

Realce tardío con gadolinio en resonancia magnética cardíaca de 3 T para la evaluación de la anatomía venosa coronaria: factibilidad y hallazgos

Tridimensional late gadolinium enhancement at 3 T cardiac magnetic resonance for the evaluation of coronary venous anatomy: feasibility and findings

Erick Blanco Daza¹

Natalia Andrea Aldana Sepúlveda²

Nicolás Zuluaga Molina³

Ana María Patiño Isaza⁴

Natalia Sierra Prada⁵

Alejandro Zuluaga Santamaría⁶

DOI: <https://doi.org/10.53903/01212095.156>



Palabras clave (DeCS)

Vasos coronarios
Cicatriz
Imagen por resonancia magnética
Técnicas de imagen cardíaca

Key words (MeSH)

Coronary vessels
Cicatriz
Magnetic resonance imaging
Cardiac imaging techniques

Resumen

Objetivo: El conocimiento de la anatomía venosa coronaria (AVC) tiene importancia crítica para planificar y realizar procedimientos electrofisiológicos como la terapia de resincronización cardíaca (TRC), la terapia de ablación del ventrículo izquierdo y la aurícula derecha y el mapeo de arritmias por catéter. El objetivo es evaluar la viabilidad y las aplicaciones de la resonancia magnética (RM) cardíaca realizada en 3 T para la representación no invasiva de la AVC empleando una secuencia tridimensional de realce tardío con gadolinio (RTG-3D). **Metodología:** Se evaluaron 138 pacientes consecutivos que se sometieron a RM cardíaca 3 T mediante una secuencia RTG-3D durante un año, entre 2016 y 2017. Se identificaron diferentes estructuras venosas coronarias, así como su relación con la fibrosis miocárdica, y otras variables clínicas relevantes. La evaluación de la calidad se realizó mediante tres grupos (óptimos, buenos, malos) de acuerdo con la evaluación visual de cada estudio individual. Se realizaron pruebas de asociación (Chi-cuadrado y Kruskal-Wallis). **Resultados:** El estudio incluyó 62 mujeres y 76 hombres con una edad promedio de 48 (29-61) años. La secuencia RTG-3D arrojó una calidad diagnóstica (óptima-buena) para la evaluación del AVC en el 76 % de los pacientes ($p < 0,001$). Se identificaron las siguientes estructuras (pacientes, %): vena interventricular anterior: 110 (79,7 %), gran vena cardíaca: 109 (79 %), vena interventricular posterior: 106 (76,8 %), vena marginal: 53 pacientes (38,4 %) y vena posterolateral: 74 (53,6 %). Se identificó fibrosis miocárdica en 42 pacientes y se registró afectación fibrótica epicárdica de al menos un trayecto en una de las venas coronarias en el 12 % de los pacientes de este subgrupo. Los periodos de adquisición más cortos ($p < 0,02$) y la realización del estudio bajo anestesia general ($p < 0,03$) dieron como resultado una calidad del estudio significativamente mejor. **Conclusiones:** La evaluación no invasiva de la AVC es factible con la secuencia RTG-3D obtenida en 3 T RM cardíaca. Este enfoque puede ofrecer una valiosa herramienta clínica para la planificación de procedimientos electrofisiológicos.

Summary

Objective: Knowledge of coronary venous anatomy (CVA) has critical importance for planning and performing electrophysiological procedures such as cardiac resynchronization therapy (CRT), left ventricle and right atrium ablation therapy and catheter arrhythmia mapping. Our aim is to evaluate the feasibility and applications of cardiac magnetic resonance imaging (RMC) performed at 3T for non-invasive depiction of CVA employing a three-dimensional late gadolinium enhancement sequence (3D RTG). **Methods:** 138 consecutive patients who underwent 3T RMC were evaluated using a 3D RTG sequence over a period of one year between 2016 and 2017. Identification of different coronary venous structures as well as its relationship with myocardial fibrosis and other relevant clinical variables were recorded. Quality assessment was performed creating 3 groups (optimal, good, poor) according to visual assessment of each individual study. Association tests (Chi-square and Kruskal-Wallis) were performed. **Results:** The study included 62 women and 76 men with a median age of 48 (29-61) years. 3D RTG sequence yielded a diagnostic quality (optimal-good) for CVA evaluation in 76% of patients ($p < 0.001$). The following structures were identified (patients, %): anterior interventricular vein: 110 (79.7%), great cardiac vein: 109 (79%), posterior interventricular vein: 106 (76.8%), marginal vein: 53 patients (38.4%) and posterolateral

¹Radiólogo Imagen Corporal, Centro Oncológico de Antioquia, Quirónsalud, Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0002-1309-139X

²Radióloga cardiovascular CediMed Quirónsalud, Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0002-9017-093X

³Residente de Radiología Universidad Pontificia Bolivariana, CediMed, Quirónsalud, Medellín, Colombia.

⁴Médica general, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0003-3586-7096

⁵Médica general, Universidad CES, Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0002-9213-6049

⁶Radiólogo de Diagnóstico CediMed Quirónsalud, profesor de Radiología Universidad Pontificia Bolivariana, coordinador Especialización en Radiología e Imágenes Diagnósticas UPB, Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0002-2421-1254

vein: 74 (53.6%). Myocardial fibrosis was identified in 42 patients and epicardic fibrotic involvement of at least one coronary vein path was recorded on 12% of patients on this subset. Shorter acquisition periods ($p < 0.02$) and performing the study under general anesthesia ($p < 0.03$) resulted in significantly better study quality. **Conclusions:** Non-invasive CVA evaluation is feasible with 3D RTG sequence obtained at 3T RMC. This approach may offer a valuable clinical tool for electrophysiological procedural planning.

1. Introducción

La anatomía venosa coronaria (AVC) es muy variable en cuanto a trayectoria, forma y número de venas (1,2). Por lo tanto, su conocimiento desempeña un papel fundamental en la planificación de procedimientos y la realización de terapias electrofisiológicas que incluyen: terapia de resincronización cardíaca (TRC), mapeo de arritmias, ablación por radiofrecuencia, administración local de fármacos, terapia génica y valvuloplastia percutánea con balón (3,4). La información precisa de la AVC no solo agiliza los procedimientos, sino que también genera mayores tasas de éxito (5). Actualmente, la modalidad diagnóstica más común para la evaluación de la AVC es la angiografía venosa coronaria, aunque con riesgos intrínsecos asociados a su naturaleza invasiva, como el requerimiento de administración de medios de contraste y exposición a radiaciones ionizantes (6). La angiografía por tomografía computarizada (ATC) coronaria se ha consolidado como una herramienta importante en la evaluación no invasiva de la AVC, no solo por su alta resolución temporal otorgada por imágenes gatilladas y rápida adquisición, sino también porque tiene la posibilidad de fusionar y combinar imágenes con otras modalidades (angiografía, RMC) creando mapas de navegación precisos. De manera similar a la angiografía venosa coronaria, la ATC cardíaca conlleva la carga de la administración de medios de contraste y la exposición a la radiación ionizante (5,7-11).

La TRC constituye un tratamiento efectivo y reconocido en pacientes con insuficiencia cardíaca, QRS prolongado y función sistólica del ventrículo izquierdo (VI) alterada. A pesar de una adecuada selección de pacientes, se encuentran informes de fracaso del tratamiento en casi un tercio de los casos. La hipótesis más aceptada asociada a la falla de la TRC involucra la mala colocación del cable del VI debido a variaciones en el curso de la anatomía venosa y la presencia de fibrosis miocárdica alrededor de la vena seleccionada (7). Por lo tanto, reconociendo que RTG RMC es actualmente el estándar de oro para la evaluación de la fibrosis miocárdica, los estudios publicados recientemente han demostrado su capacidad para detectar áreas de cicatriz que rodean las venas coronarias, lo que permite una selección adecuada previa al procedimiento para el sitio de implantación del cable VI, con la ventaja y el beneficio adicional de crear una combinación que incluya imágenes de ATC y mapas electroanatómicos de angiografía venosa creando mapas de navegación de alta calidad para el electrofisiólogo (12-14). Casi todos los estudios publicados se han realizado en escáneres de 1,5 T, utilizando secuencias RTG bidimensionales (7,12,13,15-17). Hasta donde se sabe, en la literatura disponible sobre evaluación venosa coronaria, solo el estudio de Kočková et al. (18) se realizó con 3 T y se basó en secuencias RTG bidimensionales. Las secuencias RTG-3D se adquieren principalmente en escáneres 3 T y pueden proporcionar una resolución isotrópica de 1,4 mm, lo que permite hacer múltiples reformas y reconstrucciones de alta calidad para mejorar la visualización venosa coronaria, así como la creación de modelos renderizados de volumen 3D. También facilita la

evaluación de entidades miocárdicas asociadas como malformaciones congénitas, enfermedad isquémica y miocardiopatías. El objetivo de este trabajo es evaluar la viabilidad y los hallazgos relevantes asociados con la adquisición de una secuencia RTG-3D realizada en un escáner de 3 T.

2. Metodología

2.1. Sujetos y protocolo RMC

Se realizó un estudio analítico transversal en un centro avanzado de diagnóstico por imágenes en Medellín, Colombia, entre enero de 2016 y febrero de 2017. El estudio incluyó 138 pacientes consecutivos. Cabe señalar que la secuencia RTG-3D es parte de nuestro protocolo institucional de RMC y se realiza en todos los pacientes independientemente de la edad o la indicación del estudio, por lo que los criterios de inclusión aplicados fueron: 1) Tener una secuencia RTG-3D incluida en el protocolo de estudio del paciente y 2) estudio obtenido en un escáner 3 T. Todos los pacientes dieron su consentimiento informado por escrito y el estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Pontificia Bolivariana. Las variables clínicas —que incluyeron: género, edad, frecuencia cardíaca basal, fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI), requerimiento de anestesia general para la realización del estudio y presunto diagnóstico— se registraron de la historia clínica de cada paciente en una base de datos estructurada.

Las imágenes se realizaron con un escáner 3 T RMC (Magnetom-Skyra®, Siemens Healthcare, Erlangen, Alemania) equipado con una bobina receptora de superficie corporal de 30 elementos. Se administró un bolo intravenoso de 0,1 mmol/kg de gadobutrol (Gadovist®, Bayer-Schering, Berlín, Alemania) siete minutos antes de iniciar la adquisición de imágenes. La secuencia RTG-3D realizada es de pulso de eco de gradiente de recuperación de inversión de corazón completo con navegación respiratoria. Las imágenes se obtuvieron en un plano axial con un diámetro de vóxel isotrópico de $1,4 \times 1,4 \times 1,4$ mm (tiempo de repetición: 789 ms, tiempo de eco: 1,34 ms, ángulo de giro: 15° , ancho de banda: 698 Hz/píxel, imagen paralela con técnica GRAPPA). Inicialmente, se realizó un explorador de tiempo de inversión (TI) del eje corto del tercio medio del VI para suprimir con precisión la señal del miocardio sano. Posteriormente, se definió otro explorador TI para la secuencia RTG-3D agregando 25-40 ms al TI obtenido originalmente. Se instruyó a los pacientes para que mantuvieran una respiración regular superficial durante la adquisición de imágenes. El tiempo requerido para la adquisición de la secuencia RTG-3D se registró en minutos.

2.2. Procesamiento e interpretación de las imágenes RMC

Las imágenes se transfirieron a nuestro PACS institucional (Carestream® 2011, V. 11.140.17) y a una herramienta de segmentación avanzada (CMR42®, V. 5.3.4, imágenes cardiovasculares Circle, Alberta, Canadá) para la caracterización de tejidos. Dos radiólogos cardiovasculares con experiencia (> 8 años) en interpretación de RMC evaluaron las imágenes en consenso. La calidad de imagen definida por la supresión de la señal del miocardio sano y la resolución del contraste espacial se clasificó como “óptima”, “buena” o “mala” (figura 1).

Para ayudar a la interpretación de imágenes, se hicieron reconstrucciones multiplanares (MPR) en la estación de trabajo (Vitrea®, modelo VWS-001SA y Osirix MD® v 8.5) y también MPR 3D de proyección de máxima intensidad (figura 2).

Se llevó a cabo un enfoque sistemático para la evaluación de AVC al registrar la presencia de las siguientes estructuras: seno coronario (identificado en el plano axial), vena interventricular anterior (VIA), vena interventricular posterior (VIP), gran vena coronaria (GCV), vena posterolateral (VPL) y vena marginal (VM). También se registró si el paciente presentaba áreas de cicatrización miocárdica epicárdica rodeando el trayecto de alguna vena.

2.3. Análisis estadístico

Las variables numéricas se describieron como mediana y rango intercuartílico (Q1-Q3) debido al incumplimiento del supuesto de normalidad evaluado con la prueba de Kolmogórov-Smirnov; las variables cualitativas se describieron como *n* (%). Se evaluó la calidad de imagen y se estimaron los porcentajes de visualización de estructuras venosas coronarias, así como otras variables clínicamente relevantes de acuerdo con la calidad de la secuencia y se evaluó su asociación mediante la prueba de Chi-cuadrado. Para la comparación de la calidad de acuerdo con otras variables como edad, frecuencia cardíaca, FEVI y tiempo de adquisición de la secuencia, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, estimando un valor de *p* de dos colas y estableciendo significación estadística con un valor de *p* < 0,05. Además, se efectuó una prueba exacta de Fisher para comparar el rendimiento entre ASD y RMC obtenido en 3 T para la visualización de AVC. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando SPSS v. 24.0.

2.4. Resultados

Se incluyeron 138 pacientes elegibles que cumplieron los criterios de inclusión y se sometieron a un estudio de RMC 3 T que contenía una secuencia RTG-3D. La mediana de edad fue de 48 años (RIC 29-61) y el 55 % eran hombres. El diagnóstico más común que motivó el examen fue miocardiopatía y la mayoría de los pacientes tenían FEVI conservada con una mediana del 58,4 % (RIC 46-67 %). Otras características clínicas basales se presentan en la tabla 1.

Hubo diferencias estadísticamente significativas entre los pacientes con óptima-buena calidad y los de mala calidad, lo que resultó en una mejor y más frecuente visualización de la anatomía venosa coronaria (*p* < 0,001). Las imágenes en el grupo de mala calidad se vieron gravemente obstaculizadas por artefactos de movimiento, lo que resultó en un estudio no diagnóstico en la gran mayoría de los casos. Entre otras variables evaluadas, el uso de anestesia general resultó en una mejor calidad de imagen de manera estadísticamente significativa (*p* < 0,021), así como menores tiempos de adquisición de secuencias (*p* < 0,032). La mediana de tiempo para la adquisición de la secuencia fue de 11 (IQR 8-14) minutos.

No hubo diferencias significativas entre la calidad de la imagen y ningún factor demográfico, como la frecuencia cardíaca, la edad o la FEVI.

Tabla 1. Características basales de la población estudiada

Variable		Cohorte total
Edad (años)*		48 (29-61)
Género masculino*		76 (55,1)
FEVI (%)*		58,4 (46-67)
Uso de anestesia general*		12 (8,7)
Frecuencia cardíaca (latidos/min)*		66 (56-74)
Diagnóstico basal*	Saludable	20 (14,5)
	Miocardiopatía (miocardio isquémico, no isquémico, hipertrófico, asimétrico, no compacto, dilatado, restrictivo)	44 (31,8)
	Cardiopatía congénita (comunicación interauricular, comunicación interventricular, tetralogía de Fallot, transposición de grandes arterias, estenosis de arteria pulmonar y retorno venoso pulmonar anómalo)	24 (17,5)
	Miocarditis (aguda, crónica)	13 (9,4)
	Infarto de miocardio (agudo, crónico)	10 (7,2)
	Tumor cardíaco (mixoma auricular, quiste pericárdico, fibroma ventricular y tumor fibroso solitario de la pleura)	7 (5,1)
	Pericarditis (aguda, crónica)	3 (2,2)
Otras entidades (enfermedad de Anderson-Fabry, amiloidosis, sarcoidosis, enfermedad de las válvulas cardíacas, ruptura ventricular, aneurisma de la raíz aórtica, fístula aortoauricular)		17 (12,3)

Notas: *: datos continuos, mediana de IQR (rango intercuartílico), + *n* (%): datos categóricos, FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

2.5. Observaciones anatómicas

La tabla 2 resume los datos sobre la anatomía venosa coronaria y sus tasas de visualización en relación con la calidad de la imagen.

El seno coronario, VIA, VIP y GCV se visualizaron en más del 96 % de los pacientes con una calidad de estudio considerada óptima o buena. Por el contrario, en pacientes con una calidad de estudio considerada mala, la visualización de las estructuras mencionadas anteriormente solo alcanzaba el 27 % en el mejor de los casos. Las tasas generales de visualización de las venas laterales del ventrículo izquierdo (observando una vena posterolateral o marginal) fueron del 100 % para estudios de calidad óptima, del 83 % para estudios de buena calidad y solo del 3 % para estudios de mala calidad.

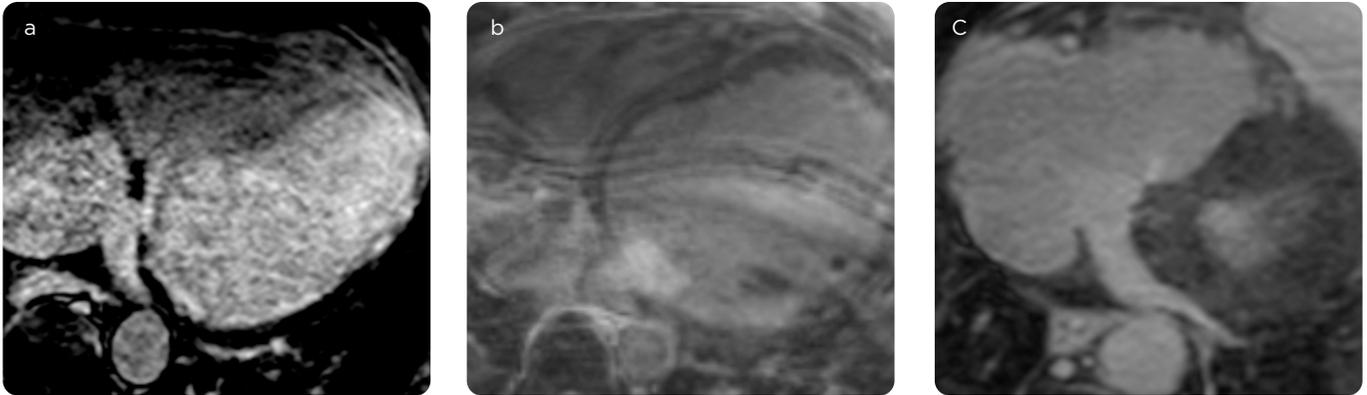


Figura 1. Evaluación de la calidad de cada estudio definido por consenso: a) óptima, b) buena y c) mala.

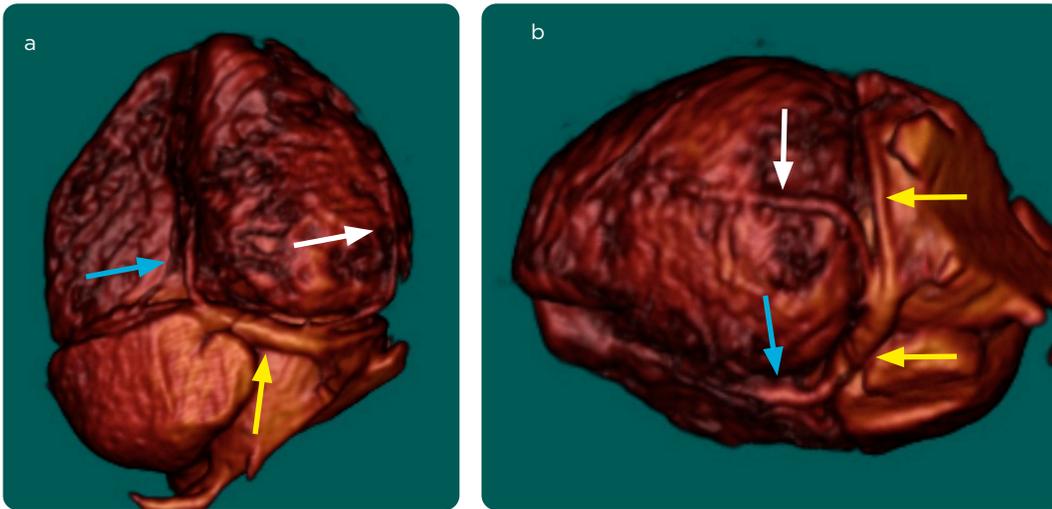


Figura 2. Reconstrucciones de anatomía venosa coronaria basadas en RTG-3D. a) vista inferior. b) Vista lateral izquierda. Flecha amarilla: seno coronario. Flecha azul: vena interventricular posterior. Flecha verde: vena cardiaca magna. Flecha blanca: vena marginal del ventriculo izquierdo.

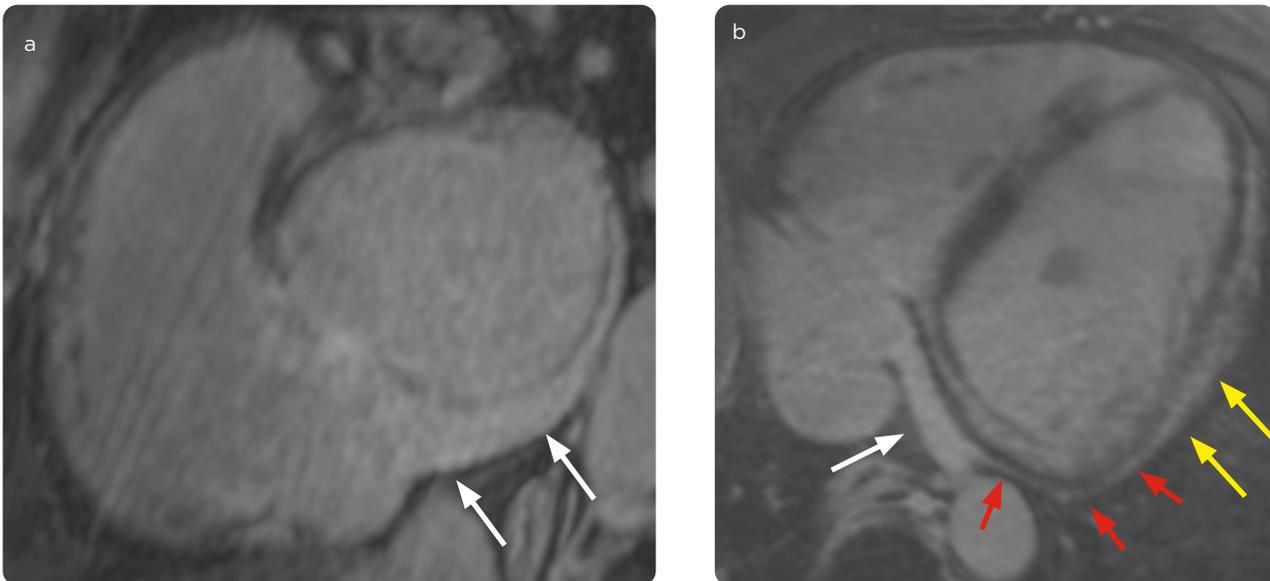


Figura 3. Anatomía venosa coronaria y su relación con las áreas de fibrosis miocárdica epicárdica con base en imágenes de la secuencia de realce tardío 3D (RTG-3D). Reconstrucciones multiplanares realizadas a partir de la secuencia de realce tardío 3D. a) Reconstrucción de eje corto oblicua siguiendo el trayecto del seno coronario (flechas blancas) y b) reconstrucción de 4 cámaras oblicua siguiendo el trayecto de la vena marginal del ventriculo izquierdo (flechas rojas) y su relación con una extensa área de fibrosis intramural y epicárdica en la pared lateral del VI (flechas amarillas).

Tabla 2. Asociación entre la calidad de la secuencia y la visualización de la estructura venosa coronaria con variables clínicamente relevantes

Variable	Calidad de secuencia definida por consenso				Valor <i>p</i>
	Óptima (27)	Buena (78)	Mala (34)	Total (138)	
Seno coronario	27 (100,0)	78 (100,0)	9 (27,3)	114 (82,6)	<0,001*
Vena intraventricular anterior	27 (100,0)	75 (96,2)	8 (24,2)	110 (79,7)	<0,001*
Gran vena cardiaca	27 (100,0)	76 (97,4)	6 (18,2)	109 (79,0)	<0,001*
Vena intraventricular posterior	27 (96,3)	75 (96,2)	5 (15,2)	106 (76,8)	<0,001*
Vena marginal	17 (63,0)	35 (44,9)	1 (3,0)	53 (38,4)	<0,001*
Vena posterolateral	22 (81,5)	52 (66,7)	0 (0)	74 (53,6)	<0,001*
Género masculino	11 (40,7)	46 (59,0)	19 (57,6)	76 (55,1)	0,245*
Anestesia general <i>n</i> (%)	6 (22,2)	4 (5,1)	2 (6,1)	12 (8,7)	0,021*
Edad, Me (IQR)	48 (39-62)	49 (28-59)	46 (24-63)	48 (29-61)	0,763^
Frecuencia cardiaca, lpm, Me (IQR)	61 (54-70)	66,5 (56-76)	66 (59-77)	66 (56-74)	0,353^
FEVI (%), Me (IQR)	61 (49-68)	58,9 (46-67)	52 (40-64,3)	58,4 (46-67)	0,188^
Tiempo de adquisición secuencia (min), Me (IQR)	9 (7-13)	11 (8-14)	12 (10-16)	11 (8-14)	0,037^

Notas: Me (RIC): mediana (rango intercuartílico), *n* (%): datos categóricos, *: prueba de chi-cuadrado, ^: prueba de Kruskal-Wallis, FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

2.6. Evaluación de la fibrosis miocárdica

La fibrosis miocárdica que afectaba al ventrículo izquierdo se identificó en general en el 30,4 % de los pacientes; en el 69,1 % fue no isquémica, en el 26,1 %, isquémica y en el 4,8 %, fibrosis de tipo mixto. En el 12 % de los pacientes se encontró relación entre el trayecto de una vena coronaria del ventrículo izquierdo y la fibrosis miocárdica epicárdica rodeando esa zona (figura 3).

2.7. Cardiopatía congénita

La cardiopatía congénita estuvo presente en el 16,7 % de la muestra, que incluyó: comunicación interauricular, comunicación interventricular, tetralogía de Fallot, transposición de las grandes arterias, estenosis de la arteria pulmonar y retorno venoso pulmonar anómalo. La fibrosis miocárdica acompañaba a defectos cardiacos congénitos en el 34,7 % de este subgrupo de pacientes.

3. Discusión

Este trabajo demuestra la viabilidad de la secuencia RTG-3D obtenida con 3 T para evaluar y representar adecuadamente la anatomía venosa coronaria. Se obtuvieron secuencias con calidad óptima o buena en el 76 % de los pacientes, con tasas estadísticamente significativas para la visualización del AVC. A continuación, se discuten algunos puntos para remarcar y considerar del estudio: primero, al leer y entender de los autores, esto representa el grupo más grande de pacientes con evaluación de AVC no invasiva disponible en la literatura, así como el único estudio basado en una secuencia RTG-3D obtenida en 3 T.

La RMC obtenida en 3 T ha evolucionado en los últimos años gracias a secuencias más refinadas, de respiración libre (sincronizadas) y más rápidas (19) que permiten adquirir imágenes de mayor resolución, minimizando el artefacto de movimiento y la falta de homogeneidad

del campo. En la institución donde se hizo el estudio, más del 90 % de las RMC son adquiridas en 3 T como protocolo institucional; todos los estudios incluyen una secuencia RTG-3D independientemente de la indicación del estudio.

Inicialmente, esta decisión se tomó para mejorar la precisión de la evaluación de la fibrosis, pero con el uso continuo de la secuencia, los autores notaron la gran capacidad de esta no solo para proporcionar información-cuantificación del tejido fibrótico, sino también para representar claramente las estructuras anatómicas (venosa, arterial, variantes anatómicas y defectos congénitos) y, por lo tanto, fueron la experiencia y motivación para llevar a cabo este estudio. En segundo lugar, a pesar de la alta variabilidad de la visualización de la anatomía venosa coronaria descrita en estudios previos de Chiribiri et al. (1,20,21), el presente trabajo encontró tasas de visualización ligeramente más altas usando la secuencia RTG-3D. La tabla 3 muestra una comparación entre estos estudios. En tercer y último lugar, al comparar el rendimiento diagnóstico en este trabajo con los resultados disponibles de la literatura basada en ASD, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la visualización de la AVC entre ASD y RTG-3D RMC, excepto para la vena interventricular posterior ($p < 0,001$), la cual se observó en un mayor porcentaje (96,2 %) en este trabajo con RMC-3T, en comparación con el porcentaje de la visualización de la misma con ASD en el estudio de Blendea et al. (1) de un 76 % (tabla 4). Se observan tasas de visualización similares en diferentes modalidades: angiografía (que es el estándar de oro actual) y RMC obtenidas a 1,5 T y 3 T. Estos hallazgos sugieren que la secuencia RTG-3D adquirida en 3 T constituye una herramienta valiosa para la evaluación no invasiva de AVC con un rendimiento comparable a ASD, que actualmente sigue siendo la técnica utilizada como estándar de oro. Más allá de la evaluación de la AVC, el objetivo principal de la secuencia RTG-3D sigue siendo la evaluación de la fibrosis miocárdica; de ahí

la aplicabilidad clínica de esta secuencia para establecer la relación entre el tejido fibrótico epicárdico y el trayecto anatómico de las venas coronarias, que se reconoce claramente en la literatura como un factor crítico para determinar el éxito de la TRC (22-24). La TRC tiene como objetivos principales restaurar la coordinación de la contracción del miocardio, mejorando así la FEVI y provocando una remodelación inversa del ventrículo izquierdo. A pesar de la experiencia adquirida en los últimos 20 años, todavía se estima que alrededor del 30-50 % de los pacientes que se someten a TRC no logran los objetivos principales descritos (12,13). Históricamente, el método preferido era colocar el cable del ventrículo izquierdo (VI) en una vena lateral o posterolateral del VI utilizando la guía intraprocedimiento del ASD. La evidencia actual ha mostrado mejores resultados en cuanto a la reducción del fracaso del tratamiento y las hospitalizaciones relacionadas con la insuficiencia cardíaca al elegir el área con activación más tardía y evitar áreas miocárdicas con fibrosis mediante la colocación de cables de TRC guiada por RMC; esto está respaldado por estudios recientes que informaron tasas de éxito de TRC de hasta 93,1 % cuando se realiza una planificación previa al procedimiento de imágenes multimodales (18).

Otro entorno clínico notable donde RTG-3D RMC podría mostrar su idoneidad ocurre entre pacientes con cardiopatías congénitas, en quienes no solo pueden representar con precisión las diferentes características de la anatomía distorsionada, sino que también pueden detectar, delinear y cuantificar la fibrosis miocárdica, que es una entidad comúnmente **que evalúan la anatomía venosa coronaria**

reconocida en este subgrupo de pacientes, y se ha encontrado que está asociada con arritmias cardíacas, mecánica ventricular alterada y disminución del estado funcional (25-27). Este trabajo encontró fibrosis miocárdica acompañante en un tercio de los pacientes con cardiopatías congénitas y, por lo tanto, proporcionó información adicional a los médicos que atienden a aquellos pacientes que en la mayoría de los casos no eran conscientes de su presencia.

Al evaluar las limitaciones del estudio, los autores reconocen la falta de comparación interna entre los hallazgos de RMC de esta cohorte y el estándar de oro actual, que es ASD, para validar las tasas de visualización y poder calcular la sensibilidad y especificidad individual de cada técnica. A pesar del consenso entre quienes interpretan las imágenes, otra posible limitación es la falta de comprensión de la correlación intraobservador e interobservador de que el cálculo del coeficiente kappa podría servir como una herramienta de validación adicional para este tipo de estudios.

Finalmente, con la información obtenida de este y otros estudios similares, se deben seguir líneas de investigación sobre la adecuada evaluación preprocedimiento de la AVC en pacientes sometidos a TRC, además de una adecuada correlación intraprocedimiento y seguimiento posprocedimiento.

Tabla 3. Comparación entre los estudios disponibles

	Blendea et al. 2007 [^]	Chiribiri et al. 2008 [^]	Younger et al. 2009 [*]	Blanco et al. 2019 [*]
Población de estudio = <i>n</i>	51	23	31	138
Técnica	ASD	1.5T Secuencia RMC, RTG-3D	1.5T Secuencia RMC, RTG-3D	3T Secuencia RMC, RTG-3D
Tasas informadas de visualización de estructuras venosas coronarias (%)				
Seno coronario	100	100	100	100
Vena interventricular anterior	100	65	78	98,7
Vena interventricular posterior	76	96	83	96,2
Gran vena cardíaca	100	52	N/R	98,1
Venas laterales, ventrículo izquierdo, incluidas venas marginales y posterolaterales.	98	70	89	91,6
Valor p+	N/A	N/A	<0,005	< 0,001

Notas: [^]: tasa general de visualización reportada; ^{*}: resultados combinados de grupos óptimos y de buena calidad; N/A: no evaluado, N/R: no reportado; ASD: angiograma de sustracción digital, +: prueba de Chi-cuadrado.

Tabla 4. Comparación de la visualización de la anatomía venosa coronaria entre ASD y 3 T RMC usando RTG-3D

Estructuras visualizadas	Blendea et al., 2007 (%) ASD	Blanco et al., 2019 (%) 3T RMC	p-value*
Seno coronario	100	100	>0,999
Vena interventricular anterior	100	98,7	>0,999
Vena interventricular posterior	76	96,2	<0,001
Gran vena cardiaca	100	98,1	0,773
Venas laterales del ventrículo izquierdo, incluidas las venas marginales y posterolaterales	98	91,6	0,178

Notas: *: valor *p* obtenido mediante la prueba exacta de Fisher.

4. Conclusión

La evaluación de la anatomía venosa coronaria no invasiva es factible con la secuencia RTG-3D obtenida en 3 T RMC, con la cual se logra un rendimiento diagnóstico similar en comparación con la venografía ASD. Este enfoque puede ofrecer una valiosa herramienta clínica para la planificación y el seguimiento de procedimientos electrofisiológicos. Se requieren más estudios para validar estos hallazgos.

Lista de siglas

ASD: angiograma de sustracción digital
 ATC: angiografía por tomografía computarizada
 AVC: anatomía venosa coronaria
 FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo
 GCV: gran vena coronaria
 RMC: resonancia magnética cardiaca
 RTG: realce tardío con gadolinio
 RTG-3D: realce tardío tridimensional con gadolinio
 TRC: terapia de resincronización cardiaca
 VIA: vena interventricular anterior
 VIP: vena interventricular posterior
 VM: vena marginal
 VPL: vena posterolateral

Agradecimientos

A Diana Marcela Marín Pineda, estadística y epidemióloga de la Facultad de Medicina, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia, por su asesoría en la metodología y análisis estadístico.

Referencias

- Blendea D, Shah RV, Auricchio A, Nandigam V, Orencole M, Heist EK, et al. Variability of coronary venous anatomy in patients undergoing cardiac resynchronization therapy: A high-speed rotational venography study. *Hear Rhythm*. 2007;4(9):1155-62.
- Van de Veire NR, Marsan NA, Schuijff JD, Bleeker GB, Wijffels MCEF, van Erven L, et al. Noninvasive imaging of cardiac venous anatomy with 64-slice multi-slice computed tomography and noninvasive assessment of left ventricular dyssynchrony by 3-dimensional tissue synchronization imaging in patients with heart failure scheduled for cardiac re. *Am J Cardiol*. 2008;101(7):1023-9.

- Tada H, Kurosaki K, Naito S, Koyama K, Itoi K, Ito S, et al. Three-dimensional visualization of the coronary venous system using multidetector row computed tomography. *Circ J*. 2005;69(2):165-70.
- Echeverri D, Cabrales J, Jiménez A. Myocardial venous drainage: from anatomy to clinical use. *J Invasive Cardiol*. 2013;25(2):98-105.
- Nguyễn UC, Cluitmans MJM, Luermans JGLM, Strik M, de Vos CB, Kietselaer BLJH, et al. Visualisation of coronary venous anatomy by computed tomography angiography prior to cardiac resynchronisation therapy implantation. *Netherlands Hear J*. 2018;26(9):433-44.
- Mischke K, Knackstedt C, Mühlenbruch G, Schimpff T, Neef P, Zarse M, et al. Imaging of the coronary venous system: Retrograde coronary sinus angiography versus venous phase coronary angiograms. *Int J Cardiol*. 2007;119(3):339-43.
- Nguyễn UC, Cluitmans MJM, Strik M, Luermans JG, Gommers S, Wildberger JE, et al. Integration of cardiac magnetic resonance imaging, electrocardiographic imaging, and coronary venous computed tomography angiography for guidance of left ventricular lead positioning. *Europace*. 2019;21(4):626-35. doi: 10.1093/europace/euy292.
- Abbara S, Cury RC, Nieman K, Reddy V, Moselewski F, Schmidt S, et al. Noninvasive evaluation of cardiac veins with 16-MDCT angiography. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(4):1001-6.
- Mlynarski R, Mlynarska A, Sosnowski M. Anatomical variants of coronary venous system on cardiac computed tomography. *Circ J*. 2011;75(3):613-8.
- Malagò R, Pezzato A, Barbiani C, Sala G, Zamboni GA, Tavella D, et al. Non invasive cardiac vein mapping: role of multislice CT coronary angiography. *Eur J Radiol*. 2012;81(11):3262-9.
- Genç B, Solak A, Sahin N, Gur S, Kalaycioglu S, Ozturk V. Assessment of the coronary venous system by using cardiac CT. *Diagnostic Interv Radiol*. 2013;19(4):286-93.
- Behar JM, Mounney P, Toth D, Reiml S, Panayiotou M, Brost A, et al. Real-Time X-MRI-guided left ventricular lead implantation for targeted delivery of cardiac resynchronization therapy. *JACC Clin Electrophysiol*. 2017;3(8):803-14.
- Behar JM, Claridge S, Jackson T, Sieniewicz B, Porter B, Webb J, et al. The role of multi modality imaging in selecting patients and guiding lead placement for the delivery of cardiac resynchronization therapy. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2017;15(2):93-107.
- Bakos Z, Markstad H, Ostenfeld E, Carlsson M, Roijer A, Borgquist R. Combined preoperative information using a bullseye plot from speckle tracking echocardiography, cardiac CT scan, and MRI scan: targeted left ventricular lead implantation in patients receiving cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15(5):523-31.
- Younger JF, Plein S, Crean A, Ball SG, Greenwood JP. Visualization of coronary venous anatomy by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2009;11(1):26.
- Nguyễn UC, Mafi-Rad M, Aben J-P, Smulders MW, Engels EB, van Stipdonk AMW, et al. A novel approach for left ventricular lead placement in cardiac resynchronization therapy: Intra-procedural integration of coronary venous electroanatomic mapping with delayed enhancement cardiac magnetic resonance imaging. *Hear Rhythm*. 2017;14(1):110-9.
- Shetty AK, Duckett SG, Ginks MR, Ma Y, Sohal M, Bostock J, et al. Cardiac magnetic resonance-derived anatomy, scar, and dyssynchrony fused with fluoroscopy to guide LV lead placement in cardiac resynchronization therapy: a comparison with acute haemodynamic measures and echocardiographic reverse remodelling. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14(7):692-9.
- Kočková R, Sedláček K, Wichterle D, Šikula V, Tintěra J, Jansová H, et al. Cardiac resynchronization therapy guided by cardiac magnetic resonance imaging: A prospective, single-centre randomized study (RMC-CRT). *Int J Cardiol*. 2018;270:325-30.
- Heydari B, Jerosch-Herold M, Kwong RY. Imaging for planning of cardiac resynchronization therapy. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012;5(1):93-110.
- Chiribiri A, Kelle S, Götze S, Kriatselis C, Thouet T, Tangcharoen T, et al. Visualization of the cardiac venous system using cardiac magnetic resonance. *Am J Cardiol*. 2008;101(3):407-12.
- Younger JF, Plein S, Crean A, Ball SG, Greenwood JP. Visualization of coronary venous anatomy by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2009;11(1):26.
- Khan FZ, Virdee MS, Palmer CR, Pugh PJ, O'Halloran D, Elisk M, et al. Targeted left ventricular lead placement to guide cardiac resynchronization therapy: the target study: a randomized, controlled trial. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59(17):1509-18.
- Jin Y, Zhang Q, Mao J, He B. Image-guided left ventricular lead placement in cardiac resynchronization therapy for patients with heart failure: a meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord*. 2015;15(1):36.
- White JA, Yee R, Yuan X, Krahn A, Skanes A, Parker M, et al. Delayed enhancement magnetic resonance imaging predicts response to cardiac resynchronization therapy in patients with intraventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(10):1953-60.
- Rathod RH, Powell AJ, Geva T. Myocardial fibrosis in congenital heart disease. *Circ J*. 2016;80(6):1300-7.

26. Ntsinjana HN, Hughes ML, Taylor AM. The role of cardiovascular magnetic resonance in pediatric congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2011;13(1):51.
27. Tian J, An X, Niu L. Myocardial fibrosis in congenital and pediatric heart disease. *Exp Ther Med.* 2017;13(5):1660-4.

Correspondencia

Natalia Sierra
Universidad CES
Calle 6A # 16-15, apto. 602
Medellín, Colombia
sierrisna@hotmail.com

Recibido para evaluación: 15 de noviembre de 2021

Aceptado para publicación: 10 de febrero de 2022