

Técnicas de imagen en la enfermedad aórtica

El diagnóstico de las enfermedades de la aorta ha sufrido un tremendo cambio en los últimos años. La angiografía por sustracción digital era la técnica de elección hasta hace pocos años. El advenimiento de nuevas técnicas de imagen en los últimos 10 años, como son la angiografía por tomografía computarizada multicorte o la angiografía por resonancia, ha cambiado los protocolos de diagnóstico de la enfermedad aórtica. Este trabajo resume las ventajas y limitaciones de estas técnicas respecto a otras como son la angiografía por sustracción digital o la tomografía computarizada espiral. Asimismo, se resumen las indicaciones de cada una de ellas.

Palabras clave: Enfermedades aórticas. Angiografía por sustracción digital. Tomografía computarizada multicorte. Angiorresonancia magnética.

TÉCNICAS DE IMAGEN

El desarrollo de las técnicas de imagen en la enfermedad de la aorta ha sufrido un enorme cambio en los últimos años, no sólo en el diagnóstico de esta enfermedad, sino en el estudio preoperatorio y en el seguimiento de estos pacientes. La angiografía por sustracción digital (ASD) fue la técnica de elección (*gold standard* o patrón-oro) durante muchos años en el diagnóstico de la enfermedad aórtica. Hoy día, ha sido sustituida por la angiografía por tomografía computarizada con multidetector (MDCT) y la angiorresonancia magnética (ARM)¹. Otras técnicas de estudio útiles son la ecografía transesofágica (ETE) y la ultrasonografía intravascular (IVUS).

Correspondencia:
José Joaquín Muñoz
Hospital Regional Universitario Carlos Haya
Arroyo de los Ángeles, s/n
29011 Málaga
E-mail: jjmrc@telefonica.net

José Joaquín Muñoz, Pedro J. Aranda

Hospital Regional Universitario Carlos Haya
Málaga

Imaging techniques in aortic pathology

The diagnosis of the diseases of the aorta has suffered a tremendous change in the last years. Digital subtraction angiography was the gold-standard in technology until a few years ago. The advent of new technologies of imaging in the last 10 years like multidetector CT angiography or magnetic resonance angiography has changed the protocols of diagnosis of the aortic pathology. This work summarizes the advantages and limitations of these technologies with regard to others like DSA and spiral CT angiography. Likewise the indications are summarized of each one of them.

Key words: Aortic diseases. Digital subtraction angiography. Multidetector computed Tomography. Magnetic resonance angiography.

ANGIOGRAFÍA POR TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA MULTIDETECTOR

Las ventajas de la MDCT sobre la ASD son las siguientes²:

- Presenta un menor coste.
- Es poco agresiva.
- Es más rápida, ya que los estudios se realizan en una apnea.
- Se utiliza potencialmente menos contraste.
- Presenta menor número de complicaciones.
- No requiere acceso arterial.
- Está indicado en casos de malos accesos vasculares o en ausencia de pulsos.

Recibido: 30 de septiembre de 2009
Aceptado: 4 de noviembre de 2009

A

B

Figura 1. A: imagen de reconstrucción multiplanar de la aorta abdominal a nivel de las arterias renales. Se observa grave calcificación de la aorta abdominal y ostia de las arterias renales y de la arteria esplénica, así como estenosis aguda del origen de la arteria renal derecha. **B:** imagen de VR de la aorta a nivel de las arterias renales, donde se observa grave calcificación de la aorta y estenosis aguda de la arteria renal derecha.

Desarrollo de la angio-tomografía computarizada

En la década de 1990 se desarrolló la tomografía computarizada espiral (SCT). En 1998, el primer MDCT de cuatro detectores y posteriormente los de 8, 16 y 32 detectores. Hoy día se están utilizando TC de 64 detectores y existen diseños de 128 y 256 detectores.

Las ventajas de la angiografía MDCT son²:

- Rápida adquisición de imágenes:
 - Tiempo de exposición de menos de un segundo.
 - Se hace en apnea, lo cual evita artefactos respiratorios.
 - Se inyecta un solo *bolus* de contraste y permite un estudio multifase.
- Artefacto de pulsación del movimiento cardíaco:
 - Debemos usar una sincronización cardíaca.
 - Este artefacto puede llevarnos a diagnosticar falsos positivos de disección de aorta ascendente.
- Alta resolución espacial:
 - Espesor de corte submilimétrico.
 - Voxel isotrópico, es decir, con la misma longitud en los tres planos del espacio.
- Mayor longitud de cobertura:
 - Más de 1.000 cortes en una sola inyección de contraste.

– Posprocesado de imagen:

- Obtenemos imágenes en máxima intensidad de proyección (MIP), multiplanares (MPR) (Fig. 1) y tridimensionales en *volume rendering* (VR) (Fig. 2).

– Alta disponibilidad, rápido, coste-efectivo, eficiente.

– Alta seguridad diagnóstica.

Las ventajas del MDCT sobre el SCT son las siguientes²:

- Más rápido. Menor tiempo de adquisición, más velocidad de la tabla, menor dosis de contraste (80 ml), mayor calidad de la imagen, menos artefactos cardíacos y respiratorios.
- Más indicaciones. Útil en el estudio de miembros inferiores, cardíacos, renales, vasos viscerales, carótidas, etc.
- Mejor resolución espacial. Se obtiene una imagen con voxels isotrópicos.

Las ventajas del MDCT sobre la ARM son las siguientes²:

- Útil en casos de marcapasos, desfibriladores, *stents* arteriales, prótesis en articulaciones, calcificaciones murales.
- Estudio de CT en cuatro dimensiones: la dimensión del voxel es de 5-14 veces más pequeño que la ARM, teniendo una mejor resolución espacial.

A

B

Figura 2. A: imagen de VR de un caso de disección de aorta tipo B de Stanford tratada con endoprótesis cubierta en la luz verdadera desde el cayado aórtico hasta la aorta descendente proximal. Existe un relleno retrógrado de la luz falsa (LF). B: imagen en VR de la aorta abdominal, donde se aprecia con detalle la salida de los troncos viscerales y la arteria renal izquierda.

Limitaciones de la angiografía MDCT

Las limitaciones del MDCT son:

- Radiación: un estudio equivale a 500 radiografías de tórax o cinco años de radiación natural. Se deben utilizar técnicas de baja dosis.
- Nefrotoxicidad del contraste yodado: se ha descrito la nefropatía inducida por contraste (NIC), por lo cual debe seguirse un protocolo de protección renal:
 - Si la creatinina (Cr) es < 1,4 mg/dl, no se debe aplicar protocolo.
 - Si la Cr es < 1,8 mg/dl, se pueden tolerar 100-120 ml de contraste no iónico de baja osmolaridad.
 - Si la Cr es de 1,8-2 mg/dl, debemos administrar 600 mg vía oral (v.o.) x cuatro dosis, empezando el día antes de la exploración o con suero glucosado endovenoso (ev.) y suero salino 100 cc/hora seis horas antes de la exploración.
 - Si la Cr es >2 mg/dl, debe hospitalizarse al paciente.

Siempre debe hacerse un seguimiento a la semana.

Tomografía computarizada multidetector. Técnicas de imagen

Existen tres principios mayores en cuanto a la obtención de imágenes por MDCT: adecuado nivel de realce arterial, adecuada cobertura cefalocaudal y sincronización entre el realce de contraste y la obtención de imágenes.

Debe existir una comunicación entre el clínico, el radiólogo y el técnico de imagen.

A menor espesor de corte corresponde una mayor calidad de imagen. Los espesores de corte suelen ser de

entre 0,625-0,75 mm. Se pueden realizar otras adquisiciones: precontraste, retardadas, cortes de 1,5 mm. Se define *pitch* como la velocidad de la tabla respecto a la rotación del *gantry*, y en los MDCT es < 1,5 mm.

Normalmente se inyectan 80-100 ml de contraste no iónico, con flujo de 4-6 ml/s. Se puede hacer un protocolo individualizado respecto a la edad, el tamaño del cuerpo, el gasto cardíaco, la función renal, etc.³

Realce de contraste

Se realiza inyección ev. de contraste yodado. Si existe contraindicación absoluta al mismo, se debe premedicar, y es una contraindicación relativa si tiene una Cr de 1,5 mg/dl. Se prefiere utilizar la vena antecubital derecha, que evita los artefactos de la vena innominada. La obtención de las imágenes debe hacerse en el pico de la opacificación aórtica. Las variables que influyen en el realce de contraste son el gasto cardíaco, la posición del paciente, el volumen de inyección, la localización, la dirección del *scan*, el retraso, el peso y la farmacocinética del contraste.

Tiempo del contraste

Se pueden utilizar diferentes métodos: *bolus scan*, *timing* empírico o detección automática del *bolus* de contraste. Existen diferentes protocolos de estudio según las diferentes marcas comerciales (Tabla I).

Métodos de posprocesado²

- Reconstrucción con el 50% de espesor de corte.
- Reconstrucciones tridimensionales (3D) con solapamiento del 50% en el intervalo de reconstrucción.
- Reconstrucciones más gruesas.

TABLA I. PROTOCOLO DE MDCT DE GENERAL ELECTRIC®

| Región anatómica | Aorta torácica y abdominal |
|----------------------------------|---|
| TC | GE MCTV 64 |
| Kv | 120 |
| Más efectivo | 250 |
| Tiempo de rotación (sg) | 0,33 |
| Colimación del detector (mm) | 0,625 mm |
| Pitch | 0,75 |
| Software | Estándar |
| Intervalo de reconstrucción (mm) | 0,625 mm |
| Dirección del estudio | Craneocaudal |
| Contraste oral | No |
| Contraste ev.: Volumen y tipo | 80 cc/ Omnipaque 300 |
| Flujo de inyección | 3-3,5 cc/seg |
| Scan delay | Smart Prep. |
| Técnica 3D | VRT y MIP |
| Comentarios | Se debe incluir en el estudio las ilíacas |

- Reconstrucción simple o doble oblicua, coronal, MIP o MPR.
- *Voxels* isométricos.
- Imágenes en VR en 3D.

Aplicaciones clínicas de la angiografía por tomografía computarizada con multidetector

- Estudio de aneurismas de aorta abdominal (AAA) y torácicos (AAT)^{4,7,9,23}.
- Estudio de la enfermedad urgente y no urgente de la aorta^{5,17,19,24}.
- Estudio de la enfermedad congénita de la aorta^{6,21}.
- Estudio de la aorta tras cirugía abierta⁸.
- Estudio de la enfermedad de aorta en emergencias^{10,11,14-16}.
- Análisis de vasos, estenosis, dilataciones^{12,13}.
- Estudio de vasos viscerales, renales, carótidas¹⁸.
- Estudio del sector aortoiliaco¹⁸.
- Estudio vascular de miembros inferiores y superiores^{20,22}.
- Estudio de vasos cardíacos.
- Estudio de estructuras no vasculares: nódulos pulmonares, carcinoma colorrectal.

ANGIOGRAFÍA-RESONANCIA MAGNÉTICA EN LA ENFERMEDAD AÓRTICA

Las ventajas de la ARM sobre el MDCT son las siguientes¹:

- La falta de radiación del paciente. Esto está especialmente indicado en niños y embarazadas.
- La angiorresonancia magnética es repetible y permite realizar series dinámicas.

- Mejor caracterización tisular y de flujo.
- Múltiples imágenes: 3D angio, cine RM, cine contraste de fase (cuantificación del flujo).
- Estudios más rápidos de hasta cuatro minutos con las nuevas técnicas.
- Uso de gadolinio en lugar de contraste yodado. Valorar en diabéticos y en insuficiencia renal.

Nuevos contrastes en angiorresonancia magnética. Vasovist®

El gadolinio se ha asociado a casos de fibrosis nefrogénica sistémica inducida por contraste en algunos artículos publicados, por lo cual se han restringido sus indicaciones²⁵⁻²⁷. Se han buscado nuevos agentes de contraste que, además de no presentar toxicidad renal, nos permitan una obtención de imágenes durante más tiempo. Uno de ellos es el Vasovist® (EPIX Pharmaceutical, Inc.). Su compuesto es el gadofosveset trisodium. Sus ventajas son:

- Se consigue una ARM de más calidad.
- Nos aporta más confianza diagnóstica.
- Menos número de ARM no interpretables respecto a otras técnicas, como la *time-of-flight* (TOF).
- Ventana de imagen ampliada, lo cual permite obtener imágenes en tiempos más retardados.
- Imágenes en fases dinámica y de equilibrio.

Limitaciones del Vasovist®

- Los artefactos cardíacos y respiratorios nos pueden dar falsos positivos y negativos.
- La sincronización con el electrocardiograma (ECG) permite obtener imágenes en diástole.
- La sincronización respiratoria nos aporta imágenes en una apnea de 20-30 segundos; se puede administrar oxígeno y existen otras técnicas para evitar artefactos como la *steady-state free precession* (SSFP).
- El acceso venoso por vía antecubital derecha es de elección.

Técnicas de estudio en angiorresonancia magnética

Las más utilizadas son¹:

- Técnica de sangre negra: se obtienen imágenes convencionales de *spin echo*. Define la pared vascular (Fig. 3).
- Angiorresonancia magnética con contraste de fase: valora la regurgitación aórtica.
- Angiorresonancia magnética dinámica con contraste (*contrast enhanced* [CE]): es la mejor y más utilizada. Es rápida, fiable, de fácil realización, de alta resolución espacial y obtiene datos en 3D e imágenes de posprocesado (Fig. 4). Normalmente se realiza una

A**B**

Figura 3. A: arteriografía por sustracción digital de la aorta torácica de una niña de 14 años con antecedente de accidente de tráfico varios años antes. Pseudoaneurisma postraumático de aorta descendente que comienza a nivel del istmo aórtico y termina en la aorta descendente proximal. B: imagen de resonancia magnética con técnica de sangre negra, donde se observa una dilatación de la aorta descendente y se delimitan sus paredes.

serie sin contraste, otra con contraste de gadolinio, un barrido tardío y posteriormente el posprocesado.

– Ambas técnicas nos permiten comparar con estudios previos.

Angiorresonancia magnética-contrast enhanced dinámica. Aplicaciones clínicas

Las aplicaciones clínicas más frecuentes son¹:

- Estudio de la arteriosclerosis aórtica.
- Estudio de los aneurismas aórticos.
- Estudio de la disección aórtica.
- Estudio del hematoma intramural aórtico (HIA).
- Estudio de la úlcera penetrante aguda (UPA).
- Estudio de las infecciones e inflamaciones arteriales.
- Estudio de las enfermedades congénitas.
- Valoración de la arteria de Adamkiewicz en el estudio preoperatorio de aneurismas aórticos.

CONCLUSIONES. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON MULTIDETECTOR Y ANGIORRESONANCIA MAGNÉTICA EN LA ENFERMEDAD AÓRTICA

- Ambas técnicas están indicadas en la planificación de tratamiento endovascular o quirúrgico de la enfermedad aórtica.

Figura 4. Angiorresonancia dinámica de la aorta torácica con gadolinio ev. (técnica de sangre blanca): se observa un aneurisma extenso de aorta descendente.

- Ambas técnicas nos permiten el seguimiento del tratamiento de estos pacientes.
- La tomografía computarizada con multidetector es preferible para medir los diámetros y volumen de los aneurismas, así como el trombo mural y calcificaciones.
- En el estudio de la regurgitación aórtica es de elección la ARM con contraste de fase.
- En enfermedad infecciosa e inflamatoria, ambas técnicas son de gran utilidad.
- En las lesiones postraumáticas el MDCT es de elección.
- Ambos métodos son no invasivos.
- La tomografía computarizada con multidetector es más rápida y segura, y tiene más disponibilidad y coste-efectividad.
- La angiografía magnética no produce radiación y nos aporta información funcional.
- Debemos conocer los principios físicos de ambas técnicas para obtener el máximo rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tatli S, Yucel EK, Lipton MJ. CT and MR imaging of the thoracic aorta: current techniques and clinical applications. *Radiol Clin North Am.* 2004;42:565-85.
2. Rubin GD. MDCT imaging of the aorta and peripheral vessels. *Eur J Radiol.* 2003;45(suppl 1):S42-9.
3. Allie DE. Business Briefing US Cardiology. 2006.
4. Rousseau H, Chabbert V, Maracher MA, et al. The importance of imaging assessment before endovascular repair of thoracic aorta. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2009;38:408-21.
5. Baumert B, Körner M, Sadeghi-Azandaryani M, Rummeny C, Reiser M, Linsenmaier U. Multidetector computed tomography in the diagnosis of non-traumatic vascular emergencies. *Radiology.* 2009;49:481-91.
6. Türkvtan A, Büyükbayraktar FG, Olçer T, Cumhuri T. Congenital anomalies of the aortic arch: evaluation with the use of multidetector computed tomography. *Korean J Radiol.* 2009;10:176-84.
7. Hoang JK, Martínez S, Hurwitz LM. MDCT angiography of thoracic aorta endovascular stent-grafts: pearls and pitfalls. *AJR.* 2009;192:515-24.
8. Hoang JK, Martínez S, Hurwitz LM. MDCT angiography after open thoracic aortic surgery: pearls and pitfalls. *AJR.* 2009;192:20-7.
9. Ueda T, Fleischmann D, Rubin GD, Dake MD, Sze DY. Imaging of the thoracic aorta before and after stent-graft repair of aneurysms and dissections. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;20:348-57.
10. Chughtai A, Kazerooni EA. CT and MRI of acute thoracic cardiovascular emergencies. *Crit Care Clin.* 2007;23:835-53.
11. Runza G, La Grutta L, Alaimo V, et al. Comprehensive cardiovascular ECG-gated MDCT as a standard diagnostic tool in patients with acute chest pain. *Eur J Radiol.* 2007;64:41-7.
12. Abbara S, Kalva S, Cury RC, Isselbacher EM. Thoracic aortic disease: spectrum of multidetector computed tomography imaging findings. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2007;1:40-54.
13. Limkakeng AT, Halpern E, Takakuwa KM. Sixty-four-slice multidetector computed tomography: the future of ED cardiac care. *Am J Emerg Med.* 2007;25:450-8.
14. Romano L, Pinto A, Gagliardi N. Multidetector-row CT evaluation of nontraumatic acute thoracic aortic syndromes. *Radiol Med.* 2007;112:1-20.
15. Manghat NE, Morgan-Hughes GJ, Roobottom CA. Multidetector row computed tomography: imaging in acute aortic syndrome. *Clin Radiol.* 2005;60:1256-67.
16. Bhalla S, West OC. CT of nontraumatic thoracic aortic emergencies. *Semin Ultrasound CT MR.* 2005;26:281-304.
17. Takahashi K, Stanford W. Multidetector CT of the thoracic aorta. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2005;21:141-53.
18. Catalano C, Fraioli F, Danti M, et al. MDCT of the abdominal aorta: basics, technical improvements, and clinical applications. *Eur Radiol.* 2003;13 Suppl 3:N53-8.
19. Kopp AF, Küttner A, Trabold T, Heuschmid M, Schröder S, Claussen CD. Contrast-enhanced MDCT of the thorax. *Eur Radiol.* 2003;13 Suppl 3:N44-9.
20. Lawler LP, Fishman EK. Multidetector row computed tomography of the aorta and peripheral arteries. *Cardiol Clin.* 2003;21:607-29.
21. Secchi F, Iozzelli A, Papini GD, Aliprandi A, Di Leo G, Sardanelli F. MR imaging of aortic coarctation. *Radiol Med.* 2009;114:524-37.
22. O'Sullivan GJ. Endovascular management of aorto-iliac occlusive disease. *Abdom Imaging.* 2009;34:403-12.
23. Ueda T, Fleischmann D, Rubin GD, Dake MD, Sze DY. Imaging of the thoracic aorta before and after stent-graft repair of aneurysms and dissections. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;20:348-57.
24. Russo V, Renzulli M, Buttazzi K, Fattori R. Acquired diseases of the thoracic aorta: role of MRI and MRA. *Eur Radiol.* 2006;16:852-65.
25. Grobner T. Gadolinium- a specific trigger for the development of nephrogenic fibrosing dermopathy and nephrogenic systemic fibrosis? *Nephrol Dial Transplant.* 2006;21:1104-8.
26. Marckmann P, Skov L, Rossen K, et al. Nephrogenic systemic fibrosis: suspected causative role of gadodiamide used for contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *J Am Soc Nephrol.* 2006;17:2359-62.
27. Maloo M, Abt P, Kashvap R, et al. Nephrogenic systemic fibrosis dermopathy among liver transplant recipient: a single institution experience and topic update. *Am J Transplant.* 2006;6:2212-7.