

## Revisión

## Acceso Abierto

**AVISO IMPORTANTE:** Si usted desea citar este artículo debe hacerlo de la siguiente manera para respetar los derechos de autor y el factor de impacto de la revista.

Kramer CM, Barkhausen J, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E; Society for Cardiovascular Magnetic Resonance Board of Trustees Task Force on Standardized Protocols. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. *J Cardiovasc Magn Reson* 2013; 15: 91.

## Protocolos de resonancia magnética cardiovascular (RMCV) estandarizados, actualización 2013.

Christopher M Kramer<sup>1\*</sup>, Jörg Barkhausen<sup>2</sup>, Scott D Flamm<sup>3</sup>, Raymond J Kim<sup>4</sup>, Eike Nagel<sup>5</sup>, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance Board of Trustees Task Force on Standardized Protocols

### Resumen

Este documento es una actualización de la publicación del 2008 del Grupo de Trabajo en estandarización de protocolos de la Junta Directiva de la Sociedad de Resonancia Magnética Cardiovascular (**SCMR**). Desde el momento de la publicación original, se han publicado 3 documentos adicionales del grupo de trabajo (Generación de Reportes, Post-proceso y Cardiopatías Congénitas) que deben ser referidos en conjunto con el presente documento. La sección de principios generales y técnicas ha sido expandida a más técnicas comunes a la resonancia magnética cardiovascular (RMCV) para ser estandarizadas. Todavía existe una gran cantidad de desarrollo en el área de caracterización tisular y mapeo, así es que estos protocolos han sido en general dejados como opcionales. Los autores esperan que este documento continúe estandarizando y simplificando el abordaje de los pacientes por RMCV basados en la clínica. Será actualizado a intervalos regulares conforme el campo de la RMCV avance.

### Introducción

Este documento es una actualización de la publicación del 2008 del grupo de trabajo en estandarización de protocolos de la Junta Directiva de la Sociedad de Resonancia Magnética Cardiovascular (**SCMR**) [1]. Desde el momento de la publicación original, se han publicado 3 documentos del Grupo de Trabajo que deben referirse en conjunto con el presente documento. El primero es el documento sobre Generación de Reportes publicado por el Grupo de Trabajo del SCMR en 2010 [2]. Todas las referencias de reporte de los hallazgos de los protocolos listados han sido eliminados del presente documento, ya que éstos son revisados por el documento mencionado anteriormente. Además, todas las referencias a las metodologías de análisis han sido eliminadas de los protocolos actuales de este documento, ya que éstos son revisados en su totalidad por la publicación reciente del Grupo de Trabajo del SCMR de Post-procesamiento [3]. Todos los protocolos relacionados a cardiopatías congénitas han sido eliminados, ya que ha sido publicado un documento separado en relación a este tópico [4].

La sección de principios generales y técnicas se ha ampliado a medida que más técnicas comunes de RMCV han sido estandarizadas. Todavía existe una gran cantidad de desarrollo en el área de caracterización tisular y mapeo, así es que estos protocolos han sido en general dejados como opcionales. Los autores esperan que este documento continúe estandarizando y simplificando el abordaje de los pacientes por RMCV basados en la clínica. Será actualizado a intervalos regulares conforme el campo de la RMCV avance.

### Técnicas Generales

#### Consideraciones de Potencia de Campo Magnético

1. La RMCV puede realizarse en diferentes potencias de campo magnético. Sistemas de 1.5T son actualmente comúnmente utilizados para la mayoría de los estudios.
2. La RMCV en 3T requiere un **shimming** cuidadoso y el ajuste de los pulsos de radiofrecuencia para evitar artificios.
3. Como resultado de la mejoría de la relación señal-ruido (**SNR**) 3T es ventajosa para la imagen de perfusión de realce de contraste de primer paso. Además, las secuencias de **tagging** y de flujo 4D pueden beneficiarse del 3T.

\* Correspondence: ckramer@virginia.edu

<sup>1</sup>Departments of Medicine and Radiology, University of Virginia Health System, Lee Street, Box 800170, Charlottesville, VA 22908, USA

Full list of author information is available at the end of the article

- Las secuencias de **steady-state free precession**, usualmente la elección para la imagen de cine en 1.5T, tiene muchos retos en 3T incluyendo artificios de bandas oscuras, de flujo y elecciones subóptimas de ángulo de inclinación debido a las restricciones de la tasa de absorción específica (**SAR**).
- Los dispositivos que han sido probados en 1.5T pueden no ser seguros en 3T: checar información específica relacionada a la seguridad magnética (**MRI safety**) de los dispositivos a potencia de campos magnéticos mayores.

#### Agentes estresores:

- 1Dobutamina: dosis máxima típica de 40 mcg/kg/min  
2Atropina: fracciones típicas de 0.25 mg (dosis máxima de 2 mg).  
3Adenosina: 140 mcg/kg/min, (considerar incrementos hasta 210 mcg/kg/min dependiendo de las normas institucionales y locales si después de 2-3 minutos, la frecuencia cardiaca no incrementa en 10 latidos por minuto o la presión arterial no cae >10 mmHg).  
4Regadenoson: 0.4 mg en inyección única.

#### Contraindicaciones:

##### Dobutamina

- Hipertensión arterial sistémica severa (> 220/120 mmHg).
- Angina inestable.
- Estenosis valvular aórtica significativa (gradiente valvular aórtico pico >50 mmHg o área valvular aórtica <1 cm<sup>2</sup>).
- Arritmias cardiacas complejas incluyendo fibrilación auricular no controlada.
- Cardiomiopatía hipertrófica obstructiva.
- Miocarditis, endocarditis, pericarditis.
- Insuficiencia cardiaca congestiva descompensada.

##### Atropina

- Glaucoma de ángulo estrecho
- Miastenia gravis
- Uropatía obstructiva
- Desórdenes gastrointestinales obstructivos

##### Adenosina o Regadenoson

- Bloqueo A-V de segundo o tercer grado o disfunción de nodo sinusal.
- Presión arterial sistólica menor de 90 mmHg.
- Bradycardia sinusal (frecuencia cardiaca <40 latidos por minuto)
- Enfermedad broncoconstrictiva o broncoespástica activa con uso regular de inhaladores.

- Hipersensibilidad conocida a la adenosina o al regadenoson.
- Los efectos secundarios se describen como menos significativos con regadenoson comparado con adenosina, sin embargo, la vida media del regadenoson es más larga).

#### Preparación del paciente

- Obtener consentimiento informado para la prueba de estrés.
- Para tener el efecto completo los pacientes deben abstenerse óptimamente de los siguientes medicamentos por 12–24 horas previas al estudio debido a su potencial para contrarrestar el agente estresor.

Dobutamina: beta-bloqueadores y nitratos.

Adenosina/regadenoson: cafeína (café, te, bebidas cafeinadas o alimentos, por ejemplo, chocolate, medicación cafeinada), teofilina, dipiridamol.

Nota: Existe incremento de datos de que los efectos de la cafeína y la nicotina pueden ser sobrepasados por dosis más elevadas de adenosina así como del regadenoson.

- El ayuno no es obligatorio, pero usualmente es recomendable debido a los efectos adversos reconocidos de estos medicamentos estresores, que incluyen náusea y vómito, los cuales pueden ser problemáticos cuando el paciente está acostado en posición supina en un espacio restringido dentro del magneto.
- Dos líneas intravenosas deben estar disponibles, una para gadolinio y la otra para la adenosina, una en cada brazo. El sitio preferencial de infusión de contraste es antecubital. El manguito de presión arterial debe ser usado con cuidado evitando que no interfiera con la infusión de gadolinio ni de adenosina. Para el regadenoson sólo se requiere una línea.

#### Efectos potenciales adversos

La dobutamina a dosis elevadas puede causar dolor precordial y palpitaciones. Complicaciones más severas son raras e incluyen:

- Infarto
- Fibrilación ventricular
- Taquicardia ventricular sostenida

La adenosina y el regadenoson pueden causar enrojecimiento facial, dolor precordial, palpitaciones y disnea. Efectos secundarios más severos incluyen:

- Bloqueo A-V transitorio
- Hipotensión transitoria
- Taquicardia sinusal transitoria
- Broncoespasmo.

#### Equipamiento para el estrés y de seguridad

1. Equipo de monitoreo (presión arterial, electrocardiograma para monitorear el ritmo cardíaco, comunicador para comunicarse con el paciente).
2. Preparación y práctica regular para retirar rápidamente al paciente del magneto.
3. Política de reanimación cardiopulmonar de emergencia en el lugar.
4. Desfibrilador.
5. Medicamentos para el tratamiento de emergencia.
  - a. Tener a la mano: beta-bloqueador (por ejemplo: esmolol o metoprolol), nitroglicerina y aminofilina.
  - b. En el carro de emergencia: equipo completo de medicamentos de emergencia (incluyendo aquellas como: epinefrina, beta-bloqueadores, atropina, broncodilatadores, medicamentos antiarrítmicos).
6. Para dobutamina – tener evaluación en línea de la movilidad de la pared durante la reconstrucción de la imagen realizada inmediatamente después de la adquisición de la misma.

#### Modulo de dosificación y seguridad de gadolinio

Ver Tabla 1.

Notas:

1. Los volúmenes y velocidades de inyección dependen de la duración de la exploración: los valores indicados son recomendaciones para los tiempos habituales de exploración.
2. Las velocidades de inyección son diferentes para agentes de contraste 1 molar. Como regla general, se divide la velocidad de inyección indicada por factor de 2.
3. Los agentes de contraste con mayor relaxividad (por ejemplo el gadobenato dimeglumina) requiere dosis más pequeñas.
4. A lo largo de los protocolos, el término “gadolinio” se refiere a los quelatos de gadolinio.

Consideraciones de seguridad:

1. El uso de contraste de gadolinio debe evitarse en pacientes con insuficiencia renal crónica en estadio 4 o 5 (tasa de filtración glomerular estimada de  $<30$  mL/min/1.73 m<sup>2</sup>), particularmente para aquellos en diálisis, así también para pacientes con insuficiencia renal aguda y hepatopatía crónica, debido a las preocupaciones de la fibrosis nefrogénica sistémica (**NSF**).
2. La dosis de contraste de gadolinio usada debe ser la más baja posible para alcanzar una adecuada calidad de imagen.
3. El riesgo de NSF depende en parte del quelato de

gadolinio utilizado Use las guías institucionales, regionales o nacionales para seleccionar el agente de elección en pacientes con disfunción renal.

4. Si no hay alternativa disponible en paciente en diálisis y el gadolinio tiene que ser utilizado, la diálisis se debe realizar de acuerdo a las guías institucionales, regionales o nacionales.

#### Módulo de estructura y función ventricular izquierda

1. Imágenes exploradoras - transaxial, coronal y sagital.
2. Conjunto transaxial (8-10 mm) de imágenes de **SSFP** o de **FSE** a través del tórax.
3. Imágenes exploradoras para alinear las imágenes del eje corto – son preferibles a los de **single-shot** ya que el movimiento del eje largo y el flujo debe ser visualizados.
  - a. Eje largo vertical es planeado ortogonal a los exploradores transaxiales alineados a través del ápex y del centro de la válvula mitral.
  - b. Eje largo horizontal es alineado ortogonal al eje vertical largo, pasando a través del ápex y del centro de la válvula mitral.
4. **SSFP** es el método de elección para las imágenes de cine debido a que provee elevado **SNR** y excelente contraste entre el miocardio y reservorio de sangre.
  - a. A 3T, las imágenes de cine en **SSFP**, pueden estar comprometidas por artificios y las secuencias de **spoiled gradient-echo** pueden ser consideradas una alternativa.
  - b. Estrategias para reducir o mover el artefacto de anillado incluyen **shimming**, reducir el **TR** y ajustar la frecuencia de la radiofrecuencia (la frecuencia del explorador puede ser útil para esto).
5. Imágenes de cine en eje corto en **SSFP** desde la válvula mitral hasta el ápex. El corte más basal del eje corto debe estar localizado inmediatamente a nivel del lado miocárdico de la unión aurículo-ventricular planeada en la telediástole a partir de los cines de eje largo planeados previamente.
  - a. Grosor de corte de 6-8 mm, con espacio en las brechas entre 2-4 mm para igualar 10 mm.
  - b. Resolución temporal  $<45$  msec entre las fases.
  - c. Usar adquisición de imagen paralela si está disponible.
6. Imágenes de cine de eje largo en **SSFP**
  - a. El eje largo de 4 cámaras es planeado desde el eje largo vertical a través del ápex y el centro de las válvulas mitral y tricuspídea. Este puede ser cotejado en los cines de eje corto basal usando el ángulo costofrénico (margen) de la pared libre del ventrículo derecho (VD)
  - b. El eje largo vertical, se planea desde el explorador ya adquirido.

- c. El eje largo del tracto de salida del ventrículo izquierdo (VI) (**LVOT**) se planea pasando a través del ápex y el centro de la válvula mitral y se alinea con el centro del tracto de salida del VI

### Estructura y función ventricular derecha

1. Proyecciones de eje corto del VD pueden ser obtenidos de manera similar a las del módulo de estructura y función del VI. Si el eje corto es usado para cuantificación, es importante colocar el corte de eje corto basal inmediatamente en el lado miocárdico del ventrículo derecho y tener cuidado extra para excluir apropiadamente cantidades de volumen atrial de por lo menos un corte basal en telesístole.
2. La pila transaxial de cines cubriendo el VD debe ser considerado para la volumetría del VD.
3. Las imágenes de eje largo deben incluir una proyección de eje largo vertical alineada con el flujo de entrada tricuspídeo y con el tracto de salida del VD (en planos sagital y sagital oblicuo a través de la válvula pulmonar).

### Módulo de perfusión de primer paso

1. Imagen de exploración de acuerdo con el módulo de estructura y función de VI.
2. Imagen de saturación-recuperación con lectura de **gradient echo-echo planar (GRE-EPI) híbrido, GRE o SSFP.**
3. Las proyecciones de imagen de eje corto (al menos 3 cortes por latido cardiaco)
  - a. Para evaluación de isquemia, deben obtener datos cada latido cardiaco.
  - b. Espesor de corte de 8 mm.
  - c. Adquisición de imagen paralela si está disponible.
  - d. Resolución en plano de <3 mm aproximadamente.
  - e. Resolución temporal de lectura de 100 a 125 msec aproximadamente o más corta si está disponible.
  - f. El contraste es administrado (0.05 – 0.1 mmol/kg, 3-7 mL/s) seguido de al menos 30 mL de enjuague de

- a la válvula aórtica, como se ve en el cine de eje corto basal.
- d. Opcional – un conjunto de 3 o más ejes largos rotacionales pueden ser obtenidos.

solución salina (3-7 mL/s).

- g. La apnea comienza durante las fases tempranas de infusión del contraste antes de que el contraste alcance la cavidad del VI.
- h. Adquisición de imágenes por 40 a 50 latidos cardiacos, tiempo para cuando el contraste ya ha pasado a través del miocardio del VI.

### Módulo de realce tardío del gadolinio

1. Secuencias de pulso:
  - a. Inversión recuperación 2D segmentada GRE o SSFP, Inversión-Recuperación **Phase-Sensitive (PSIR)**, y secuencias 3D son preferidas en pacientes apropiados con capacidad de apnea satisfactoria y si la relación señal ruido es suficiente.
  - b. Imagen de **single shot** (lectura de **SSFP**) realizado como apoyo para pacientes con ritmo cardiaco irregular y/o dificultad para mantener apnea.
2. Esperar al menos 10 minutos después de la inyección de gadolinio (para la dosificación del quelato de gadolinio ver tabla 1). Nota – El retraso puede ser menor a 10 minutos si se usaron dosis menores y la señal del reservorio de sangre cae por debajo de la del miocardio con realce tardío. Las imágenes se adquieren durante la diástole estática.
3. Mismas proyecciones como para imágenes de cine (proyecciones de ejes corto y largo).
4. Grosor de corte, mismo que para las imágenes de cine.
5. Resolución en plano, 1.4-1.8 mm aproximadamente.
6. La duración de la adquisición por intervalo R-R debajo de 200 msec, pero debe ser menor en el escenario de taquicardia para evitar imagen desenfocada.
7. Ajustar el tiempo de inversión para anular el miocardio normal. Alternativamente, una secuencia PSIR puede ser usada, requiriendo menores ajustes

**Tabla 1. Dosis de contraste y del bolo de solución y sus velocidades de inyección**

Indicación	Dosis de contraste (mmol/kg de peso corporal)	Velocidad de inyección	Bolo de solución salina	Velocidad de inyección
Perfusión	0.05 – 0.1	3-7 mL/s	30 mL	3-7 mL/s
Realce tardío del gadolinio	0.1-0.2		20 mL	
Angiografía (carótidas, renales, aorta)	0.1-0.2	2-3 mL/s	20 mL	2-3 mL/s
Angiografía <b><u>time-resolved</u></b>	0.05	3-5 mL/s	30 mL	3-5 mL/s
Angiografía periférica	0.2	Inicial 10 mL a 1.5 mL/s, el resto a 0.4-0.8 mL/s	20 mL	0.4-0.8 mL/s

frecuentes de T1.

8. La lectura es usualmente cada dos latido, pero debe modificarse a cada latido en el escenario de bradicardia y a cada tercer latido en el escenario de taquicardia o de arritmia.

### **RMCV de perfusión de estrés con Adenosina/Regadenoson**

1. Módulo de estructura y la función del VI (alternativamente este puede realizarse entre las perfusiones de estrés y de reposo, aunque el realizarlo inmediatamente después de la infusión del gadolinio puede reducir el contraste de la interfase endocardio-sangre.
2. Imágenes de perfusión de estrés con adenosina (al menos infusión de 3 minutos a 140 mcg/kg/min, opcional hasta 210 mcg/kg/min). Opción – la infusión inicial de adenosina puede realizarse con el paciente fuera del túnel del magneto.
  - a. Módulo de perfusión de primer paso.
  - b. El gadolinio se inyecta durante el último minuto de la adenosina.
  - c. Después de adquirir imágenes por 40 a 50 latidos cardiacos, que es el tiempo en el que el gadolinio ha pasado a través del miocardio del VI se detiene la infusión de adenosina.
  - d. Realizar monitoreo del ECG y de la presión arterial en el basal, durante la infusión de adenosina y al menos dos minutos post-infusión de adenosina
3. Alternativamente: imagen de perfusión de estrés con regadenoson (inyección en bolo de 0.4mg).
  - a. Módulo de perfusión de primer paso.
  - b. Inyectar gadolinio aproximadamente 2 minutos después del regadenoson.
  - c. Adquirir imágenes por 40 a 50 latidos cardiacos, que es el tiempo en el que el gadolinio ha pasado a través del miocardio del VI.
  - d. Monitoreo electrocardiográfico continuo y medición de la presión arterial basal y cada tercer minuto por al menos 6 minutos posterior a la inyección de regadenoson.
4. Perfusión de reposo
  - a. Es necesario esperar al menos 10 minutos para que el gadolinio se lave de las imágenes de perfusión de estrés. Durante este periodo se pueden revisar las imágenes de estrés, se puede completar la adquisición de las imágenes de cine (por ejemplo, las proyecciones de los ejes largos), se puede realizar la evaluación valvular, etc.
  - b. Las imágenes de perfusión se repiten sin adenosina/regadenoson usando la misma dosis de gadolinio (Nota: el flujo puede no haber retornado al basal hasta 10 minutos después del regadenoson).
  - c. Si las imágenes de estrés son normales y libres de

artificios, las imágenes de reposo su pueden eliminar. El gadolinio adicional será administrado para las imágenes de realce tardío del gadolinio (hasta un total de 0.1-0.2 mmol/kg).

5. Módulo de realce tardío del gadolinio
  - a. Es necesario esperar al menos 5 minutos después de que se realizó la perfusión de reposo.
6. Opcional- Cuantificación total
  - a. Considerar el uso de abordaje de doble bolo para eliminar el efecto de no-linearidad entre la concentración del agente de contraste y la intensidad de señal. Esto requiere la inyección de un bolo prediluido de manera estandarizada.
  - b. Considerar usar la secuencia de doble contraste. De manera similar al abordaje de bolo dual esto corrige para la no-linearidad de la intensidad de señal y la concentración del agente de contraste sin dilución adicional del contraste y de la inyección, pero requiere que equipo de RM tenga un software especial que no está disponible en todos los equipos.
  - c. Hay que considerar agregar las imágenes de densidad de protones antes de la inyección del contraste. Esta puede ser usada como corrección basal para la cuantificación completa, pero requiere software específico en el equipo de RM que puede no estar disponible en todos los equipos.

### **RMCV de estrés con dobutamina**

1. Módulo de estructura y función del VI.
2. Estimulación con dobutamina.
  - a. Aumentar la dobutamina en incrementos de 10 mcg/kg/min cada 3 minutos empezando a 10mcg/kg/min hasta alcanzar la frecuencia cardiaca objetivo (85% x (220-edad)).
  - b. Agregar atropina en pequeños incrementos de dosis, si la respuesta de la frecuencia cardiaca es inadecuada (ver sección de agentes estresores 1.2).
  - c. Repetir las proyecciones de 3 ejes cortos y 3 ejes largos durante cada incremento.
  - d. Monitoreo electrocardiográfico continuo y medición de presión arterial durante cada etapa.
  - e. Ver cada proyección en modo cine conforme se van adquiriendo.
  - f. Adaptar las secuencias de **SSFP** conforme sea necesario para optimizar la resolución temporal en relación a los incrementos de la frecuencia cardiaca.
  - g. Detener la prueba con alguna alteración de la movilidad parietal, efecto secundario serio o alcanzar la frecuencia cardiaca pico.

### **Módulo de Flujo**

1. Usualmente se realiza como parte de otros protocolos cardiovasculares. Las imágenes de explorador disponibles pueden ser usadas. Es mejor si el vaso de interés se identifica en dos orientaciones o si la angiografía (MRA) puede ser reformateada en el equipo de RM (por ejemplo, las exploraciones en **bSSFP**, **CE-MRA**, or **T2** en sangre negra son útiles).
2. Secuencia: secuencias de **one-direction** (“**through-plane**”) **motion encoded cine gradient echo** son típicamente aplicadas.
3. Para resultados óptimos, el plano de imagen debe:
  - a) estar centrado en el vaso de interés.
  - b) alinearse ortogonalmente a la dirección esperada de flujo de sangre principal en dos direcciones espaciales.
  - c) centrarse en el iso-centro del magneto
4. Parámetros de adquisición de imagen: espesor de corte 5-8 mm; resolución en plano de al menos 1/10 del diámetro del vaso. La sensibilidad a la velocidad de codificación (**V<sub>enc</sub>**) tiene que adaptarse a las velocidades esperadas – después de cada imagen, las imágenes de diferencia de fase tienen que revisarse por la presencia de **aliasing**. Si el **aliasing** está presente, los parámetros del **V<sub>enc</sub>** tienen que adaptarse de manera correspondiente. Si está disponible, un explorador de velocidad puede ajustar de manera óptima el **V<sub>enc</sub>**.
5. La adquisición de los cuadros de tiempo en el orden de 20 a 30 son suficientes para la rutina clínica. La lectura de segmentación del espacio-k en múltiples latidos se puede usar dentro de la que permita la capacidad de apnea. Las técnicas de respiración libre basadas en navegador pueden ser aplicadas para mejorar la resolución temporal o espacial si es necesario.
6. El tiempo de eco (**TE**) debe ser ajustado al mínimo, particularmente cuando se evalúan estenosis.
  - b. Secuencias de sangre blanca en **T2-W**
    - i. Secuencia **T2 prepared single-shot SSFP**.
    - ii. La secuencia híbrida **turbo spin echo-steady state free precession** es una alternativa.
    - iii. Dificultades potenciales – la señal brillante puede oscurecer el borde endocárdico.
  - c. **T2 mapping** (opcional)
    - i. Secuencia **T2 prepared single-shot SSFP**. Adquirida con diferente **T2 prep time**.
    - ii. Realizar corrección por movimiento si es necesaria.
  - d. **T1 mapping** (opcional)
    - i. **Look Locker imaging (MOLLI or SHMOLLI** o equivalente)
      - ii. Realizar previo al contraste y en 2-4 puntos de tiempo después del bolo de contraste.
      - iii. Alternativamente, la infusión constante de contraste puede ser usada más que el bolo.

#### Módulo de T2\*

1. Realizada para evaluar el depósito de hierro cardiaco en enfermedades como la talasemia mayor. Las imágenes típicamente son adquiridas en concierto con las imágenes de función del VI. Si las imágenes de **T2\*** son adquiridas como parte de la evaluación con reforzamiento de contraste de las cardiomiopatías, las imágenes de **T2\*** deben obtenerse antes de la administración del contraste.
2. La secuencia de pulso es una adquisición de apnea única, de gradient-echo, multi-echo con una serie de 6-9 tiempos de eco que comienzan a los 2 mseg aproximadamente y se extienden hasta los 18 mseg, cada eco tiene una repetición iterativa de espaciamiento de 2 mseg. Típicamente es usado un tiempo de retraso de 0 mseg después de la onda R. Opcional – en pacientes con depósito severo de hierro en una secuencia de pulso con espaciamiento de eco más corto puede ser útil para determinar con precisión los valores de **T2\***: una serie de 6-9 tiempos de eco comenzando a 1 mseg y extendiéndose hasta 12 mseg aproximadamente, con cada eco repitiéndose iterativamente con un espaciado de 1 mseg aproximadamente.
3. Se adquiere una imagen de eje corto medio ventricular.
4. Espesor de corte de 8-10 mm; resolución en plano de 1.6-3.0 mm aproximadamente.
5. (Opcional) Una secuencia de imagen similar a la de arriba, aunque no sincronizada al ECG, se adquiere en orientación axial a través de la porción media del hígado para evaluar el depósito hepático de hierro. La ausencia

#### Módulo de Caracterización Tisular Avanzada

El área de la caracterización tisular es un campo de rápido desarrollo y las secuencias de pulso que están disponibles en diferentes plataformas comerciales varían significativamente. Así, los módulos que se enlistan a continuación son en general solamente guías, ya que no existe estandarización en esta arena. Los valores normales deben ser desarrollados por las instituciones individuales o asociadas usando plataformas y secuencias de pulso similares.

1. Imágenes de **T2-W** (opcional)
  - a. Sangre negra en **T2-W STIR (Short Tau Inversion Recovery)**
    - i. Dificultades potenciales – señal brillante en áreas con bajo flujo, caída de señal debido al movimiento.

de sincronización electrocardiográfica permitirá un espaciado avanzado de los tiempos de eco iterativos, y así se adquirirán un mayor número de ecos.

### Protocolos específicos por enfermedad- Cardiopatía isquémica. Infarto agudo del miocardio y síndromes coronarios agudos.

1. Módulo de estructura y función de VI.
2. Opcional – Módulo de caracterización tisular avanzado.
3. Opcional- Módulo de perfusión de primer paso (sólo en reposo). Considerar estrés si el vaso culpable ha sido revascularizado.
4. Para observar la obstrucción microvascular, considerar repetir la secuencia de perfusión de primer paso o realce temprano del gadolinio, por ejemplo, dentro de los primeros 1 a 3 minutos después de la infusión del contraste.
5. Módulo de realce tardío del gadolinio.

### Cardiopatía isquémica crónica y viabilidad

1. Módulo de estructura y función de VI.
2. Opcional – Módulo de caracterización tisular avanzado.
3. Opcional – dobutamina a baja dosis con infusión de 5 – 10 minutos de 10 mcg/kg/min de dobutamina para evaluar la reserva contráctil como la mejoría en el engrosamiento parietal.
4. Opcional – perfusión de reposo y estrés con adenosina o imagen funcional con dosis altas de dobutamina (ver protocolos de estrés para mayores detalles) para determinar la presencia de déficits de perfusión inducibles o anomalías de la movilidad parietal.
5. Módulo de realce tardío del gadolinio.

### Angiografía MRA periférica

1. La antena vascular periférica o la combinación de antenas si están disponibles. Los manguitos de compresión venosa (colocados en los muslos e inflados a presión sub-diastólica) son útiles si están disponibles.
2. Exploraciones transaxiales, de baja resolución de vasos con **time-of-flight MRA** o **SSFP**.
3. Tiempo del gadolinio
  - a. Opción 1 – Bolo de prueba transaxial a nivel de la aorta abdominal distal; inyección de 2 mL de gadolinio, seguido de un bolo de 20 mL de solución salina. Determinar el tiempo al pico de reforzamiento seguido a la inyección usando una secuencia de **single-shot bolus tracking**.
  - b. Opción 2 – Técnica de **bolus trigger** para el tiempo de inicio de la adquisición.
4. **Stepping-table, gadolinium-enhanced MRA** realizada en proyección coronal a partir de la aorta abdominal media a los pies.
  - a. Dos adquisiciones volumétricas – una pre-contraste

(para sustracción) y una durante la administración de gadolinio.

- b. Gadolinio inyectado en 2 fases para minimizar la contaminación venosa seguida por un bolo de salina. Ver tabla 1.
- c. Espesor de corte de 1-1.5 mm; resolución espacial adquirida en plano de 0.8 – 1.5 mm.
- d. Cortes – típicamente 60 – 100, conforme sea necesario para acomodar los vasos de interés.
- e. Volúmenes obtenidos de abdomen/pelvis y muslos pueden tener una resolución espacial más gruesa (vasos más grandes), mientras que aquellos de las piernas preferentemente tiene resolución espacial sub-milimétrica. La adquisición previa típicamente requiere 15-20 segundos para incrementar la resolución espacial, mientras que la adquisición de las piernas puede tomar 60 a 90 segundos para incrementar la resolución espacial. La adquisición **elliptical centric k-space** puede tener ventajas en las piernas. Si está disponible, la adquisición **time-resolved** es preferible para las piernas.
- f. La adquisición paralela es recomendable (se requiere antena de superficie multicanal).

Alternativa: protocolo de inyección dual

1. Dosis simple de gadolinio: **time-resolved MRA** de las piernas y pies.
2. Dosis simple de gadolinio: vasos abdominales y de muslos.

Alternativa: técnicas de **MRA** no contrastadas

1. Dos abordaje generales postenciales son usados (y hay otros):
  1. “Imágenes de Sangre Fresca” donde dos secuencias sincronizadas al ECG **3D fast-spin-echo** son realizadas con el primero sincronizado en sístole y el segundo a la diástole. La sustracción de la imagen sistólica de la imagen diastólica resulta en un conjunto de imágenes únicamente arteriales. Esta es más susceptible de mayores volúmenes y adquisiciones en el eje de z más grandes.
    - a. Espesor de corte de 2 mm aproximadamente; adquirido con resolución espacial en plano de 0.6-0.8 mm.
    - b. Cortes – típicamente 40, son necesarios para acomodar el vaso de interés.
    - c. Se recomienda adquisición paralela (es necesaria una antena de superficie multicanal).
  2. **3D SSFP** con un pulso de preparación de inversión, que provee supresión del tejido de fondo, y con un T1 apropiado, permite que el flujo de entrada de sangre arterial desde fuera del volumen de **IR** preparado llegue a la región de interés proporcionando elevada intensidad de señal arterial. Esto es más adecuado

para adquisiciones de volumen más pequeñas.

- a. Volumen adquirido: aproximadamente 340 x 300 x 70; con resolución espacial adquirida de 1.3 x 1.3 x 1.4 aproximadamente.
- b. Se recomienda adquisición paralela (es necesaria una antena de superficie multicanal).

### **MRA de aorta torácica**

1. Localizador en 3 orientaciones.
2. Half-fourier single shot fast spin echo o SSFP (una apnea, tórax completo). Orientación transaxial.
3. **Fast spin echo T1-W** transaxial a través de la aorta (para hematoma intramural y disección).
4. Imágenes de cine en **SSFP** en plano parasagital paralelo a y a lo largo de la línea media de la aorta. Opción – use **3-point piloting**.
5. Evaluar la válvula aórtica de acuerdo al protocolo valvular.
6. Sincronización del contraste
  - a. Opción 1 – Bolo de prueba transaxial a nivel de la aorta abdominal distal. Inyección de 2 mL de gadolinio, seguida por 20 mL de solución salina. Determinar el tiempo al incremento pico seguida a la inyección.
  - b. Opción 2 – Técnica de bolo de activación a tiempo de inicio de la adquisición.
  - c. Opción 3 – Adquisiciones rápidas multifase 3D sin temporización.
7. MRA 3D realizada con gadolinio (0.1 – 0.2 mmol/kg) (opcional – adquisición sincronizada al ECG)
  - a. Use resolución espacial de al menos 1-1.5 mm.
  - b. Adquisición paralela si está disponible.
  - c. Al menos dos adquisiciones después de la inyección del contraste.
8. Opcional – **T2-W gradient echo** o **T1-W gradient echo** post-contraste para aortitis.
9. Opcional – ver sección 3.2.1 arriba (**MRA** periférica) para las técnicas de **MRA** no contrastadas.

### **Evaluación de arterias coronarias anómalas**

1. Módulo de estructuras y función para valorar las anomalías de la movilidad parietal.
  - a. Agregar ejes largos horizontales repetidos con secuencia de elevada resolución temporal ( $\leq 20$  msec por fase) para determinar con precisión el periodo de reposo de la arteria coronaria derecha.
2. Secuencia MRA sincronizada al navegador, 3D, en respiración libre:
  - a. Cortes transaxiales que abarcan desde el nivel de la arteria pulmonar principal proximal hasta la porción media de la aurícula derecha (la cobertura completa del corazón es deseable). Espesor de corte de 1-1.5 mm; adquirida con resolución espacial en plano de 1.0 mm o menos.
  - b. Cortes – típicamente 50 a 80, son requeridos para

abarcar vasos de interés.

- c. Ajustar el retraso del disparo y la ventana de adquisición de acuerdo al periodo de quietud coronario.
  - d. Se prefiere adquisición paralela.
  - e. Es navegador se coloca sobre el hemidiafragma derecho.
  - f. Opcional – contraste con gadolinio para incrementar la visibilidad del vaso.
3. Opcional –
    - a. Técnicas de apnea si hay imagen de pobre calidad o los navegadores no están disponibles o son de pobre calidad.
    - b. Secuencias preparadas en T2 pueden ser útiles.

### **Evaluación de venas pulmonares – pre y post-ablación**

1. Módulo de estructura y función del VI
2. **MRA 3D** realizada con contraste en apnea realizada en proyección coronal abarcando las venas pulmonares y la aurícula izquierda (mayor cobertura anterior si la apnea lo permite).
  - a. Opcional – plano oblicuo centrado las venas pulmonares puede reducir el grosor del bloque de esta forma el tiempo de apnea pero llevará a menor cobertura de la aurícula izquierda.
  - b. Opcional – sincronización electrocardiográfica. Cuando el paciente tiene ritmo irregular, la lectura debe ser sincronizada con la sístole (por ejemplo sin retraso de disparo).
  - c. 2-3 adquisiciones volumétricas – una precontraste (por sustracción), una durante el primer paso de la administración de contraste, una (opcional) después de la administración del contraste.
  - d. El gadolinio se inyecta a (0.1 – 0.2 mmol/kg) a 2-3 mL/seg.
  - e. Espesor de corte de 1-2 mm; resolución espacial en plano de adquisición de 1-1.5 mm.
  - f. Cortes – típicamente 60 – 80, conforme sea necesario para abarcar la región de interés.
  - g. Usar adquisición paralela si está disponible.
3. Opcional – a través del plano hacer análisis del flujo con contraste de fase a través de cada vena pulmonar.

### **Venografía coronaria**

1. Secuencia de MRA preparada con inversión, 3D, en respiración libre sincronizada con navegador:
  - a. Cortes transaxiales abarcando desde el nivel proximal de la arteria pulmonar principal hasta la mitad de la aurícula derecha (es deseable la cobertura del corazón completa). Espesor de corte de 1-1.5 mm; resolución espacial en plano adquirida de 1.0 mm o menos.
  - b. Cortes – típicamente 110 – 130, conforme sea necesario para abarcar los vasos de interés.
  - c. Ajustar el retardo del disparo y la ventana de



adquisición en relación a la telesístole (= máximo diámetro venoso) o alternativamente al periodo de quietud durante la mesodiástole, la duración típica de la adquisición por latido es de 60 a 90 mseg.

- d. Se prefiere la adquisición paralela.
- e. Supresión de grasa.
- f. El navegador colocado sobre el hemidiafragma derecho.
- g. No usa pre-pulso de preparación de T2, pero sí pre-pulso de inversión (determinar el tiempo de inversión antes de la adquisición usando explorador de T1 o **Look-Locker**)
- h. Realizarla después de la administración del agente de contraste.

## Otras

### *Cardiomiopatías no isquémicas del VI incluyendo Miocarditis*

1. Módulo de estructura y función del VI.
2. Opcional – Módulo de caracterización tisular avanzado
3. Opcional – sólo para miocarditis

Relación de realce temprano del gadolinio – imagen **T1-W** previo y después del gadolinio con medición de la relación de cambio en intensidad de señal en el miocardio al cambio en el músculo esquelético.

4. Módulo de realce tardío del gadolinio
5. Opcional – imagen de perfusión de estrés – reposo con adenosina o imagen funcional a altas dosis de estrés con dobutamina (ver protocolos de estrés para los métodos y las contraindicaciones) para comentar de la presencia o ausencia de isquemia ya que puede tratarse de una cardiomiopatía mixta.

### *Cardiomiopatía hipertrófica*

1. Módulo de estructura y función del VI.
2. Imagen de fase de flujo del tracto de salida del VI incluyendo cine en **SSFP** en proyección de 3 cámaras examinando la turbulencia y el movimiento sistólico anterior de la válvula mitral o de las cuerdas y medición de la velocidad de fase por si hay gradiente presente.
3. Opcional – considerar módulo de caracterización tisular avanzada.
4. Opcional – considerar módulo de perfusión de estrés con vasodilatador.
5. Módulo de realce tardío del gadolinio.

### *Cardiomiopatía arritmogénica ventricular derecha*

1. Módulo de estructura y función del VI – considerar 5 - 6 mm de espesor de corte.

2. Imágenes de cine en **SSFP** transaxial o transaxial oblicuo (espesor de corte 5-6 mm) abarcando el VD incluyendo el tracto de salida del VD. Se recomienda una proyección en eje largo vertical del VD alineado con la válvula tricúspide.
3. Secuencias opcionales
  - a. Imágenes de sangre negra en planos transaxial o transaxial oblicuo seleccionados (**double inversion recovery T1-weighted fast spin echo**).
  - b. Repetir la misma geometría con supresión de grasa.
  - c. Módulo de realce tardío del gadolinio in las mismas orientaciones de arriba. Considerar anulación en T1 para el VD.

### *Enfermedad valvular*

Pacientes con válvulas artificiales pueden ser sometidos de manera segura a la RMCV a 1.5 y 3 Tesla. La fuerza ejercida por el corazón latiendo es muchas veces mayor que la fuerza ejercida por el campo magnético.

1. Módulo de estructura y función del VI.
  - a. Usar ejes largos horizontales para buscar la anatomía valvular y la turbulencia de las válvulas mitral y tricuspídea.
  - b. Usar la proyección del tracto de salida del VI para las válvulas aórtica y mitral.
  - c. Usar los ejes largos verticales para la válvula mitral.
  - d. Proyección coronal para la válvula aórtica.
  - e. Proyecciones adicionales (eje largo del VD y tracto de salida del VD si es necesario).
2. Asuntos específicos
  - a. Evaluación de la morfología valvular con cine en **SSFP** en el plano de la válvula en cuestión. Se debe tener cuidado de optimizar el nivel y el ángulo de la imagen.
  - b. Nota – si se va a intentar la planimetría de la válvula estenótica, se recomienda un bloque contiguo o ligeramente sobrepuesto de cines de alta resolución atravesando la línea del jet y moviéndose desde el nivel del orificio a inmediatamente río abajo. La planimetría es más probable que sea válida a nivel del corte seccional del orificio, o mejor donde el jet está claramente delineado. Esto puede no ser siempre el caso debido al jet de flujo fragmentado u oblicuo.
  - c. **Gradient echo** o **hybrid gradient echo/echo planar imaging** puede visualizar los jets regurgitantes con mayor sensibilidad (para fines cualitativos únicamente).
  - d. En insuficiencia mitral o tricuspídea, se recomienda un bloque continuo de cines de 5 mm alineado con la dirección del flujo de entrada y transectal a la línea principal de coaptación, moviendo desde la comisura más superior hasta la inferior. La orientación puede ser del plano del tracto de salida del ventrículo izquierdo para la mitral y transaxial para la tricúspide. Un bloque así permite la evaluación de la sujeción, el prolapso o la insuficiencia a través de los velos de ambas valvas mitrales.
  - e. Adaptar la velocidad de codificación a la velocidad

- actual (usando la menor velocidad sin **aliasing**).  
 f. Use el **TE** más corto para los jets de flujos de alta velocidad.

- b. Imágenes seriales pueden ayudar a distinguir tumor hipoperfundido con centro necrótico de trombo.

### Enfermedad pericárdica

- Módulo de estructura y función del VI.
- Imágenes en **T1** o **T2-W fast spin echo**
  - 2-3 imágenes de ejes largos representativos y 3-4 imágenes de eje corto representativos para medir el grosor pericárdico (normal  $\leq 3$ ).
  - Si se sospecha quiste pericárdico, referirse al protocolo de masas.
- Opcional – si se observan regiones de pericardio engrosado – usar secuencias de cine **T1-W gradient echo myocardial tagged** para demostrar la presencia o ausencia de deslizamiento epicárdico/pericárdico (2-3 imágenes de eje largo y 1-2 imágenes de eje corto).
- Las imágenes de **Real-time** durante las maniobras dinámicas de apnea son valiosas para la evaluación de la interdependencia ventricular.
- Se prefiere el plano de eje corto medio ventricular.
- La resolución temporal de la imagen es preferible por debajo de 60 mseg.
- Los pacientes son instruidos a respirar profundo en inspiración y espiración y el periodo total de imagen debe ser de al menos dos ciclos respiratorios completos.
- El movimiento septal anormal (aplanamiento o inversión septal diastólico temprano) durante el inicio de la inspiración es consistente con fisiología constrictiva.
- Módulo de realce tardío del gadolinio.
  - La adquisición con y sin saturación de grasa es útil para distinguir la inflamación pericárdica de la grasa epicárdica o de la grasa pericárdica.

### Masas cardíacas y paracardiacas, incluyendo trombo.

- Módulo de estructura y función del VI.
- T1-W fast spin echo** – cortes a través de la masa y estructuras adyacentes (el número de cortes depende del tamaño de la masa).
- T2-W fast spin echo** con saturación de grasa (opcional – sin saturación de grasa) - a través de la masa y las estructuras adyacentes como arriba. Ver cardiomiopatía no isquémica para los detalles de la secuencia.
- Módulo de perfusión de primer paso con cortes a través de la masa.
- Repetir **T1-W turbo spin echo** con saturación de grasa.
- (Opcional) Repetir imágenes de cine seleccionadas en **SSFP** post-contraste.
- Módulo de realce tardío del gadolinio.
  - Imágenes con TI colocado para anular el trombo (aproximadamente 500-550 mseg a 1.5T, 850-900 mseg a 3T) ayudará a diferenciar trombo de tumor, así como a delinear el trombo circundante o asociado con tumor.

**SECCIÓN DE ABREVIATURAS Y TÉRMINOS:** Nota: los nombres de las secuencias se mantuvieron por convención sin traducción a español para mantener el significado original.\*

Terms (in order of appearance in the text)	Inglés	Español
<b>Shimming</b>	Shimming	Acuñamiento
<b>SNR</b>	Signal to noise ratio	Relación señal – ruido
<b>SSFP</b>	Steady state free precession	Precesión libre en estado de equilibrio
<b>SAR</b>	Specific absorption rate	Tasa de absorción específica
<b>MRI safety</b>	Magnetic Resonance Imaging safety	Seguridad en Imagen de Resonancia Magnética
<b>NSF</b>	Nephrogenic systemic fibrosis	Fibrosis nefrogénica sistémica
<b>FSE</b>	Fast Spin Echo	*Nombre de secuencia
<b>Single-shot</b>	Single-shot	*Nombre de secuencia
<b>Spoiled gradient-echo</b>	Spoiled gradient-echo	*Nombre de secuencia
<b>TR</b>	Time to repetition	Tiempo de repetición
<b>LVOT</b>	Left ventricular out-flow tract	Tracto de salida del ventrículo izquierdo
<b>Hybrid gradient echo-Echo planar (GRE-EPI)</b>	Hybrid gradient echo-Echo planar (Gradient Recalled Echo-Echo Planar Imaging)	*Nombre de secuencia
<b>GRE</b>	Gradient Recalled Echo	*Nombre de secuencia
<b>Phase-Sensitive (PSIR)</b>	Phase-Sensitive (Phase Sensitive Inversion Recovery)	*Nombre de secuencia
<b>MRA</b>	Magnetic Resonance Angiography	Angiorresonancia magnética
<b>bSSFP</b>	balanced Steady State Free Precession	*Nombre de secuencia
<b>CE-MRA</b>	Contrast Enhanced – MRA	Angiorresonancia magnética realizada con contraste
<b>T2</b>	Relaxation time T2	Tiempo de relajación T2
<b>One-direction (“through-plane”) motion encoded cine gradient echo</b>	One-direction (“through-plane”) motion encoded cine gradient echo	*Nombre de secuencia
<b>V<sub>enc</sub></b>	Velocity encoding	Codificación de velocidad
<b>Aliasing</b>	Aliasing	Aliasing
<b>TE</b>	Time to Echo	Tiempo de Eco
<b>T2-W</b>	T2- weighted	Ponderado en T2
<b>T2-W STIR (Short Tau Inversion Recovery)</b>	T2-W STIR (Short Tau Inversion Recovery)	*Nombre de secuencia
<b>T2 prepared single-shot SSFP.</b>	T2 prepared single-shot SSFP.	*Nombre de secuencia
<b>Hybrid turbo spin echo-steady state free</b>	Hybrid turbo spin echo-steady state free	*Nombre de secuencia

precession	precession		Real-time	Real-time	*Nombre de secuencia
<b>T2 mapping</b>	T2 mapping	Mapeo en T2	<b>T1-W fast spin echo</b>	T1-W fast spin echo	*Nombre de secuencia
<b>T2 prepared single-shot SSFP</b>	T2 prepared single-shot SSFP	*Nombre de secuencia	<b>T2-W fast spin echo</b>	T2-W fast spin echo	*Nombre de secuencia
<b>T2 prep time</b>	T2 preparation time	Tiempo de preparación en T2	<b>T1-W turbo spin echo</b>	T1-W turbo spin echo	*Nombre de secuencia
<b>T1 mapping</b>	T1 mapping	Mapeo en T1			
<b>Look Locker imaging (MOLLI or SHMOLLI)</b>	Look Locker imaging (MOLLI or SHMOLLI)	*Nombre de secuencia			
<b>T2*</b>	T2*	Tiempo de relajación T2*			
<b>Time-of-flight MRA</b>	Time-of-flight MRA	*Nombre de secuencia			
<b>Single-shot bolus tracking</b>	Single-shot bolus tracking	*Nombre de secuencia			
<b>Bolus trigger</b>	Bolus trigger	*Nombre de secuencia			
<b>Stepping-table, gadolinium-enhanced MRA</b>	Stepping-table, gadolinium-enhanced MRA	Angiorresonancia realizada con contraste en mesa de escalonamiento			
<b>Elliptical centric k-space</b>	Elliptical centric k-space	*Nombre de secuencia			
<b>Time-resolved</b>	Time-resolved	*Nombre de secuencia			
<b>Time-resolved MRA</b>	Time-resolved MRA	*Nombre de secuencia			
<b>3D fast-spin-echo</b>	3D fast-spin-echo	*Nombre de secuencia			
<b>3D SSFP</b>	3D SSFP	*Nombre de secuencia			
<b>IR</b>	Inversión Recuperación	*Nombre de secuencia			
<b>Fast spin echo T1-W</b>	Fast spin echo T1-W	*Nombre de secuencia			
<b>3-point piloting</b>	3-point piloting	Pilotaje de 3 puntos			
<b>T2-W gradient echo</b>	T2-W gradient echo	*Nombre de secuencia			
<b>T1-W gradient echo</b>	T1-W gradient echo	*Nombre de secuencia			
<b>Look-Locker</b>	Look-Locker	*Nombre de secuencia			
<b>Double inversion recovery T1-weighted fast spin echo</b>	Double inversion recovery T1-weighted fast spin echo	*Nombre de secuencia			
<b>Gradient echo</b>	Gradient echo	*Nombre de secuencia			
<b>Hybrid gradient echo/echo planar imaging</b>	Hybrid gradient echo/echo planar imaging	*Nombre de secuencia			
<b>T1-W gradient echo myocardial tagged</b>	T1-W gradient echo myocardial tagged	*Nombre de secuencia			

#### Competing interests

Christopher Kramer MD - Research support from Siemens Healthcare, Novartis, Consultant for Synarc, St. Jude Medical.  
 Jorg Barkhausen MD - none.  
 Scott Flamm MD - Institutional research support from Siemens Healthcare and Philips Healthcare, Advisory Board for Bayer Healthcare, TeraRecon and Circle Cardiovascular.  
 Raymond Kim MD - Inventor on a US patent owned by Northwestern University concerning delayed contrast-enhanced MRI to diagnose myocardial viability and infarction, Co-founder, HeartIT, LLC, Educational grant, Siemens Medical Solutions, Consultant: Bayer, Velomedix, St. Jude Medical.  
 Elke Nagel MD - Research support from Philips Healthcare and Bayer Healthcare.

#### Authors' contributions

CMK: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript, corresponding author. JB: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. SDF: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. RJK: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. EN: wrote protocols, edited protocols, edited manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

#### Author details

<sup>1</sup>Departments of Medicine and Radiology, University of Virginia Health System, Lee Street, Box 800170, Charlottesville, VA 22908, USA. <sup>2</sup>Department for Radiology, University Hospital Schleswig-Holstein, Lübeck, Germany. <sup>3</sup>Imaging Institute, and Heart and Vascular Institute, Cleveland Clinic,

Cleveland, OH, USA. <sup>4</sup>Duke Cardiovascular Magnetic Resonance Center, Duke University Medical Center, Durham, NC, USA. <sup>5</sup>Division of Imaging Sciences, King's College, London, United Kingdom.

Received: 19 September 2013 Accepted: 19 September 2013  
 Published: 8 October 2013

#### References

1. Kramer CM, Barkhausen J, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols, society for cardiovascular magnetic resonance: board of trustees task force on standardized protocols. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2008; 10:35.
2. Hundley WG, Bluemke D, Bogaert JG, Friedrich MG, Higgins CB, Lawson MA, et al. Society for cardiovascular magnetic resonance guidelines for reporting cardiovascular magnetic resonance examinations. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2009; 11:5.
3. Schulz-Menger J, von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Bluemke DA, Bremerich J, Flamm SD, Fogel MA, et al. Standardized post processing in cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013; 15:35.
4. Fratz S, Chung T, Greil GF, Samyn MM, Taylor AM, Buechel ERV, et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SCMR expert consensus group on congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2013; 15:51.

**Submit your next manuscript to BioMed Central  
and take full advantage of:**

- Convenient online submission
- Thorough peer review
- No space constraints or color figure charges
- Immediate publication on acceptance
- Inclusion in PubMed, CAS, Scopus and Google Scholar
- Research which is freely available for redistribution

Submit your manuscript at  
[www.biomedcentral.com/submit](http://www.biomedcentral.com/submit)

