

3 Resonancia Magnética Torácica

TEMA

Natividad del Señor Barrionuevo Pérez, Eva Casan Martínez y María del Mar Pulido Amate

La exploración mediante **Resonancia Magnética (RM)**, se encuentra limitada. Por un lado, la baja densidad protónica del parénquima pulmonar origina una señal tisular muy baja, y, por otro lado, la movilidad de la caja torácica que es inevitable dado que los tiempos de adquisición de las imágenes son superiores a la duración del período de apnea voluntaria, artefacta los contornos de las estructuras torácicas. En la actualidad, ciertas técnicas de supresión de la movilidad, como la sincronización de la adquisición con el registro electromagnético, permiten una extraordinaria delimitación de la anatomía de las estructuras vasculares mediastínicas y cardíacas. También es posible estudiar las regiones hiliares centrales, el opérculo y la pared torácica.

El TC sigue siendo hoy en día la técnica de imagen más efectiva en el tórax. La RM ayuda en la valoración de regiones de anatomía compleja como el opérculo torácico y las regiones pulmonares perihiliares, apicales y peri diafragmáticas. La RM además, también aporta una información adicional de gran valor acerca de la composición, tanto de las estructuras normales como patológicas, así como en las situaciones de recurrencia tumoral.

La RM utiliza unas propiedades físicas completamente diferentes. Simplificando excesivamente, el paciente es expuesto en el interior de una túnel a un campo magnético de alta intensidad y se aplican pulsos de radiofrecuencia. La obtención de imágenes se basa en la absorción y emisión de energía de radiofrecuencia. Hay diferentes tipos de pulsos que crean diferentes tipos de imagen, de manera que una sustancia que aparece blanca en un tipo de imagen puede aparecer negra en otro diferente. En cada estudio se adquieren múltiples tipos de imagen, y una información combinada de todos ellos ayuda a caracterizar los tejidos. Nos referimos a estos tipos diferentes de imágenes como

imágenes potenciadas, dependiendo de qué características del tejido son destacadas por cada "secuencia de pulso". Las imágenes pueden ser descritas como potenciadas en T1 o en T2. Es útil conocer que el líquido es brillante en las secuencias potenciadas en T2 y oscuro en las imágenes potenciadas en T1 (el líquido cefalorraquídeo es brillante en las imágenes potenciadas en T2).



1. VENTAJAS DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA FRENTE AL TC

Entre las ventajas más importantes se encuentra su gran facilidad para mostrar el diafragma, siendo apropiada en la valoración de patología pleuroparenquimatosa compleja, así como en el difícil problema diagnóstico del hemitórax opacificado, permitiendo diferenciar de forma sencilla las zonas de atelectasia (distinguiendo si son de causa obstructiva o no) las necrosis y los abscesos pulmonares de las áreas de consolidación pulmonar.

La RM presenta la ventaja de evitar radiaciones ionizantes y administrar material de contraste yodado. Los materiales de contraste basados en gadolinio que se usan a la RM presentan una menor probabilidad de causar reacciones adversas. No obstante, la RM está contraindicada en pacientes con marcapasos, desfibriladores, y una amplia variedad de clips y otros dispositivos metálicos implantables. Cada secuencia de RM es bastante larga, y en cada exploración son necesarias varias secuencias. Los pacientes a menudo sufren claustrofobia dentro del tubo de RM. La Resonancia Magnética es más útil para responder a cuestiones específicas que para proporcionar un estudio anatómico amplio, dada la amplia variedad de secuencias de pulsos disponible. Es menos útil para evaluar la imagen del pulmón ya que el aire dentro de los pulmones proporciona una baja señal de RM. Se utiliza para el estudio del corazón y las estructuras vasculares y para responder a una amplia variedad de cuestiones neurológicas, músculo-esqueléticas y abdominales.

A continuación veremos como estudiar las diferentes patologías a través de Resonancia Magnética.

2. USOS COMUNES DEL PROCEDIMIENTO

Se lleva a cabo para:

- a) Evaluar la anatomía y funcionalidad del corazón y las estructuras que lo componen (válvulas, etc).
- b) Visualizar los ganglios linfáticos y vasos sanguíneos, incluyendo malformaciones vasculares y linfáticas del tórax.
- c) Evaluar trastornos de los huesos del tórax (vértebras, costillas y esternón) y el tejido blando de la pared torácica (músculo y grasa).

3. PATOLOGÍAS MÁS COMUNES DE TÓRAX

- Vasos sanguíneos anormales en los pulmones.
- Linfadenopatía.
- Disección aórtica.
- Estenosis aórtica.
- Pericarditis bacteriana.
- Taponamiento cardíaco.
- Coartación de la aorta
- Lesiones pulmonares quísticas.
- Miocardiopatía isquémica.
- Tumores pulmonares.
- Edema pulmonar.
- Obstrucción de la vena cava superior.
- Aneurisma aórtico torácico.
- Tumor del timo.

3.1. PATOLOGÍA VASCULAR MEDIASTÍNICA.

Las mayores ventajas que presenta la RM frente a otro tipo de exploración radiológica es evadir la necesidad de utilizar contrastes intravenosos para demostrar las estructuras vasculares. Ofrece una información anatómica precisa en los grandes vasos del mediastino. Es la herramienta de elección en el estudio de la patología aórtica y de las grandes arterias pulmonares y troncos venosos, evitando ciertos problemas con los que se enfrenta la angiografía o el TC.

La RM ofrece la posibilidad adicional de valorar parámetros funcionales de flujo mediante las denominadas secuencias de eco de gradiente.

No sólo es posible demostrar la existencia de flap intimal, sino también su extensión, lo cual permite clasificar la lesión (tipos A y B de Stanford o I, II y III de Debakey) y demostrar la afectación de los troncos arteriales relacionados con la misma.

La RM es la técnica no invasiva más fiable para establecer el diagnóstico de disección aórtica. Sin embargo, en los aneurismas aórticos la RM no se considera en general como la técnica de imagen más apropiada, pero puede ser de gran ayuda en casos dudosos, en los que sea preciso diferenciar la dilatación de la aorta de otros procesos cercanos que pueden simular esta entidad, tales como masas, quistes o abscesos.

3.1.1. Alteraciones cardiovasculares.

Además de las secuencias spin-eco, las secuencias cine gradiente-eco pueden utilizarse para evaluar la movilidad de la pared cardíaca, defectos septales ventriculares, regurgitación valvular o estenosis focales. Las secuencias de cine con codificación de velocidad pueden emplearse para calcular volúmenes de flujo.

Para algunos autores, la RM es el método no invasor de elección en el caso de obstrucción venosa mediastínica, ya sea causada por tumor, fibrosis o masa inflamatoria, combinando técnicas de gradiente-eco y spin-eco. También está especialmente indicada en la evaluación de las arterias pulmonares. En la embolia pulmonar central las técnicas de RM-angiografía con contraste pueden ser útiles.

Otras indicaciones de la RM en la patología cardiovascular son enfermedades de la aorta torácica, anomalías cardíacas congénitas, miocardiopatías, displasia ventricular derecha, enfermedad isquémica, enfermedad valvular o hipertensión pulmonar arterial.

La RM se está imponiendo como el método de elección en la evaluación de la aorta torácica al ser un método no invasor que combina las ventajas de la ecocardiografía, la angiografía y la TC. Pueden ser evaluadas mediante esta técnica las lesiones aórticas congénitas más frecuentes, como los anillos vasculares, la coartación aórtica y las anomalías de posición. Puede demostrar la estenosis aórtica, y utilizando técnicas de contraste de fase pueden medirse los gradientes de presión a través de la estenosis. La RM puede producir imágenes de gran calidad en distintos planos, que facilitan el diagnóstico de la disección aórtica, así como la localización, la extensión y en algunos casos la visualización de los troncos supraaórticos. La gran sensibilidad y especificidad en la detección de disección aórtica hacen de esta modalidad de imagen la técnica de elección diagnóstica, sobre todo en pacientes hemodinámicamente estables. La RM demuestra eficazmente el hematoma intramural o "disección no disecante", con riesgo potencial de disección retrógrada, que a menudo es difícil de diagnosticar tanto mediante angiografía como con ecografía.

Es el método ideal para el seguimiento de las dimensiones de la aorta torácica y de las alteraciones de la falsa luz tras el tratamiento de la disección aórtica.

La RM es la modalidad de elección para la evaluación de enfermedad pericárdica, especialmente la pericarditis constrictiva. Las masas cardíacas con extensión a pericardio o al pulmón también se evalúan mejor con RM que con TC o ecocardiografía; son esenciales las secuencias cine gradiente-eco para la determinación de las masas y su diferenciación con trombos.

3.1.2. Patología no vascular.

La RM permite una caracterización tisular mejor que la TC en lesiones quísticas, colecciones sanguíneas y lesiones con abundante tejido fibroso. Por otra parte, los múltiples planos posibles con esta técnica (coronal, axial y sagital) hacen que la evaluación de las masas mediastínicas sea mucho más completa en cuanto a la relación de las mismas con las estructuras mediastínicas que con ningún otra técnica, incluida la TC con contraste.

La RM es útil en definir las relaciones anatómicas de las masas tiroideas a fin de ayudar en la planificación de la cirugía y su seguimiento, demostrando la extensión y la invasión de los tumores tiroideos.

La RM se ha utilizado con buenos resultados en el diagnóstico de adenomas paratiroideos. Entre el 15 y 20 % de los adenomas se encuentran situados de forma ectópica, casi siempre en el mediastino anterior. Son visibles en imágenes potenciadas en T1 con baja intensidad de señal rodeadas de la alta intensidad de la grasa mediastínica, mientras que muestran una alta intensidad de señal en las secuencias potenciadas en T2.

La evaluación del timo también se efectúa por RM, probablemente con mayor fiabilidad que la TC. La RM parece estar indicada en aquellos casos de linfoma en los que tras un tratamiento intenso se produce nuevo crecimiento de "rebote", ya que puede distinguir la necrosis y la hemorragia de la infiltración linfomatosa. Los timolipomas, debido a su composición fundamentalmente grasa, son fácilmente reconocibles en RM y aparecen con alta intensidad de señal tanto en las secuencias potenciadas en T1 como en T2. También es útil la evaluación de los timomas invasores al demostrar con gran precisión la afectación del corazón, los vértices pulmonares, el diafragma y el mediastino posterior.

La RM no permite diferenciar ganglios normales de ganglios anormales por sus características de señal. Sin embargo, existen trabajos que sugieren el uso de estudios dinámicos con contraste en el diagnóstico de malignidad de las adenopatías mediastínicas.

En el linfoma, se utiliza el TC como la técnica de elección sobre todo para la estadificación, así como para monitorizar la respuesta a la terapéutica. La RM parece tener una indicación importante puesto que existen variaciones definidas entre las masas residuales fibróticas y el tumor activo. La RM tiene el problema de que la necrosis o la inflamación pueden producir señales parecidas a la enfermedad activa y, por otra parte, también existe la posibilidad de error cuando hay grasa mezclada con tejido fibrótico residual, lo que puede simular la presencia de tumor activo.

Existen algunas indicaciones específicas para la RM:

- a) Carcinomas centrales con sospecha de extensión directa en el mediastino.
- b) Carcinoma central con atelectasia asociada.
- c) Los tumores del sulcus superior, por la capacidad de la RM de demostrar la afectación nerviosa, el conducto espinal, etc.
- d) Tumores en la proximidad de la pared torácica o la columna vertebral, en la región de la ventana aortopulmonar, así como en contacto con el corazón.

La RM puede establecer un diagnóstico específico en la mediastinitis fibrosa, que presentará las mismas características en RM que en el tejido fibrótico maduro en cualquier parte del cuerpo, con baja intensidad de señal en las secuencias potenciadas en T2.

La RM es la técnica de elección en la demostración de tumores neurogénicos, con una excelente visualización de la masa, su relación con el conducto raquídeo, los tejidos paraespinales y las estructuras mediastínicas.

En cuanto a la patología inflamatoria vertebral, demuestra con gran precisión la afectación del disco, la posible extensión hacia el espacio epidural y su relación con la médula.

3.2. PATOLOGÍA PULMONAR.

La utilidad fundamental de la RM consiste en la caracterización de los defectos intraluminales sospechosos en el ecocardiograma, tales como tromboembolismo arterial, invasión de la luz vascular por procesos tumorales o la trombosis venosa.

La anatomía de los hilios pulmonares suele definirse de forma adecuada mediante TC con contraste intravenoso, pero la RM define con claridad los vasos sanguíneos, ganglios linfáticos y vía aérea proximal en las imágenes potenciadas en T1.

Debido a los grandes problemas de la RM para estudiar el parénquima pulmonar, fundamentalmente debidos a los artefactos por el movimiento respiratorio, su utilidad en este campo es muy limitada. Puede ser de gran ayuda para distinguir los nódulos pulmonares de las estructuras vasculares, así como en la caracterización de las malformaciones vasculares pulmonares.

Parece probable que en el futuro, la RM pueda utilizarse para distinguir las diferentes etapas de la respuesta pulmonar. Sin embargo, la TC sigue siendo el método de elección en el diagnóstico de las lesiones pulmonares difusas.

En las lesiones focales también el TC es la técnica de elección. Algunas indicaciones de la RM que pueden ser interesantes son la neumonía lipoidea, la atelectasia no obstructiva, las malformaciones arteriovenosas pulmonares, el secuestro pulmonar y algunos casos de tromboembolia pulmonar.

3.3. PATOLOGÍA DE PLEURA Y PARED TORÁCICA.

Permite estudiar con exactitud los procesos tumorales malignos, diferenciándolos de estructuras no patológicas y del derrame pleural.

La RM de la pared torácica se ha convertido en la técnica de elección debido a la facilidad con que demuestra el contraste entre grasa, músculo y estructuras óseas, permitiendo así una adecuada visualización de la integridad anatómica de la pared torácica. La mayor parte de las lesiones inflamatorias, tumorales o de otro tipo, pueden ser evaluadas perfectamente. Se ha utilizado también el gadolinio para detectar la invasión de la pared torácica en el carcinoma de pulmón. Por otra parte, permite hacer un diagnóstico muy específico en lesiones vasculares como los hemangiomas.

En relación con la pleura, la RM es útil en la demostración de sangre en el líquido pleural.

La RM es la modalidad diagnóstica de elección en pacientes con síntomas referidos al plexo braquial, y es una de las modalidades más importantes en la evaluación del hemitórax opaco.

3.4. PATOLOGÍA DEL DIAFRAGMA.

La RM ha demostrado ser útil en el estudio de algunas alteraciones relacionadas con el diafragma, como la ruptura traumática del diafragma y las hernias diafragmáticas, por su capacidad para obtener proyecciones coronales y sagitales. Recientemente, también se ha utilizado para evaluar la movilidad diafragmática y sus alteraciones empleando secuencias rápidas eco-gradiente.

3.5. CARDIOPATÍAS.

La RM es capaz de definir la anatomía cardiovascular con una precisión comparable a la de la angiografía, con la ventaja de no utilizar radiaciones ionizantes o medios de contraste intravenoso, lo cual adquiere especial relevancia en los pacientes jóvenes con cardiopatías congénitas ya que, normalmente, a lo largo de su vida, requieren varias exploraciones de este tipo, permitiendo la valoración de la función cardíaca.

La eco cardiografía, por su accesibilidad y bajo coste no ha de ser sustituida por la RM. Hoy en día se consideran pruebas complementarias.

Por el gran contraste natural que ofrecen en la RM las diferentes estructuras cardíacas y vasculares (espacios intra/extravasculares, miocardio, vasos, pericardio, grasa) y la posibilidad de sincronizar la adquisición de imágenes con el registro electrocardiográfico (eliminando así los artefactos de movimiento), el estudio por resonancia constituye una magnífica herramienta en las cardiopatías adquiridas, permitiendo, además de definir las alteraciones morfológicas del pericardio, de las cámaras cardíacas y de vascularización

intratorácica, el estudio de ciertas alteraciones histológicas mediante los cambios originados en la intensidad de la señal.

La RM permite visualizar el pericardio por lo que es relativamente sencillo realizar el diagnóstico entre pericarditis constrictiva (grosor pericárdico >2 mm) y la miocardiopatía restrictiva. En los pequeños derrames pericárdicos, la RM es una técnica mucho más sensible y específica que el TC, mediante secuencias spin-eco potenciadas en T2, distinguiendo además los derrames simples de los complejos y del hemopericardio.

La RM también permite delimitar perfectamente el endocardio y el pericardio, ofreciendo una valoración del espesor del miocardio en función de la cual es posible objetivar alteraciones en la intensidad de la señal en los procesos infiltrativos, mostrando zonas focales de edema e inflamación intramiocárdicas en las miocarditis agudas provocadas entre otras entidades por la fiebre reumática, miocarditis virales y sarcoidosis, por lo que es muy útil para monitorizar la resolución de estos procesos. Por otro lado permite filiar y distinguir las miocardiopatías restrictivas, constrictivas y dilatadas, aportando toda una serie de parámetros morfológicos y funcionales.

La RM se considera como la mejor técnica en el estudio de las masas cardíacas tanto intraluminales como intramiocárdicas o paracárdicas superando al ecocardiograma, no sólo en cuanto a la localización y extensión de las mismas, sino también en la capacidad para definir ciertas características acerca de su composición, diferenciando masas grasas (lipomas), quísticas o tumores de partes blandas. El ecocardiograma es muy útil en su valoración inicial, para descartar o confirmar su presencia. El adelgazamiento focal de la pared ventricular se considera como el signo RM más sensible en el infarto agudo de miocardio: colorando las diferentes alteraciones en la intensidad de la señal, podemos establecer el tiempo de evolución. Por otro lado es posible objetivar sus complicaciones (aneurismas ventriculares, alteraciones en amovilidad de la pared), establecer criterios evolutivos estimando el tamaño de la zona infartada y de numerosos parámetros funcionales.

3.6. LESIONES DE LA AORTA TORÁCICA.

La rotura aórtica se produce habitualmente con traumatismos de aceleración y desaceleración rápidas. Es más frecuente en la aorta descendente, justo distal al origen de la arteria subclavia. La angiografía sigue siendo el método de imagen más sensible para diagnosticarla y para precisar su localización exacta. En general, los pacientes que presentan hallazgos clínicos y radiográficos de rotura aórtica requieren una angiografía urgente. El TC es útil en la demostración de hemorragia mediastínica, pero es poco específica. Para algunos autores, el TC puede servir en algunos pacientes estables para descartar hemorragia mediastínica y excluir la necesidad de realizar una angiografía.

La disección aórtica es una afectación frecuentemente mortal si no se trata, por lo que el diagnóstico inicial es esencial.

4. PROTOCOLOS HABITUALES DE RM TORÁCICA

4.1. RM PULMÓN Y MEDIASTINO NO VASCULAR.

Posición del paciente:

- Decúbito supino.
- Cabeza primero.
- Brazos hacia arriba.

Dispositivos de monitorización:

- ECG.
- VCG.
- Si no se consigue sincronizar con el ECG, se puede utilizar el sincronismo periférico (PPU).

Contraste:

- Gadolinio (vía cogida en brazo derecho y con conexión en Y).

Volumen:

- Según patología: para estudio de caracterización tisular 0,1 mmol/Kg; en estudios vasculares 0,2 mmol/Kg.
- Suero fisiológico se administra el doble que el contraste administrado.

4.1.1. Masa pulmonar. Estudio de extensión.

Survey (axial, sagital y coronal).

T2-TSE-Plano axial.

T2-TSE- Plano coronal.

T2-TSE- Plano sagital.

T1-SE-EPI Axial.

Opcional inyección i.v. de contraste Gd (T1-SE-EPI).

4.1.2. Masa mediastínica.

Survey (axial, sagital y coronal).

T2-TSE-Plano coronal.

T2-TSE-Plano sagital.

T2-SE-EPI Axial.

Opcional inyección i.v. de contraste Gd (T1-SE-EPI) o Angio-RM 3D post inyección i.v. de contraste Gd.

4.2. RM CORAZÓN.

4.2.1. Introducción.

La RM de corazón es la prueba más utilizada para el estudio del tórax.

El diagnóstico de las enfermedades cardíacas, congénitas y adquiridas se ha basado tradicionalmente en la presentación clínica y en la identificación de cambios morfológicos. El desarrollo de técnicas de imagen cardíaca, como el cateterismo, la medicina nuclear y la ecocardiografía, ha permitido, además de identificar los cambios morfológicos, cuantificar las alteraciones morfológicas y la función cardíaca global y regional. Esta información cuantitativa tiene un valor muy significativo porque proporciona la base para establecer la severidad de las alteraciones, estratificar el riesgo y pronóstico de las enfermedades y porque permite realizar una valoración objetiva del tratamiento médico o quirúrgico.

La RM es una técnica de imagen que permite analizar la morfología del corazón, de los grandes vasos y de las estructuras mediastínicas adyacentes y analizar y cuantificar la función cardíaca global y regional de forma inocua, objetiva y reproducible.

4.2.2. Aspectos técnicos básicos para la realización de los estudios.

4.2.2.1. Antenas o bobinas.

Los estudios de RM cardíaca pueden realizarse con la antena estándar del imán o con antenas de superficie. La antena del imán proporciona una señal más homogénea y con menos artefactos respiratorios que si se usan antenas de superficie, pero su resolución espacial será mucho menor; por eso, aunque los primeros estudios de RM cardíaca se realizaban con esta antena, en la actualidad su uso en estudios cardíacos es muy limitado.

La utilización de antenas de superficie para realizar los estudios cardíacos mejora la relación señal/ruido y la resolución espacial de imagen. En los estudios cardíacos de pacientes adultos se utilizan preferentemente las antenas acopladas en fase (phase array) de corazón o de cuerpo; si no se dispone de estas antenas se puede utilizar una receptora circular, que colocada en la zona precordial permite mejorar la resolución espacial, aunque con las limitaciones del campo de visión derivadas del tamaño de esta antena (habitualmente 250 mm). Cuando se realizan estudios pediátricos la antena dependerá del tamaño del niño: siempre que sea posible colocar al niño en el interior de la antena de cuello se utilizará esa antena, en niños mayores de ese tamaño se utilizarán las antenas phase array.

4.2.2.2. **Movimiento cardíaco y respiratorio.**

El corazón está moviéndose permanentemente, debido al movimiento del ciclo cardíaco y del ciclo respiratorio. Para obtener imágenes cardíacas nítidas es necesario realizar los estudios de RM con sistemas que permitan minimizar o eliminar el efecto de estos movimientos fisiológicos.

La sincronización entre el electrocardiograma (ECG) y la secuencia de RM provocará el efecto de "parar" el corazón, lo que nos permitirá obtener imágenes nítidas en el instante del ciclo cardíaco que nos interese según la patología que se esté estudiando.

Protocolo.

La posición del paciente, los dispositivos de monitorización y contraste son los mismos que en la RM de pulmón y mediastino.

Volumen:

- Generalmente 0,1 mmol/kg; en estudios de viabilidad miocárdica 0,2 mmol/kg.
- Suero fisiológico se administra el doble que el contraste administrado.

4.2.3. **Cardiopatías congénitas.**

Survey (axial, sagital y coronal).

Multicorte-Multifase en apnea. Plano axial.

Cine RM (un corte multifase) en apnea.

Secuencia de codificación de fase según la cardiopatía.

AngioRM-3D postinyección de contraste de Gd. Plano coronal.

- Dosis de contraste doble: 0,2mmol/kg a 2ml/seg.
- Obtener imágenes en fase arterial pulmonar, aortica y de retorno venoso sistémico para valoración de las arterias y venas pulmonares, arterias sistémicas y lazos vasculares y mediastínicos.
- Seguimiento de cardiopatía intervenida: posición, calibre y permeabilidad de derivaciones o suturas quirúrgicas.

Opcional: secuencia sangre negra en planos axial y/o sagital y/o coronal.

4.2.4. **Miocardiopatía hipertrófica.**

Survey (axial, sagital y coronal).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo horizontal de VI.

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo vertical (dos cámaras AI-VI).

Multicorte-Multifase en apnea. Plano eje corto.

Opcional:

- Secuencias tardías de miocardio negro post-Gd.
- Multicorte-Multifase con marcaje miocárdico. Plano eje corto.

4.2.5. Miocardiopatía arritmogénica o displasia arritmogénica de ventrículo derecho.

Survey (axial, sagital y coronal).

Multicorte-Multifase en apnea. Plano axial.

T1-SE-EPI axial.

Opcional:

- Multicorte-Multifase. Plano 2 cámaras derechas (AV-VD) o plano eje corto.
- Multicorte-Multifase con marcaje.
- T1-SE-EPI con supresión espectral grasa.

4.2.6. Miocardiopatía restrictiva y pericarditis constrictiva.

Survey (axial, sagital y coronal).

Multicorte-Multifase en apnea. Plano axial.

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano 4 cámaras.

T1-SE-EPI axial.

4.2.7. Miocardiopatía dilatada.

Survey (axial, sagital y coronal).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo vertical (dos cámaras AI-VI).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano cuatro cámaras.

Multicorte-Multifase en apnea. Plano eje corto.

Opcional: secuencias tardías de miocardio negro post-Gd.

4.2.8. Miocardiopatía congénita.

Survey (axial, sagital y coronal).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo horizontal de VI.

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo vertical (dos cámaras AI-VI).

Multicorte-Multifase en apnea. Plano eje corto.

Perfusión de primer paso postinyección i.v. de contraste-Gd. Plano eje corto.

- Multicorte-Multifase con marcaje. Plano eje corto.
- Imágenes tardías con miocardio "negro".

4.2.9. Masas cardíacas.

Survey (axial, sagital y coronal).

Multicorte-multifase en apnea. Plano axial.

T1-SE-EPI Axial.

T2-TSE Axial.

Perfusión de primer paso postinyección i.v. de contraste-Gd.

T1-SE-EPI Axial post-Gd.

4.2.10. Valvulopatía aórtica. estenosis.

Survey (axial, sagital y coronal).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo horizontal de VI.

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo vertical (tracto de salida VI-Ao).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano valvular aórtico

Multicorte-Multifase en apnea. Plano eje corto.

Secuencia de codificación de fase. Para cuantificación de flujo.

Opcional: angio RM-3D post-Gd de aorta torácico-abdominal.

4.2.11. Valvulopatía aórtica. Insuficiencia.

Survey (axial, sagital y coronal).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo horizontal de VI.

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo vertical (tracto de salida VI-Ao).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano valvular aórtico.

Multicorte-multifase en apnea. Plano eje corto.

Secuencia de codificación de fase. Para cuantificación de flujo.

4.2.12. Valvulopatía auriculo-ventricular.

Survey (axial, sagital y coronal).

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo horizontal de VI.

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano eje largo vertical (dos cámaras).

- AI-VI si sospecha de valvulopatía mitral.
- VD-VD si sospecha de valvulopatía tricúspide.

Cine-RM (un corte multifase) en apnea. Plano cuatro cámaras.

Multicorte-Multifase en apnea. Plano eje corto.

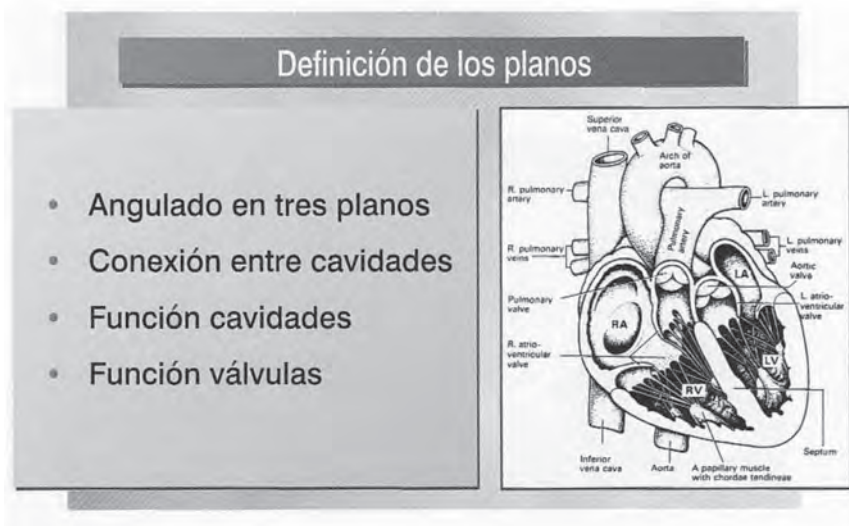
Secuencia de codificación de fase. Para cuantificación de flujo.

4.2.13. Desarrollo de la resonancia magnética cardíaca.

La RM cardíaca es una técnica en rápido desarrollo, que permite el estudio del corazón y los grandes vasos en sus múltiples vertientes de una manera incruenta.

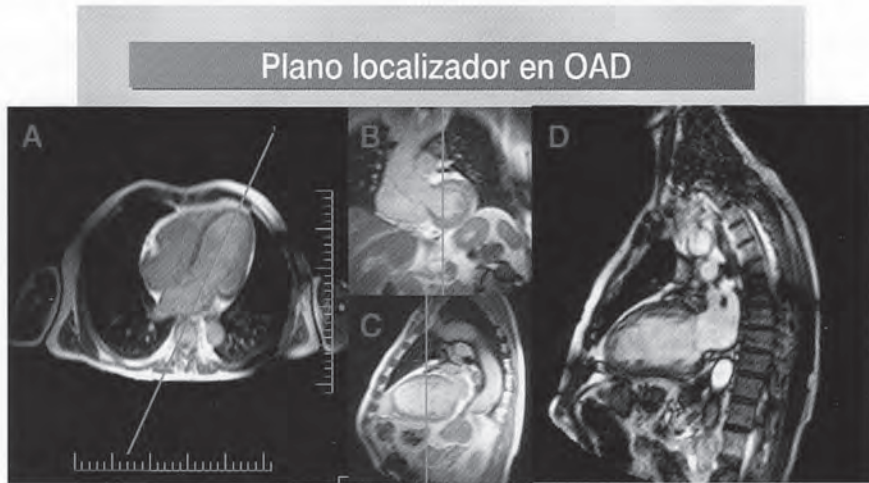
Entre las principales ventajas sobre otras técnicas diagnósticas del sistema cardiovascular resaltan: la ausencia de radiaciones ionizantes, el que no sea un procedimiento intervencionista, la demostración de la sangre en las cavidades y los grandes vasos en negro o en blanco, la posibilidad de cuantificar el flujo en cavidades y vasos (su velocidad y su perfil), la rapidez de la adquisición (hoy es posible efectuar un estudio cardíaco completo, incluido cine, perfusión miocárdica y ARM de las arterias coronarias, en 15-20 minutos) y la resolución cada vez mayor (incluso adquisiciones en la modalidad 3D).

Los estudios siempre comienzan por una correcta planificación de los cortes y proyecciones asegurando un correcto sincronismo con el ECG. Según los problemas diagnósticos a resolver, se realizarán estudios anatómicos (con sangre negra) o funcionales (con sangre blanca). Las técnicas de contraste de fase son útiles para diagnosticar y establecer la severidad de las valvulopatías. En la cardiopatía isquémica son muy útiles los estudios de perfusión miocárdica y viabilidad con contraste. La cardio-resonancia puede ser útil para el estudio no invasivo de las coronarias en casos seleccionados.

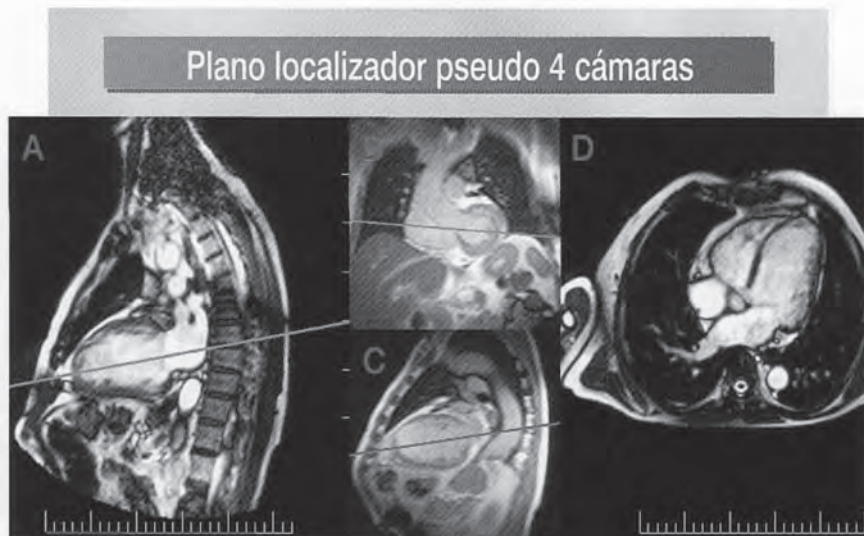


4.2.13.1. Planos localizadores.

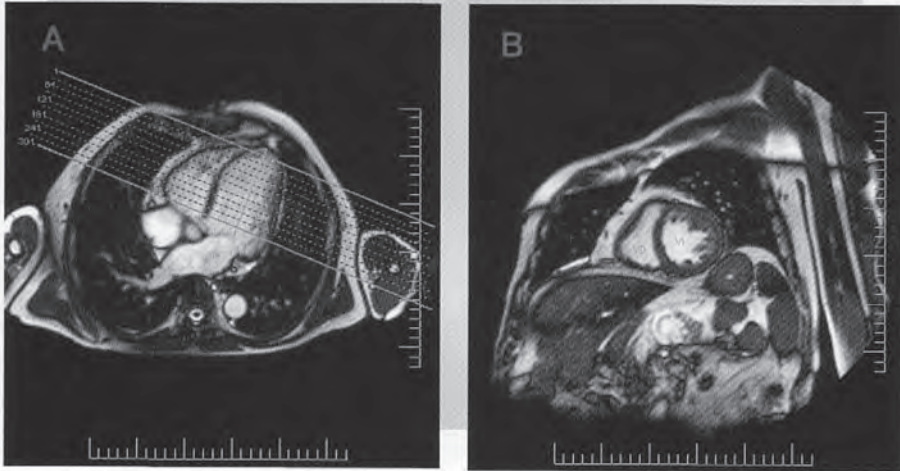
El corazón se sitúa en posición oblicua en las tres direcciones del espacio. El uso de planos localizadores intermedios, añadiendo sólo una nueva angulación a la vez, permite obtener los planos de una manera robusta y reproducible.



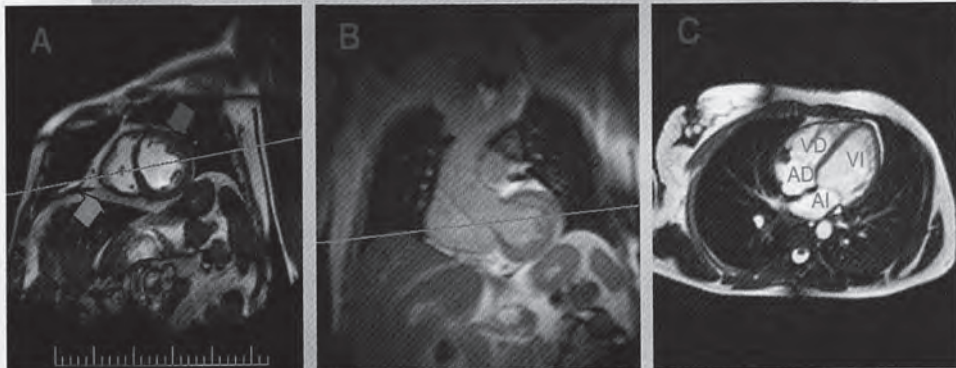
La planificación de un estudio de cardio-RM básica comienza con cortes localizadores en proyecciones axial (A), coronal (B) y sagital (C). A partir del plano axial se planifica un estudio en oblicua anterior derecha (OAD) que pasa por el ápex y la válvula mitral, cortando longitudinalmente el ventrículo izquierdo. Se trata de un plano estrictamente vertical (D) en el que se demuestran la aurícula izquierda, el ventrículo izquierdo y la válvula mitral.



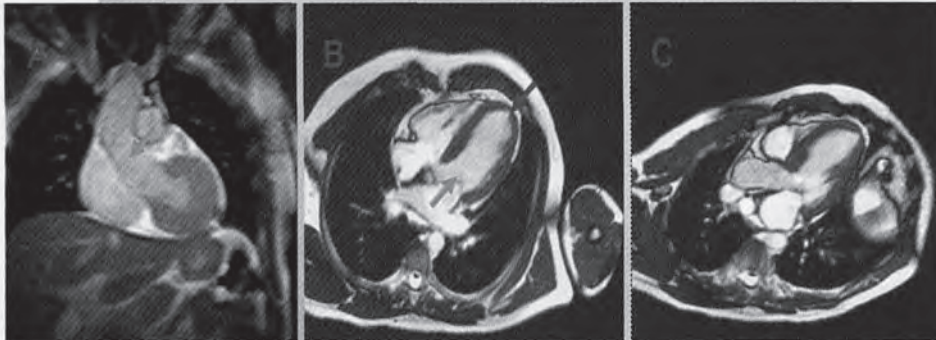
Planificación del eje corto



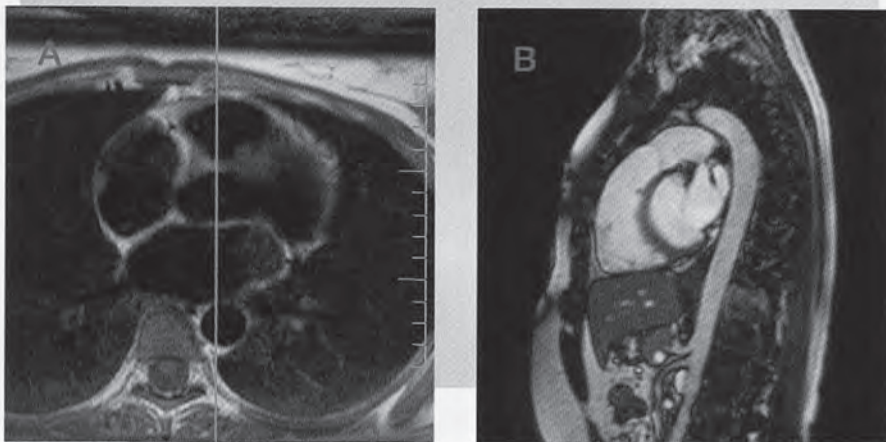
Plano para visualización de las 4 cámaras



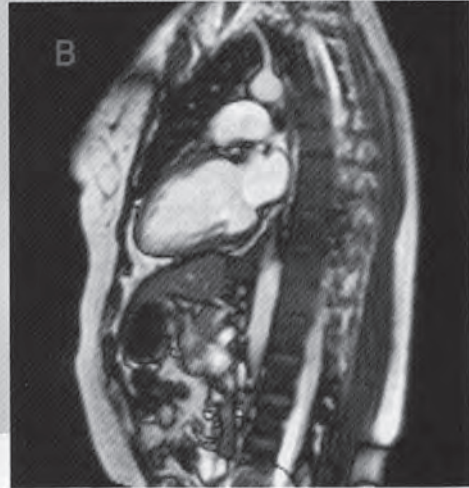
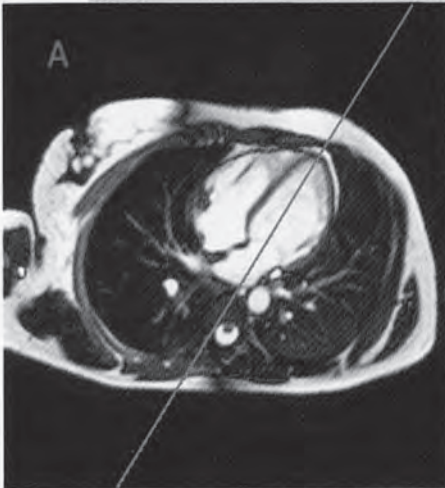
Plano para la visualización del tracto de salida del ventrículo izqdo (3 cámaras)



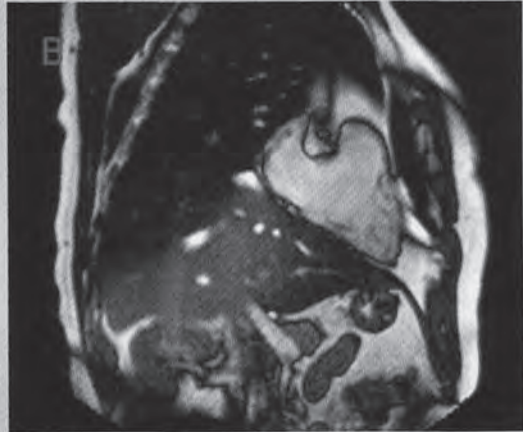
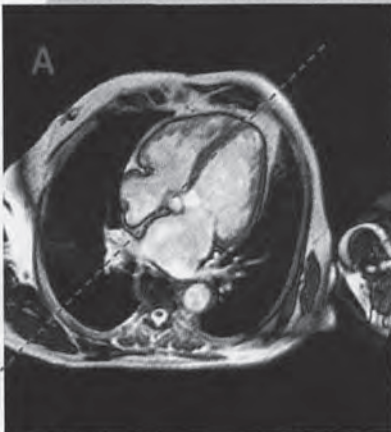
Plano para la visualización del tracto de salida del ventrículo derecho (VD)



Plano de 2 cámaras izquierdas (AI-VI)



Plano de 2 cámaras derecho (AD-VD)



4.2.13.2. Secuencias sangre negra y sangre blanca.



Las imágenes en las que se representa la sangre en negro son idóneas para el estudio de la morfología cardíaca: el grosor del miocardio (hipertrofia, atrofia, aneurisma y pseudo aneurismas, zonas de infiltración grasa como en la displasia de ventrículo derecho, etc.), masas intracavitarias (tumores, trombos, etc.), pericardio y, en general, todas las estructuras del mediastino y de las partes blandas.

El principal inconveniente de las imágenes de sangre negra son los artefactos de flujo, que se muestran como zonas de aumento de señal dentro de la cavidad o de la luz del vaso. Estos se minimizan con la utilización de secuencias SE-EPI o TSE potenciada en T1 o T2, con la aplicación de bandas de saturación, asegurando la adquisición durante la fase sistólica y aplicando TE largos para aumentar el desfase. Para este tipo de imágenes ya no se utiliza la secuencia SE por el largo tiempo de exploración.

En equipos de RM antiguos, de bajo campo y gradientes más lentos y menos potentes, estos artefactos eran menos aparentes.

Secuencias de sangre blanca: función

Sangre blanca

Eco de gradiente y adquisición multifase (2D-MF, MSMF)

↓ TR	→ n° fases ↑
Contraste	→ flip (12-20°), TE
Flujo	→ Comp. flujo, TE ↑
Cortes	↔ Fases

2D-FFE MF, sin respiración mantenida

Las imágenes denominadas de sangre blanca se utilizan principalmente para el estudio de la función cardíaca. Al contrario de lo tratado anteriormente, la sangre en el interior de los vasos y cavidades cardíacas aparece hiperintensa. Se utilizan secuencias rápidas de eco de gradiente. La adquisición es multifase, bien en un solo corte o multicorte.

Un tiempo de eco corto permite un mayor número de fases. El contraste está condicionado por el ángulo de inclinación y por el tiempo de eco. La distinción entre sangre en movimiento y otras estructuras que pueden brillar en la imagen mejora con la aplicación de técnicas de compensación de flujo o aumentando el tiempo de eco.

Entre las principales ventajas sobre otras técnicas diagnósticas del sistema cardiovascular resaltan: la ausencia de radiaciones ionizantes, el que no sea un procedimiento intervencionista, la demostración de la sangre en cavidades y los grandes vasos en negro y blanco, la posibilidad de cuantificar el flujo en cavidades y vasos (su velocidad y su perfil), la rapidez de la adquisición (hoy es posible efectuar un estudio cardíaco completo, incluido cine, perfusión miocárdica y ARM de las arterias coronarias, en 15-20 minutos) y la resolución cada vez mayor (incluso adquisiciones en la modalidad 3D).

4.3. RM aorta.

Generalidades.

- Antena: antenas acopladas en fase (phase-array) cardíaca o de cuerpo (synergy-body, torso-array, body-array).
- Posición del paciente: decúbito supino, cabeza primero, brazos abajo en estudios de aorta toraco-abdominal y brazos arriba en estudios de arterias pulmonares y vasos subclavios.
- Dispositivos de monitorización: Cardíaco: ECG o PPU y VCG.
- Vía venosa: en brazo derecho. Vía con conexión en Y.
- Contraste: gadolínio (Gd).
- Volumen: 0,2 mmol/kg
- Suero fisiológico: el doble que el contraste administrativo.

4.3.1. Secuencias de "vacío de señal intra-cardio-vascular" o de sangre "negra".

Según las posibilidades de la máquina se podrá hacer: SE convencional, Turbo SE, SE-EPI, doble pulso de inversión, Haste.

Ajustar la frecuencia cardíaca: si la frecuencia oscila, es mejor poner una frecuencia superior.

Retraso tras la sincronización (Trigger Delay (TD)): en los estudios SE las imágenes deben obtenerse en sístole para que haya menos artefactos de flujo lento intra-cardio-

vascular, para obtener esas imágenes sistólicas se debe modificar el TD según la frecuencia cardíaca que tenga el paciente:

- Frecuencia cardíaca >75 lat/min, TD=50 mseg.
- Frecuencia cardíaca <75 lat/min, TD=100 mseg.

Adaptar el número de cortes: la frecuencia cardíaca condiciona el TR y éste el número de cortes, si el número de cortes no es suficiente para obtener imágenes de todo el área de interés se programarán varios paquetes de cortes.

Bandas de presaturación: para disminuir los artefactos intra-cardio-vasculares al obtener imágenes en plano axial poner bandas de presaturación paralelas superior e inferior.

4.3.2. Coartación de aorta.

Survey (axial, sagital y coronal).

Multicorte-multifase. Plano axial.

Angio-RM 3D post inyección i.v. de contraste Gadolinio. Plano Sagital-Oblicuo.

Para saber cuando iniciar la adquisición de imágenes, la adquisición de la secuencia debe coincidir con el instante de máximo contraste en la zona a estudiar. Para llegar a esto, se deberá hacer un cálculo aproximado según la frecuencia cardíaca, y un control con escopia (disparar la secuencia de escopia o Bolus Track al mismo tiempo que se empieza a inyectar, y disparar la secuencia en apnea cuando el contraste llega al VI, cuando termina la adquisición disparar una segunda también en apnea).

Secuencia de codificación de fase. Para cuantificación de flujo.



4.3.3. Disección de aorta.

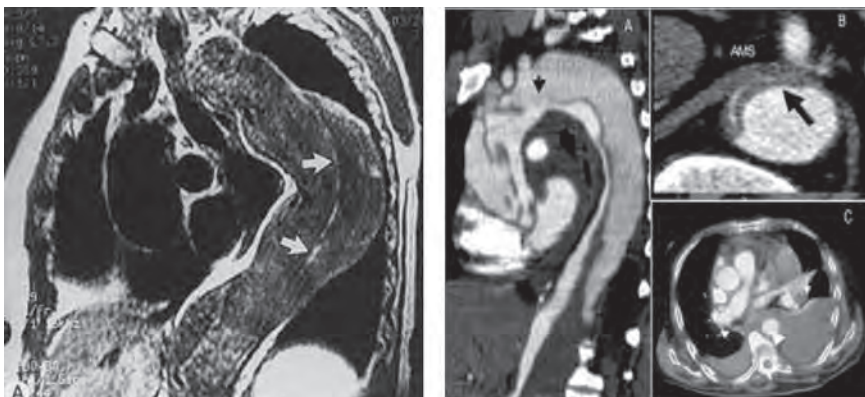
Survey (axial, sagital y coronal).

T2-SSh (HASTE). Plano axial.

T2-Ssh (HASTE). Plano sagital oblicuo.

Angio-RM 3D post inyección i.v. de contraste Gadolinio. Plano Sagital-Oblicuo.

La adquisición se realiza de la misma manera que en la coartación de aorta.



4.3.4. Aneurisma de aorta.

Survey (axial, sagital y coronal).

T2-Ssh (HASTE). Plano axial.

T2-Ssh (HASTE). Plano Sagital-Oblicuo.

Angio-RM post inyección i.v. de contraste Gd.

La adquisición se realiza de igual manera que para coartación de aorta y disección de aorta.

4.3.5. Sospecha de aortitis.

Survey (axial, sagital y coronal).

T1-SE-EPI Axial.

Angio-RM postinyección de contraste Gd.

La adquisición de la secuencia se adquiere de igual manera que anteriormente.

T1-SE-EPI axial post-Gd con supresión grasa.

4.4. RM ARTERIAS PULMONARES.

Generalidades:

Posición del paciente: decúbito supino, cabeza primero, manos hacia arriba.

Dispositivos de monitorización:

- Cardíaco: ECG, VCG, si no se consigue sincronizar con el ECG se puede utilizar el sincronismo periférico (PPU).
- Respiratorio.

Vía venosa: en brazo derecho, conexión en Y. Abocat 20-22.

Contraste: 0.2 mmol/kg de Gadolinio con un flujo de 2-3 ml/seg.

Suero fisiológico postcontraste: el doble de contraste administrado.

4.4.1. Angio-RM de las arterias pulmonares.

Survey (axial, sagital y coronal).

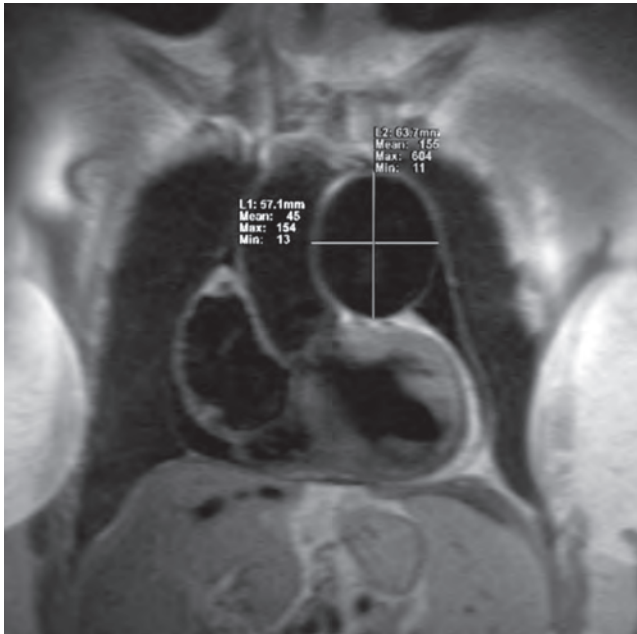
Multicorte-Multifase en apnea.

Angio-RM 3D postinyección i.v. de contraste Gd.

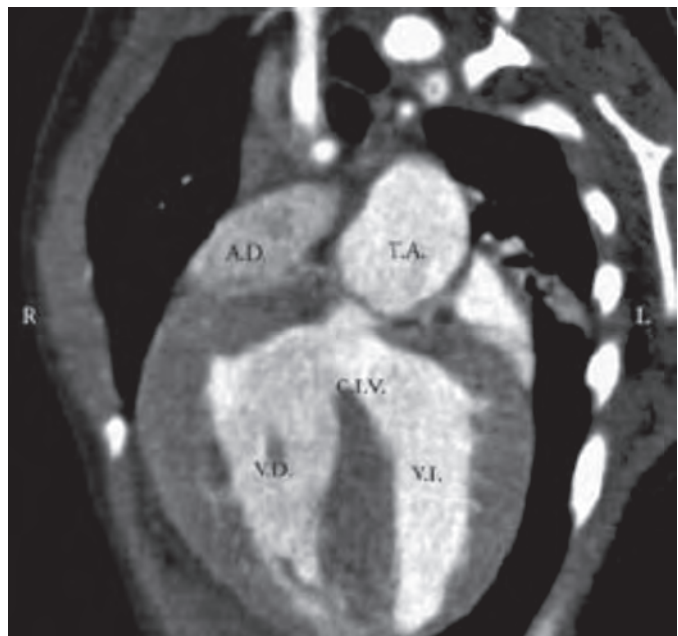
Para saber cuando iniciar la adquisición se debe disparar la secuencia de escopia (Bolus Track) al mismo tiempo que se inyecta el contraste. La secuencia Angio-RM se dispara en apnea cuando el contraste llega al ventrículo derecho. Después de disparar esta secuencia se dispara una segunda adquisición.



Angio-RM arterias pulmonares.



Arteria pulmonar dilatada. _____



Arteria pulmonar izquierda. _____

4.5. RM VENAS SUBCLAVIAS Y VENA CAVA SUPERIOR (VCS).

Generalidades:

Posición del paciente: decúbito supino, cabeza primero, brazos hacia abajo.

Dispositivos de monitorización:

- Cardíaco: ECG y si no se consigue sincronizar éste se puede utilizar el sincronismo periférico (PPU).
- Respiratorio.

Vía venosa: se coge la vía en el brazo de la vena que se va a estudiar. Cuando se realiza un estudio de VCS se coge la misma en ambos brazos. Conexión en Y.

Contraste: Gadolinio (Gd):

- Volumen: se mezcla 0,4 mmol/kg de gadolinio en un suero de 250 ml y llenar 4 jeringas de 60 ml con el gadolinio diluido. Inyectar dos jeringas para estudiar una subclavia. Inyectar dos jeringas en cada brazo simultáneamente para estudiar las dos subclavias y la VCS.
- Mezclar 0,4 mmol/kg de gadolinio en un suero de 120 ml y llenar 4 jeringas de 30 ml con el gadolinio diluido.

4.5.1. Angio-RM post inyección i.v. de gadolinio.

Survey (axial, sagital y coronal).

T1-SEPI sagital.

Angio-RM venas subclavias y vena cava superior.

Para saber cuando iniciar la adquisición, el centro de la adquisición debe coincidir con el instante de máximo contraste en la zona de interés. Disparar en apnea cuando el contraste llegue a la o las subclavias.

Secuencias opcionales: TOF sagital (para las subclavias) o TOF axial (para la VCS).

4.6. RM MAMA.

Generalidades:

Antena: mama.

Posición del paciente: decúbito prono, cabeza primero y brazos según comodidad de la paciente: hacia abajo o hacia arriba.

Ciclo menstrual: evitar realizar el estudio entre los días 1 y 15 del ciclo (día 1= primer día de la menstruación).

Vía venosa en brazo derecho y con una conexión en Y.

Contraste: gadolinio.

Volumen: 0,16 mmol/kg.

4.6.1. Prótesis de mama. Sospecha de rotura.

Survey (axial, sagital y coronal).

T1-TSE Sagital.

T2-TSE Axial y/o sagital.

T2-TSE con supresión grasa axial y/o sagital.

4.6.2. Prótesis de mama por neoplasia. Seguimiento.

Survey (axial, sagital y coronal).

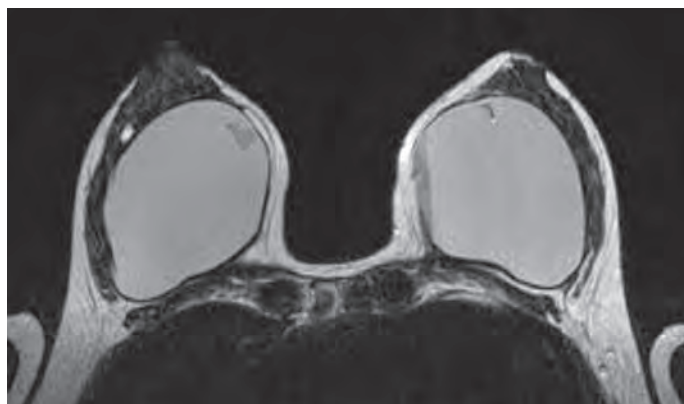
T2-TSE Axial.

T2-TSE con supresión grasa axial y/o sagital.

T1-EG-3D Dinámico postinyección i.v. de contraste Gd.

- Obtener la primera serie sin contraste. Tras la inyección del contraste obtener 6 a 8 dinámicos.

Postprocesados.



4.6.3. Caracterización de nódulos. Carcinoma oculto.

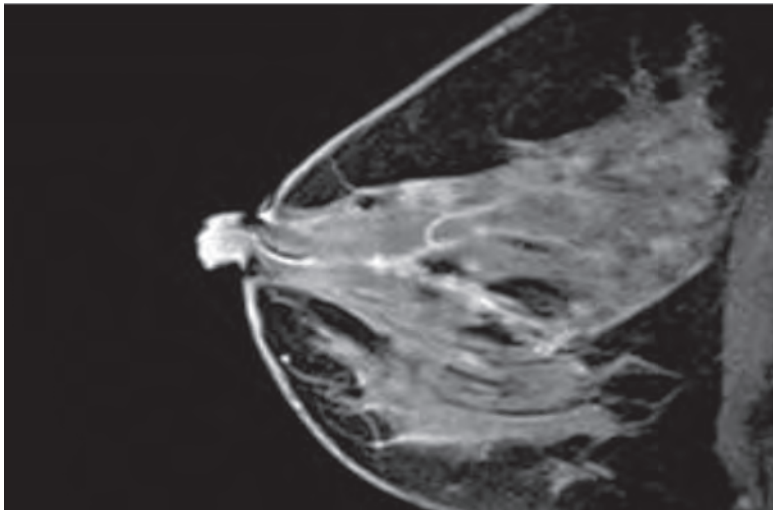
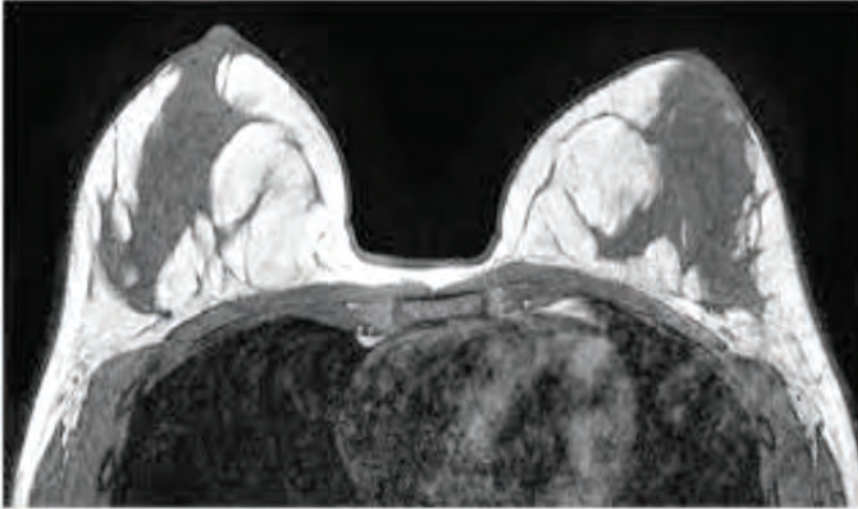
Survey (axial, sagital y coronal).

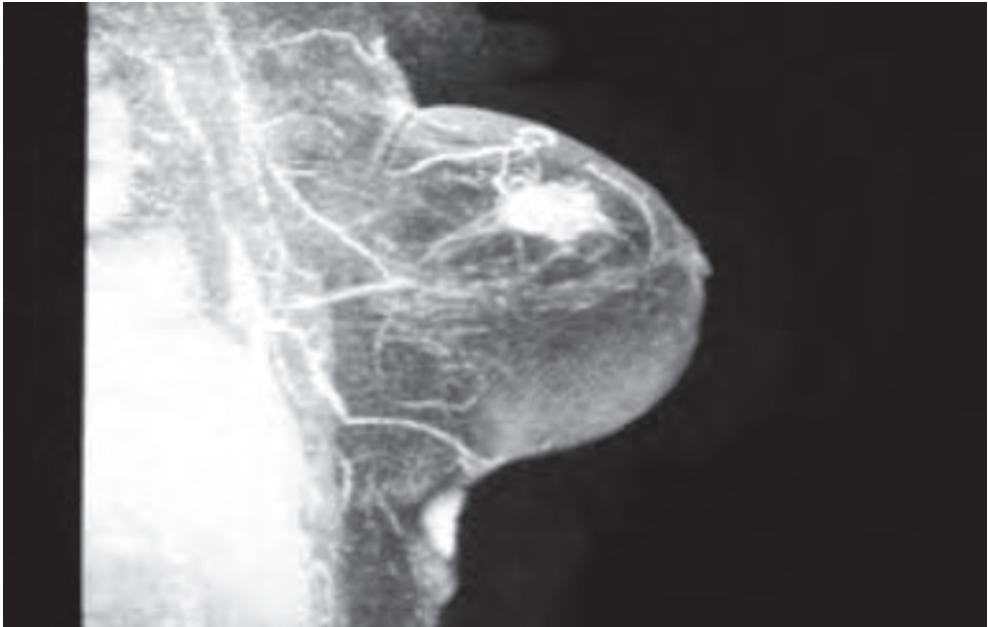
T1-TSE sagital.

T2-TSE con supresión grasa axial y/o sagital.

T1- EG-3D Dinámico postinyección i.v. de contraste Gd.

Postprocesados.





BIBLIOGRAFÍA

- Claussen. Diagnóstico por la imagen del corazón. Editorial: Panamericana, 2011.
- Francisco M. Tardaguila Montero y Joaquín Ferreiros Domínguez. Monografía SERAM. Imagen cardiovascular avanzada: RM y TC. Editorial: Panamericana, 2010.
- Gotway MB, Elicker BM. Radiographic techniques. In: Mason RJ, Broaddus CV, Martin TR, et al., eds. Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine. 5th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2010.
- J. Costa. Resonancia magnética dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico. Editorial: Elsevier España, 2015.
- Manual actualización en radiología toraco-abdominal, Editorial: ICB editores, 2012.
- Stark P. Imaging in pulmonary disease. In: Goldman L, Schafer AI, eds. Goldman's Cecil Medicine. 24th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2011.