

## Capítulo 7

# Nuevas técnicas de imagen para ver el corazón

**Dr. José Luis Zamorano**

Médico especialista en Cardiología. Director del Instituto Cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos, Madrid. Profesor de Patología Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid

### La penetrante mirada de la ciencia

En este capítulo se explicará de forma sencilla cuáles son las técnicas de diagnóstico por imagen más modernas que permiten estudiar la patología del corazón.

Las enfermedades cardiovasculares son la primera causa de mortalidad en España y el resto de los países occidentales. Dentro de estas patologías, la isquemia miocárdica producida por la arteriosclerosis coronaria es la que ocasiona el mayor número de muertes (30%). Además, la cardiopatía isquémica o enfermedad coronaria es la patología más relevante por su prevalencia, su necesidad de ingresos hospitalarios, el número de consultas externas y el consumo de pruebas diagnósticas y terapéuticas, y se expresa mediante tres entidades clínicas: la angina de pecho, el infarto de miocardio y la muerte súbita.

La aterosclerosis o arteriosclerosis se define como «aquella enfermedad en la que las arterias del organismo tienen en el interior de su pared un acúmulo de grasa, que, en último lugar, provoca un estrechamiento de la luz o el calibre de la arteria». Cuando afecta a las arterias del corazón (arterias coronarias, llamadas así porque rodean el corazón a modo de corona), es la responsable de que el paciente tenga una angina de pecho, un infarto de miocardio o una muerte súbita. El diagnóstico precoz de esta enfermedad de las arterias coronarias es clave para poder realizar un tratamiento temprano, que no sólo mejora la sintomatología del paciente, sino que además contribuye favorablemente en su pronóstico.

### Medios diagnósticos en cardiología

Dentro de los medios diagnósticos en cardiología se podrían establecer dos grandes grupos:

- Medios invasivos: en ellos se incluirían los procedimientos realizados en la sala de hemodinámica y los derivados de las unidades de electrofisiología y arritmias. Éstos son tratados en otros capítulos del libro e incluyen los cateterismos cardíacos y los estudios electrofisiológicos para la valoración de los pacientes con arritmias cardíacas.
- Medios no invasivos: el diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares no sólo está encaminado a su detección cuando el paciente presenta síntomas, sino también hacia la detección precoz, incluso en ámbitos subclínicos de la enfermedad. Por ello, en los últimos años, uno de los ámbitos en los que se están desarrollando más innovaciones en la cardiología es el del diagnóstico.

La ecocardiografía es hoy el elemento fundamental del diagnóstico no invasivo de las enfermedades cardiovasculares, ya que permite realizar un dictamen muy preciso de forma incruenta y rápida. La ecocardiografía se ha desarrollado en los últimos años en dos áreas. La primera es la superespecialización tecnológica; hay grandes unidades con equipos de ecografía tridimensional,

paquetes de ecografía del estrés, transesofágicas en tres dimensiones... Otras unidades ofrecen incluso información de la propia célula del músculo cardíaco o miocardio. La segunda línea de desarrollo ha sido la portabilidad de los ecógrafos en pequeños equipos para asistir al enfermo en unidades de vigilancia intensiva móviles o en la misma calle.

Clásicamente, entre los medios no invasivos, el método diagnóstico de la ecocardiografía ocupa el primer lugar en cuanto al número de pruebas realizadas en la especialidad de cardiología. Se trata de una exploración rutinaria mediante ultrasonidos (no supone ningún tipo de radiación) que permite ver de forma precisa las cavidades cardíacas y las válvulas o el pericardio (membrana que recubre por fuera el corazón). Si bien aporta datos muy precisos de la morfología y la funcionalidad de este músculo, no permite ver bien las arterias coronarias.

### Cardiorresonancia

La introducción de la resonancia magnética en la medicina se produjo en los años ochenta del siglo XX. Gracias a esta técnica, también carente de radiación, se ven las diferencias en los campos magnéticos de los tejidos. En los últimos años ha existido un gran desarrollo de la resonancia en el campo de la cardiología.

Actualmente se realizan cada vez con mayor asiduidad estudios de cardiorresonancia, que aportan datos de enorme calidad en cuanto a la valoración morfológica y funcional del corazón. El paciente se tumba en una camilla y se introduce en el llamado *tubo de resonancia*. Aproximadamente 45 minutos después, es posible analizar de manera muy precisa la morfología y el funcionamiento del corazón, si bien en investigación no permite ver las arterias coronarias de forma rutinaria.

### Tomografía axial computarizada multicorte

La aparición de la tomografía axial computarizada (TAC) de 64 detectores, con posibilidades de poder visualizar las arterias coronarias, ofrece un nuevo campo en el diagnóstico no invasivo de las enfermedades cardiovasculares.

Se trata de un escáner convencional que emite radiación y posibilita ver la anatomía coronaria del paciente en estudio. La TAC o escáner tiene unos detectores que recogen la señal del paciente tras la emisión de rayos X y permite reconstruir las arterias coronarias, de tal modo que es posible visualizar con claridad su anatomía y la posible enfermedad (estenosis o estrechamiento) que exista en ellas.



Ecocardiograma en el que se pueden ver las cavidades cardíacas y las válvulas. VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo; AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda.

Actualmente, la técnica de TAC que más se emplea para la realización de estudios coronarios es la tomografía computarizada multidetector. Esta técnica, cuando se sincroniza con el electrocardiograma del paciente estudiado, ha demostrado ser un método con una alta precisión diagnóstica en la enfermedad coronaria. No obstante, no es la única técnica de TAC que se emplea para efectuar estudios coronarios no invasivos.

Existen equipos de diferentes fabricantes, pero todos tienen en común la posibilidad de obtener una resolución temporal lo bastante alta para mostrar imágenes del corazón sin artefactos de movimiento, siempre y cuando la frecuencia cardíaca sea suficientemente baja y regular (con los equipos actuales es suficiente una frecuencia cardíaca por debajo de 60-70 latidos por minuto) y se pueda adquirir más de un corte tomográfico en cada rotación del equipo. Dadas estas características, no es infrecuente que haya que medicar a los pacientes con fármacos betabloqueantes antes de realizar la prueba, con el objeto de reducir la frecuencia cardíaca del enfermo a 60-65 latidos por minuto durante el tiempo que dura el examen.

Para el estudio de la anatomía coronaria es necesaria la administración de contraste yodado intravenoso, que, lógicamente, antes de acceder a las arterias coronarias, alcanza las cavidades ventriculares. En esta circunstancia se aprovecha para poder realizar, si se estima oportuno, el análisis de la función ventricular.

Tras emitir la radiación y recoger la información del paciente, se emplea una aplicación informática específica a la que debe indicarse, de forma manual, cuál de las



Equipo de tomografía axial computarizada multicorte. Con este tipo de tomógrafos se realizan los estudios de las arterias coronarias.

fases del ciclo cardíaco recogidas representa la telediástole (relajación del corazón) y cuál la telesístole (contracción del corazón). De la misma forma, generalmente hay que señalar la orientación de los principales ejes del ventrículo izquierdo. Basándose en la detección de las cavidades contrastadas, la aplicación informática es capaz de delimitar el interior del ventrículo izquierdo en ambas fases, calcular el volumen en esos dos momentos del ciclo cardíaco y obtener la fracción de eyección y el volumen sistólico. En muchas ocasiones es necesario hacer correcciones manuales del contorno del ventrículo izquierdo o de las arterias. Estas correcciones se realizan también de una forma muy sencilla empleando las diferentes herramientas de las aplicaciones informáticas destinadas a tal fin.

**TABLA 1. Limitaciones que deben considerarse antes de realizar una cardiografía axial computarizada**

Exposición a radiación
Empleo de agentes de contraste
Necesidad de obtener frecuencias cardíacas bajas y regulares
Necesidad de contener la respiración durante al menos 15-20 segundos

### Limitaciones de la tomografía axial computarizada coronaria y de la resonancia

La cardiorresonancia es una técnica exenta de radiación que permite un análisis preciso de la morfología cardíaca y ofrece información similar a la del ecocardiograma. Si bien evita los problemas de ausencia de correcta visualización del ecocardiograma en pacientes concretos (como los obesos), supone un problema por el tiempo de exploración y la posible claustrofobia del paciente durante el examen. Se emplea un contraste durante la prueba (gadolinio), del que recientemente se han descrito algunos casos de nefrotoxicidad o daño renal. Por ello se recomienda no utilizar este contraste en pacientes con enfermedad renal.

Si bien la visualización no invasiva de las arterias coronarias con la TAC tiene enormes ventajas para el paciente, hay que tener en cuenta que esta técnica presenta ciertas limitaciones, resumidas en la tabla 1 y detalladas a continuación:

#### Exposición a radiación

Una de las principales limitaciones de la TAC en general, y de la cardio-TAC en particular, es la radiación a la que es

sometido el paciente. La cantidad de radiación ionizante empleada es un factor que determina la calidad de la imagen. A medida que aumenta el número de detectores empleados, se incrementa progresivamente la radiación necesaria para hacer un estudio cardiológico.

Los equipos utilizados para los estudios cardíacos proporcionan una alta radiación al paciente. Es de gran importancia tener siempre presente este factor a la hora de indicar y realizar uno de estos estudios. La dosis de radiación efectiva habitual de un estudio cardíaco es de 7-21 milisieverts (mSv) —11 mSv de valor promedio para los estudios realizados con equipos de 64 detectores y 6,4 mSv de valor promedio para los llevados a cabo con equipos de 16 detectores—. Si se compara con la dosis de radiación efectiva de una radiografía de tórax (entre 0,04-0,06 mSv), o la de una coronariografía diagnóstica (entre 2-2,5 mSv), es fácil comprender que se trata de dosis relativamente elevadas.

Debido a este importante problema, han aparecido diferentes métodos técnicos para reducir las dosis de radiación con este tipo de estudios. Con estos nuevos métodos desarrollados por los fabricantes de los diferentes equipos se consiguen reducciones de la radiación de hasta el 64%.

### Empleo de agentes de contraste

Para realizar los estudios de las arterias coronarias con cardio-TAC se emplean contrastes yodados hidrosolubles. Dependiendo de su osmolaridad, comparada con la de la sangre, se dividen en contrastes yodados isoosmolares de baja o de alta osmolaridad. Este tipo de contrastes no está exento de efectos secundarios. Por una parte, su administración tiene efectos directos sobre el corazón y el aparato cardiovascular en general: produce alteraciones en el ritmo, la conducción y el inotropismo cardíacos. Estos efectos adversos se ven reducidos con la administración de agentes isoosmolares. Además, estos contrastes presentan una ligera acción anticoagulante.

Sin embargo, la nefrotoxicidad (daño renal) es uno de los efectos más significativos y frecuentes de la administración de contrastes yodados. Cuando aparece este efecto adverso, se eleva la creatinina sérica, se alcanza el pico máximo a los 3-7 días y se normaliza a los 10-14 días. Su incidencia se sitúa en el 2-7%, y resulta más frecuente en pacientes con deterioro de la función renal (diabéticos, deshidratados, mayores de 70 años, pacientes con insuficiencia cardíaca y aquellos a los que



Imagen de una tomografía axial computarizada coronaria donde se puede ver la anatomía de las arterias.

se administran de forma concomitante otros fármacos nefrotóxicos).

Además, no hay que olvidar que, aunque menos frecuentemente, esta clase de medios de contraste produce en ocasiones reacciones adversas, sobre todo de tipo cutáneo o gastrointestinal. En caso de que existan antecedentes de esta clase de reacciones, si es necesario realizar el estudio, deberá emplearse profilaxis basada en fármacos antihistamínicos H1 y H2 y corticoides.

### Necesidad de obtener frecuencias cardíacas bajas y regulares

A la mayoría de los pacientes a los que se analiza la función sistólica global ventricular izquierda mediante cardio-TAC se les ha realizado un estudio no invasivo de las arterias coronarias mediante la misma técnica. Los requerimientos en cuanto a la frecuencia y el ritmo son los mismos que se emplean en una coronariografía no invasiva, de ahí que se precisen frecuencias cardíacas inferiores a los 60-70 latidos por minuto y un ritmo cardíaco estable. Los pacientes con frecuencias superiores a las descritas y aquellos que tienen fibrilación auricular o extrasistolia frecuente son candidatos a obtener imágenes difíciles de interpretar.

### Necesidad de contener la respiración durante al menos 15-20 segundos

Aunque con los nuevos avances técnicos, especialmente con los equipos de 64 detectores, el tiempo de apnea (sin respiración) requerido para realizar el estudio es mínimo, se necesita que el paciente colabore para poder obtener unas imágenes de la calidad adecuada a fin de ser interpretables. Aquellos pacientes que no colaboran con la realización del estudio generalmente van a proporcionar unas imágenes de peor calidad y, por tanto, de más difícil interpretación.

## Consultas más frecuentes

### ¿Cuáles son las técnicas de diagnóstico no invasivas en el estudio del corazón?

La ecocardiografía, la cardiorensonancia y la cardiotomografía axial computarizada.

### ¿Estas técnicas conllevan radiación?

En el caso de la resonancia y el ecocardiograma, la respuesta es negativa. Sin embargo, la TAC sí conlleva radiación.

### ¿Es posible ver las arterias coronarias con estos procedimientos?

Con el ecocardiograma y la resonancia las arterias no se ven rutinariamente, pero sí se observan mediante la TAC.

### ¿Es necesario inyectar contraste al realizar estas pruebas?

En el ecocardiograma no es necesario inyectar contraste, pero sí hay que hacerlo en el caso de la resonancia y la TAC.

### ¿Tiene alguna consecuencia para el paciente la inyección de contraste?

La inyección de contraste puede causar una sensación de calor. También hay algunas contraindicaciones absolutas a la administración de contraste yodado (como la existencia de un mieloma), y relativas (como la alergia demostrada al yodo, las insuficiencias cardíacas, respiratorias o renales graves y en algunas patologías tiroideas). Por ello, si el paciente va a someterse a una prueba que requiera la inyección de contraste yodado, es importante que comunique si le han realizado previamente un estudio con contraste y si ha tenido alguna reacción; asimismo, debe indicar si presenta alguna alergia o alguna enfermedad conocida (especialmente de corazón, insuficiencia renal o asma).

## Glosario

**Cardiorresonancia:** resonancia magnética aplicada al corazón.

**Cateterismo cardíaco:** introducción de unos catéteres hasta el corazón, habitualmente a través de una arteria que pasa por la ingle. Una vez allí se pueden estudiar el estado de las arterias del

corazón, la fuerza de contracción del corazón y el funcionamiento de las válvulas cardíacas.

**Creatinina sérica:** la creatinina es un producto de la degradación de la creatina, una parte importante del músculo. El examen de creatinina en el suero mide la cantidad de creatinina en la sangre.

**Ecocardiograma:** método no invasivo mediante el cual es posible visualizar la morfología y el funcionamiento del corazón por medio de ultrasonidos.

**Ecocardiograma transesofágico:** ecocardiograma mediante el cual se obtienen imágenes del corazón tras introducir la sonda por el esófago del enfermo.

**Inotropismo cardíaco:** efecto del aumento de la contractilidad del músculo cardíaco.

**Métodos diagnósticos invasivos:** técnicas que permiten diagnosticar enfermedades cardíacas en las que se requiere introducir catéteres en el organismo.

**Métodos diagnósticos no invasivos:** técnicas que posibilitan realizar diagnósticos sin la necesidad de introducir ningún instrumento en el cuerpo.

**Osmolaridad:** medida utilizada para expresar la concentración total (medida en osmoles/litro) de sustancias en disoluciones; es, por lo tanto, una forma de determinar la concentración de partículas que se encuentran en la parte líquida de la sangre.

**Resonancia magnética:** medio diagnóstico no invasivo que permite ver, sin utilizar radiación, la anatomía de una manera muy precisa.

**Sonda:** tubo con una cámara en su punta.

**Tomografía axial computarizada multicorte:** también conocida como escáner, es un método no invasivo que aplica radiación al enfermo, y gracias al cual es posible visualizar la morfología de las arterias coronarias.

## Bibliografía

O'ROURKE, R. A., B. H. BRUNDAGE, V. F. FROELICHER, P. GREENLAND, S. M. GRUNDY, R. HACHAMOVITCH, G. M. POHOST, et al. «American College of Cardiology/ American Heart Association Expert Consensus document on electron-beam computed tomography for the diagnosis and prognosis of coronary artery disease». *Circulation* 102 (2000): 126-140.

RUDNICK, M. R., J. S. BERNIS, R. M. COHEN, y S. GOLDFARB. «Contrast media-associated nephrotoxicity». *Current Opinion in Nephrology and Hypertension* 5, núm. 2 (1996): 127-133.

VAN DER VLEUTEN, P. A., T. P. WILLEMS, M. J. GOTTE, R. A. TIO, M. J. GREUTER, F. ZULSTRA, y M. OUDKERK. «Quantification of Global Left Ventricular Function: Comparison of Multidetector Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. A Meta-analysis and Review of the Current Literature». *Acta Radiologica* 10, núm. 47 (2006): 1049-1057.



## Resumen

- La evaluación de las arterias coronarias mediante cardio-TAC es una técnica que puede ser empleada de rutina y de forma segura en aquellos pacientes que tienen indicado un estudio no invasivo de la anatomía coronaria. Sin embargo, deben considerarse también las posibles limitaciones de esta técnica debido principalmente a la radiación a la que se somete al paciente, a los posibles efectos secundarios de los medios de contraste y a los requerimientos técnicos de la exploración. Así lo advierten las sociedades científicas internacionales.
- Recientemente han sido publicadas recomendaciones del Colegio Americano de Cardiología acerca del empleo de la cardio-TAC y de la resonancia magnética cardíaca. En este trabajo, las indicaciones se evalúan asignándoles una puntuación del 1 al 9 (donde 9 son situaciones en las que el test está muy indicado y 1 situaciones en las que el test está muy poco indicado). Básicamente, se podría resumir diciendo que la TAC no estaría indicada en pacientes de riesgo bajo, es decir, en aquellos pacientes en los que por su situación clínica no sería necesaria; lo mismo sucedería en aquellos pacientes en los que, tras la evaluación clínica, fuera muy clara la presencia de enfermedad y que deban ir directamente a realizarse un estudio de cateterismo cardíaco. Sin embargo, en los pacientes con síntomas equívocos o pruebas dudosas en los que interese ver la anatomía coronaria, la TAC ofrece una alternativa válida.
- La cardiorensonancia es una técnica exenta de radiación que permite un análisis preciso de la morfología cardíaca y ofrece información similar a la del ecocardiograma. Si bien evita los problemas de ausencia de una correcta visualización del ecocardiograma en pacientes concretos (como los obesos), el tiempo de exploración y la posible claustrofobia del paciente durante el examen sí pueden resultar problemáticos.