

Utilidad de la resonancia magnética y de la tomografía computarizada en el diagnóstico de la enfermedad de las arterias coronarias

Value of magnetic resonance imaging and computed tomography in the diagnosis of coronary artery diseases

Pedro Abad Díaz¹, Jorge Andrés Delgado de Bedout², Simón Rascovsky Ramírez³, Juan Gabriel Castrillón Guzmán⁴, Víctor Daniel Calvo Betancur⁵

Introducción: en los últimos años, el avance en métodos diagnósticos no invasivos como la resonancia magnética y la tomografía computarizada ha permitido la valoración de estructuras anatómicas complejas, con lo que se ha desarrollado un creciente interés en la evaluación de pacientes con sospecha de enfermedad coronaria. Desde el punto de vista radiológico, la valoración de las arterias coronarias ha presentado múltiples retos, incluyendo el tamaño pequeño de las estructuras a evaluar, el movimiento constante del corazón y el movimiento respiratorio.

Objetivo: describir los hallazgos imaginológicos y la utilidad diagnóstica de la resonancia magnética y de la tomografía computarizada en pacientes con sospecha de enfermedad coronaria.

Materiales y métodos: se realizó un estudio descriptivo de serie de casos para el diagnóstico de pacientes con sospecha de enfermedad coronaria, en una institución de ayudas diagnósticas de alta complejidad de la ciudad de Medellín, Colombia. **Resultados:** se evaluaron cuatro casos de pacientes con sospecha de enfermedad coronaria. En el primero de la serie se demuestra la utilidad de la angiografía coronaria en un paciente con riesgo intermedio y prueba de esfuerzo con ejercicio no concluyente. En los dos casos siguientes, se demuestra la utilidad de la tomografía y la resonancia magnética para valorar las relaciones anatómicas en las anomalías del origen y del curso de estas arterias. Finalmente, se presenta un caso de fístula coronaria y la valoración de esta rara enfermedad por medio de la resonancia magnética. **Conclusión:** la angiografía y la resonancia magnética son herramientas diagnósticas de gran utilidad para la detección de la enfermedad coronaria de manera no invasiva. En la actualidad, son consideradas el estándar de oro para la valoración anatómica en casos de anomalías del origen o el curso, y cada día juegan un papel más importante en la exclusión de la enfermedad aterosclerótica, la cual es una de las principales causas de mortalidad en los países desarrollados.

Palabras clave: enfermedad de la arteria coronaria, resonancia magnética, tomografía computarizada multidetector, vasos coronarios, fístula vascular.

¹ Médico Radiólogo e integrante del Grupo de Investigación Instituto de Alta Tecnología Médica. Correspondencia: Grupo de Investigación Instituto de Alta Tecnología Médica. Cra. 50 N° 63-95; Barrio Prado, Medellín, Colombia. Teléfono: 575-4450 extensión 122. Fax: 211-1717. E-mail: investigacion@iatm.com.co, pitabad@gmail.com

² Médico especialista en Neurorradiología. Director Científico del Instituto de Alta Tecnología Médica. Medellín, Colombia.

³ Coordinador del Grupo de Investigación Instituto de Alta Tecnología Médica. Medellín, Colombia.

⁴ Bioingeniero e integrante del Grupo de Investigación Instituto de Alta Tecnología Médica. Medellín, Colombia.

⁵ Asesor estadístico e integrante del Grupo de Investigación Instituto de Alta Tecnología Médica. Medellín, Colombia.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflictos de intereses para la publicación de este manuscrito *Medicina & Laboratorio* 2012; 18: 481-492

Módulo 19 (Investigación), número 15. Editora Médica Colombiana S.A. 2012[®].

Recibido el 15 de agosto de 2012; aceptado el 12 de octubre de 2012.

Introduction: in recent years, advances in noninvasive diagnostic methods, such as magnetic resonance imaging and computed tomography, have allowed the assessment of complex anatomical structures, which has prompted a growing interest in the evaluation of patients with suspected coronary artery disease. From a radiological point of view, assessment of the coronary arteries has presented many challenges, including the small size of the structures to be evaluated, the constant motion of the heart, and respiratory movements. **Objective:** to describe the imaging findings and the diagnostic usefulness of magnetic resonance imaging and computed tomography in patients with suspected coronary disease. **Materials and methods:** a descriptive case series on diagnosis of patients with suspected coronary artery disease in a high complexity diagnostic imaging center in Medellín, Colombia. **Results:** four patients with suspected coronary disease were analyzed. The first of the series, demonstrates the utility of computed tomography angiography for excluding coronary disease in a patient with intermediate risk and inconclusive stress test. The following two cases, demonstrate the usefulness of computed tomography and magnetic resonance imaging to evaluate the anatomical relationships in anomalous origin and course of the coronary arteries. Finally, a case of coronary arterial fistula and its assessment by magnetic resonance imaging is presented. **Conclusion:** computed tomography angiography and magnetic resonance imaging have become useful noninvasive diagnostic tools for the detection of coronary artery disease. Currently, these techniques are considered the gold standard in cases of anatomical abnormalities of the origin and course of the coronary arteries, and every day they play a greater role in the exclusion of atherosclerotic disease, a major cause of mortality in developed countries.

Key words: coronary artery disease, magnetic resonance imaging, multidetector computed tomography, coronary vessels, vascular fistula.

Durante muchas décadas el único método para la valoración del origen, el trayecto y el lumen de las arterias coronarias ha sido la angiografía convencional, con el uso de medio de contraste. La angiografía coronaria tiene alta resolución espacial y temporal, pero la valoración precisa de la anatomía, incluyendo origen y trayecto proximal, solo se logra en el 55% de los casos. En algunos de los procedimientos hay dificultad en la canalización del ostium del vaso a causa de la localización atípica del orificio; en otros casos, hay una interpretación poco precisa de la anatomía vascular compleja y de las relaciones con las estructuras adyacentes, principalmente la relación con la aorta y la arteria pulmonar [1-4].

En los últimos 15 años el avance en métodos de diagnóstico no invasivos, incluyendo la tomografía computarizada multidetector (TAC) y la resonancia magnética, ha permitido la visualización de las coronarias, pasando de la valoración del lumen a una valoración integral que incluye la adecuada visualización de la luz del vaso, la caracterización de la pared, la constitución de la placa aterosclerótica y la visualización precisa de la relación con las estructuras adyacentes [5-8].

Desde el punto de vista radiológico, la valoración de las arterias coronarias ha presentado importantes retos, tales como el pequeño tamaño de las estructuras a evaluar, el movimiento constante del corazón y el movimiento respiratorio. Lo anterior, ha obligado a maximizar la resolución espacial y temporal de la TAC y de la resonancia magnética, lo cual, sumado a las técnicas de sincronización cardíaca, respiratoria y al aumento de la velocidad de adquisición de las imágenes ha hecho posible la visualización de dichas estructuras. Se debe tener en cuenta que para la adecuada realización de los estudios de coronarias es importante la colaboración del paciente al momento de la adquisición de las imágenes, lo que incluye la realización de las apneas y la conservación de la posición durante la adquisición, ya que estos son factores fundamentales que el equipo, sin importar su velocidad, no puede corregir [6-9].

La presente investigación tuvo como objetivo describir los hallazgos imaginológicos y la utilidad diagnóstica de la resonancia magnética y de la tomografía computarizada en pacientes con sospecha de enfermedad de las arterias coronarias.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo de serie de casos de pacientes referidos al Instituto de Alta Tecnología Médica de Antioquia en Medellín, Colombia, durante los últimos tres años. En estos pacientes se evaluó la utilidad de las técnicas no invasivas TAC y resonancia magnética para la valoración de las arterias coronarias.

Resonancia magnética

La valoración cardíaca se realizó con un equipo Philips 1.5 Tesla con un protocolo estándar que incluye valoración anatómica y funcional del corazón en los diferentes planos anatómicos y cardíacos. Las arterias coronarias se evaluaron mediante una secuencia volumétrica de fase única o dual, sin la utilización de medio de contraste intravenoso. Dichas imágenes se obtuvieron en el plano sagital con gatillo cardíaco y respiratorio, este último con la técnica *gate and track* (Philips). Antes de la obtención de estas imágenes, se realizó una valoración en el plano de cuatro cámaras, con un alto número de fases (80 imágenes en el intervalo R-R) para calcular el tiempo de fin de sístole y diástole. En la **tabla 1** se presentan algunos de los parámetros más representativos para la adquisición de dicha secuencia.

Tabla 1. Principales parámetros para la valoración cardíaca por resonancia magnética

Parámetro	Técnica: 3D balanced FFE
TR/TE (msec)	5,6/2,8
Ángulo Flip (grados)	60
Factor Turbo	12
Factor SENSE	2
Fases cardíacas	1 ó 2
Método de sincronización cardíaca	Trigger ECG
Promedio de señales	1

Tomografía computarizada

Para la adquisición de los exámenes se utilizó un tomógrafo Philips de 64 detectores con una colimación de 0,625 mm (*overlaps*); se usó un disparo del bolo de 1 cc/kg a 2 cc/kg de contraste yodado con una densidad de 370 mg/mL, con un inyector mecánico de medio de contraste, a una tasa entre 4,5 mL/s y 6 mL/s, ajustada al peso del paciente; de igual manera, el tiempo de escaneo no fue superior al tiempo de administración del contraste (volumen del contraste/tasa de inyección). Se realizó un barrido volumétrico desde la carina hasta 2 cm debajo del reborde inferior del corazón.

Las imágenes se procesaron en la estación de trabajo utilizando los datos crudos, las reconstrucciones de máxima intensidad (MIP, por su significado en inglés *Maximum Intensity Projection*) multiplanares y curvas, así como las imágenes de volumen *rendering* para la valoración 3D. Además, las imágenes se posprocesaron en MIP, MPR (*Multipplanar Reconstruction*) y *volume rendering* en la estación de trabajo.

Aspectos éticos

Previa revisión, aprobación y autorización por parte del Comité del Ética en Investigación del Instituto de Alta Tecnología Médica de Antioquia, se accedió a la información de los registros clínicos de los pacientes atendidos, los cuales fueron recopilados de los sistemas de

información RIS (por su significado en inglés, *Radiology Information System*) y PACS (por su significado en inglés, *Picture Archiving and Communication Systems*).

Esta investigación se clasificó de acuerdo con la declaración internacional de Helsinki, el informe Belmont y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social, como una investigación sin riesgos biológicos, fisiológicos, psicológicos o sociales. Además, se tuvo en cuenta la Resolución colombiana 1995 de 1999 por la cual se establecen normas para el manejo de la historia clínica.

Resultados

Tomografía axial computarizada en la valoración de las arterias coronarias

Caso 1

Paciente de sexo femenino de 63 años, con antecedentes personales de hipertensión y de dislipidemia leve, ambas en tratamiento farmacológico; la paciente se presentó con palpitaciones y disconfort torácico atípico. Se realizó prueba de esfuerzo con protocolo de Bruce modificado y el resultado no fue concluyente. Se decidió realizar una valoración de las arterias coronarias por medio de angiografía convencional; sin embargo, la paciente rechazó el procedimiento y se decidió la realización de imágenes por tomografía con el fin de excluir la presencia de enfermedad aterosclerótica. Para control de la frecuencia cardíaca se utilizó β -bloqueador oral 24 horas antes del estudio y un refuerzo con β -bloqueador intravenoso cinco minutos antes de la adquisición de las imágenes; de igual manera, se administró nitratos sublinguales. Se obtuvieron imágenes de alta calidad, sin evidencia de artificios y que evidenciaron un árbol coronario sano, y sin evidencia de lesiones obstructivas, con lo cual se excluyó la presencia de enfermedad coronaria (ver **figura 1**).

Caso 2

Paciente de 52 años con dolor torácico atípico y fibrilación auricular. Se realizó tomografía para planeación de ablación de focos de arritmia y se descubrió incidentalmente una anomalía del origen y del curso proximal de la coronaria derecha. Dicha arteria se originaba en el seno de Valsalva izquierdo, pero de forma independiente, es decir, no tenía un origen común con el tronco principal izquierdo; además, presentaba una significativa angulación en el origen, con una disminución relativa de su calibre. Adicionalmente, se observó un curso interarterial, que se ha descrito como trayecto “maligno”, el cual estaba localizado entre el tracto de salida del ventrículo derecho y la aorta ascendente. Luego de atravesar estas estructuras, la coronaria derecha se localizaba en su sitio habitual en el surco auriculoventricular derecho (ver **figura 2**).

Resonancia magnética en la valoración de anomalías de las arterias coronarias

Caso 3

Paciente de sexo femenino de 55 años, sin factores de riesgo cardiovascular. A la paciente se le realizó un estudio electrofisiológico por un PR corto. Durante la estimulación a altas frecuencias, presentó un dolor torácico opresivo, por lo cual se decidió realizar coronariografía. Se demostró un origen único de las arterias coronarias; sin embargo, no se pudo establecer las relaciones anatómicas de dichas arterias con los grandes vasos. Se realizó resonancia magné-

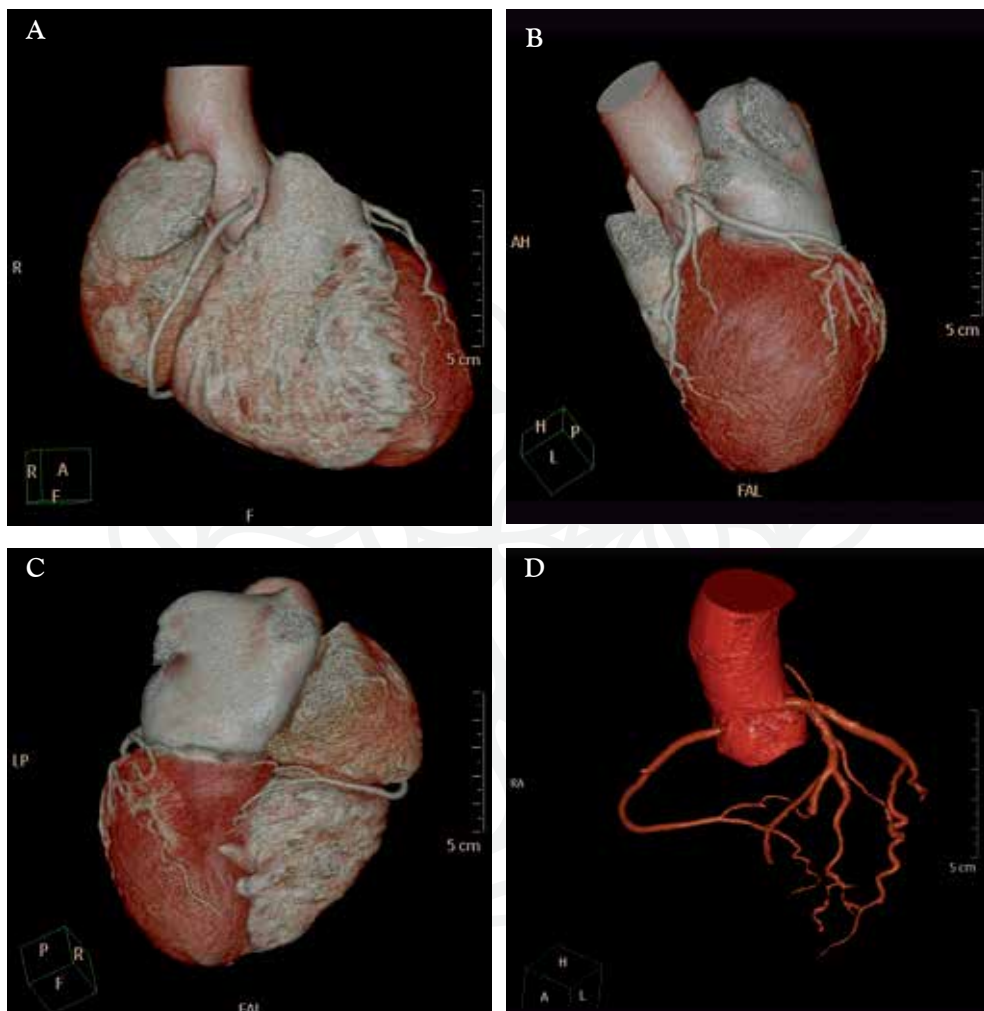


Figura 1. Angiotomografía de coronarias, incluyendo reconstrucciones de volumen y 3D en las cuales se evidencia una permeabilidad adecuada y se excluye la presencia de enfermedad coronaria. **A.** Se observa la coronaria derecha. **B.** Se observa el tronco principal izquierdo con su bifurcación en arteria descendente anterior y circunfleja. **C.** Vista inferior a nivel de la cruz del corazón evidenciando la arteria descendente posterior. **D.** Reconstrucción 3D que permite una valoración rápida de todas las arterias gracias a la exclusión digital de las cavidades cardíacas.

tica, en la que se demostró un origen único en el seno de Valsalva derecho, con una coronaria izquierda con curso interarterial, para luego alcanzar su localización habitual (ver **figura 3**).

Debido a los hallazgos anteriores, se decidió en una reunión médico quirúrgica, ofrecerle tratamiento con β -bloqueadores y seguimiento médico en vista de la edad de la paciente y la ausencia de síntomas con el ejercicio físico supervisado. Durante los nueve meses posteriores, la paciente no ha requerido hospitalización ni ha presentado síntomas atribuibles a isquemia miocárdica.

Caso 4

Paciente de sexo masculino de 54 años, sin factores de riesgo cardiovascular y sin historia familiar positiva para enfermedad isquémica cardíaca. Se presentó con dolor atípico torácico

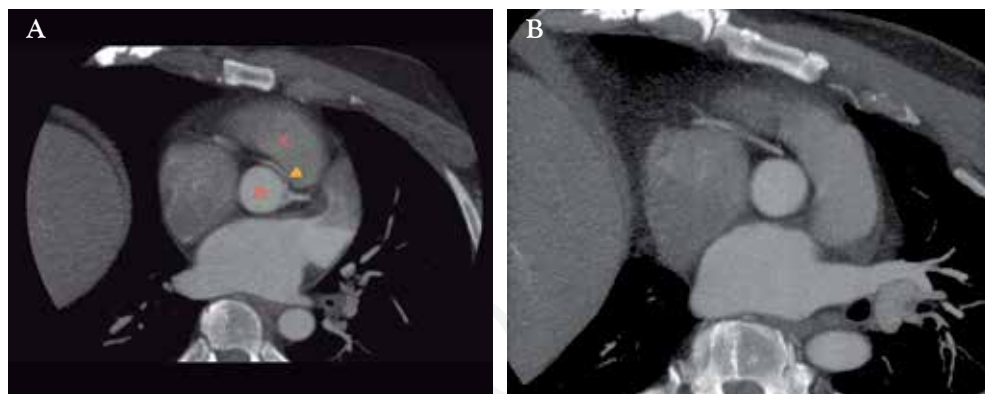
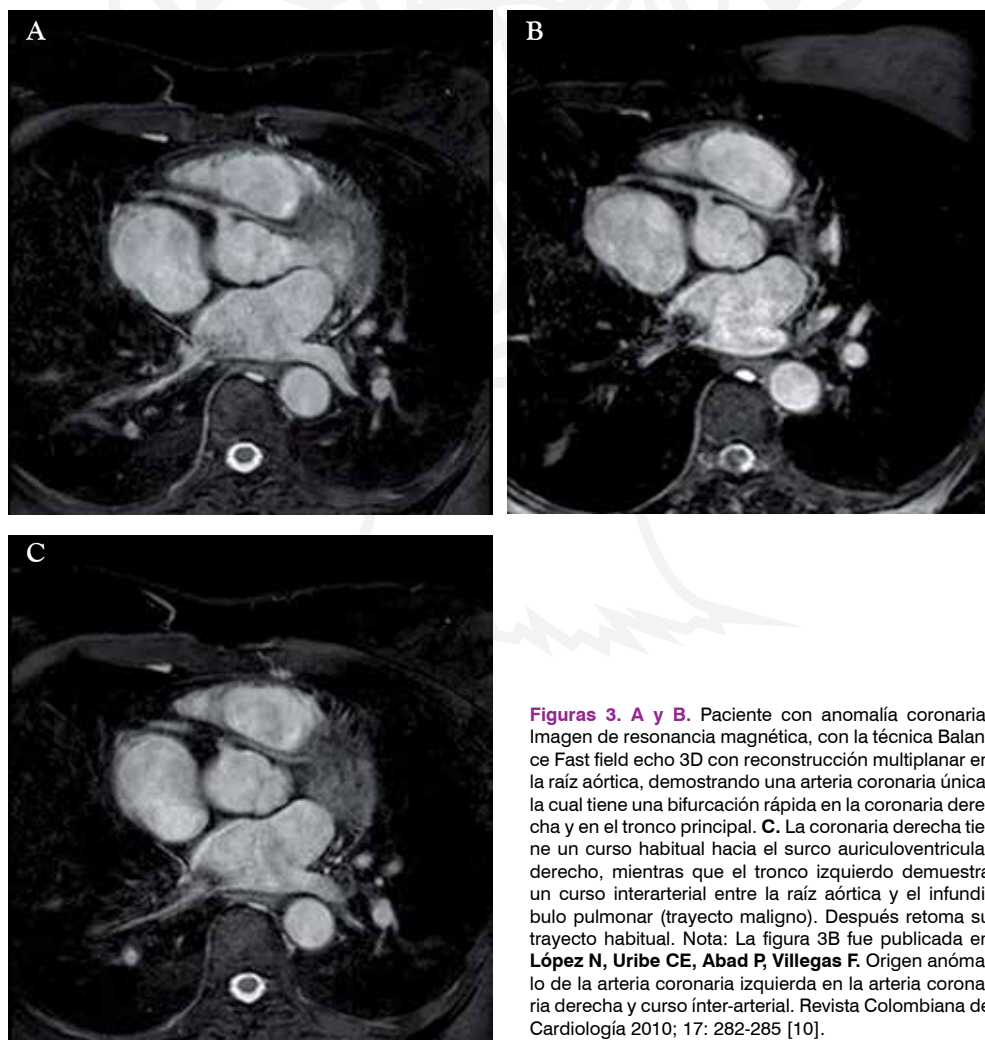
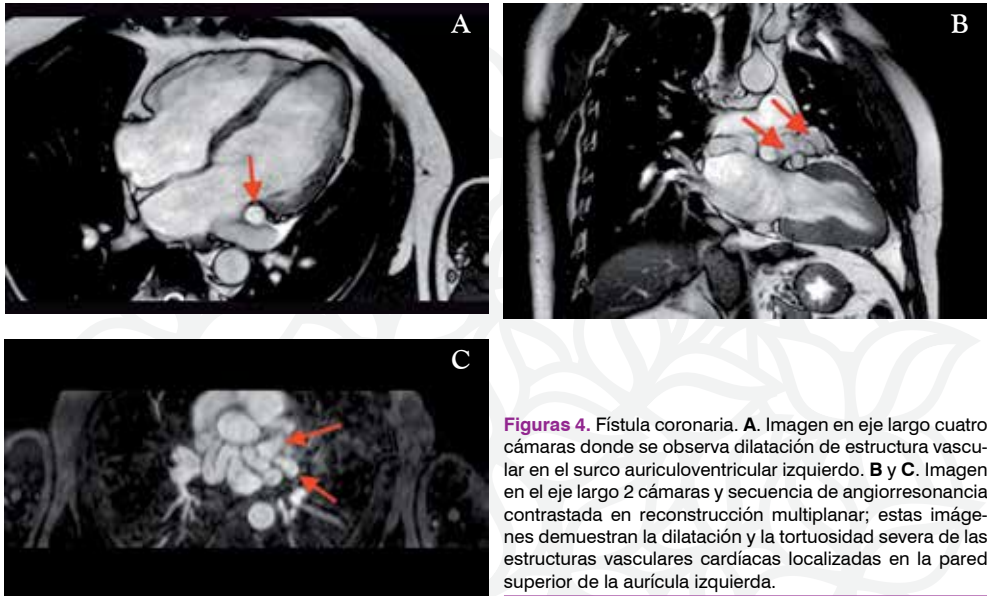


Figura 2. Imágenes de reconstrucción multiplanar a nivel de los senos de Valsalva, en las que se observa el origen anómalo de la coronaria derecha desde el seno de Valsalva opuesto y el curso anómalo interarterial entre el tracto de salida del ventrículo derecho (X) y la aorta ascendente (*). Note la angulación significativa con una relativa disminución de la luz del vaso (cabeza de flecha).



Figuras 3. A y B. Paciente con anomalía coronaria. Imagen de resonancia magnética, con la técnica Balance Fast field echo 3D con reconstrucción multiplanar en la raíz aórtica, demostrando una arteria coronaria única, la cual tiene una bifurcación rápida en la coronaria derecha y en el tronco principal. **C.** La coronaria derecha tiene un curso habitual hacia el surco auriculoventricular derecho, mientras que el tronco izquierdo demuestra un curso interarterial entre la raíz aórtica y el infundibulo pulmonar (trayecto maligno). Después retoma su trayecto habitual. Nota: La figura 3B fue publicada en **López N, Uribe CE, Abad P, Villegas F.** Origen anómalo de la arteria coronaria izquierda en la arteria coronaria derecha y curso inter-arterial. *Revista Colombiana de Cardiología* 2010; 17: 282-285 [10].

y se realizó una ecocardiografía, la cual demostró una estructura vascular dilatada con flujo multidireccional en el *doppler* color. Se decidió la realización de una resonancia magnética para la valoración de la anatomía vascular del tórax y se encontró la arteria circunfleja severamente dilatada con tortuosidad en el trayecto y drenando al seno coronario, y de éste a la aurícula derecha. Lo anterior, configura una fístula coronaria, con cortocircuito de izquierda a derecha (ver **figura 4**). No se demostraron alteraciones segmentarias de la contractilidad, ni evidencia de infartos previos en las secuencias de realce tardío (no se muestran imágenes).



Figuras 4. Fístula coronaria. **A.** Imagen en eje largo cuatro cámaras donde se observa dilatación de estructura vascular en el surco auriculoventricular izquierdo. **B y C.** Imagen en el eje largo 2 cámaras y secuencia de angiografía por resonancia magnética contrastada en reconstrucción multiplanar; estas imágenes demuestran la dilatación y la tortuosidad severa de las estructuras vasculares cardíacas localizadas en la pared superior de la aurícula izquierda.

Discusión

Las anomalías de las arterias coronarias, tanto en su origen como en el trayecto proximal, son enfermedades raras que afectan aproximadamente al 1% de la población general [11-13]. Las variantes más frecuentes son el origen en el seno de Valsalva opuesto, el origen de la coronaria derecha desde el seno de Valsalva izquierdo o la porción proximal de la coronaria izquierda, o el origen de la coronaria izquierda desde el seno de Valsalva derecho o la porción proximal de la coronaria derecha. En su recorrido para encontrar el trayecto habitual, tienen varias rutas, algunas consideradas “benignas” como los trayectos retroaórticos o anteriores al tracto de salida del ventrículo derecho y otras consideradas “malignas”, ya que discurren entre la arteria pulmonar y la raíz aórtica (curso interarterial). Las variantes malignas son muy importantes clínicamente, debido a que pueden condicionar a una enfermedad isquémica no aterosclerótica en pacientes jóvenes y en ocasiones su presentación puede ser la muerte súbita, especialmente en atletas [14-17]. En la serie de casos descrita, se puede observar en el caso 2 (tomografía) y en el caso 3 (resonancia magnética) el origen de la arteria coronaria desde el seno de Valsalva opuesto (izquierdo) y un curso “maligno” de localización interarterial.

Otra alteración poco frecuente es la fístula coronaria, como la documentada en el caso 4; en dicha alteración se produce una comunicación entre al menos una de las arterias y una cámara cardíaca, el seno coronario, la vena cava superior o la arteria pulmonar. Las arterias se dilatan y se vuelven tortuosas a causa del incremento del flujo sanguíneo. En cuanto a los hallazgos radiológicos, en las fístulas se pueden observar vasos arteriales dilatados y confi-

gurando una red vascular tortuosa. El drenaje suele ocurrir principalmente en las cavidades derechas, presentándose en el ventrículo derecho en el 45% de los casos y en la aurícula derecha en el 25%. Se produce un cortocircuito de izquierda a derecha y una disminución de la irrigación ventricular en la porción a la cual pertenece la arteria comprometida en la fístula. Esto se conoce como fenómeno de robo y puede llevar a isquemia miocárdica [18-20].

El diagnóstico de las anomalías del origen o la terminación de las arterias coronarias se ha realizado tradicionalmente con arteriografía coronaria, lo que supone un método invasivo no exento de riesgos. La principal desventaja es la falta de valoración de las relaciones anatómicas, principalmente con las estructuras vasculares adyacentes.

En la actualidad, la tomografía axial computarizada se considera el estándar de oro para la valoración de la anatomía coronaria, incluyendo la localización de las arterias, el número, el trayecto proximal, la terminación y las relaciones con las demás estructuras mediastinales de manera precisa y relativamente sencilla. Para lograr un examen de calidad adecuada se requiere la aplicación del contraste iodado en una vena periférica (sistémica y no intra-arterial como en la coronarografía). Otras ventajas son el hecho de ser una técnica mínimamente invasiva, pues sólo requiere la canalización de una vena periférica; además, es rápida y no es operador dependiente, entre otras características [21-27]. Por su parte, las principales desventajas son la falta de información hemodinámica y las relacionadas directamente con el método de imagen, que son: la radiación ionizante, las reacciones adversas a los medios de contraste y la dificultad de realización de las imágenes en presencia de arritmias.

Debido a la precisión en el diagnóstico y a las ventajas descritas, la tomografía multicorte, por lo menos de 64 detectores, es el método de elección en casos donde se sospeche este tipo de anomalías, incluyendo a los pacientes jóvenes con síntomas y signos de isquemia miocárdica en ausencia de factores de riesgo cardiovascular. También se recomienda cuando se desea complementar la valoración anatómica después de cateterismo en casos en los que se sospeche anomalías del origen, cursos anormales o bien, no se logre la adecuada canulación del ostium [21-27].

La resonancia magnética con el uso de técnicas volumétricas adquiridas con sincronización del movimiento respiratorio y cardiaco ha logrado una valoración de la anatomía proximal de las coronarias de manera equiparable a los resultados obtenidos con la TAC. Mediante dicha estrategia, se adquiere un conjunto de imágenes en el plano axial o sagital a nivel de la raíz aórtica y de la aorta ascendente, sin la necesidad de medio de contraste. Esta adquisición se puede demorar entre 6 y 15 minutos. Las imágenes son llevadas a la estación de trabajo, donde se realiza un postproceso para demostrar el origen y trayecto proximal de las coronarias. La información obtenida incluye la valoración del origen y el curso proximal de las arterias, con la gran ventaja de no usar radiación ni necesitar medio de contraste. Las desventajas son la pobre valoración distal de las coronarias y la no visualización directa de la luz, adicional a las limitaciones propias del método, como la compatibilidad con ciertos dispositivos, principalmente marcapasos y cardiodesfibriladores [28-30]. Con la llegada de equipos más potentes en resonancia magnética, como el 3 Tesla, y la mejoría en las técnicas de sincronización cardíaca y respiratoria, se ha logrado avanzar en la valoración distal. No es de extrañar que a mediano plazo, el papel de estándar de oro de la tomografía, sea remplazado por la resonancia magnética en la valoración de las anomalías coronarias [31, 32].

Actualmente, la guía "Criterios para el uso apropiado de la tomografía computarizada" (*Appropriate Use Criteria For Cardiac Computed Tomography*, 2010), muestra a la tomografía multidetector como un método adecuado para la valoración de las anomalías coronarias con un

puntaje de 9/9 [33]. Como se comentó previamente, múltiples estudios han demostrado que la tasa de diagnóstico apropiado y la delimitación adecuada de las relaciones con las estructuras adyacentes mediante angiografía convencional son menores al 50% [20-26], lo que también soporta el uso de otras herramientas, como la tomografía, en la evaluación de las anomalías de las arterias coronarias.

En la práctica cardiológica, una de las preguntas más importantes en muchos contextos clínicos es si existe o no enfermedad aterosclerótica coronaria. La tomografía multidetector de por lo menos de 64 cortes, sumada a una adecuada selección y preparación del paciente, puede realizar una valoración no invasiva de las coronarias y responder a la pregunta de si existe o no enfermedad coronaria, sin importar el tipo de placa (calcificada o no calcificada), tal como se evidenció en el caso 1. La TAC tiene entre 83% y 99% de sensibilidad, entre 93% y 98% de especificidad, y tiene un valor predictivo negativo del 95% al 100%. Por lo anterior, la tomografía se convierte en el método ideal para la exclusión de enfermedad coronaria, principalmente en pacientes de riesgo bajo o intermedio [34-39].

La adecuada realización de estudios de angiotomografía de coronarias incluye varios pasos, que no solo son importantes para el radiólogo o el tecnólogo, sino para el médico que solicita el examen, pues de estos depende la adecuada obtención de las imágenes:

Selección del paciente

Los candidatos para la realización de angiotomografía computarizada de coronarias son aquellos pacientes con riesgo bajo o intermedio, síntomas típicos o atípicos en quienes se desea saber si existe o no enfermedad aterosclerótica de las coronarias. También son candidatos los pacientes con resultados equívocos en otras pruebas diagnósticas, como perfusión por medicina nuclear o pruebas de esfuerzo.

Se debe tener en cuenta que en presencia de enfermedades que favorezcan la aparición de calcificaciones coronarias extensas, como enfermedad renal crónica o diabetes de larga data, puede ser una contraindicación relativa. En estos pacientes la posibilidad de no valorar todos los segmentos es alta, por lo que en algunos casos se contraindica la prueba.

Además, estos pacientes no deben tener contraindicaciones para la administración de medio de contraste yodado (antecedentes personales de alergia o falla renal).

Preparación del paciente

Previo a la realización de la tomografía, se debe conocer la frecuencia cardíaca del paciente. Si es mayor de 60 latidos por minuto, se debe instruir sobre un protocolo de reducción de ésta, basado principalmente en β -bloqueadores. Hay diferentes estrategias, la más utilizada es la administración de metoprolol oral iniciando desde 24 horas antes del examen y, en algunos casos, complementado con medicación intravenosa inmediatamente antes de la administración del medio de contraste.

Además, se debe instruir al paciente sobre abstenerse, al menos durante las 12 horas previas al examen, de realizar actividades que puedan aumentar el ritmo cardíaco, como la actividad física, el tabaquismo y el consumo de bebidas con cafeína, entre otras. De igual forma, se debe realizar una instrucción clara del procedimiento, que incluya la explicación precisa sobre la apnea y la quietud, el uso de nitroglicerina sublingual y sus posibles efectos secundarios, la permeabilidad de la vena y la sensación del paso a altas velocidades del medio de contraste.

Los anteriores pasos permiten adquirir imágenes de alta calidad diagnóstica y lograr valorar la presencia de estenosis coronaria.

Las indicaciones descritas en el 2006 en la guía “Criterios adecuados para la tomografía computarizada y la resonancia magnética cardiacas” (Appropriateness Criteria for Cardiac Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging), en cuanto a la detección no invasiva de enfermedad coronaria son [8]:

- Pacientes sintomáticos con probabilidad de preprueba intermedia de enfermedad coronaria con electrocardiograma o incapaces de realizar test de ejercicio
- Paciente con síndrome de dolor precordial y un test de stress no interpretable o equívoco
- Dolor torácico agudo en pacientes con riesgo intermedio sin cambios en el electrocardiograma o enzimas cardíacas
- Evaluación de coronarias en pacientes con falla cardíaca de inicio reciente, para valorar etiología

Otras indicaciones que se están estudiando en la actualidad y están pendientes de aprobación por las guías, incluyen [32]:

- Estratificación de riesgo: pacientes con riesgo bajo o intermedio, en quienes se desea realizar una adecuada prevención. Si existe enfermedad coronaria, se consideran de alto riesgo y se deben instaurar terapias de prevención secundaria
- Valoración prequirúrgica
- Valoración de pacientes antes del recambio valvular
- Mapa coronario antes de revascularización

En conclusión, la resonancia magnética y la TAC son herramientas esenciales en la valoración de las anomalías coronarias; en la actualidad, la TAC es considerada el estándar de oro para la valoración anatómica de dichas arterias y su papel pudiera ser desplazado por la resonancia magnética, debido a que esta última es menos invasiva, no requiere medio de contraste intravenoso, ni hay exposición a radiación ionizante.

Las anomalías congénitas de las coronarias, incluyendo los orígenes y cursos anómalos, así como las fístulas son entidades poco frecuentes, pero con relevancia clínica significativa. En dichas alteraciones, el papel de estos métodos de imagen está ampliamente demostrado; sin embargo, en la enfermedad coronaria aterosclerótica, todavía se encuentra por establecer la importancia de estas técnicas no invasivas. Con los equipos actuales se ha logrado posicionar la tomografía como método ideal para la exclusión de la enfermedad coronaria en pacientes de riesgo bajo e intermedio, debido a su alto valor predictivo negativo. El papel de la resonancia magnética en la enfermedad aterosclerótica es más sombrío por la dificultad para la visualización de la luz arterial y la dificultad en la valoración de las calcificaciones de la pared vascular. Sin embargo, esto puede cambiar debido al desarrollo de los equipos, el aumento de la potencia en los magnetos y al avance de las nuevas secuencias de diagnóstico, adicional a la ventaja de abolir el uso de un medio de contraste yodado y la exposición a la radiación.

Es muy probable que en un futuro se remplace de manera casi completa la angiografía invasiva como herramienta diagnóstica, desplazándola en forma exclusiva al plano terapéutico.

Fuente de financiación

Esta investigación fue financiada por la Fundación Instituto de Alta Tecnología Médica, Medellín, Colombia.

Bibliografía

1. Komatsu S, Sato Y, Ichikawa M, Kunimasa T, Ito S, Takagi T, et al. Anomalous coronary arteries in adults detected by multislice computed tomography: presentation of cases from multicenter registry and review of the literature. *Heart Vessels* 2008; 23: 26-34.
2. Sato Y, Inoue F, Matsumoto N, Tani S, Takayama T, Yoda S, et al. Detection of anomalous origins of the coronary artery by means of multislice computed tomography. *Circ J* 2005; 69: 320-324.
3. Schmitt R, Froehner S, Brunn J, Wagner M, Brunner H, Cherevatyy O, et al. Congenital anomalies of the coronary arteries: imaging with contrast-enhanced, multidetector computed tomography. *Eur Radiol* 2005; 15: 1110-1121.
4. Shi H, Aschoff AJ, Brambs HJ, Hoffmann MH. Multislice CT imaging of anomalous coronary arteries. *Eur Radiol* 2004; 14: 2172-2781.
5. Johnson LW, Lozner EC, Johnson S, Krone R, Pichard AD, Vetrovec GW, et al. Coronary arteriography 1984-1987: a report of the Registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. I. Results and complications. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1989; 17: 5-10.
6. Rodríguez-Granillo GA, Rosales MA, Llauradó C, García-García HM, Fernández-Pereira C, Rodríguez EA. Precisión Diagnóstica de la Angiografía Coronaria por Tomografía Computada Multislice Aplicada al "Mundo Real". *Rev Arg Cardiol* 2006; 74: 453-457.
7. Schwitter J, Wacker CM, van Rossum AC, Lombardi M, Al-Saadi N, Ahlstrom H, et al. MR-IMPACT: comparison of perfusion-cardiac magnetic resonance with single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease in a multicentre, multivendor, randomized trial. *Eur Heart J* 2008; 29: 480-489.
8. Topol EJ, Nissen SE. Our preoccupation with coronary luminology. The dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease. *Circulation* 1995; 92: 2333-2342.
9. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, Poon M, Hendel RC, Carr JC, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 Appropriateness Criteria for Cardiac Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1475-1497.
10. López N, Uribe CE, Abad P, Villegas F. Origen anómalo de la arteria coronaria izquierda en la arteria coronaria derecha y curso ínter-arterial. *Revista Colombiana de Cardiología* 2010; 17: 282-285.
11. Baitaxe HA, Wixson D. The incidence of congenital anomalies of the coronary arteries in the adult population. *Radiology* 1977; 122: 47-52.
12. Click RL, Holmes DR Jr, Vlietstra RE, Kosinski AS, Kronmal RA. Anomalous coronary arteries: location, degree of atherosclerosis and effect on survival: a report from the Coronary Artery Surgery Study. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 531-537. .
13. Yamanaka O, Hobbs RE. Coronary artery anomalies in 126,595 patients undergoing coronary angiography. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; 21: 28-40.
14. Frescura C, Basso C, Thiene G, Corrado D, Pennelli T, Angelini A, et al. Anomalous origin of coronary arteries and risk of sudden death: a study based on an autopsy population of congenital heart disease. *Hum Pathol* 1998; 29: 689-95.
15. Friedman AH, Fogel MA, Stephens P, Hellinger JC, Nykanen DG, Tweddell J, et al. Identification, imaging, functional assessment and management of congenital coronary arterial abnormalities in children. *Cardiol Young* 2007; 17: 56-67.
16. Frommelt PC, Frommelt MA. Congenital coronary artery anomalies. *Pediatr Clin North Am* 2004; 51: 1273-1288. .
17. Thiene G, Basso C, Corrado D. Cardiovascular causes of sudden death. En: Silver M, Botlieb AI, Schoen FJ. *Cardiovascular Pathology*. 3rd edition. Philadelphia: Churchill Livingstone. 2001, pp 326-374.
18. Armsby LR, Keane JF, Sherwood MC, Forbess JM, Perry SB, Lock JE. Management of coronary artery fistulae. Patient selection and results of transcatheter closure. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 1026-1032. .
19. Gandy KL, Rebeiz AG, Wang A, Jaggars JJ. Left main coronary artery to pulmonary artery fistula with severe aneurysmal dilatation. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 1081-1083. .
20. Goto Y, Abe T, Sekine S, Iijima K, Kondoh K, Sakurada T. Surgical treatment of the coronary artery to pulmonary artery fistulas in adults. *Cardiology* 1998; 89: 252-256. .
21. Manghat NE, Morgan-Hughes GJ, Marshall AJ, Roobottom CA. Multidetector row computed tomography: imaging congenital coronary artery anomalies in adults. *Heart* 2005; 91: 1515-1522.
22. Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, Raaijmakers R, Pattynama PM, de Feyter PJ. Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography. *Circulation* 2002; 106: 2051-2054.

23. Ropers D, Baum U, Pohle K, Anders K, Ulzheimer S, Ohnesorge B, et al. Detection of coronary artery stenoses with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation* 2003; 107: 664-666.
24. Heuschmid M, Küttner A, Flohr T, Wildberger JE, Lell M, Kopp AF, et al. Visualisation of coronary arteries in CT as assessed by a new 16 slice technology and reduced gantry rotation time: first experiences. *Rofo* 2002; 174: 721-724. .
25. Morgan-Hughes GJ, Roobottom CA, Owens PE, Marshall AJ. Highly accurate coronary angiography with submillimetre, 16 slice computed tomography. *Heart* 2005; 91: 308-313.
26. Kuettner A, Trabold T, Schroeder S, Feyer A, Beck T, Brueckner A, et al. Noninvasive detection of coronary lesions using 16-detector multislice spiral computed tomography technology: initial clinical results. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 1230-1237. .
27. Mollet NR, Cademartiri F, Nieman K, Saia F, Lemos PA, Mc-Fadden EP, et al. Multislice spiral computed tomography coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 2265-2270. .
28. Barkhausen J, Hunold P, Waltering KU. MRI in coronary artery disease. *Eur Radiol* 2004; 14: 2155-2162.
29. Dwivedi G, Wells RG, Chow BJ. Cardiovascular magnetic resonance for diagnosis of coronary artery disease: quo vadis?. *Expert Rev Med Devices* 2012; 9: 219-224.
30. Nikolaou K, Alkadhi H, Bamberg F, Leschka S, Wintersperger BJ. MRI and CT in the diagnosis of coronary artery disease: indications and applications. *Insights Imaging* 2011; 2: 9-24.
31. Cao ZB, Kong XQ, Chang DD, Liu DX. Clinical application and value of 3 Tesla contrast enhanced whole-heart coronary magnetic resonance angiography. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi* 2011; 39: 329-333. .
32. Kelle S, Hays AG, Hirsch GA, Gerstenblith G, Miller JM, Steinberg AM, et al. Coronary artery distensibility assessed by 3.0 Tesla coronary magnetic resonance imaging in subjects with and without coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2011; 108: 491-497.
33. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM, Mark D, Min J, O'Gara P, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 Appropriate Use Criteria for Cardiac Computed Tomography. A Report of the American College of Cardiology Foundation AppropriateUse Criteria Task Force, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the North American Society for Cardiovascular Imaging, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2010; 4: 407.e1-407.e33.
34. Leschka S, Stolzmann P, Desbiolles L, Baumüller S, Goetti R, Schertler T, et al. Diagnostic accuracy of high-pitch dual-source CT for the assessment of coronary stenoses: first experience. *Eur Radiol* 2009; 19: 2896-2903.
35. Maurovich-Horvat P, Ferencik M, Bamberg F, Hoffmann U. Methods of plaque quantification and characterization by cardiac computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2009; 3(Suppl 2): S91-98.
36. Pundziute G, Schuijf JD, Jukema JW, Boersma E, de Roos A, van der Wall EE, et al. Prognostic value of multislice computed tomography coronary angiography in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 62-70.
37. Leber AW, Becker A, Knez A, von Ziegler E, Sirol M, Nikolaou K, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system: a comparative study using intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 672-677.
38. Saur SC, Alkadhi H, Stolzmann P, Baumüller S, Leschka S, Scheffel H, et al. Effect of reader experience on variability, evaluation time and accuracy of coronary plaque detection with computed tomography coronary angiography. *Eur Radiol* 2010; 20: 1599-1606.
39. van Werkhoven JM, Schuijf JD, Gaemperli O, Jukema JW, Boersma E, Wijns W, et al. Prognostic value of multislice computed tomography and gated single-photon emission computed tomography in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 623-632.