

**PROTOCOLOS DE CARDIO-RM AJUSTADOS A LA RM
SIEMENS, AVANTO**

**Dra. A. Castellote Alonso
Dr. I. Barber Martinez de la Torre**

**Servei de Radiologia Pediàtrica
Hospital Materno-infantil Vall d'Hebron
Barcelona**

IMPORTANTE

Para hacer angio-RM es necesario la utilización de Gadolinio. Últimamente se han descrito casos de fibrosis sistémica nefrogénica que se desarrolla entre 2 días y 18 meses tras la administración de Gadolinio y puede llegar a ser fatal, no conociéndose tratamiento eficaz. Los factores desencadenantes de su aparición son la presencia de insuficiencia renal. Cuanto mayor sea la dosis de contraste administrada, mayor será el riesgo. **En la actualidad se desaconseja la utilización de Gadolinio en pacientes con insuficiencia renal y en los pacientes sometidos o que vayan a someterse a trasplante hepático. Se aconseja en pacientes menores de un año, valorar adecuadamente su utilización.**

GENERALIDADES

Antes de realizar una exploración de RM se debe valorar la **historia clínica** e interrogar a los padres si los niños o ellos mismos tienen **contraindicaciones** para realizarse el estudio como si son portadores de marcapasos, clips metálicos u otros elementos ferromagnéticos que pudieran hacer peligrosa la exploración. Las prótesis ortopédicas provocan un artefacto que impide la visualización de las estructuras vecinas, pero no contraindican la exploración, los hilos de sutura de esternotomía media provocarán un artefacto en la porción anterior del tórax pero no impedirán visualizar el resto de estructuras torácicas. Las válvulas protésicas cardíacas excepto la de Starr-Edwards, pueden introducirse en la máquina de RM. Los stents, coils y otros elementos oclusores no ferromagnéticos son débilmente ferromagnéticos las primeras seis semanas tras su colocación. Es preferible no realizar exploraciones de RM durante este tiempo.

En los **estudios cardíacos** es especialmente importante saber qué tipo de exploraciones se les ha practicado a los pacientes. En el caso de haber sido intervenidos, qué tipo de cirugía se ha realizado y conocer los resultados de la ecocardiografía. Es esencial la estrecha colaboración con el cardiólogo que nos solicita la prueba. En todos los estudios del corazón por RM es imprescindible obtener una buena **sincronización cardíaca**. Para ello deberán colocarse unos electrodos en posición correcta. No deberá iniciarse la prueba sin haber conseguido previamente una buena curva de electrocardiograma.

Antes de realizar una exploración de RM se debe valorar la **historia clínica** e interrogar a los padres si los niños o ellos mismos tienen **contraindicaciones** para realizarse el estudio como si son portadores de marcapasos, clips metálicos u otros elementos ferromagnéticos que pudieran hacer peligrosa la exploración. Las prótesis ortopédicas provocan un artefacto que impide la visualización de las estructuras vecinas, pero no contraindican la exploración, los hilos de sutura de esternotomía media provocarán un artefacto en la

porción anterior del tórax pero no impedirán visualizar el resto de estructuras torácicas. Las válvulas protésicas cardíacas excepto la de Starr-Edwards, pueden introducirse en la máquina de RM. Los stents, coils y otros elementos oclusores no ferromagnéticos son débilmente ferromagnéticos las primeras seis semanas tras su colocación. Es preferible no realizar exploraciones de RM durante este tiempo. Posteriormente todos estos pacientes con elementos oclusores podrán introducirse en las máquinas de RM, aunque hay que tener en cuenta que nos provocaran un vacío de señal local, que en la mayoría de ocasiones no nos impedirá dar información adecuada, aunque a veces no la total información.

También se debe interrogar sobre la existencia de alergias conocidas, reacciones ante sedaciones previas y valorar si existe alguna enfermedad que pudiera suponer un problema a la integridad de la vía aérea. Como los niños son respiradores nasales, es preferible alertar a los padres que si tienen fiebre o están acatarrados, nos avisen y se les da hora para otro día. La exploración de RM aumenta discretamente la temperatura corporal, por lo que **no es aconsejable** practicarla **si** el paciente tiene **más de 38°** de temperatura. Si así fuera, hay que intentar bajar la temperatura con antitérmicos, si fuera posible, antes de iniciar la exploración.

Así mismo, cualquier exploración de RM debe ser precedida de una **explicación de la técnica** a los niños, si tienen edad para entenderlo y a los padres. Se les debe enseñar la sala y el aparato y comentarles al máximo en qué consiste la técnica, que oirán ruido.. pero que no se asusten. Decirles que es muy sensible al movimiento, deben estar como estatuas mientras oigan el ruido y evitar que se asusten. De esta manera y si los padres les acompañan y les ayudan (cantando, tranquilizándolos, distrayéndolos) durante la exploración, se disminuirá la frecuencia de sedaciones, especialmente entre los 4 y 7 años. A los niños mayores se les colocarán unos auriculares a través de los cuales oyen música o las instrucciones que les trasmite la técnica o simplemente unos tapones para disminuir el ruido que provocan los gradientes. Deben permanecer **inmóviles** durante 30-60 minutos que dura la prueba en el interior del aparato y es aconsejable explicarles que deben mantenerse en apnea los segundos que dura la adquisición de la secuencia. Así mismo se debe buscar una buena vía antes de iniciar la exploración que nos permita inyectar el contraste a la velocidad adecuada para el estudio de angio-RM. Es importante crear un ambiente agradable para el niño en la sala de espera para que no se pongan nervioso, con cuentos, juguetes y el hecho de que el personal que lo atiende esté entrenado a tratar con niños.

La mayoría de los pacientes **por debajo de los 6 años son sedados**, con Hidrato de Cloral vía oral a dosis de 50-100 mg/Kg por debajo del año, sin sobrepasar los 1500 mg y pentobarbital de 4-6 mg/Kg intravenoso. Si es necesario los anestesistas les administran otros fármacos o gases suplementarios. Los pacientes deben estar en ayunas antes de la exploración

durante 3 horas si son neonatos, 4 horas los lactantes y 6 horas los mayorcitos, para evitar aspiraciones. Siempre que sea posible debemos intentar conseguir secuencias en apnea, especialmente para hacer angio-RM. En estos casos, si el niño es pequeño, será necesario anestésarlos y colocarles una mascarilla laríngea adaptada a su tamaño.

Los pacientes sedados deben estar monitorizados mediante un pulsioxímetro y a todos ellos se les administra oxígeno mediante una mascarilla o tubo. Después del estudio se quedan en una sala hasta que están despiertos y se les explica a los padres una serie de pautas y medidas para iniciar la alimentación, pasando paulatinamente de líquidos a sólidos. Se ha de tener en cuenta que en las cardiopatías congénitas cianóticas las saturaciones de oxígeno basales son bajas, lo que se ha de considerar en la evaluación de la oximetría.

Es esencial que los niños estén cómodos durante la exploración y se debe tener la precaución de hacerles vaciar la vejiga antes de iniciar el estudio. Hay que intentar que los pacientes estén bien **inmovilizados** mediante tallas, esponjas, tiras de velcro y esparadrapos. Es muy importante que los pacientes estén **bien colocados** dentro de la bobina, encontrándose el área a estudiar en el centro de la bobina.

Antenas acopladas en fase (*phase-array*) cardíaca o de cuerpo (*body-array*)

- Si se quieren obtener cortes menores de 5 mm, muy frecuente en niños
- Siempre para las secuencias EG cine-RM apnea

Niños según tamaño:

- Antenas acopladas en fase (*phase-array*) cardíaca)
- Cuello (Q-neck)

Posición

- Decúbito supino
- En algunas patologías puede ser mejor en prono
- Cabeza primero
- Posición de los brazos: Generalmente hacia abajo. Para algunas secuencias (angioRM-3D coronal) brazos arriba
- Centraje en línea media - Tercio medio del cuerpo del esternón

MEDIO DE CONTRASTE

Hay que tener en cuenta lo resaltado en el apartado de Importante.

- Quelatos de gadolinio (Gd)
- Según patología: Generalmente 0,1 mmol /Kg; en estudios de viabilidad miocárdica 0,2 mmol/kg
- Según patología: Generalmente a 2 ml/seg.; en estudios de perfusión a 5 ml/seg.
- El doble que el contraste administrado
- Via Venosa
- En brazo derecho
- Vía con conexión en Y

SECUENCIAS

A. Secuencias SE: "vacío de señal intra-cardio-vascular" o de sangre "negra"

- Según las posibilidades de la máquina se hará:
 - SE convencional , Turbo-SE, SE-EPI, Doble pulso de Inversión

1. Ajustar la frecuencia cardiaca

- Si la frecuencia oscila, es mejor poner la frecuencia superior

2. Retraso tras la sincronización [Trigger Delay (TD)]

- **En los estudios morfológicos 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

3. Adaptar el número de cortes

- La frecuencia cardiaca condiciona el TR y éste el número de cortes
 - Adaptar el número de cortes a lo que permita la frecuencia cardiaca
- Sí el número de cortes no es suficiente para obtener imágenes de toda el área de interés se programarán varios paquetes de cortes

4. Bandas de presaturación

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

B. Secuencias GE: sangre hiperintensa

1. Frecuencia cardiaca

- Estas secuencias se harán en apnea siempre que sea posible
- Como la frecuencia cardiaca aumenta durante la apnea se programará con 15 a 20 lat / min más de lo que se está registrando en situación de reposo

2. Retraso tras la sincronización [Trigger Delay (TD)]

- **Estudios funcionales cine-RM (sangre hiperintensa)**
 - Las imágenes dinámicas deben empezar a adquirirse lo más pronto posible tras la onda R del ECG
 - El TD será lo más corto que la máquina permita
 - Así, con TD lo más corto posible la primera imagen adquirida será telediastólica
- **Estudios de coronarias**
 - Se deben realizar en diástole para obtenerlas imágenes en el momento de mayor calibre de las coronarias
 - El TD para sincronizar en diástole es variable según la frecuencia cardíaca (está en torno a 400 - 600 mseg)

3. Adaptar el número de fases cardíacas

- Se adquirirá el máximo número de fases posible
- La frecuencia cardíaca y el tiempo de apnea son las variables que condicionan el número de fases
- Adaptar el número de "disparos" ("Shots") al tiempo de apnea que pueda mantener el paciente
- > número de Shots > número de fases > tiempo de apnea

SECUENCIAS RM SIEMENS, AVANTO

En niños pequeños, en los que no es posible la apnea, se pueden realizar secuencias T1 corte a corte con los siguientes parámetros:

Turboflash 2d 15-retro-non breathhold

Grosor corte 3 o 4 mm

TR:48,65 ms

TE:1,37 ms

Promedios 3

Factor distancia 20-25%

Intentar coeficiente S/N igual o mayor de 1

Para hacer secuencias en contraste de fase para valorar gradientes en niños pequeños disponemos de un secuencia non breath-hold, con las siguientes características de adquisición:

Flash 3D-250-through-plane

1 corte

TR:35 ms

TE:3,9 ms

Promedios 3

Bandwith 260

Grosor de corte 4mm

Velocidad como en los adultos 150 cm/segundo e ir subiendo dependiendo de si existe aliasing.

Para la coartación de aorta es útil valorar los valores de gradient de la ecocardiografía como valor base.

COARTACION DE AORTA, RECOARTACIÓN

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencia axial Haste
- Sagital oblicuo Haste o T1 corte a corte siguiendo arco aórtico
- Trufi-single shot cine o turboflash cine siguiendo arco aórtico (opcional)
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en 2 cámaras, 4 cámaras, eje corto (opcional)
- Secuencias cine retro-gating en eje corto para valorar función ventricular (opcional)
- Sagital oblicuo Haste o T1 corte a corte siguiendo arco aórtico
- Trufi-single shot cine o turboflash cine siguiendo arco aórtico (opcional)
- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal
- Secuencias en magnitud y fase perpendicular a aorta ascendente supra-avalvular y descendente (a nivel coartación, postcoartación y en aorta descendente a nivel diafragmático, si interesa valorar circulación colateral)
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en eje corto y en eje largo sobre raíz aórtica, si interesa visualizar válvula aórtica bicúspide (opcional)

ANILLOS VASCULARES

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencia axial Haste
- Coronal T1 corte a corte siguiendo la traquea
- Sagital oblicuo Haste o T1 corte a corte siguiendo arco aórtico
- Trufi-single shot cine o turboflash cine siguiendo arco aórtico (opcional)

- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal

DILATACIÓN AORTA ASCENDENTE/MARFAN

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencia axial Haste
- Sagital oblicuo Haste o T1 corte a corte siguiendo arco aórtico
- Trufi-single shot cine o turboflash cine siguiendo arco aórtico
- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal

POSTOPERATORIO TETRALOGIA DE FALLOT/ ARTERIAS PULMONARES

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencia axial Haste y/ o T1 corte a corte
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en 2 cámaras, 4 cámaras, eje corto
- Secuencias cine retro-gating en eje corto para valorar función ventricular
- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal
- Secuencias trufi y/o cine GRE sagital oblicuo siguiendo tracto de salida ventrículo derecho
- Secuencias en magnitud y fase perpendicular tracto de salida del ventrículo derecho, ramas pulmonares (si estenosis pulmonar), Aorta ascendente y tricúspide
- Captación de contraste de miocardio tardía

POSTOPERATORIO TRUNCUS ARTERIOSUS

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencia axial Haste y/o T1 corte a corte
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en 2 cámaras, 4 cámaras, eje corto
- Secuencias cine retro-gating en eje corto para valorar función ventricular
- Secuencias trufi y/o cine GRE sagital oblicuo siguiendo tracto de salida ventrículo derecho
- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal
- Secuencias en magnitud y fase perpendicular a Aorta ascendente, APP, arterias pulmonares y válvulas AV

POSTOPERATORIO TRANSPOSICION GRANDES VASOS/ ARTERIAL SWITCH

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencia axial Haste y/o T1 corte a corte
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en 2 cámaras, 4 cámaras, eje corto
- Secuencias cine retro-gating en eje corto para valorar función ventricular
- Trufi y/o cine turboflash sagital oblicuo (APP y AA) y axial (ramas pulmonares)
- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal
- Secuencias en magnitud y fase perpendicular a aorta ascendente, APP, ramas pulmonares

POSTOPERATORIO TRANSPOSICION DE LOS GRANDES VASOS/ MUSTARD-SENNING

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en 2 cámaras, 4 cámaras, eje corto
- Secuencias cine retro-gating en eje corto para valorar función ventricular
- Secuencias trufi y/o cine GRE en axial y oblicuo coronal
- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal
- Secuencias en magnitud y fase adquiridas perpendicular a Aorta ascendente, APP y válvulas AV (QP:QS) para valorar permeabilidad aurículas
- Captación contraste tardía

EVALUACION FONTAN

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en 2 cámaras, 4 cámaras, eje corto
- Secuencias cine retro-gating en eje corto para valorar función ventricular
- Trufi con sincronización cardiaca axial y coronal (anatomía intracardiaca, conducto Fontan y arterias pulmonares)
- Axial Haste y/o T1 corte a corte, Coronal Haste y/o T1 (opcional)
- Angio-RM 3-D con Gadolinio adquirido en coronal
- Secuencias en magnitud y fase adquiridas perpendicular a Aorta

ascendente, ramas pulmonares, VCI y VCS

DISPLASIA ARRITMOGÉNICA

- Localizadores en los tres planos del espacio
- Secuencias trufi con sincronización cardiaca en 2 cámaras, 4 cámaras, eje corto
- T1-SE-EPI Axial desde arterias pulmonares a diafragma
- Opcional:
 - Multicorte-Multifase - Plano 2 cámaras derechas (AD-VD) o Plano Eje Corto
 - Desde el septo hasta la pared libre de VD - Para valorar motilidad en pared inferior y zona subtricuspídea
 - Multicorte-Multifase con marcaje (tagging)
 - Si es dudosa la existencia de trastornos de la motilidad
 - T1-SE-EPI con supresión espectral de grasa
 - Si es dudosa la existencia de grasa intramiocárdica