

ACTUALIZACIÓN

Resonancia magnética de mama: estado actual y aplicación clínica

J. Camps Herrero

Servicio de Radiología, Unidad de Mama, Hospital de la Ribera, Alzira, Valencia, España

Recibido el 16 de mayo de 2010; aceptado el 28 de agosto de 2010

PALABRAS CLAVE
Cáncer de mama;
Resonancia
magnética;
Diagnóstico

Resumen La RM es una técnica de imagen que se ha ido incorporando paulatinamente a la práctica clínica diaria del radiólogo de mama. Hay consenso en que deben cumplirse una serie de requerimientos técnicos mínimos para conseguir un estudio de calidad diagnóstica y los criterios diagnósticos se basan fundamentalmente en las categorías BI-RADS del ACR (American College of Radiology). La estadificación del cáncer de mama es una de sus principales aplicaciones clínicas, aunque no está exenta de polémica. Otras aplicaciones donde se ha validado la técnica son la evaluación de respuesta al tratamiento, el cribado en pacientes de alto riesgo, el estudio del cáncer de mama oculto, el estudio de una sospecha de recidiva y la valoración de las prótesis de mama.

© 2010 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS
Breast Neoplasms;
Diagnosis;
Magnetic Resonance
Imaging

Breast Magnetic Resonance Imaging: State of the art and clinical applications

Abstract Breast magnetic resonance imaging is a modality that is being progressively integrated into the breast radiologist's daily clinical practice. There is consensus on the minimal technical requirements that a breast MR exam should have in order to attain diagnostic quality. Diagnostic criteria are mainly based on the American College of Radiology's BI-RADS magnetic resonance imaging categories. Breast cancer staging is a main clinical application, but it is not universally accepted. Other applications are: response evaluation in patients treated with chemotherapy, screening in high-risk patients, cancer of unknown origin, assessment of a possible relapse and breast implant evaluation.

© 2010 SERAM. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Resonancia magnética de mama: requisitos técnicos

La integración de la RM de mama en el arsenal diagnóstico del radiólogo implica que debe conocer una serie de

requisitos prácticos y técnicos si desea obtener el máximo rendimiento de la información morfológica y funcional que esta modalidad nos proporciona^{1,2}.

Hardware: imanes y bobinas

En la elección de la máquina y otros componentes convergen dos requerimientos opuestos: la resolución espacial y

Correo electrónico: juliacamps@gmail.com

temporal. La RM de mama es técnicamente exigente y se beneficia de estrategias de imagen avanzadas (imagen en paralelo), gradientes potentes ($> 20 \text{ mT/m}$) y alto campo ($> 1 \text{ T}$). Deben emplearse bobinas de superficie receptoras específicas para el estudio de las mamas. Las bobinas multielementos ofrecen mayor relación señal-ruido y la posibilidad de imagen en paralelo.

Posición de la paciente, *field of view* y cobertura anatómica

La paciente estará posicionada en decúbito prono, con los brazos situados a lo largo del cuerpo para aumentar la cobertura anatómica de la bobina. Habitualmente se utilizan *fields of view* (FOV) de 280 a 320 mm con una matriz de 512 x 256 o 512 x 512 mm (dependiendo del plano de corte). La cobertura anatómica en la dirección del grosor de corte debe incluir desde la región supraclavicular hasta el pliegue inframamario. El estudio incluirá ambas mamas.

Elección del plano de corte: sagital, axial o coronal

El plano *sagital* es probablemente el plano más natural, pero no es el de elección. La ventaja técnica de este plano es que requiere un FOV relativamente pequeño, lo cual mejora la resolución espacial en cualquier matriz de adquisición (sin penalización en el tiempo de adquisición). La única desventaja es que se necesitan demasiados cortes para cubrir ambas mamas, razón por la cual se ha utilizado solo en RM de una sola mama. Recientemente han aparecido protocolos sagitales bilaterales basados en la imagen en paralelo (VIBRANT).

Los protocolos dinámicos actuales más difundidos utilizan el plano axial o coronal. Las imágenes en plano coronal presentan la ventaja de que pueden ser adquiridas con un FOV rectangular al 50-60%, lo cual reduce el tiempo de adquisición. Sin embargo, requiere un mayor número de cortes en la dirección AP que en el caso de la imagen axial (cráneo-caudal). No obstante, ambas orientaciones son perfectamente válidas.

Es imprescindible orientar la dirección de la codificación de fase de tal manera que se minimicen los artefactos por movimiento. En el plano sagital, la dirección deberá ser cabeza-pies. En el plano axial, de izquierda a derecha. En el plano coronal, cabeza-pies, de manera que el FOV pueda ser rectangular y se reduzca así el tiempo de adquisición.

Secuencias básicas

Secuencias potenciadas en T2 precontraste

Mediante las secuencias T2 precontraste podremos identificar los quistes debido a que presentan valores T2 muy superiores al resto de las estructuras de la glándula mama. También nos permitirán evaluar la intensidad de señal de las lesiones sólidas (excepto los carcinomas mucinosos y los fibroadenomas mixoides, hiperintensos, la mayoría de cánceres de mama son hipointensos), las regiones ganglionares y los cambios postratamiento (necrosis grasa, hematoma y seroma). Los valores de TR (tiempo de repetición) y de TE (tiempo de eco) son respectivamente TR > 2 s y TE > 80 ms

y la secuencia óptima es la de eco de espín rápida o fast spin-echo (FSE).

Las secuencias STIR (*short ti inversion recovery*) son una alternativa a las secuencias T2 FSE cuando se quiere suprimir la señal de la grasa y no presenta los requerimientos de homogeneidad de campo necesarios para las secuencias T2 con supresión grasa.

Secuencias dinámicas potenciadas en T1 3D eco de gradiente

Las secuencias 3D presentan mayor relación señal-ruido que las 2D porque la señal se adquiere a partir de un volumen y no de un solo plano (en cada adquisición de datos se recoge más señal). Las secuencias 3D requieren un TR más corto y mantienen los tiempos de adquisición lo suficientemente cortos como para mantener la resolución temporal necesaria. En algunos protocolos se recomienda adquirir estas secuencias con supresión grasa para minimizar los artefactos por movimiento, pero hay que tener en cuenta que se requieren campos muy homogéneos. La sustracción de las secuencias es la alternativa a la supresión grasa, acompañada de una compresión suave de la mama para evitar artefactos por movimiento.

Las secuencias de perfusión, difusión y espectroscopia no han sido validadas todavía a gran escala y deben considerarse un complemento, no un sustituto, de las secuencias básicas.

Resolución temporal

El pico de captación en las lesiones malignas suele producirse entre los minutos 1 y 3 tras la inyección de contraste, razón por la cual la resolución temporal necesaria debe ser de menos de 120 segundos. La adquisición continua de secuencias temporales de 60-90 segundos a lo largo de un tiempo total de adquisición de 6 minutos es suficiente para determinar la morfología de la curva de contraste y determinar si la captación es continua, en meseta o lava precozmente.

Resolución espacial

La resolución espacial es el segundo requisito para el diagnóstico del cáncer con RM de mama, al igual que en el caso de la mamografía o la ecografía. Algunos de los criterios diagnósticos más importantes para el diagnóstico diferencial se basan en la morfología de las lesiones: bordes y arquitectura interna. En la RM de mama un aumento en la resolución espacial (aumento en el tamaño de la matriz de adquisición) se asocia a un aumento en el tiempo de adquisición. Se recomienda ajustar el tiempo de adquisición dinámica por secuencia en 60-120 segundos e invertir el resto en resolución espacial. Debería utilizarse la matriz de imagen más grande que se pueda obtener en esta ventana de adquisición: una matriz de adquisición real (no interpolada) de 512 x 512 en las secuencias bilaterales axiales o coronales (con un FOV de 320-350 mm). Estas especificaciones deberían traducirse en un tamaño de píxel en los planos X y Y de 0, 5 x 0, 5 a 0, 8 x 0, 8 mm (resolución espacial isotrópica) y en un grosor de corte de 1-3 mm (plano Z).

Administración del contraste

La mayoría de los grupos emplean una dosis de 0,1 mmol/kg aunque la dosis aceptada oscila entre 0,1 y 0,2 mmol/kg. No está demostrado que una dosis superior a 0,1 mmol/kg mejore la detección. El contraste se inyecta a través de una vía intravenosa antes de colocar a la paciente en el imán y durante la inyección no se deberá mover a la paciente. Se debe utilizar un inyector a una velocidad de 3 ml/s seguido de un bolo de suero salino de 20ml. Habitualmente se inicia la primera secuencia poscontraste tras haber inyectado el contraste (durante la inyección del bolo de suero salino). No es necesario esperar entre la inyección y el inicio de la primera secuencia con contraste en protocolos de resolución temporal de 1-2 minutos. Lo ideal es que siempre se siga el mismo protocolo de inyección aunque hay que tener en cuenta que existen factores que alteran la velocidad de captación de las lesiones (edad de la paciente, frecuencia cardíaca, fracción de eyeción, tiempo de circulación total).

Posprocesado de imágenes

El objetivo del posprocesado de las imágenes obtenidas con el estudio de RM de mama es proporcionar al radiólogo datos adicionales para la interpretación del mismo. El postprocesado de imágenes deberá incluir:

- 1) Sustracción de imágenes (sustraer la primera o segunda secuencia con contraste de la secuencia sin contraste)
- 2) Proyecciones de intensidad de señal máxima (MIP)
- 3) Reconstrucción de las imágenes de sustracción en planos ortogonales (reconstrucciones multiplanares o MPR) y en planos que sigan el lobulillo anatómico mamario
- 4) Curvas de captación en el tiempo en lesiones sospechosas (análisis cinético)

En el caso de que se disponga de software de CAD (*computer-aided diagnosis*) o software específico para análisis de imágenes paramétricas, se pueden crear mapas de imágenes paramétricas o mapas de captación con codificación de color según los parámetros asignados (velocidad máxima, lavado, captación superior al 100%, lavado superior al 10%, etc.).

Aspectos fisiopatológicos de las pacientes

En pacientes premenopáusicas el tejido fibroglandular es sensible a los estrógenos, modificando los fenómenos de vasodilatación y permeabilidad capilar a través de una respuesta histamina-like al estrógeno. El pico de captación en este grupo de mujeres aparece en las semanas 1 y 4 del ciclo menstrual. Habitualmente este patrón de captación es bilateral y casi nunca muestra lavado precoz (habitualmente se trata de un patrón de captación precoz pero continuo). No obstante, si es posible, la exploración deberá realizarse durante la segunda semana del ciclo menstrual (días 6-14) para evitar falsos positivos y enmascarar un cáncer de mama. Otro subgrupo de pacientes son las pacientes en periodo de lactancia y pacientes en tratamiento con THS, en quienes el patrón de la captación de contraste puede dar lugar también a falsos positivos. En estas últimas se

puede interrumpir el tratamiento durante 4 semanas antes de realizar el estudio.

Resonancia magnética de mama: semiología básica

Angiogénesis

La angiogénesis en los tumores malignos es un proceso desorganizado y caótico. Existen ciertas características morfológicas y funcionales en el lecho tumoral que permiten la distinción entre procesos malignos y benignos y facilitan la detección del tumor por métodos de imagen:

- heterogeneidad espacial y estructura caótica
- vasos frágiles altamente permeables para las macromoléculas
- *shunts* arterio-venosos, tortuosidad vascular y vasodilatación
- heterogeneidad en la densidad vascular

La mayoría de estudios de RM de mama emplean secuencias T1 eco de gradiente para monitorizar los efectos de captación de contraste. El aumento en la intensidad de señal no es directamente atribuible al contraste *per se* sino que depende de un número de factores fisiológicos y físicos: perfusión tisular, permeabilidad capilar al contraste, volumen del espacio extracelular donde fuga el contraste, tiempos de relajación T1 basales del tejido, dosis de contraste y tipo de secuencia empleada. En estos métodos no se visualiza el contraste sino los cambios que produce en la relajatividad de los tejidos adyacentes (plasma y espacio extravascular-extracelular).

Criterios diagnósticos en resonancia magnética de mama

Existe acuerdo general sobre cuáles son los criterios diagnósticos más relevantes, aunque hay diferencias en la consideración de su peso específico. Las clasificaciones de Fischer y del Colegio Americano de Radiología (ACR), las más difundidas³⁻⁵, muestran criterios diagnósticos comunes, ambas han sido validadas^{6,7} e integran conjuntamente los criterios morfológicos y dinámicos en el análisis de las lesiones. La clasificación del ACR presenta la ventaja de que muestra un paralelismo con la clasificación BI-RADS de la mamografía y la ecografía y es la más utilizada, aunque enfatiza menos las características dinámicas. La clasificación de Fischer comparte con esta los criterios morfológicos y cuantifica mejor las características dinámicas aunque quizás da excesiva relevancia a estas en su puntuación o *score* final. La clasificación de Fischer propone un sistema de puntuación de signos semiológicos y puede ser muy útil para quien empieza a trabajar con imágenes de RM y en los estudios de evaluación de respuesta a la quimioterapia.

En los primeros estudios sobre criterios dinámicos se insistió en la importancia de la fase precoz para discriminar entre lesiones benignas y malignas, pero actualmente un gran porcentaje de autores atribuyen un mayor peso específico a la fase postinicial y tardía, considerando el

wash-out o lavado como un criterio fiable de malignidad. Los cánceres de mama muestran captación de contraste (con algunas excepciones como casos aislados de carcinoma lobular y CDIS de bajo grado), pero también es cierto que muchas lesiones benignas captan contraste. Estos hechos nos demuestran que los datos dinámicos no deben constituir el único criterio diagnóstico empleado, sino que deben integrarse con otros criterios (los denominados *morfológicos*) para aumentar la especificidad al tipificar las lesiones.

Criterios diagnósticos de Fischer

Los criterios diagnósticos de Fischer-Baum se exponen en las tablas 1–3.

Criterios BI-RADS

Los descriptores BI-RADS se exponen en la tabla 4 y las categorías diagnósticas son las mismas que se emplean en ecografía o mamografía (BI-RADS 0 a 6).

Diagnóstico diferencial BI-RADS (fig. 1)

La caracterización de una lesión siempre se iniciará con el *análisis morfológico*⁷⁻⁹. El análisis cinético se realizará posteriormente, tras identificar las lesiones a incluir y su probabilidad de malignidad. A partir del análisis morfológico

determinaremos si una lesión es un nódulo o un realce no nodular. Este paso es fundamental, ya que se aplican descriptores distintos según el tipo de lesión. Toda aquella lesión aislada de menos de 5 mm de diámetro será catalogada como «foco».

El diagnóstico diferencial de los nódulos se reduce a lesión benigna o maligna. Definiremos su morfología, sus bordes y por último, su arquitectura interna tras la captación de contraste. Las lesiones malignas (cánceres de mama infiltrantes) suelen presentar morfología irregular y estrellada, contornos mal definidos o espiculados y captación heterogénea o en anillo (fig. 2).

En el caso de los realces no nodulares (fig. 3) el diagnóstico diferencial se establecerá entre el CDIS o cambios fibroquísticos/tejido glandular normal. Inicialmente se analizará la distribución de las lesiones y posteriormente, su patrón de captación. Las lesiones malignas con realce no nodular (CDIS) suelen mostrarse como un foco solitario de hipercaptación o como un área de captación regional, segmentaria o lineal/dendrítica. Si la captación es regional o segmentaria la morfología de captación suele ser multinodular o en empedrado (fig. 4).

El análisis cinético se realizará después del análisis morfológico (fig. 5) y se centrará fundamentalmente en aquellas lesiones cuya captación ya muestra un aumento

Tabla 1 Criterios morfológicos y cinéticos en la clasificación de Fischer.

Puntuación	0	1	2
Morfología	Redondeada, ovoidea	Dendrítica, irregular	-
Contornos	Bien definidos	Mal definidos	-
Patrón captación	Homogéneo	Heterogéneo	Anillo
Captación inicial	<50%	50-100%	> 100%
Captación postinicial	>10%	Del +10 al -10%	< -10%

Fuente: Fischer³.

Tabla 2 Fórmulas para el cálculo de las captaciones inicial y postinicial.

$$\text{Captación inicial} = (\text{IS}_{\text{máx}} \text{ durante minutos 1-3}) - (\text{IS}_{\text{pre-contraste}}) / \text{IS}_{\text{pre-contraste}}$$

$$\text{Captación postinicial} = [(\text{IS} \text{ al minuto 6}) - (\text{IS}_{\text{máx}} \text{ durante minutos 1-3})] / \text{IS}_{\text{máx}} \text{ durante minutos 1-3}] \times 100 \text{ (%)}$$

Captación continua: captación postinicial < 10%

Plateau: captación postinicial del +10% al -10%

Lavado: captación postinicial < -10%

IS: intensidad de señal.

Tabla 3 Asignación de categorías según puntuación en la clasificación de Fischer.

Grupo BI-RADS RM	Puntos	Valor diagnóstico
I	0-1	Benigno
II	2	Probablemente benigno
III	3	Probablemente benigno
IV	4-5	Sospechoso
V	6-8	Muy sugestivo de malignidad

Fuente: Fischer³.

Tabla 4 Criterios diagnósticos BI-RADS con sus correspondientes descriptores.

Categorías de lesiones hipercaptantes	Descriptores
Foco (diámetro inferior o igual a 5 mm)	
Nódulo (lesión ocupante de espacio tridimensional)	Morfología Borde o contorno Captación
Realce no nodular (no ejerce efecto masa sobre el parénquima glandular)	Distribución Captación interna Captación simétrica o asimétrica Retracción complejo areola-pezón (CAP), infiltración del CAP, hiperintensidad ductal precontraste, engrosamiento cutáneo focal, engrosamiento cutáneo difuso, infiltración cutánea, edema, adenopatías, infiltración del pectoral, infiltración de la pared torácica, hematoma/sangre, ausencia de señal patológica, quistes
Hallazgos asociados	
Valoración cinética semicuantitativa (fig. 2)	Captación durante la fase inicial (primeros 2 minutos) Captación durante la fase tardía (a partir de los 3 minutos) Lenta Media Rápida Persistente En meseta Lavado

en la intensidad de señal significativo en la primera imagen postcontraste. Las lesiones malignas suelen mostrar una captación intensa y precoz. Si observamos la parte postinicial de la curva, veremos que suelen mostrar una captación posterior en meseta (en el 30% de los casos) o de tipo lavado (en el 60% de los casos) aunque visualmente estos cambios son mucho menos evidentes que la intensa captación observada durante la primera fase de la curva).

En las lesiones tipo nódulo se analizará la intensidad de señal (IS) en la secuencia T2 con respecto al tejido fibroglandular (hiper, iso o hipointensa). Las lesiones malignas suelen presentar una IS hipo o isointensa comparadas con el parénquima. Las excepciones a esta regla son los

cánceres mucinosos o medulares (y la rara aparición de necrosis central tumoral). Los fibroadenomas mixoides y los ganglios intramamarios suelen ser hipointensos. Los fibroadenomas con escaso componente glandular suelen ser hipointensos pero, a diferencia de los cánceres, no captan contraste.

Aplicaciones clínicas de la resonancia magnética de mama

Entre las aplicaciones clínicas de la RM de mama, existen algunas asentadas (las que aquí se exponen), otras

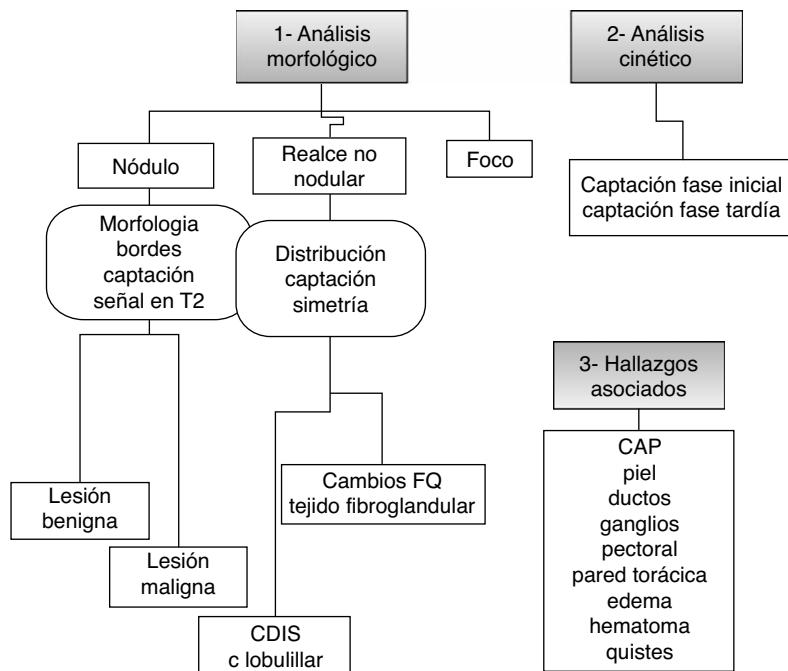


Figura 1 Análisis semiológico según los criterios BI-RADS RM. FQ = Fibroquísticos. CAP = Complejo Areola-Pezón.

polémicas (estadificación del cáncer de mama) y otras menos aceptadas universalmente (estudio de microcalcificaciones, secreción mamaria, lesiones premalignas, tumor residual en paciente intervenida, hallazgos no concluyentes en mamografía y ecografía) que no se incluyen en la presente actualización^{2,10}.

Estadificación del cáncer de mama

Una vez diagnosticado el cáncer de mama, el siguiente paso es evaluar la extensión del mismo y para ello es imprescindible conocer el significado clínico de los hallazgos de imagen en la estadificación. Dependiendo del tamaño del tumor,

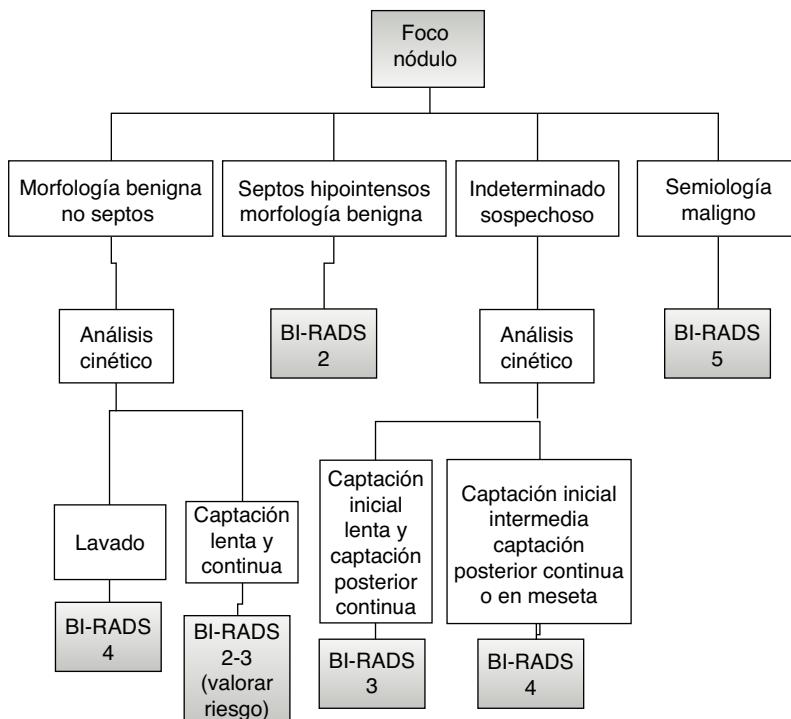


Figura 2 Algoritmo de actuación en Nódulos y Focos.

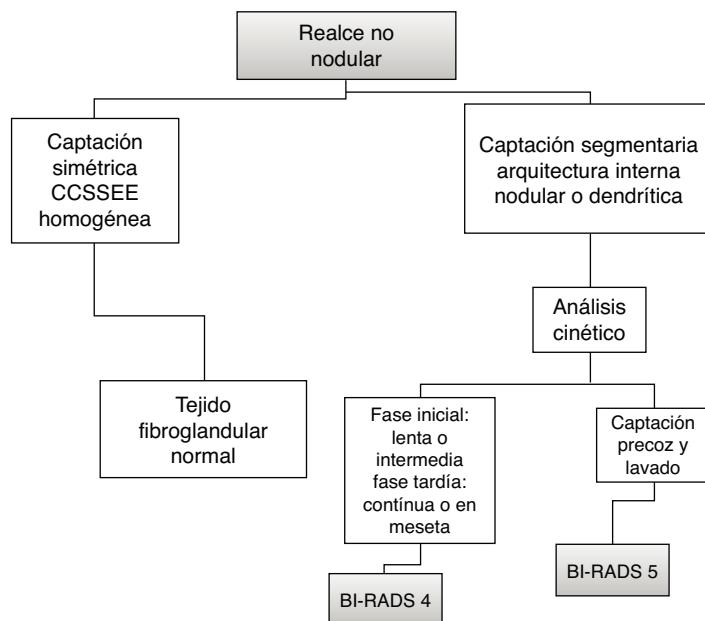


Figura 3 Algoritmo de actuación en Realces No Nodulares. CCSSEE = cuadrantes súpero-externos.

su patrón de crecimiento y la distribución del mismo, la paciente se tratará con quimioterapia neoadyuvante, cirugía conservadora o mastectomía.

Los hallazgos a analizar en la estadificación serán: el tamaño, la presencia de lesiones multifocales (incluyendo

las variantes de multifocalidad (fig. 6) de la extensión al complejo areola-pezón o el componente intraductal extenso), la presencia de lesiones multicéntricas y lesiones contralaterales. En el informe final se indicará si existen lesiones adicionales que deben ser reevaluadas con ecografía o biopsiadadas en la RM y las recomendaciones pertinentes. Los posibles cambios en la actitud terapéutica derivados de la información que aporte la RM deben ser consensuados en una Unidad de Mama multidisciplinar.

Es indiscutible que la RM presenta una mayor sensibilidad que las técnicas convencionales para detectar carga tumoral adicional^{11,12}. La aceptación de la técnica en el contexto de la estadificación, una vez demostrado su rendimiento diagnóstico, implica demostrar el impacto sobre el tratamiento de las pacientes, sobre las tasas de reescisión y sobre las tasas de recidiva.

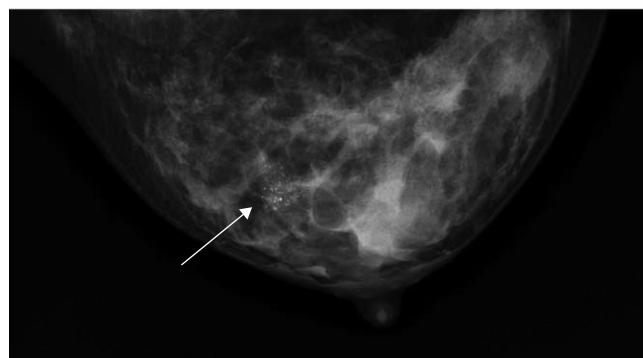
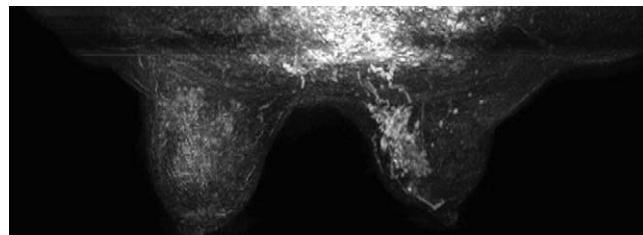


Figura 4 Patrón de realce no nodular de distribución segmentaria con captación interna multinodular. CDIS de alto grado. (a) Imagen MIP (máxima intensidad de proyección) de una paciente cuya mamografía (b) en proyección craneo-caudal mostraba (flecha) un grupo de microcalcificaciones agrupadas, sospechosas de malignidad. La extensión del CDIS era, según se muestra en la imagen de RM, mayor de lo inicialmente previsto por la mamografía, lo cual obligó a extirpar un área mayor de la prevista con el objetivo de obtener bordes libres.

Cambio de actitud terapéutica

El impacto del hallazgo de enfermedad adicional con RM medido en términos de cambio de actitud terapéutica (CAT) muestra una tasa de CAT correcta que oscila entre el 5 y el 30% y un CAT incorrecto que oscila entre el 0,5 y el 11%. Los metaanálisis publicados¹³⁻¹⁵ evidencian la complejidad del análisis del CAT debido al gran número de variables que entran en juego. El porcentaje de cambio en la actitud quirúrgica se estima, en el metaanálisis de Houssami¹⁵, en un 16,6%.

Tasas de reescisión

Aunque no existen estudios aleatorizados que demuestren la superioridad de la RM (los resultados del estudio COMICE muestran una tasa de reescisión del 19% tanto en pacientes estadificadas con RM como no estadificadas con RM)¹⁶, algunos autores apuntan que la estadificación con RM consigue menores tasas de reescisión. Grobmyer et al¹⁷ consiguen unas tasas del 10% en una serie retrospectiva de 79 pacientes y las comparan con una serie de pacientes de su misma

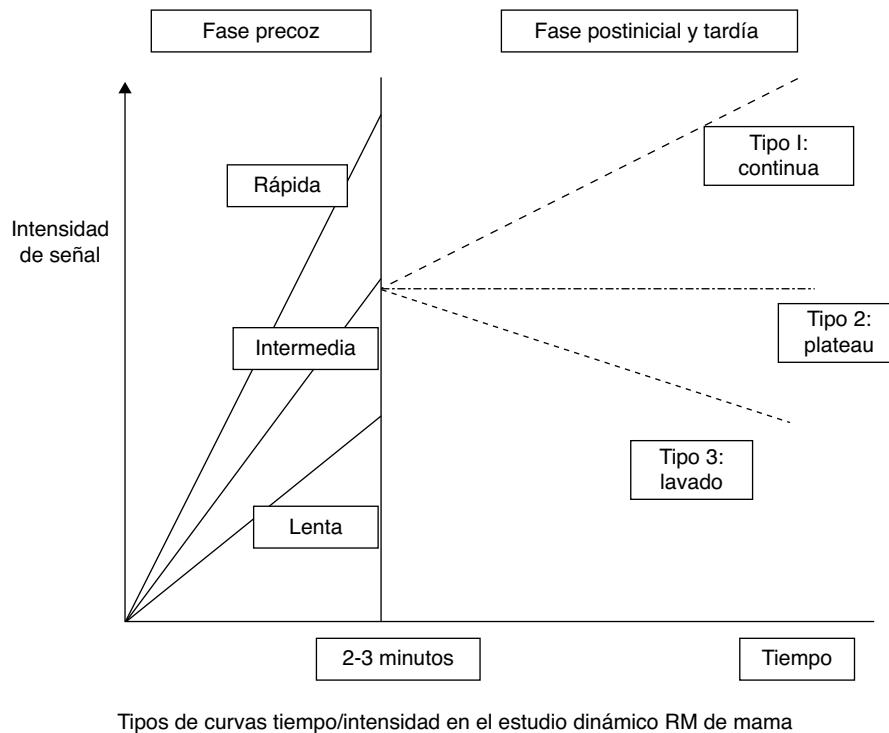


Figura 5 Tipos de curvas tiempo/intensidad en el estudio dinámico de la RM de mama.

institución con un 20% de reescisiones. Recientemente se ha publicado un estudio de casos y controles que evalúa el impacto sobre las tasas de reescisión¹⁸ y aunque no demuestran una diferencia significativa entre las pacientes estadificadas con RM (tasa de reescisión 13,8%) y las no estadificadas con RM (tasa de reescisión del 19,4%), sí que observan (cuando estratifican por tipo tumoral) que un carcinoma ductal infiltrante con escisión incompleta se asocia significativamente a una ausencia de RM en la estadificación.

Tasas de recidiva

El estudio de Fischer¹⁹ analiza el impacto de la estadificación preterapéutica sobre las tasas de recidiva y de contralateralidad a largo plazo, pero existen ciertas objeciones sobre la metodología científica empleada para valorar el impacto sobre la recidiva, ya que el grupo de pacientes en las que no se realizó RM presentaban criterios de peor pronóstico. El sesgo metodológico no afecta sin embargo a la mayor tasa de cánceres contralaterales detectados en pacientes que no han sido estadificadas con RM y por tanto su conclusión sobre el menor número de cánceres contralaterales en el grupo de pacientes estadificadas con RM (1,7%) respecto a las pacientes no estadificadas con RM (4%) es perfectamente válido.

Evaluación de respuesta al tratamiento

El beneficio principal del tratamiento con quimioterapia primaria (QTP) o neoadyuvante es conseguir una reducción tumoral que permita la cirugía conservadora con bordes libres. La QTP también proporciona teóricamente un tratamiento precoz de las células potencialmente metastásicas circulantes y permite una evaluación «in vivo» de la qui-

miosensibilidad del tumor. Durante la última década se ha producido un auge de la evaluación de respuesta con RM debido a que esta técnica muestra consistentemente mejores valores de correlación histopatológica que los métodos convencionales, en gran parte debido a que además de morfología, valora función y supera por tanto las limitaciones que la fibrosis y la necrosis postratamiento imponen sobre la mamografía, la ecografía y la palpación. Los estudios publicados con pacientes tratadas con QTP demuestran que la correlación de entre la RM y la histología final oscila entre el 0,71 y el 0,90²⁰⁻²⁵.

Los estudios de RM en estas pacientes se realizan antes del tratamiento, a mitad de tratamiento (tras el 3º o 4º ciclo) e inmediatamente antes de la intervención quirúrgica (figs. 7 y 8). Los parámetros a evaluar son:

- Cuantitativos: las modificaciones en el diámetro o el volumen tumoral a lo largo del tratamiento. Habitualmente se utilizan los criterios RECIST o los criterios de la UICC, según los cuales la respuesta puede ser parcial mayor (> 50%), parcial menor (< 50%), completa o no respuesta.
- Cualitativos: el tipo de respuesta concéntrica o fragmentada, relacionada con la probabilidad de conseguir bordes libres en una cirugía conservadora (mayor en el primer caso).

La mayor limitación de la RM en este contexto son los porcentajes de infra y sobreestimación de enfermedad residual (6-25%)^{26,27}. Las secuencias de espectroscopia y difusión muestran resultados esperanzadores, incluso con valor pronóstico^{28,29}.

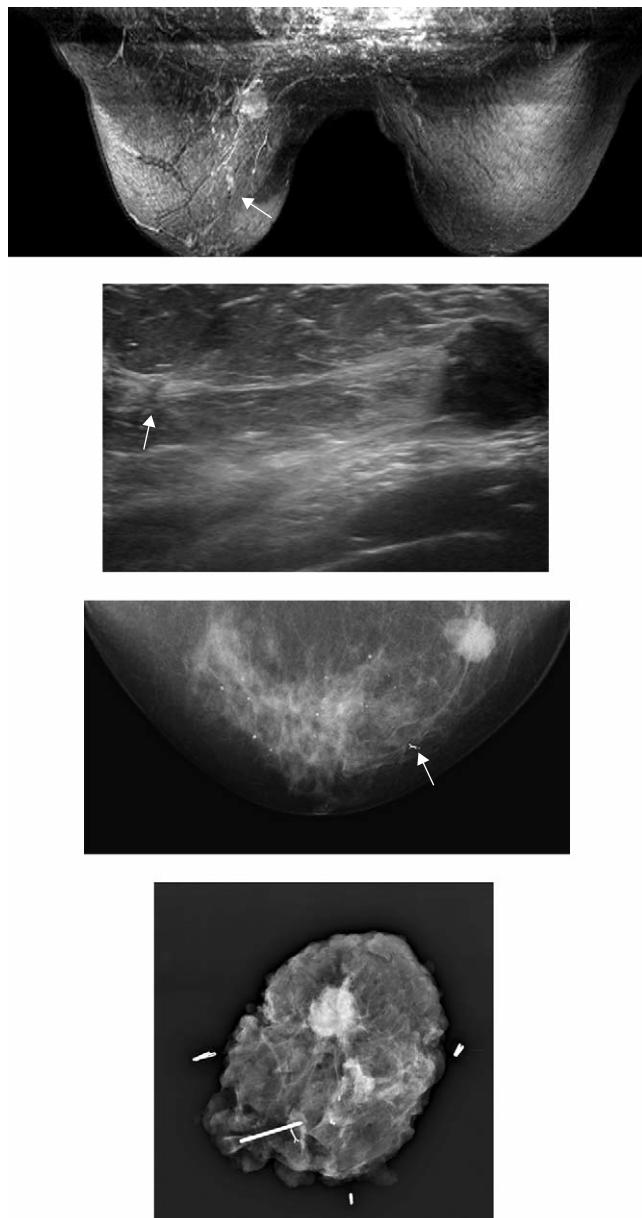


Figura 6 Cáncer de mama multifocal. En la imagen MIP de la RM (a) se identifica el tumor índice de 22 mm situado en el CSI de la mama derecha y a 35 mm del mismo, hacia la vertiente areolar de la mama, se identifica otro pequeño foco de captación de unos 4 mm (flecha) que se reevaluó con ecografía. En la ecografía (b) se identificó (flecha), se biopsió y se dejó un clip metálico. La biopsia fue positiva para malignidad. En la imagen mamográfica (c) puede verse el clip y la correlación entre la RM y la mamografía. Antes de la cirugía se marcó el área del clip (visible en ecografía) mediante radiotrazador (ROLL o Radio Occult Lesion Localization) y en la pieza quirúrgica resultante se puede ver el clip incluido en el área extirpada (marcado con una aguja intramuscular para que el patólogo encuentre la lesión). Este hallazgo en RM implicó una ampliación de la cirugía conservadora.

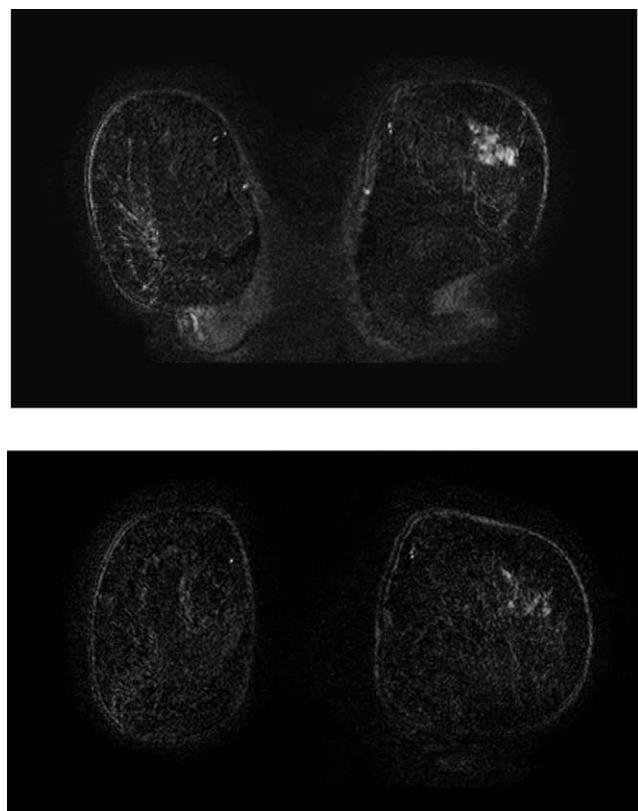


Figura 7 Respuesta parcial mayor fragmentada. Imagen de RM de mama en una paciente con un CDI extenso correspondiente a la estadificación. En la segunda imagen (RM posttratamiento, realizada antes de la cirugía), se identifica enfermedad residual en forma de pequeños focos de captación dispersos que ocupan la misma área que en la imagen pretratamiento. Debido a que en esta paciente la relación volumen tumoral / volumen mamario posibilitaba la cirugía conservadora, la paciente pudo conservar la mama, pero la pieza quirúrgica incluyó toda la zona inicialmente afecta.

Diagnóstico de recidiva tumoral

Las recidivas son raras durante los primeros 18 meses tras el tratamiento y en la mayoría de los casos aparecen en el lecho quirúrgico durante los primeros 5 años. El riesgo anual de recidiva está estimado en un 1-2% por año. Existe consenso respecto a la superior capacidad de la RM en el diagnóstico diferencial entre la recidiva o los cambios postcirugía o radioterapia, con respecto a la mamografía o la ecografía. La RM es la técnica más sensible en el diagnóstico de la recidiva y a su vez la técnica con mayor valor predictivo negativo, evita biopsias innecesarias y disminuye la ansiedad en las pacientes³⁰. Hay que tener en cuenta sin embargo que la cicatriz quirúrgica suele captar contraste durante los primeros 6 meses y que la fase inflamatoria de la necrosis grasa puede dar lugar a hallazgos falsos positivos³¹ (fig. 9). Se recomienda asimismo que los estudios se realicen a partir de los 18 meses tras el fin de la radioterapia. La recidiva tumoral muestra en RM la misma semiología que el tumor primario (captación precoz y lavado posterior), mientras que la cicatriz quirúrgica que capta suele mostrar un realce progresivo y ausencia de lavado posterior. El diagnóstico de necrosis

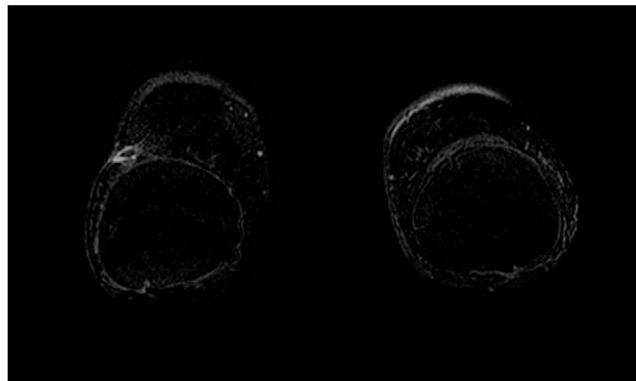
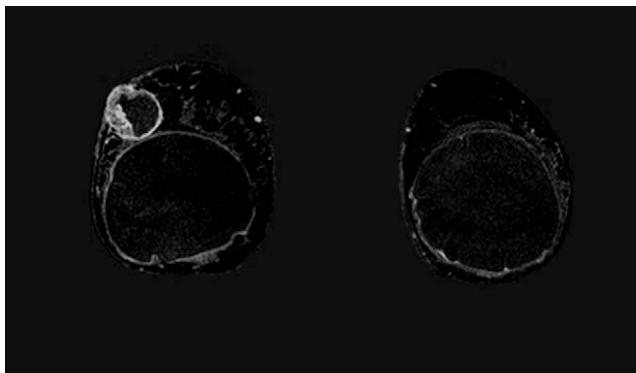


Figura 8 Respuesta concéntrica. En la RM de estadificación (a) se identifica un tumor adyacente a la prótesis de mama. En el estudio posttratamiento (b) se evidencia una respuesta parcial mayor concéntrica. En este caso, debido a la proximidad del tumor a la prótesis, se extirpó ésta conjuntamente con el tumor.

grasa se puede realizar sin tener que recurrir a la biopsia analizando las imágenes de las secuencias eco de gradiente T1 y FSE T2. Característicamente, la necrosis grasa muestra un área central de tejido graso, hiperintensa en la secuencia eco de gradiente T1 e hiper o hipointensa en secuencias potenciadas en T2³¹.

Cribado en pacientes de alto riesgo

Uno de los factores de riesgo más importantes en el cáncer de mama son los antecedentes familiares. Se estima que los factores heredofamiliares se encuentran entre los factores causantes en aproximadamente un 10-15% de los casos.

Desde finales de la década de los 90, el seguimiento intensivo de estas pacientes ha incluido la RM³² y durante los últimos 10 años han aparecido varios estudios prospectivos no aleatorizados analizando los resultados del cribado con RM. Los resultados de los estudios multicéntricos con mayor número de pacientes³³⁻³⁷ demuestran que la RM muestra una sensibilidad dos veces mayor que la mamografía y tanto en el análisis combinado de 5 estudios prospectivos de Sardanelli (3571 pacientes)³⁸ como en la revisión de Warner de 11 estudios³⁹ los resultados son similares: la sensibilidad de la RM fue de 81% y la de la mamografía del 40% en el estudio de Sardanelli y del 77% y 39% respectivamente en el estudio

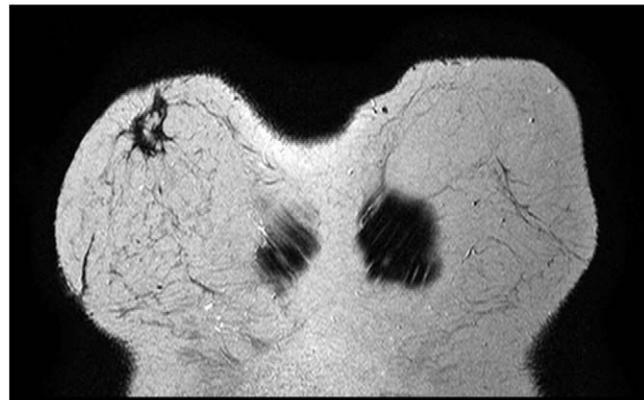
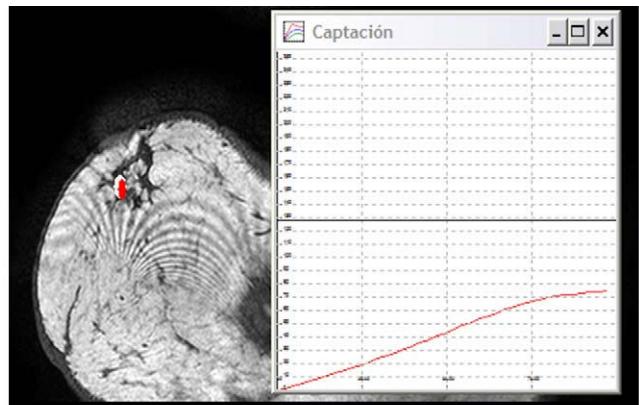


Figura 9 Necrosis grasa en paciente tratada con reconstrucción mamaria. En ambas secuencias potenciadas en T1 (a) y en T2 (b), respectivamente, puede identificarse el centro hiperintenso secundario a la presencia de grasa, característico de la necrosis grasa. En la secuencia dinámica se identifica una discreta captación en el lecho quirúrgico debido a que se trata de una necrosis grasa en fase inflamatoria.

de Warner. La tasa de cánceres de intervalo es, asimismo, inferior al 10% en todos los estudios y casi todos aparecen en pacientes portadoras de mutaciones genéticas.

Los cánceres de mama en las portadoras de la mutación genética BRCA1/2 presentan unas características clínico-patológicas y radiológicas especiales⁴⁰: se trata de tumores aparentemente benignos (de contornos bien definidos) que aparecen en pacientes muy jóvenes, con un tiempo de duplicación mucho más corto (40-50 días) que en pacientes no portadoras (80 días) y el fenotipo molecular más prevalente es el triple negativo, de peor pronóstico. La mamografía presenta un menor valor en estas pacientes, ya que se trata de pacientes con mamas muy densas y más radiosensibles que la población general.

Estudio de un cáncer de mama oculto

El cáncer primario desconocido representa menos del 1% de todos los cánceres de mama. Puede presentarse como una metástasis axilar de cáncer de mama o como enfermedad diseminada⁴¹. Si las técnicas convencionales no identifican el tumor en la mama, la indicación es la realización de una mastectomía y hasta en un tercio de estas pacientes no se encontrará tumor en la pieza. Otra alternativa es la irradia-

ción total de la mama, pero este tratamiento se ha asociado a una alta tasa de recidivas. La RM se ha ido perfilando como la técnica de elección en este contexto clínico por dos motivos: porque presenta mayor sensibilidad para la localización del cáncer en la mama y porque consiguentemente puede evitar mastectomías si la extensión de la enfermedad es susceptible de tratamiento conservador^{42,43}.

Evaluación de la paciente con prótesis de mama

La RM tiene dos indicaciones en la paciente con prótesis de mama: detección de la rotura de la prótesis y detección de un cáncer de mama en pacientes en quienes las prótesis impiden la visualización correcta del tejido mamario. Respecto a la primera indicación, un metaanálisis de 18 estudios publicados⁴⁴ concluyó que la sensibilidad global de la RM para la rotura era del 78% y la especificidad del 91%. Los autores apuntan que en mujeres sintomáticas, es razonable realizar una RM por su alto valor predictivo positivo. Otros estudios han confirmado estos datos y la recomendación es utilizar la RM (sin contraste) en pacientes sintomáticas. En pacientes asintomáticas no está justificada la RM como modalidad de cribado. En pacientes con prótesis de mama y dificultad para ver el tejido glandular con mamografía para descartar un cáncer de mama, la ecografía y la RM pueden ser útiles.

Conclusión

La RM constituye un arma diagnóstica muy potente, siempre que se utilice conjuntamente con la información proporcionada por la mamografía y la ecografía. Representa un reto para el conocimiento debido a sus peculiaridades técnicas y a la alta prevalencia del cáncer de mama en la población general. Su espectro de aplicaciones clínicas está en continua expansión y es de esperar que en breve se convierta en una técnica habitual en todos los servicios de Radiología.

Declaración de conflicto de intereses

La autora declara no tener ningún conflicto de interés.

Bibliografía

- Kuhl CK. The current status of breast MR imaging. Part I. Choice of technique, image interpretation, diagnostic accuracy, and transfer to clinical practice. *Radiology*. 2007;244:356–78.
- Sardanelli F, Boetes C, Borisch B, Decker T, Federico M, Gilbert F, et al. Magnetic resonance imaging of the breast: recommendations from the EUSOMA working group. *Eur J Cancer*. 2010;46:1296–316.
- Baum F, Fischer U, Vossenrich R, Grabbe E. Classification of hypervascularized lesions in CE MR imaging of the breast. *European Radiology*. 2002;12:1087–92.
- American College of Radiology. ACR BI-RADS: magnetic resonance imaging. En: ACR Breast imaging reporting and data System. Reston; American College of Radiology; 2003.
- Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). BI-RADS. Sistema de informes y registro de datos de imagen de mama. En: Ramos de la Rosa R, coordinador. Atlas de diagnóstico por la imagen de mama. Mamografía. Ecografía. Resonancia Magnética. Edición revisada. Madrid: SEDI; 2009.
- Camps J, Sentís M, Ricart V, Martínez C, Lloret MT, Torregrosa A, et al. Utilidad de la resonancia magnética en la evaluación local del cáncer de mama: impacto en el cambio de actitud terapéutica en una serie prospectiva de 338 pacientes. *Revista de Senología y Patología Mamaria*. 2007;20:53–66.
- Agrawal G, Su M, Nalcioglu O, Feig SA, Chen J. Significance of breast lesion descriptors in the ACR BI-RADS MRI lexicon. *Cancer*. 2009;115:1363–80.
- Erguvan-Dogan B, Whitman G, Kushwaha A, Phelps MJ, Dempsey PJ. BI-RADS-MRI: a primer. *AJR Am J Roentgenology*. 2006;187:152–60.
- Kuhl C. Dynamic breast magnetic resonance imaging. En: Morris E, Liberman L, editores. *Breast MRI. Diagnosis and intervention*. New York: Springer; 2005. p. 79–139.
- Mann RM, Kuhl C, Kinkel K, Boetes C. Breast MRI: guidelines from the European Society of Breast Imaging. *Eur Radiology*. 2008;18:1307–18.
- Boetes C, Mus RD, Holland R, Barentsz JO, Strijk SP, Wobbes T, et al. Breast tumors: comparative accuracy of MR imaging relative to mammography and US for demonstrating extent. *Radiology*. 1995;197:743–7.
- Sardanelli F, Giuseppetti GM, Panizza P, Bazzocchi M, Fausto A, Simonetti G, et al. Sensitivity of MRI versus mammography for detecting foci of multifocal, multicentric breast cancer in fatty and dense breasts using the whole-breast pathologic examination as a gold standard. *AJR*. 2004;183:1149–57.
- Hprung JM, Sonnad SS, Schwartz JS, Langlotz CP. Accuracy of MR imaging in the work-up of suspicious breast lesions: a diagnostic meta-analysis. *Academic Radiology*. 1999;6:387–97.
- Houssami N, Ciatto S, Macaskill P, Lord SJ, Warren RM, Dixon JM, et al. Accuracy and surgical impact of magnetic resonance imaging in breast cancer staging: systematic review and meta-analysis in detection of multifocal and multicentric cancer. *J Clin Oncol*. 2008;26:3248–58.
- Peters NH, Borel Rinkes IH, Zuidhoff NP, Mali WP, Moons KG, Peeters PH. Meta-analysis of MR imaging in the diagnosis of breast lesions. *Radiology*. 2008;246:116–24.
- Turnbull L, Brown S, Harvey I, Olivier C, Drew P, Napp V, et al. Comparative effectiveness of MRI in breast cancer (COMICE) trial: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2010;375:563–71.
- Grobmyer SR, Mortellaro VE, Marshall J, Higgs GM, Hochwald SN, Mendenhall NP, et al. Is there a role for routine use of MRI in selection of patients for breast-conserving cancer therapy. *J Am Coll Surg*. 2008;206:1045–50.
- Pengel K, Loo C, Teertstra H, Muller SH, Wesseling J, Peterse JL, et al. The impact of preoperative MRI on breast-conserving surgery of invasive cancer: a comparative cohort study. *Breast Cancer Res Treat*. 2009;116:161–9.
- Fischer U, Zachariae O, Baum F, von Heyden D, Funke M, Liersch T. The influence of preoperative MRI of the breasts on recurrence rate in patients with breast cancer. *Eur Radiology*. 2004;14:1725–31.
- Wasser K, Klein SK, Fink C, Junkermann H, Sinn HP, Zuna I, et al. Evaluation of neoadjuvant chemotherapeutic response of breast cancer using dynamic MRI with high temporal resolution. *Eur Radiology*. 2003;13:80–7.
- Rosen EL, Blackwell KL, Baker JA, Soo MS, Bentley RC, Yu D, et al. Accuracy of MRI in the detection of residual breast cancer after neoadjuvant chemotherapy. *AJR Am J Roentgenology*. 2003;181:1275–82.
- Warren RM, Bobrow LG, Earl HM, Britton PD, Gopalan D, Purushotham AD, et al. Can breast MRI help in the management of women with breast cancer treated by neoadjuvant chemotherapy? *Br J Cancer*. 2004;90:1349–60.
- Belli P, Costantini M, Malaspina C, Magistrelli A, Latorre G, Bonomo L. MRI accuracy in residual disease evaluation in breast cancer patients treated with neoadjuvant chemotherapy. *Clinical Radiology*. 2006;61:946–53.

24. Chou CP, Wu MT, Chang HT, Lo YS, Pan HB, Degani H, et al. Monitoring breast cancer response to neoadjuvant systemic chemotherapy using parametric contrast-enhanced MRI: a pilot study. *Academic Radiology*. 2007;14:561–73.
25. Chen JH, Feig B, Feig B, Agrawal G, Yu H, Carpenter PM, et al. MRI evaluation of pathologically complete response and residual tumors in breast cancer after neoadjuvant chemotherapy. *Cancer*. 2008;112:17–26.
26. Vénat-Bouvet L, Desfougères M, Aubard Y, Mollard J, Fermeaux V, Genet D, et al. MRI evaluation of primary chemotherapy response in breast cancer. *Bull Cancer*. 2004;91:721–8.
27. Kim HJ, Im YH, Han BK, Choi N, Lee J, Kim JH, et al. Accuracy of MRI for estimating residual tumor size after neoadjuvant chemotherapy in locally advanced breast cancer: relation to response patterns on MRI. *Acta Oncologica*. 2007;46:996–1003.
28. Pickles MD, Gibbs P, Lowry M, Turnbull LW. Diffusion changes precede size reduction in neoadjuvant treatment of breast cancer. *Magnetic Resonance Imaging*. 2006;24:843–7.
29. Pickles MD, Manton DJ, Lowry M, Turnbull LW. Prognostic value of pre-treatment DCE-MRI parameters in predicting disease free and overall survival for breast cancer patients undergoing neoadjuvant chemotherapy. *Eur J Radiology*. 2009;71:498–505.
30. Preda L, Villa G, Rizzo S, Bazzi L, Origgi D, Cassano E, et al. Magnetic resonance mammography in the evaluation of recurrence at the prior lumpectomy site after conservative surgery and radiotherapy. *Breast Cancer Res*. 2006;8:R53.
31. Ganau S, Tortajada L, Escribano F, Andreu X, Sentís M. The great mimicker: fat necrosis of the breast-magnetic resonance mammography approach. *Current Problems in Diagnostic Radiology*. 2009;38:189–97.
32. Saslow D, Boetes C, Burke W, Harms S, Leach MO, Lehman CD, et al., American Cancer Society Breast Cancer Advisory Group. American Cancer Society guidelines for breast screening with MRI as an adjunct to mammography. *CA: a cancer journal for clinicians*. 2007;57:75–89.
33. Krieger M, Brekelmans CT, Boetes C, Besnard PE, Zonderland HM, Obdeijn IM, et al., Magnetic Resonance Imaging Screening Study Group. Efficacy of MRI and mammography for breast-cancer screening in women with a familial or genetic predisposition. *N Engl J Med*. 2004;351:427–37.
34. Warner E, Plewes DB, Hill KA, Causer PA, Zubovits JT, Jong RA, et al. Surveillance of BRCA1 and BRCA2 mutation carriers with magnetic resonance imaging, ultrasound, mammography, and clinical breast examination. *JAMA*. 2004;292:1317–25.
35. Leach MO, Boggis CR, Dixon AK, Easton DF, Eeles RA, Evans DG, et al., MARIBS study group. Screening with magnetic resonance imaging and mammography of a UK population at high familial risk of breast cancer: a prospective multicentre cohort study (MARIBS). *Lancet*. 2005;365:1769–78.
36. Kuhl C, Schrading S, Leutner CC, Morakkabati-Spitz N, Wardemann E, Fimmers R, et al. Mammography, breast ultrasound, and magnetic resonance imaging for surveillance of women at high familial risk for breast cancer. *J Clin Oncology*. 2005;23:8469–76.
37. Hagen AI, Kvistad KA, Maehle L, Holmen MM, Aase H, Styr B, et al. Sensitivity of MRI versus conventional screening in the diagnosis of BRCA-associated breast cancer in a national prospective series. *Breast*. 2007;16:367–74.
38. Sardanelli F, Podo F. Breast MR imaging in women at high-risk of breast cancer. Is something changing in early breast cancer detection? *Eur Radiology*. 2007;17:873–87.
39. Warner E, Messersmith H, Causer P, Eisen A, Shumak R, Plewes D. Systematic review: using magnetic resonance imaging to screen women at high risk for breast cancer. *Ann Internal Medicine*. 2008;148:671–9.
40. Veltman J, Mann R, Kok T, Obdeijn IM, Hoogerbrugge N, Blickman JG, et al. Breast tumor characteristics of BRCA1 and BRCA2 gene mutation carriers on MRI. *Eur Radiology*. 2008;18:931–8.
41. Varadhachary GR, Abbruzzese JL, Lenzi R. Diagnostic strategies for unknown primary cancer. *Cancer*. 2004;100:1776–85.
42. Olson JA, Morris EA, Van Zee KJ, Linehan DC, Borgen PI. Magnetic resonance imaging facilitates breast conservation for occult breast cancer. *Ann Surg Oncol*. 2000;7:411–5.
43. Buchanan CL, Morris EA, Dorn PL, Borgen P, Van Zee KJ. Utility of breast magnetic resonance imaging in patients with occult primary breast cancer. *Ann Surg Oncol*. 2005;12:1045–53.
44. Cher DJ, Conwell JA, Mandel JS. MRI for detecting silicone breast implant rupture: metaanalysis and implications. *Ann Plast Surg*. 2001;47:367–80.