, de manera que cuanto más magnetizado esté mayor será su intensidad de señal, en la práctica quedando representado en la reconstrucción de la imagen como las unidades de luminancia que muestra. Los conceptos de hiperintensidad, hipointensidad o isointensidad son relativos de una estructura respecto a las que le rodean. Debe considerarse que en RM, a diferencia de lo que ocurre con la TAC, no existe una distribución de valores básicos (denominados “ventana”), a partir de la cual analizamos la intensidad de señal tisular.

En el sistema músculo-esquelético se definen los parámetros de imagen (“ventana”) a partir del músculo y del aire que rodea al área de estudio, de manera que una estructura será isointensa cuando muestre la misma intensidad de señal que el músculo, hiperintensa cuando su intensidad de señal sea mayor, e hipointensa cuando sea menor.

La intensidad de señal de una estructura depende de la ponderación de la secuencia, de manera que su intensidad de señal varía si la ponderación es en T1, densidad protónica o en T2. La forma más útil de conocer la ponderación de una imagen consiste en buscar

aquella estructura que contenga mayor concentración de hidrógeno, que en la práctica es el agua, y que en el sistema músculo-esquelético corresponde al líquido sinovial, de manera que una imagen está potenciada en T1 cuando el líquido sinovial se muestra hipointenso (“negro”), está potenciado en densidad protónica cuando el líquido sinovial muestra una discreta hiperintensidad (“gris”), y está potenciado en T2 cuando el líquido sinovial es hiperintenso (“blanco”).



Figs. 4 a 7: Anatomía de rodilla por RM

Esta afirmación es válida siempre y cuando no se apliquen técnicas de supresión de agua (en cuyo caso el líquido sinovial es hipointenso independientemente de la ponderación), siendo estas técnicas utilizadas con poca frecuencia en el estudio de la patología del sistema músculo-esquelético.

Resulta de gran importancia la intensidad de señal de la grasa. En las secuencias de “spin echo” (SE ó espín eco) clásicas, la grasa se mostraba hiperintensa en T1, siendo de una intensidad de señal variable aunque menor en densidad protónica y T2.

Con el empleo de las técnicas “fast spin echo” (FSE), y por circunstancias inherentes al diseño de la técnica, las imágenes obtenidas con secuencias FSE muestran la grasa hiperintensa en todas las secuencias independientemente de su ponderación, tanto T1, densidad protónica como T2, por lo que en estas técnicas debe acudirse al líquido sinovial para identificar la ponderación de la imagen.

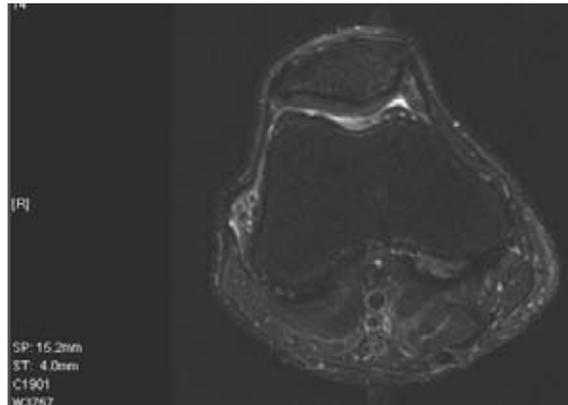
Dado que la capacidad de detección de enfermedades de la RM se fundamenta en gran medida en su capacidad de detección de cambios en la concentración de hidrógeno, se deduce que el cambio de intensidad de señal que se acompaña en la mayoría de los trastornos que se diagnostican por RM consiste en un cambio de señal hipointenso en T1, discretamente hiperintenso en densidad protónica e hiperintenso en T2 siendo este cambio de señal de una magnitud inferior a la del líquido sinovial. ⁽⁴⁾

El empleo de secuencias FSE puede suponer como contrapartida en las imágenes potenciadas en densidad protónica y T2 una menor capacidad para detectar alteraciones de intensidad de señal en aquellas áreas en donde exista gran riqueza de grasa, como sucede en múltiples regiones del sistema músculo-esquelético, dado que el área de alteración de intensidad de señal puede estar inmersa en una zona de contenido grasa, quedando enmascarada esta hiperintensidad por la hiperintensidad de grasa. Este problema se ha resuelto con el empleo de técnicas de saturación de grasa, en donde se obtiene una imagen con un fondo hipointenso, de forma que no se produce sumación de intensidades de señal entre cambios de origen inflamatorio con la grasa. Otra secuencia de gran utilidad es la secuencia STIR, en donde por su diseño la grasa queda siempre suprimida, debiéndose siempre los cambios de señal hiperintensos a la inflamación. La secuencia STIR es fundamental en el estudio de la patología del sistema músculo-esquelético por su especial capacidad para detectar alteraciones en la intensidad de

señal de la médula ósea, y porque las técnicas de supresión grasa de las secuencias FSE no siempre son capaces de suprimir completamente la grasa.

Fig 8. Imagen

Axial STIR



Las limitaciones de la secuencia STIR son: 1) presenta una relación señal/ruido inferior a la que se obtiene con secuencias SE ó Gr E, mostrando las estructuras que no son grasa una intensidad de señal marcadamente alterada; 2) la imagen no es fiable cuando se obtiene después de la administración de contraste paramagnético; 3) no detecta diferencias de intensidad de señal entre grasa, melanina y hematomas en estadio subagudo. ⁽⁵⁾

La siguiente intensidad de señal a definir es la sangre. La intensidad de señal de la sangre es variable en RM. La primera consideración que debe tenerse es que la intensidad de señal es diferente si se trata de sangre circulante (dentro de una estructura vascular) o de sangre estática (un hematoma). En el caso de tratarse de sangre circulante, el parámetro que define su intensidad de señal se basa en la interacción entre los parámetros de adquisición de la imagen y las características físicas de dinámica de fluidos. En el caso de que se evalúe un hematoma, las características de intensidad de señal dependerán de su cronología, de manera que habitualmente un hematoma reciente o relativamente reciente en el sistema músculo-esquelético se mostrará hiperintenso en T1, densidad protónica y T2, mientras que un hematoma en estadio crónico tenderá ser cada vez más hipointenso en todas las secuencias conforme más crónico sea. La razón

de esta mayor hipointensidad reside en que la concentración relativa de hierro en la colección será cada vez mayor, dado que el hierro contenido en la hemosiderina no se reabsorbe.

Una vez definidas las características de intensidad de señal del agua, grasa, sangre y de los cambios de intensidad de señal que habitualmente se asocian a las enfermedades del sistema músculo-esquelético, es importante destacar la utilidad en la lectura de las imágenes la detección del fenómeno de desplazamiento químico (“chemical shift”). El artefacto de desplazamiento químico se produce en la interfase entre dos tejidos, uno de contenido mayoritariamente graso y otro mayoritariamente acuoso, y consiste en la formación en la imagen obtenida de una banda hiperintensa y otra hipointensa en las interfases entre agua y grasa, aun cuando en apariencia muestren la misma intensidad de señal, como puede aparentar la grasa y agua en las secuencias FSE T2. Este fenómeno se debe a que la frecuencia de precesión del hidrógeno ligado a la molécula de agua es diferente al del hidrógeno ligado a la molécula de grasa. Existen secuencias que magnifican este fenómeno, siendo útiles para evidenciar el componente graso de una lesión.

Queda por definir la intensidad de señal de aquellas estructuras que no contienen hidrógeno, y que son el aire, el calcio y el hierro. Al no contener hidrógeno estas estructuras son hipointensas en todas las secuencias, independientemente de la ponderación. El hierro puede producir heterogeneidad de campo magnético, acompañándose de artefactos, lo cual sucede frecuentemente en los pacientes portadores de prótesis metálicas. Estos artefactos son más acusados en las secuencias potenciadas en eco de gradiente, por el propio diseño de la técnica. Esta circunstancia puede ser útil para detectar hemosiderina, y deducir que se trata con áreas de hemorragia antigua, de manera que comparando una misma área con estructuras hipointensas en secuencias SE

o FSE con secuencias eco de gradiente puede deducirse que se trata de hemosiderina y no de calcio por los artefactos de los que se acompaña en eco de gradiente. No debe deducirse que siempre que una estructura hipointensa que no se acompaña de artefactos por heterogeneidad de campo sea cálcica, y se debe tener siempre presente la posibilidad de que se trate de aire (secundaria por ejemplo a una artrocentesis reciente, o a un proceso infeccioso productor de gas).

Debe considerarse que la RM es una técnica que valora pobremente las estructuras que contienen calcio, aspecto en el que por el contrario las técnicas de diagnóstico por imagen basados en rayos X muestran una elevada sensibilidad y especificidad. Es por ello por lo que la lectura de un estudio de RM músculo-esquelética debe acompañarse del estudio de radiología simple correspondiente.

LESIONES MENISCALES

Los meniscos son estructuras fibrocartilaginosas de morfología triangular que en condiciones normales muestran una señal hipointensa en todas las secuencias, valorándose en los planos sagital y coronal.

Desde el punto de vista de la RM, se han clasificado las lesiones meniscales, atendiendo a su morfología y señal en cuatro tipos:

Tipo I: Imagen redondeada intrameniscal de alta señal, sin comunicación con la superficie meniscal.

Tipo II: Imagen lineal intrameniscal de alta señal, también sin comunicación.

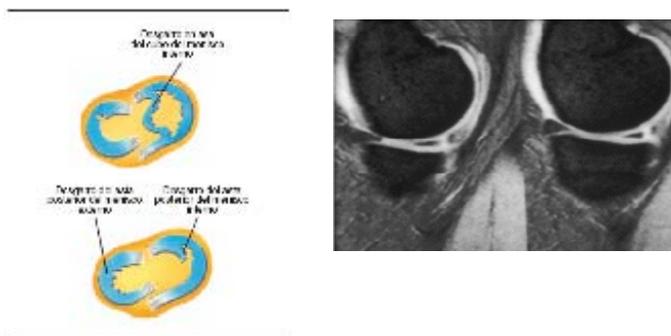
Tipo III: Imagen lineal con extensión a la superficie.

Tipo IV: Distorsión de la morfología, con alteración de su señal, con o sin fragmentación.

Estas lesiones se consideran evolutivas y de carácter degenerativo. ⁽⁶⁾

Las lesiones meniscales, más frecuentemente del menisco externo, pueden asociarse a formaciones quísticas, intra o parameniscales, que se visualizan como lesiones redondeadas quísticas, hipointensas en T1 e hiperintensas en T2, en comunicación con el menisco y que se proyectan hacia las estructuras adyacentes distorsionando las estructuras de vecindad.

Las rupturas de causa degenerativa son usualmente horizontales, mientras que las de tipo traumático son característicamente verticales o longitudinales.



Figuras 9 y 10. Esquema de lesiones meniscales e imagen T2 eco gradiente con ruptura en el cuerno posterior del menisco interno.

Hay formas especiales de ruptura meniscal como la denominada en asa de balde, que asocia una ruptura longitudinal con un desplazamiento del borde libre del menisco hacia el espacio intercondíleo.

Las rupturas en pico de loro son radiales y afectan el margen meniscal libre.

LESIONES LIGAMENTARIAS

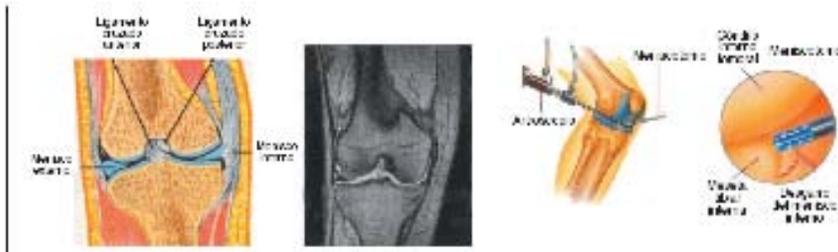
En condiciones normales, los ligamentos y las estructuras tendinosas, por la densidad de sus fibras y su contenido de colágeno, muestran una señal hipointensa y homogénea en todas las secuencias, por lo que la RM es útil en la valoración de la patología de los diferentes complejos ligamentarios, principalmente de los ligamentos cruzados y de los colaterales. ⁽⁷⁾

El *ligamento cruzado anterior* (LCA), es una estructura ligamentaria intracapsular pero extrasinovial, que discurre desde la espina tibial anterior hasta la cara interna del cóndilo externo. Los hallazgos RM dependen del grado y tipo de lesión, así como del período evolutivo, debiéndose reconocer las frecuentes lesiones osteoarticulares que pueden producirse dependiendo del mecanismo de lesión.

Los principales signos que indican una lesión del LCA incluyen engrosamiento y alteración de su señal RM, disrupción de sus fibras o alteración de su contorno, ausencia de visualización o pérdida de su alineación normal, encontrándose caído o bien elongado. Pueden reconocerse también signos indirectos, tales como una elongación en sentido craneal del ligamento cruzado posterior, o edema óseo secundario a lesión ósea asociada con diferentes grados de fractura transcondral o trabecular. La traducción en RM del edema óseo correspondería a un foco hipointenso en T1 e hiperintenso en T2 y en secuencias de saturación grasa, en el compartimiento femorotibial externo. Del mismo modo, en el plano sagital, podemos observar un desplazamiento anterior de la tibia como traducción de una inestabilidad anterolateral.

Cuando la lesión es aguda, predominan los cambios edematosos y hemorrágicos, que se detectan como una hiperseñal en las secuencias T2, mientras que en las lesiones

crónicas son más evidentes los fenómenos cicatriciales con engrosamiento. En estos últimos no es infrecuente la adhesión al LCP secundaria a cambios cicatriciales sinoviales.



Figuras 11 y 12: Esquema de los ligamentos cruzados y de los instrumentos utilizados en la artroscopia..

El *ligamento cruzado posterior* discurre desde el cóndilo medial hasta la fosa intercondílea de la tibia, después de cruzarse con el LCA. Su lesión es menos frecuente, siendo necesario por lo general un traumatismo de mayor energía cinética. Habitualmente se producen en su tercio medio, y suelen ser incompletas, aunque también pueden verse lesiones en su inserción distal acompañándose o no de avulsión ósea tibial. La RM puede mostrar una solución de continuidad de las fibras, un engrosamiento acusado o una hiperintensidad intraligamentaria en cualquier secuencia, T1, T2 o secuencias de gradiente. Las lesiones de los ligamentos cruzados pueden clasificarse en 3 grados:

Grado 1: simple distensión del ligamento (“esguince”), con afección intrasustancial.

Grado 2: ruptura parcial del ligamento.

Grado 3: ruptura total del ligamento o avulsión de su inserción ósea.



Figura 13: Imagen T2 sagital que muestra ruptura del LCA. Figura 14: A la izquierda, ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA). A la derecha, ruptura del ligamento cruzado posterior (LCP)..

VI. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente estudio pretende determinar la frecuencia con que la interpretación de los estudios de rodilla observa correlación entre los reportes de imagen y de artroscopia en el mismo grupo de pacientes.

VII. JUSTIFICACIÓN

Se pretende dar a conocer cual es la utilidad de la aplicación del estudio de resonancia de la rodilla y correlación artroscópica en el Centro Médico ABC.

Se establece la pregunta de investigación:

¿Tienen correlación artroscópica los estudios de Resonancia de la Rodilla para evaluar lesiones meniscales y de ligamentos cruzados?

VIII. HIPÓTESIS

Nula: Los estudios de Resonancia de la Rodilla no tienen correlación artroscópica.

Alternativa: los estudios de Resonancia de la Rodilla tienen correlación artroscópica para el diagnóstico de enfermedad meniscal y de ligamentos cruzados.

IX. OBJETIVOS

GENERAL: Demostrar la utilidad de los estudios de Rodilla por RM, para el diagnóstico de enfermedad meniscal y de ligamentos cruzados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la sensibilidad y especificidad de la resonancia de la rodilla en el diagnóstico de enfermedad meniscal y de ligamentos cruzados, comparándolo con la artroscopia como parámetro de referencia (“gold estándar”).

X. MATERIAL Y METODOS

Se analizaron de forma retrospectiva 211 rodillas estudiadas por RM del período del 1º de julio de 2007 al 1º de julio del 2008, considerando solo a las que después se les había practicado artroscopia en un período no mayor a 3 meses (23 estudios de RM con artroscopia correspondiente). Se considera la artroscopia como patrón de oro y se evaluó la capacidad diagnóstica de la RM para lesiones meniscales y de ligamentos cruzados.

POBLACIÓN OBJETIVO

La población de nuestro estudio incluye pacientes que cumplan con los siguientes requisitos:

CRITERIOS DE INCLUSION:

- a) Pacientes que acudieron a estudio de Resonancia de la Rodilla del período del 1º de julio del 2007 al 1 de julio del 2008.
- b) Se les realizó estudio de RM.
- c) En los días siguientes (máximo 3 meses) se les realizó estudio diagnóstico/terapéutico de Artroscopia.

DE EXCLUSIÓN

Pacientes con intervenciones artroscópicas previas de rodilla.

DE ELIMINACIÓN

Estudios incompletos.

DISEÑO DEL ESTUDIO.

Es un estudio: Prospectivo. Descriptivo y comparativo. Transversal. Observacional.

Los estudios de rodilla se realizaron en el equipo descrito a continuación:

Marca: General Electric Medical Systems.

Modelo: Signa Excite MRS01234.



Origen: Milwaukee, Wisconsin, USA.

-Estación de trabajo Advantage Workstation 4.2_06 sdc, GE Medical Systems –
Antena de rodilla de 8 canales, GE Medical Systems.

Se compararon los resultados de los reportes de interpretación de RM con los obtenidos en la interpretación de las artroscopias correspondientes.

El *estudio de resonancia de rodilla* se realizó de la siguiente manera en general: se realizan múltiples cortes en los diferentes planos, en las secuencias de T1, eco gradiente ponderado a T2, densidad de protones, densidad de protones con saturación grasa, STIR. Interpretación de las imágenes (Revisión de la Adquisición): Una vez finalizada cada adquisición y previo al retiro del paciente se verifica si se cumplieron todos los parámetros que aseguren el control de calidad de la imagen.

-Evaluación de las imágenes: Análisis visual en forma cualitativa.

-Interpretación: se analiza en cada paciente la presencia de una o más alteraciones en la intensidad de señal en relación al tejido normal.

-En caso de existir algún grado de anormalidad se debe evaluar: Localización: Se consideran principalmente los aspectos intrasustancia de los ligamentos cruzado anterior y cruzado posterior, meniscos medial y lateral, así como los cuernos anteriores y posteriores de éstos últimos, como segmentos a considerar según situación superior, inferior, medial o lateral así como la combinación que se estime conveniente entre estos de acuerdo a la alteración identificada.

-Intensidad: En que secuencia y a que afección corresponde.

-Análisis cuantitativo: Analizar la extensión de la ruptura.

****Reporte Final:** Se realiza una descripción con los parámetros antes mencionados haciendo alusión a la localización, extensión, intensidad y grado de cada defecto. Se menciona el caso en que exista la presencia de lesión meniscal o ligamentaria.

Se describen los parámetros y se realiza una conclusión final, mencionando si la o las lesiones descritas son compatibles con ruptura meniscal o ligamentaria y en que grado se sitúa la afección.

XI. CONSIDERACIONES ETICAS:

El estudio de resonancia no tiene implicaciones éticas, debido a que las pruebas realizadas son de rutina. El autor declara que no tiene conflictos de interés.

XII. RECURSOS:

Todos los estudios fueron realizados por personal del Departamento de Resonancia magnética del Centro Médico A.B.C., sus 2 médicos radiólogos adscritos, así como 2 Técnicos en Resonancia magnética. Los estudios fueron interpretados por Médicos Radiólogos del Departamento de Resonancia magnética de nuestro hospital y los resultados fueron concentrados y analizados exclusivamente por el titular de la investigación.

XIII. RESULTADOS

El presente estudio comprendido del 1° de enero al 4 de julio del 2008, incluyó 23 pacientes tras aplicar los criterios descritos, de los cuales fueron 14 del sexo masculino y 9 del sexo femenino, cuyas edades comprendían entre los 13 a 67 años, con un promedio de edad de 37.

Para el análisis estadístico se empleo el programa SPSS 12.0 Win. La sensibilidad de la RM fue 95.5% cuando el intervalo de tiempo entre ambas técnicas fue igual o menor a tres meses y ascendió a 100% cuando el intervalo de tiempo fue igual o menor a un mes. Esta mejora fue mayor para la especificidad, aumentando de un 91% cuando el intervalo de tiempo RM-artroscopia fue tres meses o menor, a un 93% cuando el intervalo de tiempo fue un mes o menos. La sensibilidad y la especificidad no sólo aumentaron a medida que el intervalo de tiempo entre ambas pruebas disminuía cuando se consideraron las lesiones de rodilla de forma global sino también cuando se estudiaron los ligamentos cruzados y los meniscos separadamente. Para las lesiones de ligamentos cruzados, los dos grupos mostraron la misma sensibilidad (100%). La especificidad mejoró a medida que el intervalo de tiempo entre la RM y la artroscopia disminuía, la especificidad de 91% a 94%. Cuando evaluamos los meniscos, los resultados mostraron mejoría, la sensibilidad aumentó de 92% a 94%, la especificidad de 89% a 92%.

MENISCO MEDIAL	LCA	LCP
S 90 A 93%, E 88 A 91%	S 100 Y 100%	S 100 Y 100%
MENISCO LATERAL	E 90 Y 93%	E 91 Y 95%
S 92 A 94%, E 89 A 92%		

Se ejemplifica el análisis realizado con el LCA:

LCA RM * Artroscopia Crosstabulation

		LCA Cor	Total

			Sin lesiones significativas	Lesiones significativas	
Count	Cd	Normal	10	0	10
	AC				
		G1	7	0	7
		G2	3	0	3
		G3		3	3
	Total		20	3	23

Chi-Square Tests

	Val ue	df	Asymp. Sig. (2- sided)	
Pearson Chi-Square	50.645(a)	4	.000	Prevalence (e.g. 0.10): <input type="text" value="0.403"/>
Likelihood Ratio	62.919	4	.000	Sensitivity (e.g. 0.80): <input type="text" value="1.00"/>
Linear-by-Linear Association	41.706	1	.000	Specificity (e.g. 0.80): <input type="text" value="0.93"/>
N of Valid Cases	23			Total sample size: <input type="text" value="23"/>

XIV. DISCUSIÓN

El estudio llevado a cabo cumple con el objetivo planteado de determinar, en nuestra área, la eficacia de la RM frente a la artroscopia (patrón de referencia) en el diagnóstico de lesiones de rodilla que afecten ligamentos cruzados y/o meniscos.

Al estratificar los resultados obtenidos según el tiempo transcurrido entre la RM y la artroscopia, se observó una modificación sustancial en la capacidad diagnóstica de la RM a medida que el tiempo transcurrido variaba. Así, la sensibilidad de la RM fue

95.5% cuando el intervalo de tiempo entre ambas técnicas fue igual o menor a tres meses y ascendió a 100% cuando el intervalo de tiempo fue igual o menor a un mes. Esta mejora fue menor para la especificidad, aumentando de un 91% cuando el intervalo de tiempo RM-artroscopia fue tres meses o menor, a un 93% cuando el intervalo de tiempo fue un mes o menos. La sensibilidad y la especificidad no sólo aumentaron a medida que el intervalo de tiempo entre ambas pruebas disminuía cuando se consideraron las lesiones de rodilla de forma global sino también cuando se estudiaron los ligamentos cruzados y los meniscos separadamente. Para las lesiones de ligamentos cruzados, los dos grupos mostraron la misma sensibilidad (100%). La especificidad mejoró a medida que el intervalo de tiempo entre la RM y la artroscopia disminuía, la especificidad de 91% a 94%. Cuando evaluamos los meniscos, los resultados mostraron mejoría, la sensibilidad aumentó de 92% a 94%, la especificidad de 89% a 92%.

Resulta lógico pensar que el tiempo que pasa entre una prueba y otra constituye, al menos en los datos del presente estudio, una variable de confusión a considerar para la correcta interpretación de los resultados. Esto puede ser debido a cambios en la patología estudiada durante el tiempo transcurrido entre la realización de una prueba y otra (esto es, empeoramiento de la lesión, modificación en el número de estructuras lesionadas, desaparición de lesiones, etc.), posibilidad que sería mayor a medida que el intervalo de tiempo entre ambas técnicas aumentara. En otras palabras, a medida que se incrementa el tiempo entre la técnica considerada patrón de oro (artroscopia) y la técnica a ser comparada (RM), disminuye la concordancia entre ambas y por definición, siempre en detrimento de la prueba que se compara. ⁽⁸⁾

La dirección de dicho sesgo operaría negativamente sobre los cálculos globalmente estimados, lo que provocaría la infraestimación de la capacidad diagnóstica de la RM

frente a la artroscopia. Por esta razón, y a pesar de una menor precisión que recomienda cierta cautela (el número de pacientes en el grupo para el intervalo de tiempo igual o menor a un mes era sólo de 20), las estimaciones metodológicamente más adecuadas para una correcta interpretación de la eficacia diagnóstica de la RM serían las calculadas a partir de las rodillas en las que el tiempo transcurrido entre ambas pruebas fue menor o igual a un mes. En este grupo de pacientes hay que reseñar que el grado de concordancia con la artroscopia resultó ser menor para el diagnóstico de lesión meniscal (93%) que para los ligamentos cruzados (100%). Estos resultados están en el rango de los resultados obtenidos en otros estudios.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾

Finalmente, no se puede descartar por completo la posibilidad de que, debido a las características intrínsecas del estudio (retrospectivo), éste haya podido sesgar parcialmente la estimación de la capacidad diagnóstica de la RM en lesiones de rodilla que afecten a ligamentos cruzados y/o meniscos. Es decir, los sujetos incluidos en el estudio fueron seleccionados a partir de aquellos que, basándose en los resultados de una exploración clínica y de exploración con RM, recibieron una artroscopia. Además, es posible que el conocimiento por parte del artroscopista de los resultados de la RM al tiempo de realizar e informar la artroscopia (estudio no ciego) haya podido influir en la concordancia entre ambos exámenes. No obstante, mantener al artroscopista ciego a resultados de la RM en el momento de la artroscopia, podría suponer problemas de tipo ético.

En suma, a través de la investigación reportada se confirma el valor de la resonancia de rodilla para incrementar la exactitud diagnóstica de la intervención artroscópica. Por tanto, la RM debería utilizarse como recurso diagnóstico preoperatorio siempre que sea posible, ya que mejora los resultados postquirúrgicos y el pronóstico.

XV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos apoyan a la RM como una buena herramienta para el diagnóstico de lesión de rodilla (ligamentos cruzados y meniscos) en nuestra área. Para las estructuras articulares evaluadas la RM mostró mayor sensibilidad y especificidad para diagnosticar la presencia de alguna lesión en los ligamentos cruzados que para diagnosticar alguna lesión en los meniscos. Estos resultados mejoraron a medida que el intervalo de tiempo entre la RM y la artroscopia disminuía, por lo que, aunque con cautela, hay que considerar que el intervalo de tiempo transcurrido entre la RM y la artroscopia es una variable a tener en cuenta para la interpretación correcta de nuestros resultados y también en subsiguientes estudios, observaciones o en la aplicación clínica.

GRACIAS.

XVI. BIBLIOGRAFÍA

1. Macho Fernández JM, Manero Ruiz FJ, Soriano Godes JJ. Knee pain evaluation protocol. *Rev Clin Esp.* 2006 May;196(5):306-9. Review. Spanish.
2. Reicher MA, Hartzman S, Bassett LW, Mandelbaum B, Duckwiler G, Gold RH. MR imaging of the knee: Part I. Traumatic disorders. *Radiology* 1987;162:547-51.
3. Polly DW, Callaghan JJ, Sikes RA, McCabe JM, McMahon K, Savory CG. The accuracy of selective magnetic resonance imaging compared with the findings of arthroscopy of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1988;70:192-208.
4. Fischer SP, Fox JM, Del Pizzo W, Friedman MJ, Snyder SJ, Ferkel RD. Accuracy of diagnoses from magnetic resonance imaging of the knee. A multi-centre analysis of one thousand and fourteen patients. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:2-10.
5. S Ostlere. Imaging the knee. *Imaging* 2003 15: 217-241.
6. Jenny T. Bencardino, Zehava S. Rosenberg, Robert R. Brown et al. Traumatic Musculotendinous Injuries of the Knee: Diagnosis with MR Imaging. *RadioGraphics* 2000; 20: 103.
7. Anne Cotten, Emmanuelle Delfaut, Xavier Demondion, Franck Lapègue, Mokran Boukhelifa, Nathalie Boutry, Patrick Chastanet, and François Gougeon. MR Imaging of the Knee at 0.2 and 1.5 T: Correlation with Surgery. *Am. J. Roentgenol.*, Apr 2000; 174: 1093 - 1097.
8. Bryan S, Weatherburn G, Bungay H, Hatrick C, Salas C, Parry D, Field S, Heatley F. The cost-effectiveness of magnetic resonance imaging for investigation of the knee joint. *Health Technol Assess.* 2001;5(27):1-95.

9. Ryzewicz M, Peterson B, Siparsky PN, Bartz RL. The diagnosis of meniscus tears: the role of MRI and clinical examination. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Feb;455:123-33.
10. Crawford R, Walley G, Bridgman S, Maffulli N. Magnetic resonance imaging versus arthroscopy in the diagnosis of knee pathology, concentrating on meniscal lesions and ACL tears: a systematic review. *Br Med Bull.* 2007 Sep; 3; 1218-34
11. Ter Braak BP, Vincken PW, van Erkel AR, Bloem RM, Napoleon LJ, Coene MN, van Luijt PA, de Lange S, Bloem JL. Are radiographs needed when MR imaging is performed for non-acute knee symptoms in patients younger than 45 years of age? *Skeletal Radiol.* 2007 Oct; 3; 423-9

XVII. COMENTARIO DEL ASESOR

En el diagnóstico de las lesiones meniscales es más efectivo el uso de la Resonancia Magnética junto a la exploración artroscópica que utilizar la artroscopía sola.

El método de RM tiene gran concordancia con los resultados del método de exploración artroscópica para el diagnóstico (y guía de la intervención terapéutica) de lesiones meniscales y ligamentarias, con valores mayores al 90%. Las lesiones del ligamento cruzado anterior y posterior aparecen muy frecuentemente junto con lesiones meniscales y la RM es eficaz para confirmarlas y aún más capaz para descartarlas. La artroscopia es un método que permite acceder al diagnóstico más apropiado de la lesión meniscal y simultáneamente como instrumento terapéutico, se puede aplicar ambulatoriamente con una recuperación y una incorporación a la vida diaria activa tempranas. La aplicación de la artroscopia diagnóstica está condicionada por las dificultades técnicas de visualizar rupturas o fisuras intrameniscales dolorosas, o rupturas meniscales en el asta posterior del menisco interno.

El coste económico siempre está condicionado por los beneficios de la salud que reciba el paciente, representados en diagnóstico acertado y terapia eficaz y segura, para llegar a su curación. La elevada precisión de la Resonancia para el diagnóstico de lesión meniscal ha contribuido a optimizar las artroscopias, aplicándose de forma rutinaria y con resultados muy favorables en nuestro medio y de acuerdo con lo referido en la literatura.