



## RADIOLOGÍA EN IMÁGENES

# Enfermedad valvular cardíaca. Valoración con tomografía computarizada multidetector

A. Franco<sup>a</sup>, G.C. Fernández-Pérez<sup>b,\*</sup>, M. Tomás-Mallebrera<sup>a</sup>, S. Badillo-Portugal<sup>a</sup> y M. Orejas<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Fundación Jiménez Díaz, Madrid, España

<sup>b</sup> Servicio de Radiodiagnóstico, Complejo Asistencial de Ávila, Ávila, España

<sup>c</sup> Servicio de Cardiología, Hospital Fundación Jiménez Díaz, Madrid, España

Recibido el 27 de octubre de 2011; aceptado el 20 de septiembre de 2012

Disponible en Internet el 14 de diciembre de 2012

### PALABRAS CLAVE

Enfermedades de las válvulas cardíacas; Tomografía computarizada multidetector; Reconstrucción de imágenes; Estenosis valvular; Insuficiencia valvular

**Resumen** La enfermedad valvular cardíaca es un problema clínico que se ha estudiado con técnicas de imagen clásicas como la ecocardiografía o la RM. El avance tecnológico de la TC permite obtener imágenes estáticas y dinámicas con las que hacer un análisis morfológico y, en muchas ocasiones, funcional. A pesar que actualmente está solo indicada en los pacientes en los que la ecocardiografía o la RM no son concluyentes o están contraindicadas, la TC multidetector permite diagnosticar la estenosis o insuficiencia por planimetría, valorar y cuantificar el calcio valvular, y mostrar las repercusiones funcionales en el resto de estructuras cardíacas. Teniendo en cuenta que la TC multidetector es una técnica cada día más utilizada para el diagnóstico de la enfermedad isquémica, creemos interesante que el radiólogo conozca la potencialidad que esta técnica tiene en el estudio de la afección valvular.

© 2011 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### KEYWORDS

Valvular heart disease; Multidetector computed tomography; Image reconstruction; Valvular stenosis; Valvular regurgitation

**Valvular heart disease: Multidetector computed tomography evaluation**

**Abstract** Heart valve disease is a clinical problem that has been studied with classical imaging techniques like echocardiography and MRI. Technological advances in CT make it possible to obtain static and dynamic images that enable not only a morphological but also a functional analysis in many cases. Although it is currently indicated only in patients with inconclusive findings at echocardiography and MRI or those in whom these techniques are contraindicated, multidetector CT makes it possible to diagnose stenosis or regurgitation through planimetry, to evaluate and quantify valvular calcium, and to show the functional repercussions of these phenomena on the rest of the structures of the heart. Given that multidetector CT is being increasingly used in the diagnosis of ischemic heart disease, we think it is interesting for radiologists to know its potential for the study of valvular disease.

© 2011 SERAM. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [gabriel.fdez.perez@gmail.com](mailto:gabriel.fdez.perez@gmail.com) (G.C. Fernández-Pérez).

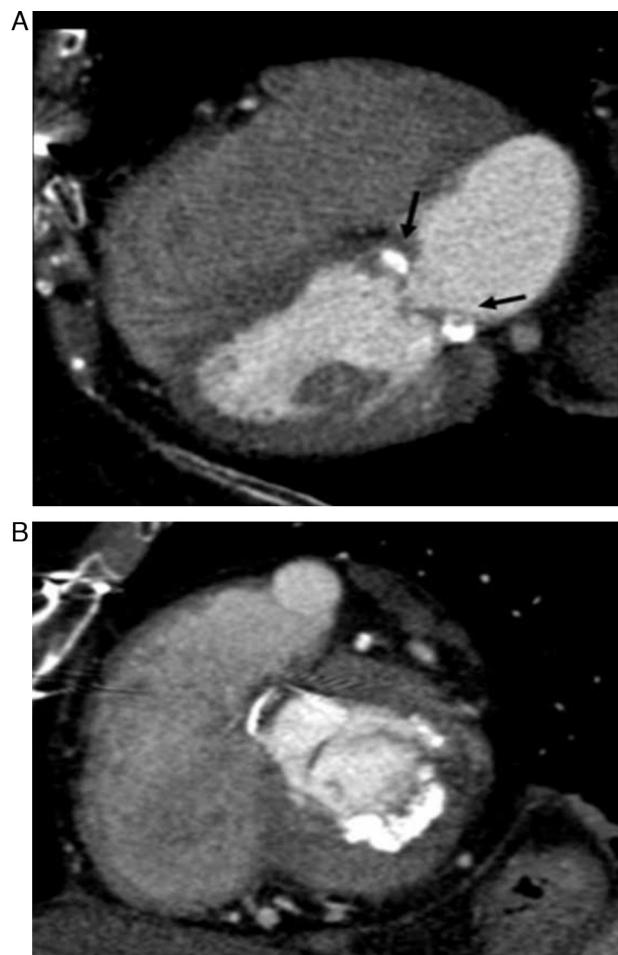
## Introducción

La enfermedad valvular cardíaca origina un elevado número de muertes en los países occidentales. En Estados Unidos, en 2004, se estimó una mortalidad de 20.260 pacientes<sup>1</sup>. Las válvulas fisiológicamente aseguran que el flujo sanguíneo de las cavidades cardíacas sea unidireccional, por lo que un mal funcionamiento conllevará una grave repercusión funcional<sup>2</sup>. Para estudiarlas, la ecocardiografía

transtorácica y transesofágica son los métodos de imagen de elección. La resonancia magnética (RM) es un método de segunda línea, mientras que la TC multidetector (TCMD) es una prueba de indicación excepcional y se emplea en aquellos pacientes en quienes otros métodos de imagen no son concluyentes. Esto no significa que la TCMD no tenga valor diagnóstico, ya que aporta información morfológica y funcional derivadas de las valvulopatías<sup>3</sup>. Por este motivo, y teniendo en cuenta que es una técnica cada día más utilizada en los estudios de cardiopatía isquémica, es interesante conocer la potencialidad que esta técnica tiene en el estudio de la afección valvular.



**Figura 1** Aparato valvular mitral. A) Plano eje corto basal, donde se identifica el orificio de apertura con la típica forma en «D». El aparato valvular no debe entenderse únicamente como una estructura de 2 valvas, sino como una estructura más compleja formada por 6 segmentos, 3 para la valva anterior (A1, A2 y A3) y 3 para la posterior. B) Plano 3 cámaras donde se aprecian el resto de los componentes como las cuerdas tendinosas que se unen desde ambas valvas hasta la porción más alta de los músculos papilares (flechas negras). El músculo anterolateral aporta las cuerdas tendinosas para la zona posteromedial de las valvas, mientras que el posteromedial aporta cuerdas tendinosas para la zona anterolateral de las 2 valvas (flechas blancas). C) Durante la sístole se contraen los músculos papilares y traccionan las cuerdas tendinosas (flechas negras) para cerrar la válvula (flechas blancas). La coaptación de ambas valvas no se hace en un punto, sino en un segmento con una longitud variable de varios milímetros denominada «zona copta» (círculo).



**Figura 2** Mujer de 77años con calcificación del anillo mitral. A) Plano 4 cámaras que muestra el calcio valvular (flechas). Esta calcificación tiene relación con la edad, se ve en el 70% de los pacientes entre los 80 y 90 años, por lo que es prácticamente la norma por encima de esta edad. La repercusión funcional que provoca es variable. Pueden producirse pequeñas regurgitaciones no significativas y ocasionalmente cursar con estenosis funcional. También se ha descrito una asociación con el grado de hipertensión arterial, de arteriosclerosis e incluso de osteoporosis. B) Eje corto que muestra cómo las calcificaciones tienen forma semicircular, y se localizan frecuentemente en los segmentos posteriores del anillo.

**Tabla 1** Causas de estenosis mitral

1. Enfermedad reumática
2. Estenosis mitral adquirida no reumática:
  - a. Calcificación importante del anillo mitral
  - b. Estenosis inducida por ergotamina y metisergida
  - c. Estenosis inducida por supresores del apetito y cabergolide
  - d. Endocarditis con vegetaciones obstructivas
  - e. Lupus eritematoso sistémico
  - f. Síndrome de anticuerpos antifosfolípido
  - g. Carcinoide
  - h. Artritis reumatoide
  - i. Enfermedad de Whipple
  - j. *Pseudoxanthoma elasticum*
  - k. Tumores (mixoma de aurícula izquierda y otros)
3. *Cor triatriatum*
4. Otras causas congénitas (anillo supravalvular, válvula en paracaídas)

### Consideraciones técnicas

La técnica empleada no difiere de la TC-coronariografía con adquisición retrospectiva y sincronización con el electrocardiograma. Para mejorar la calidad de la imagen es importante que la frecuencia cardíaca sea menor de 65 latidos por minuto, por lo que es aconsejable usar bloqueadores beta. Un protocolo de inyección de contraste multifásico permite valorar también las cavidades derechas. Las imágenes estáticas deben incluir reconstrucciones multiplanares y ortogonales a las válvulas, y se pueden

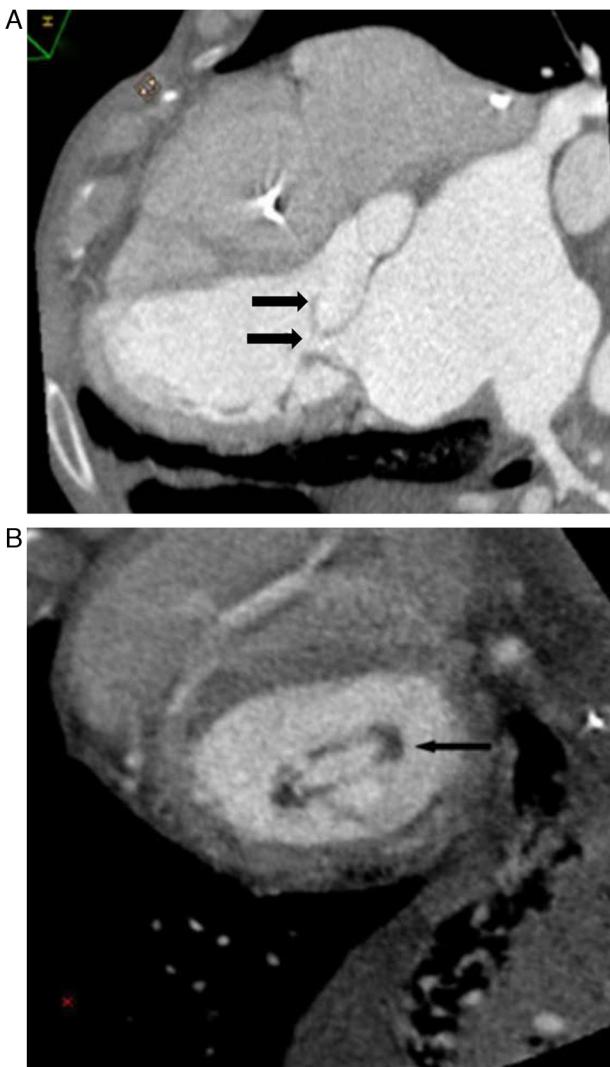


**Figura 3** Mixoma auricular. Proyección 3 cámaras donde se observa una imagen nodular hipodensa adherida al septo interauricular y en el interior de la aurícula izquierda (flecha). Generalmente son únicos y aparecen de forma aislada, pero también se han descrito formas familiares que son generalmente múltiples, y formando parte del complejo de Carney. Se localizan, generalmente, en la fosa oval, en la pared posterior o en la valva anterior. Cuando se localizan en la valva, lo hacen más frecuentemente en la anterior y por medio de un pedículo se mueven con ella, lo que facilita el prolапso del mixoma, durante la diástole.

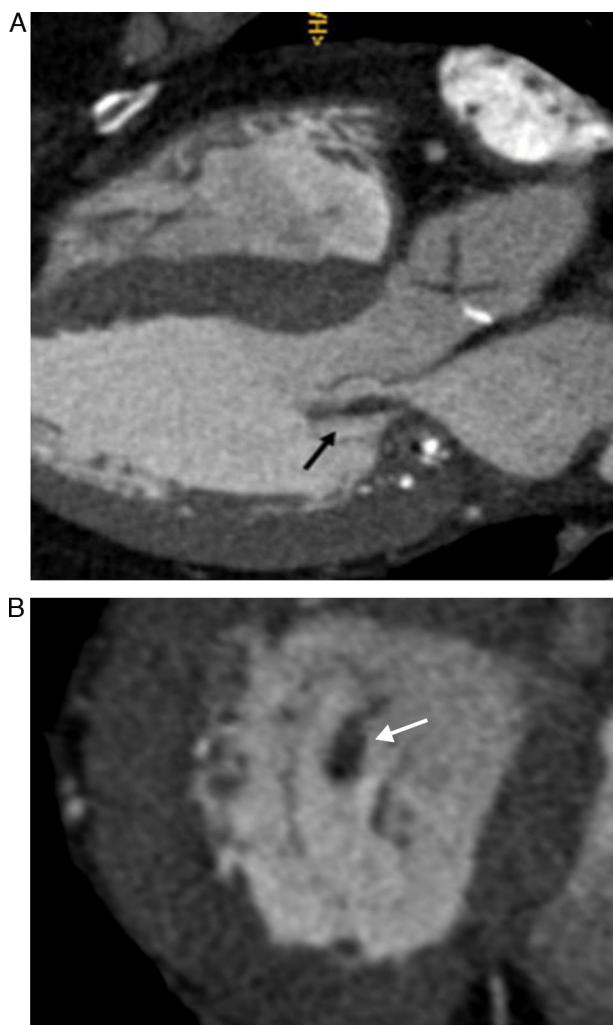
conseguir imágenes dinámicas con reconstrucciones en modo cine usando intervalos cada 10% del ciclo cardíaco<sup>4</sup>.

### Válvula mitral

Su apertura ocurre durante la diástole y permite el llenado ventricular. La valva anterior forma parte del trato de salida del ventrículo izquierdo y es ligeramente más gruesa y más larga que la posterior. En condiciones normales tiene un grosor menor de 5 mm<sup>4,5</sup> (fig. 1).



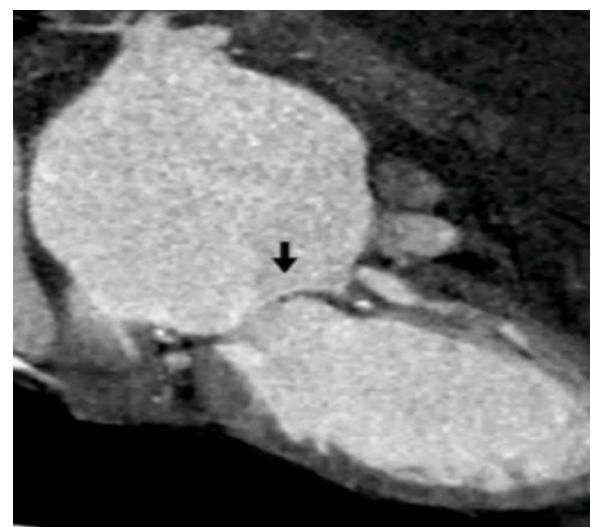
**Figura 4** Paciente de 58 años con estenosis mitral de origen reumático. A) Proyección 4 cámaras en la que se identifica un estrechamiento y engrosamiento de la válvula mitral que afecta a la zona distal de las valvas. Esta alteración provoca una forma típica en «cúpula» o «doming» como se conoce en los estudios ecocardiográficos (flechas). Como consecuencia de la estenosis existe un aumento de tamaño de la aurícula izquierda. B) Proyección ortogonal a la válvula, obtenida en diástole, en la que puede verse la disminución de su apertura (planimetría de 1,4 cm<sup>2</sup>) y el engrosamiento de las cuerdas tendinosas en los bordes anterolateral y posteromedial de las valvas (flecha).



**Figura 5** Mujer de 62 años con fiebre después de una extracción dentaria, soplo de aparición reciente e infartos cerebrales múltiples. A) Proyección en 3 cámaras que muestra una verruga adherida a la zona atrial de la valva posterior. B) Plano eje corto basal que permite ver la forma ovoidea de la verruga y la zona de anclaje en la valva posterior (flecha).

### Estenosis mitral

Se trata de una apertura incompleta de la válvula. El área normal es de  $4-6 \text{ cm}^2$ <sup>6</sup>. La repercusión funcional ocurre cuando el área es menor de  $2,5 \text{ cm}^2$  y los signos clínicos aparecen cuando es menor de  $1 \text{ cm}^2$ . La causa más frecuente sigue siendo la valvulopatía reumática (tabla 1), y, con menor frecuencia, la calcificación valvular degenerativa importante (fig. 2), las anomalías congénitas, las enfermedades del tejido conectivo o el mixoma auricular (fig. 3). Los síntomas incluyen disnea, hipertensión pulmonar, edema pulmonar, fibrilación auricular y embolias sistémicas<sup>5</sup>. En los casos más graves hay signos de hipertensión pulmonar e hipertrofia del ventrículo derecho. Las reconstrucciones en modo cine pueden mostrar restricción del movimiento de las valvas. La fase del 65% del ciclo cardíaco es la que mejor demuestra la apertura valvular<sup>1-4</sup>. Messika-Zeitoun et al. compararon la ecocardiografía y la



**Figura 6** Prolapso mitral. Proyección 2 cámaras, en sístole, donde se aprecia el típico abombamiento de la valva anterior por encima del anillo mitral (flecha). También existe una dilatación de la aurícula izquierda, lo que debe sugerir que este prolapso condiciona una insuficiencia mitral.

Con la TCMD debe recordarse que: el aparato valvular está engrosado, y en ocasiones calcificado, y el orificio de apertura es pequeño (fig. 4). Las repercusiones fisiológicas como la dilatación de la aurícula izquierda o los trombos intraauriculares son otros hallazgos radiológicos asociados.

TCMD en 29 pacientes con diferentes grados de estenosis mitral, y demostraron una correlación excelente ( $r=0,88$ ) cuando se analizaba la estenosis mitral por planimetría<sup>6</sup>.

### Insuficiencia mitral

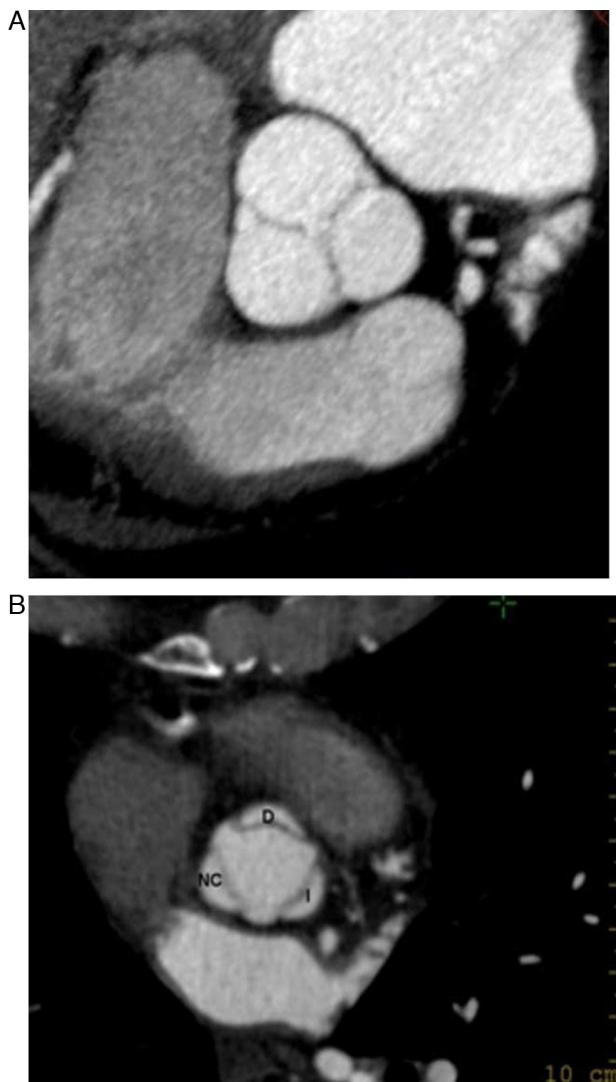
Consiste en el cierre incompleto de las valvas durante la sístole con regurgitación de sangre desde el ventrículo a la aurícula izquierda. Las causas incluyen el depósito de material mixoide en las valvas, las anomalías de origen congénito (prolapso mitral), la rotura de las cuerdas tendinosas o músculos papilares por traumatismos, la infección (fig. 5) o el infarto de miocardio y la dilatación del anillo por dilatación del ventrículo izquierdo.

Los síntomas dependen de si la instauración se ha producido de forma aguda o crónica. En la forma aguda, la sobrecarga rápida de la aurícula izquierda produce un edema agudo de pulmón y un fallo cardíaco por disminución del flujo anterógrado. La forma crónica puede ser bien tolerada durante décadas. La aurícula y el ventrículo izquierdo se dilatan y sirven de reservorio sin que haya necesariamente un aumento de la presión pulmonar. Con el tiempo se descompensa el ventrículo izquierdo, disminuye el volumen latido y aparece el fallo cardíaco<sup>5</sup>.

La TCMD puede demostrar no solo el orificio regurgitante, sino también las alteraciones del anillo valvular, la

dilatación de la aurícula izquierda y los signos de hipertensión pulmonar. Respecto al orificio regurgitante calculado por planimetría, la TCMD tiene una alta correlación con la ecocardiografía transtorácica y la ventriculografía ( $r=0,8$  y  $0,9$  respectivamente)<sup>7,8</sup>.

Debe recordarse que: una causa frecuente de insuficiencia mitral es el prollapso mitral, definido como un abombamiento sistólico de la valva más de 2 mm por encima del plano del anillo (fig. 6).



**Figura 7** Forma tricúspide de la válvula aórtica normal. A) Proyección perpendicular a la válvula aórtica. Se observa la típica apariencia tricúspide con la forma de estrella «Mercedes-Benz». Hay una coaptación completa de las valvas durante el cierre valvular. B) Imagen de la válvula en sístole para apreciar la apertura completa y donde se identifican los senos de Valsalva (D: derecho; I: izquierdo; NC: no coronario).

## Válvula aórtica

Es una válvula trivalva, aunque existen alteraciones congénitas donde puede ser bivalva (bicúspide), y en raras ocasiones, cuatrivalva. El área normal varía entre  $2,5$ - $4\text{ cm}^2$ <sup>9</sup> (fig. 7). La fase del ciclo cardíaco que demuestra mejor la apertura es habitualmente el 20% del intervalo R-R<sup>10</sup>.

## Estenosis aórtica

Se habla de estenosis cuando el área es menor de  $2\text{ cm}^2$  y es crítica por debajo de  $0,8\text{ cm}^2$ . En los jóvenes, la causa más frecuente es la válvula bicúspide (fig. 8)<sup>11,12</sup>. Otras causas son la enfermedad reumática, y menos frecuentemente, la estenosis subvalvular (producida por una membrana fija o túnel fibromuscular) y la obstrucción dinámica subvalvular



**Figura 8** Válvula bicúspide. A) Morfología de la válvula aórtica bicúspide en diástole, con coaptación de las valvas. B) En sístole presenta una forma en «boca de pez» con disminución del área de apertura. Aunque puede tratarse de una alteración aislada, es frecuente con que se asocie a otras anomalías, especialmente la coartación de aorta y la dilatación de la raíz aórtica.



**Figura 9** Asociación de calcificación y estenosis aórtica. Plano de 3 cámaras, en sístole. Se aprecia una importante calcificación y una escasa apertura valvular (flecha).

de la miocardiopatía hipertrófica<sup>9,10</sup>. La calcificación degenerativa es frecuente en los ancianos<sup>13</sup>.

Los pacientes están asintomáticos hasta que el área disminuye por debajo de 1 cm<sup>2</sup>. El aumento de la presión transvalvular provocará una dilatación de la aorta ascendente e hipertrofia del ventrículo izquierdo<sup>12</sup>. La disnea, el síncope o el dolor torácico con coronarias normales son síntomas que se manifiestan casi siempre con el ejercicio<sup>13</sup>.

De la TCMD *debe recordarse que*: valora el engrosamiento, calcificación y disminución del área valvular. La calcificación puede ser cuantificada y tiene una relación directa con la gravedad de la estenosis (fig. 9). Otras alteraciones como la hipertrofia ventricular y la dilatación de la aorta ascendente son fácilmente reconocibles<sup>10-14</sup>.

### Insuficiencia aórtica

Las causas pueden encontrarse en el aparato valvular o en alteraciones de la raíz aórtica. Entre las primeras están la degeneración mixoide, la válvula bicúspide, la enfermedad reumática y la endocarditis. Las alteraciones de la raíz aórtica se observan en la anuloectasia (síndrome de Marfan), la hipertensión arterial y los aneurismas (fig. 10). La disección aórtica puede producir una insuficiencia aguda cuando se extiende proximalmente, protruye mediante el anillo valvular y produce síntomas de fallo cardíaco agudo (fig. 11). En la insuficiencia crónica el paciente puede permanecer asintomático durante años hasta que la enfermedad se agrava y aparecen los signos de fallo cardíaco e incluso la muerte



**Figura 10** Paciente con síndrome de Marfan. Existe una dilatación aneurismática de la raíz aórtica (flechas), que afecta selectivamente a la región sinusal y sinotubular. Sin embargo, el cayado aórtico y la aorta descendente son normales.

súbita. Por estas características se ha referido como «el asesino silencioso»<sup>5,13</sup>.

La TCMD demuestra la pérdida de coaptación (fig. 12) y se puede calcular el área del orificio regurgitante por planimetría. También puede informar sobre criterios de gravedad como la dilatación del ventrículo izquierdo y el aumento de la masa miocárdica<sup>15</sup>. En ocasiones, en las reconstrucciones en modo cine puede verse una contracción más vigorosa del septo interventricular comparado con la pared posterior. Comparándola con la ecografía transesofágica, Fleutchner ha descrito una sensibilidad del 95% y una especificidad del 96-100% para detectar una insuficiencia aórtica moderada-grave, analizando no solo el orificio sino también la fracción regurgitante<sup>15,16</sup>.

### Válvula tricúspide

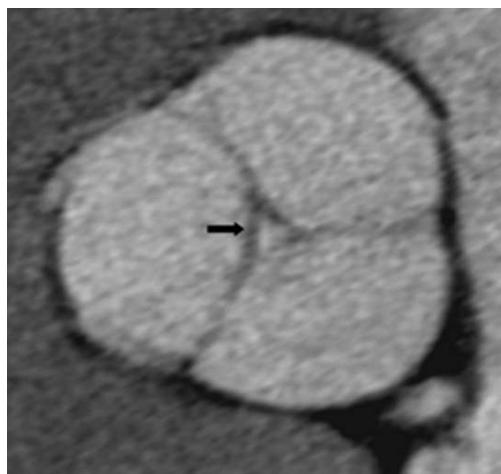
La válvula tricúspide es trivalva, con una valva anterior, una septal y una posterior de tamaño y forma variables, aunque frecuentemente la anterior es más larga. El área valvular normal es de 3-5 cm<sup>2</sup><sup>5,17</sup>.

### Estenosis tricúspide

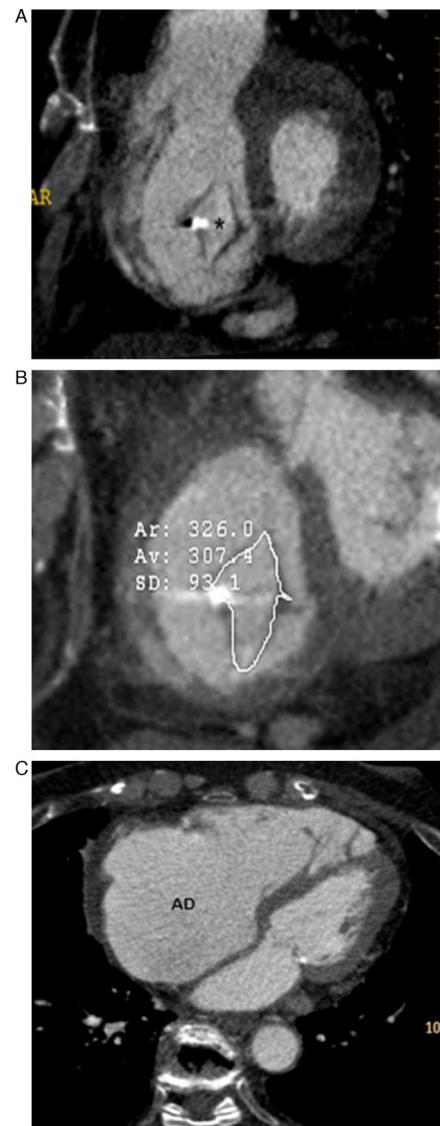
Es raro que aparezca aisladamente. La estenosis congénita y la secundaria a enfermedad reumática son las causas más frecuentes. El síndrome carcinoide y el lupus eritematoso sistémico son también otras causas. Existen casos raros como un tumor en la aurícula derecha que se prolapsa por la válvula ocasionando una obstrucción funcional. Los síntomas corresponden a un fallo cardíaco derecho con aumento de la presión jugular, hepatomegalia y ascitis<sup>5,12</sup>.



**Figura 11** Insuficiencia aórtica aguda en un paciente con disección tipo A. A) Proyección coronal-oblíqua en la que se observa la disección aórtica (tipo A de Stanford) con rotura compleja de la íntima que adopta una forma espiroidea y se prolapsa mediante la válvula (flechas). B) Reconstrucción ortogonal a la válvula aórtica, que muestra la íntima desprendida (flecha) y la calcificación en 2 de sus valvas.



**Figura 12** Insuficiencia valvular aórtica. Reconstrucción ortogonal sobre la válvula adquirida en diástole en la que no se observa coaptación de las valvas (flecha).

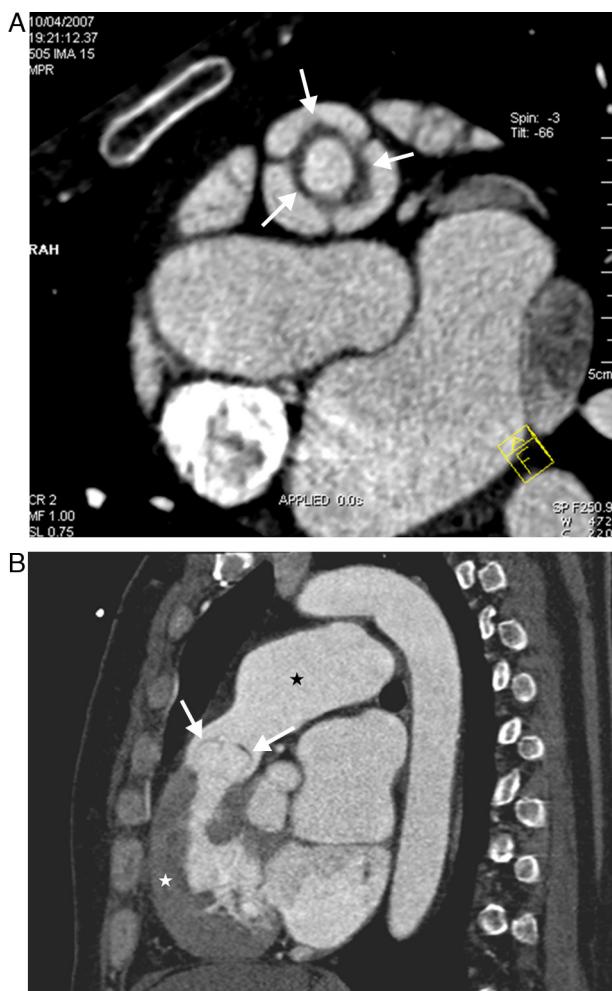


**Figura 13** Insuficiencia tricúspide. A) Proyección en eje corto basal de la válvula tricúspide obtenida en sístole. Se identifica una calcificación nodular y falta de coaptación de las valvas (\*). B) Planimetría calculada en sístole y en una proyección perpendicular a la válvula tricúspide. C) Plano 4 cámaras donde se puede observar las consecuencias hemodinámicas de la insuficiencia tricúspide como es la dilatación de la aurícula derecha.

Con la TCMD se observa un estrechamiento del anillo con acortamiento de las cuerdas tendinosas, dilatación de la aurícula derecha y aumento del calibre de la vena cava superior e inferior<sup>17</sup>.

### Insuficiencia tricúspide

Occurre cuando la coaptación de las valvas es incompleta, la sangre reflujo a la aurícula derecha. La causa más común es la dilatación del ventrículo derecho por hipertensión pulmonar. La anomalía de Ebstein es la alteración congénita más común. En ella, la válvula displásica tiene una localización más distal de lo habitual. Las causas adquiridas más frecuentes son la endocarditis, enfermedades del tejido conectivo,



**Figura 14** Estenosis de la válvula pulmonar. A) Se trata de una lesión congénita donde se produce la fusión de las comisuras (flechas), para dar lugar a una forma unicúspide (en algunos casos bicúspide). B) Proyección sagital oblícua, que muestra la válvula pulmonar con la típica forma en cúpula o tuneliforme (flechas), y las consecuencias hemodinámicas que se asocian como la hipertrofia del ventrículo derecho (asterisco blanco) y la dilatación del tronco de la arteria pulmonar (asterisco negro).

infarto de miocardio o enfermedad reumática. Los síntomas son los del fallo cardíaco derecho<sup>18</sup>.

Con la TCMD *debe recordarse que*: hay una coaptación incompleta (fig. 13). Es habitual observar un reflujo del contraste a la vena cava inferior y las suprahepáticas durante la fase del primer paso de contraste. Aunque este signo se consideró altamente sensible, actualmente los protocolos cardíacos se realizan con velocidades de flujo más altos, lo que hace que este hallazgo sea menos fiable<sup>19</sup>.

También se ve la dilatación de la aurícula y el ventrículo derechos con abombamiento del septo hacia el ventrículo izquierdo, especialmente cuando hay hipertensión pulmonar grave<sup>5</sup>. En la anomalía de Ebstein se aprecia una rotación del corazón hacia la derecha con aumento de las cavidades derechas y desplazamiento apical de la válvula tricúspide<sup>5</sup>.

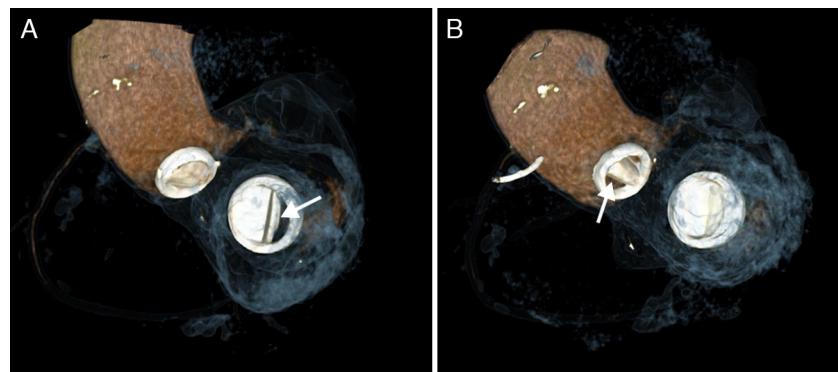
### Válvula pulmonar

La válvula pulmonar es trivalva y se afecta con frecuencia en las enfermedades congénitas. Las adquiridas son raras. El área normal es de  $2\text{ cm}^2$ .

### Estenosis pulmonar

Es moderada cuando el área es menor de  $1\text{ cm}^2$  y grave cuando es inferior a  $0,5\text{ cm}^2$ . Puede ser subvalvular, valvular (90% de los casos) o supravalvular<sup>5</sup>. Suele ser una anomalía congénita aislada en el 90% de los casos, aunque puede formar parte de otras más complejas como la tetralogía de Fallot. Las causas adquiridas son menos frecuentes e incluye la afectación reumática, el síndrome carcinoide y la endocarditis. La estenosis pulmonar provoca un aumento de la presión del ventrículo derecho con hipertrofia, dilatación y disfunción ventricular<sup>5,12</sup>.

En la TCMD los hallazgos son la disminución del orificio valvular (fig. 14), la dilatación postestenótica de la arteria pulmonar principal (fig. 14B), y la hipertrofia del ventrículo derecho y el abombamiento del septo interventricular hacia



**Figura 15** Prótesis mitral y aórtica. Proyección 3D, obtenida en sístole y diástole. A) Durante la diástole la prótesis mitral se abre parcialmente con la apertura de uno solo de los discos valvulares (flecha). Sin embargo, en la sístole (B) hay un buen cierre de estos discos. La prótesis aórtica muestra una apertura y cierre normales (flecha).

el ventrículo izquierdo. La arteria pulmonar izquierda está dilatada como consecuencia del choque del «jet» sobre la pared posterior. Es útil valorar las reconstrucciones en modo cine, ya que la válvula adopta una morfología en «embudo» debido a la fusión de las valvas<sup>1,7</sup> (fig. 14B).

### Insuficiencia pulmonar

Consiste en el reflujo de sangre de la arteria pulmonar hacia el ventrículo derecho por mala coaptación. Generalmente ocurre por la dilatación del anillo valvular provocada por la hipertensión pulmonar, y es muy raro que se deba a un daño directo sobre las valvas<sup>1,7</sup>.

Con la TCMD se observa un cierre inadecuado de las valvas, dilatación del anillo valvular y de la arteria pulmonar e hipertrofia del ventrículo derecho<sup>1,5,7</sup>.

### Prótesis valvulares

Las válvulas aórtica y mitral son las que se reemplazan quirúrgicamente con más frecuencia. Habitualmente hay 2 tipos de prótesis valvulares: biológicas y mecánicas. La duración de las biológicas es más corta que las mecánicas, pero estas últimas necesitan anticoagulación. La ecocardiografía sustituyó a métodos como la fluoroscopia, aunque no está exenta de limitaciones debidas a los artefactos metálicos de la prótesis o de los clips quirúrgicos<sup>20</sup>.

Con la TCMD se puede evaluar con fidelidad el ángulo de apertura de los discos de la prótesis (fig. 15)<sup>21</sup>.

*Debe recordarse que:* en válvulas metálicas, el estudio puede hacerse sin contraste y con baja dosis, sin embargo, inyectar contraste es necesario para detectar trombos, *pannus*, dehiscencias, seudoaneurismas o abscesos.

### Conclusión

La enfermedad valvular cardíaca es un problema clínico frecuente donde la TCMD puede mostrar hallazgos relevantes, a pesar de no ser una técnica diagnóstica de elección. Tiene la ventaja de ser una técnica rápida, de gran resolución espacial, que permite hacer reconstrucciones en diferentes planos para valorar los aparatos valvulares. Su resolución temporal permite ver las imágenes en modo cine, lo que representa un valor añadido al análisis morfológico.

### Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

### Autorías

1. Responsable de la integridad del estudio: AF y GCFP.
2. Concepción del estudio: AF, GCFP y MTM.
3. Diseño del estudio: MTM, SBRP, MO y GCFP.
4. Obtención de los datos: AF, MTM, SBRP, MO y GCFP.
5. Análisis e interpretación de los datos: GCFP, MTM, MO y SBRP.
6. Tratamiento estadístico: no procede.
7. Búsqueda bibliográfica: SBRP y GCFP.
8. Redacción del trabajo: GCFP, SBRP y MTM.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: GCFP, AF y MO.
10. Aprobación de la versión final: AF, GCFP, MTM, SBRP y MO.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

1. Chen JJ, Manning MA, Frazier AA, Jeudy J, White CS. CT angiography of the cardiac valves: normal, diseased, and postoperative appearances. Radiographics. 2009;29:1393-412.
2. Fernández G. Enfermedad de las válvulas cardíacas: espectro de los hallazgos cardíacos con TC multidetector de 64 coronas. Radiología. 2009;51:125-6.
3. Akhtar NJ, Markowitz AH, Gilkeson RC. Multidetector computed tomography in the preoperative assessment of cardiac surgery patients. Radiol Clin North Am. 2010;48:117-39.
4. Morris MF, Maleszewski JJ, Suri RM, Burkhardt HM, Foley TA, Bonnichsen CR, et al. CT and MR imaging of the mitral valve: radiologic-pathologic correlation. Radiographics. 2010;30:1603-20.
5. Armstrong WF, Ryan T. En: Feigenbaum H, editor. Feigenbaum's echocardiography. 7th ed. Philadelphia, EE. UU.: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 263-424.
6. Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, Laissy JP, Berhili M, Brochet E, lung B, et al. Assessment of the mitral valve area in patients with mitral stenosis by multislice computed tomography. J Am Coll Cardiol. 2006;48:411-3.
7. Feuchtner GM, Müller S, Bonatti J, Schachner T, Velik-Salchner C, Pachinger O, et al. Sixty-four slice CT evaluation of aortic stenosis using planimetry of the aortic valve area. AJR Am J Roentgenol. 2007;189:197-203.
8. Vogel-Claussen J, Pannu H, Spevak PJ, Fishman EK, Bluemke DA. Cardiac valve assessment with MR imaging and 64-section multi-detector row CT. Radiographics. 2006;26:1769-84.
9. Alkadhi H, Wildermuth S, Plass A, Bettex D, Baumert B, Leschka S, et al. Aortic stenosis: comparative evaluation of 16-detector row CT and echocardiography. Radiology. 2006;240:47-55.
10. Ryan R, Abbara S, Colen RR, Arnous S, Quinn M, Cury RC, et al. Cardiac valve disease: spectrum of findings on cardiac 64-MDCT. AJR Am J Roentgenol. 2008;190:W294-303.
11. Maganti K, Rigolin VH, Sarano ME, Bonow RO. Valvular heart disease: diagnosis and management. Mayo Clin Proc. 2010;85:483-500.
12. Tanaka R, Yoshioka K, Niiuma H, Ohsawa S, Okabayashi H, Ehara S. Diagnostic value of cardiac CT in the evaluation of bicuspid

- aortic stenosis: comparison with echocardiography and operative findings. *AJR Am J Roentgenol.* 2010;195:895–9.
13. Liu F, Coursey CA, Grahame-Clarke C, Sciacca RR, Rozenshtain A, Homma S, et al. Aortic valve calcification as an incidental finding at CT of the elderly: severity and location as predictors of aortic stenosis. *AJR Am J Roentgenol.* 2006;186:342–9.
14. Bouvier E, Logeart D, Sablayrolles JL, Feignoux J, Scheublé C, Touche T, et al. Diagnosis of aortic valve stenosis by multislice cardiac computed tomography. *Eur Heart J.* 2006;27:3033–8.
15. Feuchtner GM, Spoek A, Lessick J, Dichtl W, Plass A, Leschka S, et al. Quantification of aortic regurgitant fraction and volume with multidetector computed tomography comparison with echocardiography. *Acad Radiol.* 2011;18:334–42.
16. Feuchtner GM. The utility of computed tomography in the context of aortic valve disease. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2009;25:611–4.
17. Collins MA, Pidgeon JV, Fitzgerald R. Computed tomography manifestations of tricuspid regurgitation. *Br J Radiol.* 1995;68:1058–60.
18. Reid JH. Semi-quantitative assessment of tricuspid regurgitation on contrast-enhanced multidetector CT. *Clin Radiol.* 2004;59:713–4.
19. Yeh BM, Kurzman P, Foster E, Qayyum A, Joe B, Coakley F. Clinical relevance of retrograde inferior vena cava or hepatic vein opacification during contrast-enhanced CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2004;183:1227–32.
20. Symersky P, Budde RP, de Mol BA, Prokop M. Comparison of multidetector computed tomography to echocardiography and fluoroscopy for evaluation of patients with mechanical prosthetic valve obstruction. *Am J Cardiol.* 2009;104:1128–34.
21. LaBounty T, Agarwal P, Chugtai A, Bach D, Wizauer E, Kazerooni EA. Evaluation of mechanical heart valve size and function with ECG-gated 64-MDCT. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;193:W389–96.