

Utilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico y seguimiento de la patología aórtica

Arturo Evangelista^a, Pastora Gallego^b, Víctor Pineda^c, Rosa Domínguez^c, Isabel Pérez Piñas^d y José Carlos Valdés^d

^aServicio de Cardiología. Hospital Vall d'Hebron. Barcelona. España.

^bServicio de Cardiología. Hospital Virgen de la Macarena. Sevilla. España.

^cInstitut Diagnòstic per l'Imatge. Hospital Vall d'Hebron. Barcelona. España.

^dDepartamento de Radiología. Hospital Virgen de la Macarena. Sevilla. España.

La resonancia magnética (RM) es una de las mejores técnicas de imagen en la valoración de la patología aórtica. Con las secuencias *spin echo*, cine-RM y angio-RM con contraste se consigue un estudio morfológico y funcional de alta resolución. Mientras que la disponibilidad y la rapidez favorecen el uso de la tomografía computarizada (TC) en la disección aguda, la RM ofrece una información fundamental en el diagnóstico del hematoma intramural y en la valoración pronóstica de la disección aórtica. Las curvas de velocidad y flujo de la falsa luz son de gran interés en la evaluación hemodinámica de la disección aórtica. El seguimiento del tamaño y la morfología de los aneurismas de la aorta y de los resultados del tratamiento endovascular se realizan adecuadamente tanto por RM como por TC. La RM es la técnica de elección en el diagnóstico y la cuantificación de la coartación de la aorta.

Palabras clave: Resonancia magnética. Patología aórtica. Técnicas de imagen.

Usefulness of Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis and Follow-Up of Aortic Disease

Cardiovascular magnetic resonance (CMR) is one of the best imaging techniques for assessing aortic disease since high-resolution morphologic and functional study can be carried out using sequences produced by spin-echo CMR, cine CMR, or multiphase contrast-enhanced CMR angiography. Although CT is more readily available for use in acute aortic disease, CMR provides crucial information for the diagnosis of intramural hematoma and for determining prognosis in aortic dissection. Flow-velocity curves enable the hemodynamic repercussions of aortic dissection to be evaluated in both false and true lumina. Follow-up of aortic aneurysms and of outcome after endovascular therapy can be equally well performed using either CT or CMR. However, CMR is the technique of choice for the diagnosis and characterization of aortic coarctation.

Key words: Magnetic resonance imaging. Aortic disease. Imaging techniques.

INTRODUCCIÓN

La resonancia magnética (RM) es una de las técnicas de imagen de mayor utilidad en la valoración de la patología aórtica, ya que permite un estudio morfológico de gran resolución en las tres dimensiones y un estudio funcional excelente^{1,2}.

Aunque la tomografía computarizada (TC) y la ecocardiografía transesofágica (ETE) son especialmente útiles en el diagnóstico de la patología aórtica aguda³ debido a su rapidez, exactitud y disponibilidad, la RM aporta

información de gran interés para el correcto manejo de algunas afecciones como el hematoma intramural^{4,5}, la disección^{6,7} o la coartación aórtica⁸. El protocolo de estudio en la patología aórtica debe combinar tanto secuencias morfológicas como funcionales. Las secuencias habitualmente utilizadas son técnicas de sangre negra, angio-RM con contraste y cine-RM. Con el fin de evitar artefactos de movimiento es indispensable el uso de secuencias en apnea y con sincronización electrocardiográfica.

Secuencias de sangre negra

La sangre que circula por la aorta se muestra como negra en las secuencias *spin echo* y turbo *spin echo* convencionales, debido al «vacío de señal» que produce el efecto del tiempo de tránsito de la sangre en movimien-

Correspondencia: Dr. A. Evangelista.
Servicio de Cardiología. Hospital Vall d'Hebron.
Pg. Vall d'Hebron, 119-129. 08035 Barcelona. España.
Correo electrónico: aevangel@vhebron.net

to por el plano de corte. Estas secuencias aportan gran información morfológica de la pared aórtica y de las estructuras adyacentes. Las imágenes potenciadas en T1 o T2 son útiles para la caracterización tisular de la pared, y permiten valorar el contenido hemático del hematoma intramural o el contenido lipídico de la placa aterosclerosa. La obtención de imágenes poscontraste potenciadas en T1 con saturación grasa es útil en el diagnóstico de algunas entidades como la aortitis, los aneurismas micóticos o la infección de prótesis vasculares. En estas secuencias pueden aparecer artefactos de señal intraluminal en relación con el flujo lento o turbulento. Mediante la aplicación de un doble pulso de inversión en secuencias *spin echo* convencionales se consigue una mejor anulación de la señal del flujo de la sangre. Las secuencias HASTE facilitan una correcta valoración morfológica aórtica, con tiempos de adquisición muy rápidos.

Secuencias de angio-RM con contraste

Las imágenes de angio-RM se obtienen mediante secuencias 3D eco de gradiente potenciadas en T1 tras la administración de contraste por vía intravenosa, aprovechando el efecto acortador de T1 del contraste con gadolinio. Estas secuencias nos ofrecen una enorme información anatómica, tanto de la aorta como de los principales vasos que de ella se originan. Las imágenes adquiridas deben reevaluarse mediante reconstrucciones MIP y MPR de posprocesado. Las últimas mejoras en la velocidad de gradientes con las técnicas de imagen de procesión libre en estado estacionario, así como la implantación de las recientes secuencias de adquisición en paralelo, permiten la obtención de imágenes de angio-RM multifásica con alta resolución temporal y espacial que son útiles para la valoración del flujo de la verdadera y falsa luz en la disección aórtica. En las secuencias de angio-RM multifásica la inyección de contraste se inicia al mismo tiempo que la adquisición de las imágenes, utilizándose las primeras imágenes como máscara para la posterior sustracción mediante técnicas de posprocesado y reconstrucciones MIP y MPR.

Secuencias de cine-RM

Las imágenes de cine-RM se adquieren mediante secuencias cine de gradiente. Gracias a su elevada resolución temporal es posible obtener imágenes en múltiples fases del ciclo cardíaco. La visualización del flujo, tanto en sístole como en diástole, nos permite una valoración dinámica o funcional del flujo de la sangre a través de la aorta. Debido al realce de la señal de la sangre en movimiento, las secuencias eco de gradiente generan imágenes de sangre brillante (sangre blanca). El vacío de señal que condiciona el flujo turbulento en estenosis hemodinámicamente significativas o en insuficiencias valvulares

comporta que estas secuencias sean muy útiles para el diagnóstico de la coartación aórtica y de afección valvular aórtica. Las secuencias de eco de gradiente con codificación de velocidad (cine *phase contrast*) aportan gran información funcional debido a la capacidad que tienen para cuantificar el flujo. La cuantificación tanto de la velocidad como del volumen del flujo es muy útil para determinar las alteraciones del flujo de la sangre en las diferentes patologías aórticas. Con esta técnica la información se procesa mediante imágenes de magnitud de señal e imágenes de fase. Las imágenes de magnitud de señal son en sangre brillante y ofrecen una mejor valoración anatómica, mientras que las imágenes de fase muestran un mapa de velocidades y dirección de flujo. Mediante técnicas de posprocesado es posible obtener curvas de flujo frente a tiempo, velocidad frente a tiempo y velocidad pico frente a tiempo. A partir de esta información se puede cuantificar el grado de repercusión hemodinámica en diferentes situaciones, como en la coartación aórtica o en el análisis de los patrones de flujo en la verdadera y falsa luz de la disección aórtica (fig. 1)⁹.

METODOLOGÍA EN LA MEDICIÓN DEL TAMAÑO DE LA AORTA Y VALORES NORMALES

Una de las aplicaciones clínicas más importantes de las técnicas de imagen en la patología aórtica es la determinación de los diámetros máximos de la aorta. Aunque la reproducibilidad de las medidas por las diferentes técnicas de imagen ha sido poco estudiada, la RM parece una de las técnicas más adecuadas.

La aorta ascendente y el arco no son verticales en su disposición, por lo que las medidas en un corte axial pueden estar sobrestimadas. Las medidas deberían realizarse siempre al mismo nivel utilizando puntos de referencias vasculares o extravasculares. Con la utilización de los planos sagitales oblicuos y coronales se puede medir el tamaño de estos segmentos con gran exactitud. Sin duda, cuando la aorta descendente está elongada o es tortuosa, la reproducibilidad de las medidas es menor. En esta circunstancia es fundamental utilizar los planos que permitan realizar la medida del diámetro de forma totalmente tangencial a la pared de la aorta (fig. 2). Si sólo se dispone de un corte axial y la sección aórtica tiene una forma elíptica, debería considerarse el diámetro menor de la elipse de sección como el verdadero diámetro aórtico. En un estudio multicéntrico realizado en nuestro país¹⁰, que incluyó a 294 sujetos a los que se les practicó una RM sin sospecha de afección aórtica, pudimos observar que los valores normales indexados de los diámetros máximos aórticos fueron para la aorta ascendente < 23 mm/m²; para el arco, 18 mm/m², y para la aorta descendente, 17 mm/m². Un dato interesante de este estudio es que la edad fue la variable que condicionó un mayor incremento del diámetro aórtico.



Fig. 1. A: la angio-RM en plano sagital muestra una disección en la aorta descendente con mayor contraste en la luz verdadera que en la falsa. B: el mapa de velocidades de la secuencia *phase contrast* evidencia una menor intensidad de señal en la falsa luz respecto a la verdadera debido a una menor velocidad del flujo de la sangre en ésta. Nótese el diferente sentido del flujo en la aorta ascendente (blanco) respecto a la aorta descendente (negro). FL: falsa luz; VL: verdadera luz.

INDICACIONES

Síndrome aórtico agudo

Durante muchos años, la arteriografía se consideró la técnica de referencia en el diagnóstico de la disección aórtica. Sin embargo, con la aparición de las técnicas no invasivas, como la tomografía computarizada (TC), la RM y la ETE, se modificó radicalmente esta indicación^{11,12}. La exactitud diagnóstica de estas tres técnicas es muy similar³, aunque cada una tiene algunas ventajas e inconvenientes. Las técnicas radiológicas aportan un campo de visión más amplio que la ETE, lo que permite identificar sangrados periaórticos con trascendencia pronóstica y valorar las diferentes tortuosidades de la aorta. Por el contrario, la ETE es más útil para valorar la información intraluminal y de la pared de la aorta. Diferencias locales en la calidad de los equipamientos, la experiencia en la interpretación y la utilización de adecuados protocolos de exploración pueden condicionar la mayor diferencia en la exactitud de las técnicas de imagen. La ecocardiografía es, sin duda, la técnica más dependiente del operador¹³, mientras que la TC y la RM, siempre que se utilice un protocolo adecuado, están sólo sujetas a los errores de interpretación. En la actualidad, la selección de la técnica de imagen está en relación con la disponibilidad en el momento agudo. Por otra parte, debe considerarse que ocasionalmente una sola técnica puede ser insuficiente para establecer el diagnóstico^{14,15}. Como se ha reportado en el Registro Internacional de la Disección Aórtica (IRAD), la TC es la técnica de imagen más utilizada inicialmente (65-80%) en los síndromes aórticos agudos^{3,12}.

Disección aórtica

Clásicamente, varios estudios han reportado la sensibilidad, especificidad y exactitud diagnóstica de las técnicas de imagen en la disección aórtica^{6,11,12}. Aunque la TC multidetector representa la técnica de elección para la evaluación de la disección aórtica aguda, la RM se considera una útil alternativa cuando el paciente está estable y sin dolor^{1,2}. La imágenes de *spin echo* (sangre negra) sincronizadas con el electrocardiograma facilitan la determinación de las dimensiones aórticas y la visualización de la íntima disecada. No obstante, las secuencias de cine-RM (sangre blanca) aportan mayor información funcional, facilitan la localización de la puerta de entrada, la valoración del grado de regurgitación aórtica y la identificación de la trombosis intraluminal (fig. 3). Por otra parte, las secuencias de *phase contrast* con codificación de fase permiten la valoración de los flujos de la verdadera y falsa luz, y la cuantificación de la regurgitación aórtica. La angiografía con gadolinio es especialmente útil cuando la falsa luz tiene poco flujo o éste es lento y para valorar la afectación de los troncos arteriales.

Hematoma intramural

El hematoma intramural está causado por una hemorragia de los *vasa vasorum* de la pared de la aorta y representa el 15% de los síndromes aórticos agudos⁵. La RM facilita no sólo la detección del hematoma intramural, sino la cronicidad del sangrado de pared, ya que el cambio de oxihemoglobina a metahemoglobina condi-



Fig. 2. Aorta torácica severamente tortuosa. La RM permite una correcta determinación de los diámetros de forma tangencial a las paredes de la aorta. Obsérvese que la utilización de un corte transversal condiciona una importante oblicuidad y sobrestimación de los diámetros.

cional, en la fase subaguda del hematoma, una señal hiperintensa en T1 y T2⁴. La alta intensidad de la señal de la pared aórtica *spin echo* en T1 indica un hematoma subagudo (fig. 4), mientras que el hematoma agudo (fase aguda de la hemorragia) puede ser determinado en T1 por la señal isodensa de la sangre. El hematoma intramural agudo se visualiza en T2 con una alta intensidad de señal, mientras que a los 2-5 días tiene menos intensidad.

Una de las características diferenciales del hematoma intramural respecto de la disección es que se acompaña, en más del 30%, de sangrado periaórtico o derrame pleural¹⁶. La presencia de un hemomediastino importante condiciona un mal pronóstico con una mortalidad del 50%¹⁶.

El hematoma intramural aórtico debe diferenciarse de la grasa mediastínica, de la vena innominada izquierda, de la hemiaérgos, de un receso pericárdico superior retroaórtico, de una atelectasia pulmonar o de una trombo-sis mural con calcificación en su superficie. La sensibilidad y especificidad en el diagnóstico del hematoma son próximas al 100%.

Úlcera aórtica

La úlcera arteriosclerótica penetrante es la entidad más infrecuente en el síndrome aórtico agudo. La mayoría de las úlceras aórticas se diagnostican por casualidad al realizar una técnica de imagen, y sólo de forma excepcional se acompañan de sangrado de pared. Hay 3 tipos de imágenes ulcerantes aórticas con pronóstico muy diferente: las placas arterioscleróticas ulceradas, las úlceras arterioscleróticas penetrantes que penetran a la capa media, y las imágenes úlcera-like, que se desarrollan a partir de una disección localizada de un hematoma intramural (fig. 5). En la literatura médica, frecuentemente se ha incluido como úlceras penetrantes la

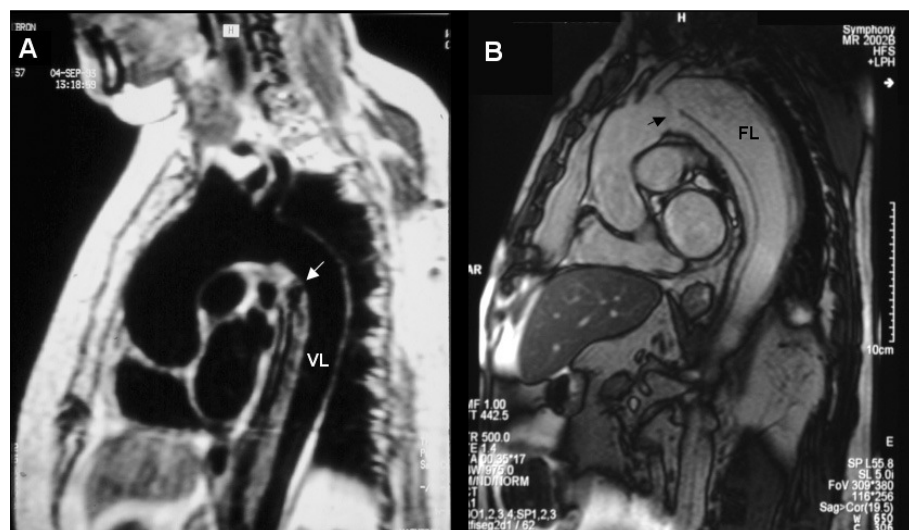


Fig. 3. Disección de la aorta descendente. A: corte sagital en sangre negra que identifica la puerta de entrada (flecha) y una verdadera luz (VL) más grande que la falsa. B: corte sagital en sangre blanca que muestra una disección tipo B con una puerta de entrada grande que genera una compresión de la VL por una falsa luz aneurismática (FL).

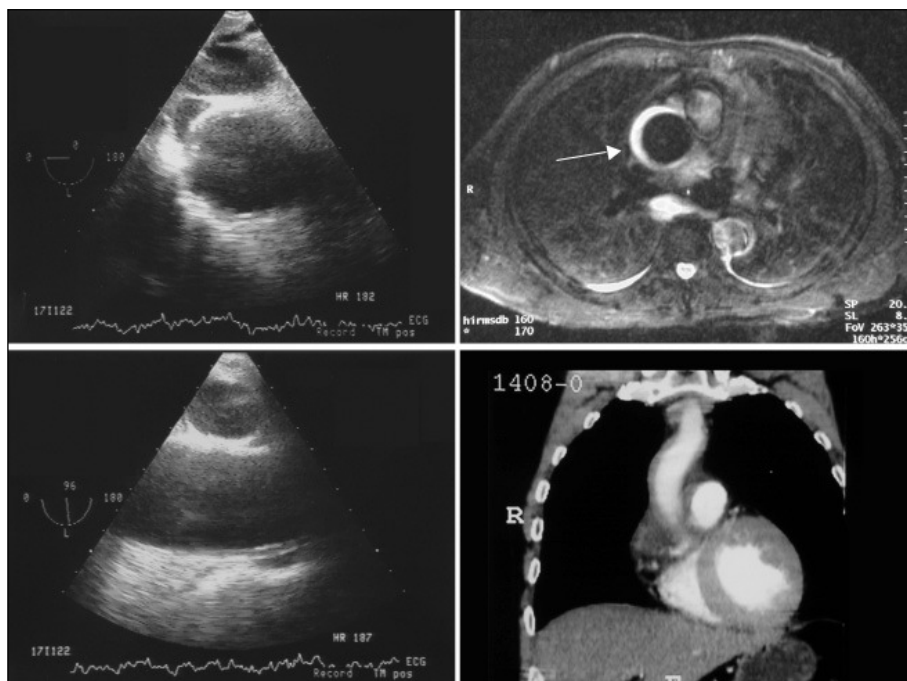


Fig. 4. Izquierda: ecocardiografía transesofágica, corte transversal (superior) y corte longitudinal (inferior), sin evidencia de datos patológicos en la aorta ascendente. Derecha inferior: la TC muestra un ligero engrosamiento de la pared de la aorta ascendente. A los 3 días de ambas exploraciones, se practica una RM (imagen superior derecha) que muestra un claro engrosamiento con señal hiperintensa de la aorta ascendente (flecha), lo que diagnostica un hematoma intramural tipo A.

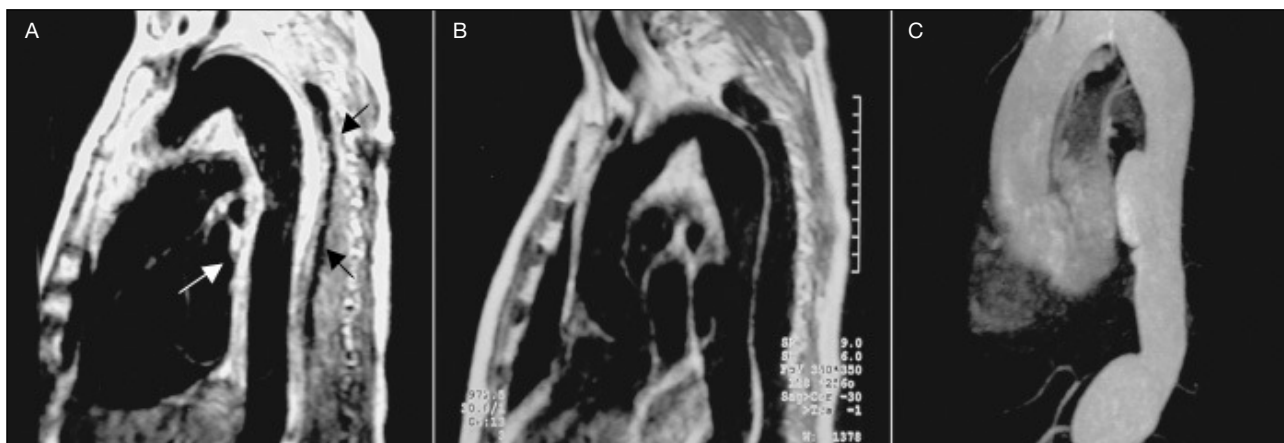


Fig. 5. Estudios de resonancia magnética en el seguimiento de un hematoma de aorta descendente. A: fase aguda. B: a los 6 meses de seguimiento. C: a los 2 años de seguimiento, donde se aprecian 2 imágenes de pseudoaneurisma. Las flechas señalan el hematoma en la fase aguda.

mayoría de los pseudoaneurismas o disecciones localizadas desarrolladas a partir de un hematoma intramural¹⁷. El pronóstico de estas imágenes úlcera-like es claramente más benigno que el de las úlceras arterioscleróticas sintomáticas¹⁸. Cuando la úlcera se acompaña de signos indirectos de rotura aórtica, por irregularidades de la pared aórtica, extravasación de material de contraste vascular y colección de fluido en el espacio pleural o pericárdico, es fundamental realizar un tratamiento quirúrgico o endovascular urgente.

Seguimiento del síndrome aórtico agudo

Una vez superada la fase aguda, se debe reevaluar a los pacientes en los primeros 3 meses de seguimiento y,

posteriormente, de forma anual. Tanto la TC como la RM son 2 técnicas excelentes para el diagnóstico posquirúrgico de posibles complicaciones y del incremento del diámetro máximo aórtico. La RM es muy útil en el diagnóstico del pseudoaneurisma de aorta ascendente posquirúrgico. Por otra parte, la RM es la técnica de elección en la valoración pronóstica de la disección aórtica ya que permite la cuantificación del diámetro máximo de la aorta, el tamaño de la puerta de entrada, la hemocinética de los flujos de la verdadera y la falsa luz¹⁹ y la compresión de la verdadera luz.

En nuestra experiencia²⁰, el hematoma intramural tiene una evolución muy dinámica los primeros 6 meses. Un 30% de los hematomas intramurales se reabsorbe sin presentar dilatación, un 25% evoluciona con disección

localizada y posterior formación de pseudoaneurismas, un 15% presenta disección clásica y otro 30%, una aneurismatización sacular o fusiforme (fig. 6). El control de esta evolución mediante técnicas de imagen ayuda a indicar el tratamiento más adecuado.

Aneurisma aórtico

La dilatación localizada de la aorta puede representar un verdadero o un falso aneurisma. La pared de los aneurismas afecta a las 3 capas de la aorta y resulta de la degeneración de las fibras elásticas de la media. Los falsos aneurismas, o pseudoaneurismas, no contienen toda la pared de la aorta ya que en ellos se

ha producido una perforación de ésta con penetración a través de la íntima y de la media. Los verdaderos aneurismas resultan del proceso arteriosclerótico, mientras que los pseudoaneurismas se forman después de un traumatismo, por una infección o por una disección localizada que evoluciona a partir de un hematoma.

Tanto la TC helicoidal como la angio-RM con contraste dan información sobre la causa, el pronóstico y el posible tratamiento de los aneurismas aórticos (fig. 7). El manejo adecuado de los aneurismas aórticos requiere la definición exacta del tamaño, el incremento anual del diámetro aórtico, la relación con los vasos arteriales y la presencia de trombos. Algunos estudios han comparado estas técnicas con la angiografía invasiva o la cirugía, y demostraron excelentes resultados^{21,22}. La RM con secuencias de eco-gradiente ayuda a diferenciar el flujo lento de las trombosis intraluminales.

Existen diversas etiologías que condicionan un aneurisma de aorta ascendente: congénita, degenerativa, mecánica, inflamatoria o infecciosa. Son, a menudo, completamente asintomáticas y se descubren incidentalmente en exploraciones radiológicas o ecocardiográficas de rutina. Se han descrito diferentes formas anatómicas de dilatación de la aorta ascendente según los componentes de la raíz aórtica implicados en la dilatación²³. La unión sinotubular está preservada en la dilatación de aorta ascendente secundaria a una estenosis aórtica, pero puede estar afectada en las otras etiologías. Aunque en los aneurismas relacionados con la presencia de una válvula aórtica displásica o con la hipertensión arterial se produce característicamente una dilatación de la aorta ascendente distal a la unión sinotubular, la dilatación, generalmente asimétrica, de la raíz aórtica se relaciona frecuentemente con el síndrome de Marfan o la ectasia anuloaórtica. La indicación

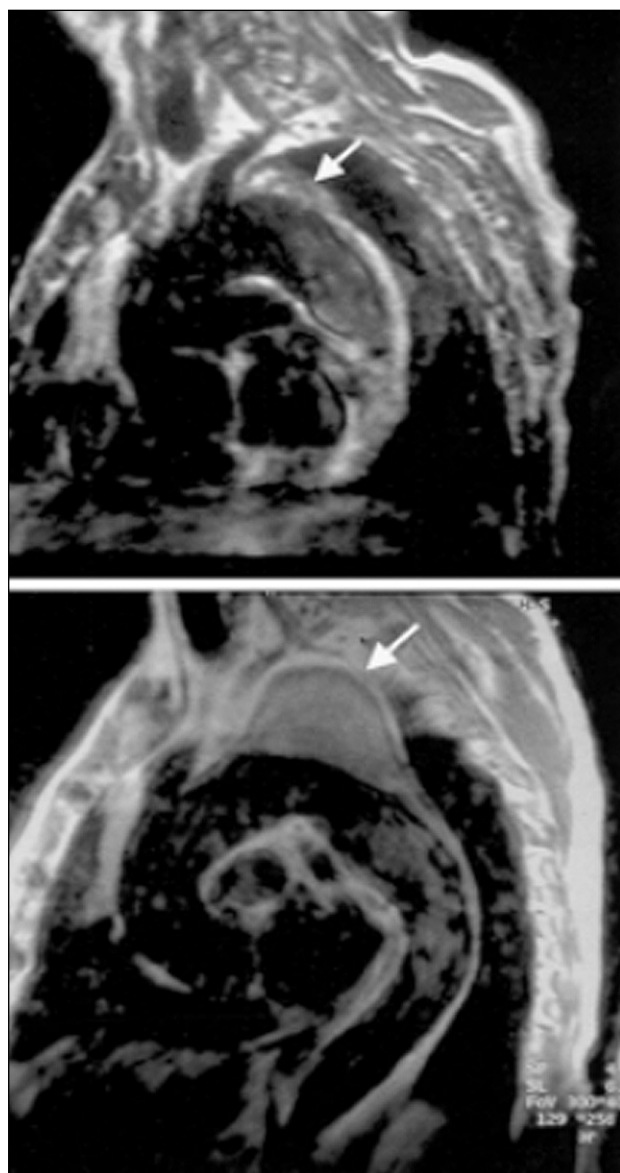


Fig. 6. Evolución de una úlcera arteriosclerótica con hematoma intramural (arriba) a un aneurisma sacular después de 9 años de seguimiento (abajo). El diámetro de la aorta a este nivel se incrementó de 36 a 98 mm.



Fig. 7. Aneurisma sacular al inicio de la aorta descendente (flecha).

de realizar el diagnóstico anatómico se deriva de que las diferentes alteraciones de la geometría de la raíz aórtica se asocian con distintos procedimientos quirúrgicos de sustitución de aorta ascendente²⁴. Tanto la RM como la TC multicorte se emplean frecuentemente en la evaluación de la enfermedad de la raíz aórtica. La ventaja de la RM, sin embargo, es la posibilidad de evaluar en el mismo procedimiento la función de la válvula aórtica y cuantificar la estenosis o regurgitación valvular asociadas.

Seguimiento posquirúrgico del aneurisma aórtico

Particular atención posquirúrgica merecen los pacientes con enfermedades congénitas o hereditarias de la aorta, como son el síndrome de Marfan, de Ehlers-Danlos, de Turner o la coartación aórtica (fig. 8). Estos pacientes, incluso después de la cirugía de la aorta ascendente, urgente o electiva, requieren un seguimiento estrecho ya que pueden desarrollar tanto aneurismas como disección de aorta distal al lugar del injerto protésico y complicaciones en la región de reimplantación de las arterias coronarias (seudoaneurismas). Finkbohner et al²⁵ demostraron que la incidencia a los 25 años de seguimiento de disección e intervención electiva por aneurisma de aorta toracoabdominal es la misma en pacientes con síndrome de Marfan intervenidos o no de aorta ascendente. La elasticidad aórtica en la aorta torácica descendente, determinada por la medida de la distensibilidad local y la velocidad de la onda de flujo mediante RM, ha demostrado ser un factor predictor independiente de complicaciones aórticas futuras²⁶.

Traumatismo en la aorta

Las lesiones de la aorta después de un traumatismo son el pseudoaneurisma, el hematoma intramural o la disección aórtica. Frecuentemente, el desgarro se localiza en la zona del ligamento arterioso y tiene la configuración de un aneurisma sacular localizado, usualmente acompañado de hematoma periaórtico. La proyecciones oblicua anterior izquierda y coronal demuestran en un alto porcentaje de casos el desgarro intimal.

Aunque el traumatismo aórtico causa una mortalidad precoz muy alta, en los pacientes que llegan al hospital la adventicia está habitualmente intacta y previene la salida masiva de sangre. Estos pacientes tienen otras lesiones que hacen de la TC una técnica más apropiada que la RM. Si hay signos concluyentes de rotura aórtica, debe plantearse directamente la reparación quirúrgica o el tratamiento endovascular²⁷.

Tratamiento endovascular

El tratamiento endovascular se ha convertido en una opción terapéutica que ha abierto nuevas expectativas al tratamiento del aneurisma, de la disección tipo B, de la úlcera aórtica y del traumatismo aórtico. Dependiendo de los grupos, la TC y la RM son las técnicas de elección para valorar la indicación del tratamiento endovascular (fig. 9). En cualquier caso, la información necesaria es conocer el diámetro máximo aórtico, la extensión de la patología aórtica a cubrir, la presencia de cuellos adecuados en la aorta no patológica y la distancia respecto de la salida de los troncos principales. Debe evitarse la sobrestimación del diámetro máximo aórtico con la TC. Después del procedimiento, la TC con contraste es la más adecuada para com-



Fig. 8. A: resonancia magnética en proyección sagital que muestra un aneurisma de raíz de aorta en un paciente con síndrome de Marfan. B: imagen 3D postoperatoria después de una cirugía de reimplantación de válvula aórtica nativa y sustitución de la raíz de aorta por un tubo de dacrón.

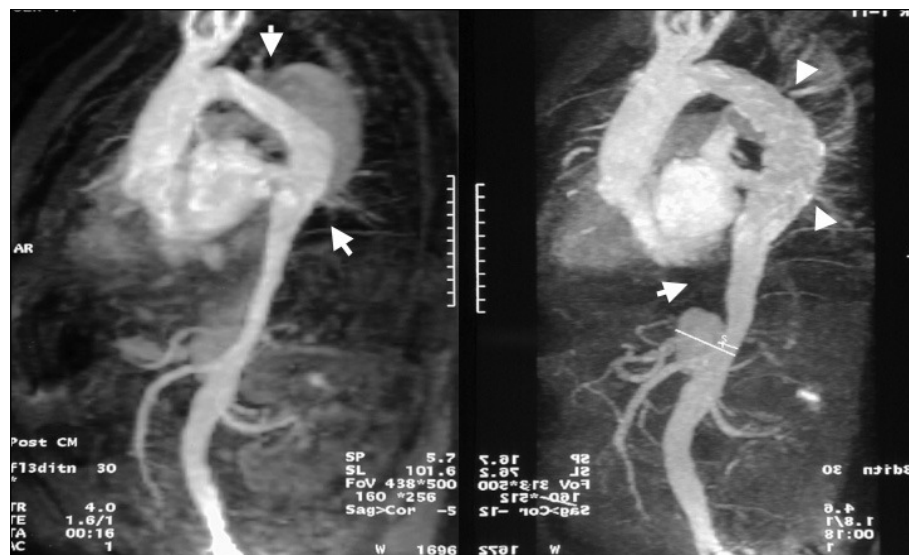


Fig. 9. Izquierda: disección de la aorta descendente con aneurismatización de la falsa luz (flechas). Derecha: control al mes de la implantación de una endoprótesis al inicio de la aorta descendente (flechas pequeñas). Obsérvese que distalmente al *stent* se trombosa la falsa luz hasta el inicio del tronco celiaco (flecha grande).

probar la correcta posición del *stent* y la ausencia de endofugas²⁸.

Coartación aórtica

La coartación se localiza frecuentemente enfrente de la salida del conducto arterioso, después de la subclavia izquierda. La RM es la técnica de elección en el diagnóstico de la coartación y en el seguimiento después del tratamiento quirúrgico o endovascular⁸. La técnica iden-

tifica el sitio y extensión de la coartación, la afectación de los troncos supraaórticos y la dilatación postestenótica (fig. 10). Con la cuantificación de las velocidades se puede calcular el gradiente sistólico. Por otra parte, la duración del flujo durante la diástole es de ayuda para determinar la severidad. La RM evidencia perfectamente la circulación colateral y puede calcular el volumen del flujo de la circulación colateral al poder restar el volumen de flujo de la parte proximal y distal de la aorta torácica. Los pacientes intervenidos de coartación de-



Fig. 10. Izquierda: resonancia magnética en proyección sagital que evidencia la presencia de una coartación de aorta (flecha) y de una severa dilatación de la aorta ascendente en un paciente con válvula aórtica bicúspide. Derecha: importante circulación colateral en una coartación aórtica severa.

ben ser estrechamente seguidos con técnicas de imagen dada la no despreciable incidencia de reestenosis, aneurismas en la región de la reparación y complicaciones en la aorta ascendente, sobre todo cuando se asocia la presencia de una válvula aórtica bicúspide²⁹.

La tortuosidad en la región del istmo sin una obstrucción significativa se conoce como pseudocoartación. Característicamente, esta anomalía no se acompaña de circulación colateral.

Existen otras anomalías congénitas, como el arco aórtico izquierdo con una arteria subclavia derecha aberrante, el arco aórtico derecho con una arteria subclavia izquierda aberrante o el doble arco aórtico, en las que la RM facilita el diagnóstico.

Aortitis

Aunque hay diversas causas de aortitis, la arteritis de Takayasu es la más frecuente. La RM permite identificar

la naturaleza estenótica difusa de la enfermedad, lo cual dificulta los accesos vasculares. La RM demuestra el típico engrosamiento difuso de la pared de la aorta y también la oclusión de las ramas arteriales (fig. 11). Característicamente, se evidencian engrosamientos asimétricos de la pared de la aorta causados por fibrosis. La aortitis se valora adecuadamente mediante *spin echo* y cine dinámico en el plano oblicuo izquierdo.

CONCLUSIONES

La RM es de gran utilidad en la valoración de la patología aórtica, especialmente en el seguimiento del síndrome aórtico agudo, en el control posquirúrgico de la patología de aorta ascendente y en el diagnóstico de la coartación de aorta. Las secuencias *spin echo*, angio-RM con contraste y cine-RM aportan una información morfológica y dinámica excelente que la definen como la técnica de referencia en el estudio de la afección aórtica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB, Manning WJ, Pohost GM, Rademakers FE, et al; Society for Cardiovascular Magnetic Resonance; Working Group on Cardiovascular Magnetic Resonance of the European Society of Cardiology. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel report. *Eur Heart J*. 2004;25:1940-65.
2. Pons Lledó G, Carreras Costa F, Castro Beiras A, Ferreiros Domínguez J, Iniguez Romo A, Jiménez Borreguero LJ, et al. Guías de la Sociedad Española de Cardiología en la práctica de Resonancia Magnética. *Rev Esp Cardiol*. 2000;53:542-59.
3. Moore AG, Eagle KA, Bruckman D, Moon BS, Malouf JF, Fattori R, et al. Choice of computed tomography, transesophageal echocardiography, magnetic resonance imaging and aortography in acute aortic dissection: International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *Am J Cardiol*. 2002;89:1235-8.
4. Yamada T, Tada S, Harada J. Aortic dissection without intimal rupture: diagnosis with MR imaging and CT. *Radiology*. 1988;168:347-52.
5. Nienaber CA, Von Kodolitsch Y, Petersen B, Loose R, Helmchen V, Haverich A, Spielmann RP. Intramural hemorrhage of the thoracic aorta: diagnostic and therapeutic implications. *Circulation*. 1995;92:1465-72.
6. Nienaber CA, Spielmann RP, Von Kodolitsch Y, Siglow V, Piepho A, Jaup T, et al. Diagnosis of thoracic aortic dissection: Cardiovascular magnetic resonance versus transeophageal echocardiography. *Circulation*. 1992;85:434-41.
7. Nienaber CA, Von Kodolitsch Y, Nicolas V, Siglow V, Piepho A, Brockhoff C, et al. The diagnosis of thoracic aortic dissection by non-invasive imaging procedures. *N Engl J Med*. 1993;328:1-9.
8. Godart F, Labrot G, Devos P, McFadden E, Rey C, Beregi JP. Coarctation of the aorta: comparison of aortic dimensions between conventional MR imaging, 3D MR angiography, and conventional angiography. *Eur Radiol*. 2002;12:2034-9.
9. Chang J-M, Frieses K, Caputo GR, Kondo Ch, Higgins CB. MR measurements of blood flow in the true and false channel in chronic aortic dissection. *J Comput Assist Tomogr*. 1991;15:418-23.
10. Evangelista A, Dicenta F, Lopez Lereu P, Igual B, Ferreira I, Gómez Z, et al. Valoración del tamaño de la aorta torácica por resonancia

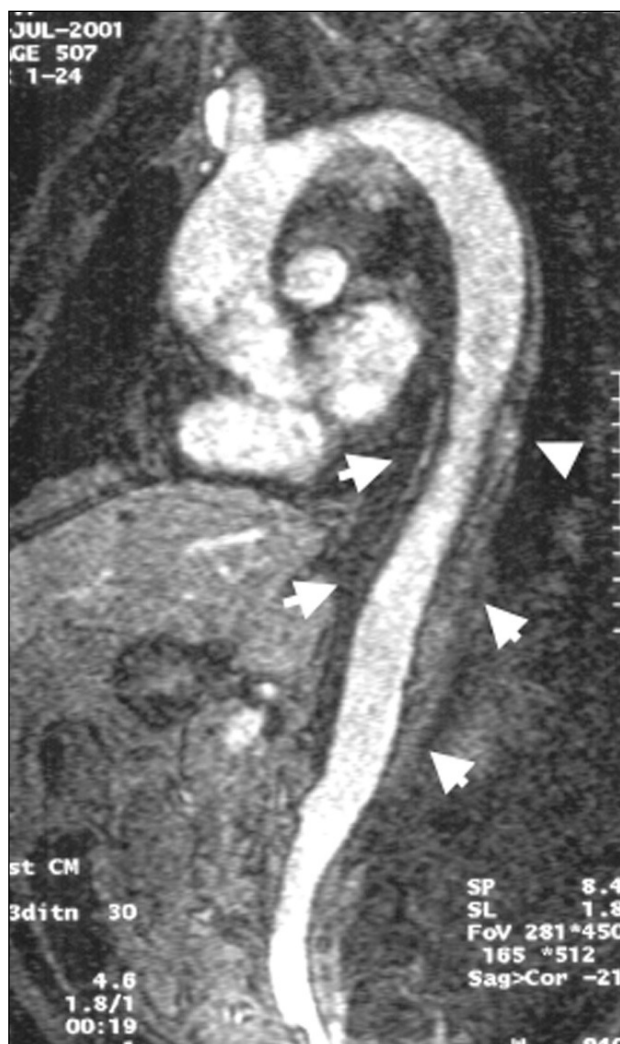


Fig. 11. Arteritis de Takayasu. Las flechas señalan el engrosamiento de la pared aórtica, que condiciona reducción localizada del diámetro de la luz aórtica.

- cia magnética. Nuevos criterios de normalidad. *Rev Esp Cardiol*. 2003;56 Supl 2:1-197.
11. Evangelista A. Historia natural y tratamiento del síndrome aórtico agudo. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57:667-79.
12. Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM, Bruckman D, Karavite DJ, Russman PL, et al. Eagle KA. The International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). New Insights Into an Old Disease. *JAMA*. 2000;283:897-903.
13. Laissy JP, Blanc F, Soyfer P, Assayag P, Sibert A, Tebboune D, et al. Thoracic aortic dissection: diagnosis with transesophageal echocardiography versus MR imaging. *Radiology*. 1995;194:331-6.
14. Evangelista A, O'Gara PT, Fattori R, Nienaber CA, Pape LA, Eagle KA. Acute Intramural Hematoma of the aorta: Unlocking the mystery: Lessons from the IRAD. *Circulation*. 2005;111:1063-70.
15. Evangelista A. Aortic Intramural Hematoma. Insights, mechanism and treatment Minisymposium Guest editor. Co-authors: Nienaber Ch, Dake M, Song J. *Heart*. 2004;90:367-79.
16. Evangelista A, Domínguez R, Sebastián C, Permanyer-Miralda G, González-Alija MT, Soler-Soler J. Prognostic value of clinical and morphologic findings in short-term evolution of Intramural hematoma. Therapeutic Implications. *Eur Heart J*. 2004;25:81-7.
17. Von Kodolitsch Y, Nienaber CA. Penetrating ulcer of the thoracic aorta: Natural history, diagnostic, and prognostic profiles. *Z Kardiol*. 1998;87:917-25.
18. Gómez Bosch Z, Avegliano G, Evangelista A, Sebastián C, Domínguez R, García del Castillo H, et al. Different evolution patterns of aortic ulcers [abstract]. *Eur Heart J*. 2004;25 Suppl: 640.
19. Inoue T, Watanabe S, Sakurada H, Ono K, Urano M, Hijikata Y, et al. Evaluation of flow volume and flow patterns in the patent false lumen of chronic aortic dissections using velocity-encoded cine magnetic resonance imaging. *Jpn Circ J*. 2000;64:760-4.
20. Evangelista A, Domínguez R, Sebastián C, Salas A, Permanyer-Miralda G, García del Castillo H, et al. Long-term follow-up of aortic intramural hematoma. Predictors of outcome. *Circulation*. 2003;108:583-9.
21. Fattori R, Nienaber C. MRI of acute and chronic aortic pathology: Pre-operative and postoperative evaluation. *J Magn Reson Imaging*. 1999;107:41-50.
22. Prince MR, Narasimham DL, Jacoby WT, Williams DM, Cho KJ, Marx MV, et al. Three-dimensional Gadolinium-enhanced MR angiography of the thoracic aorta. *AJR Am J Roentgenol*. 1996;166:1387-97.
23. Gallego P, Castro A, Barquero JM, Araji O, Valenzuela LF, Rivera J, et al. Functional anatomy of aortic regurgitation. Implications of transesophageal echocardiographic features for valve sparing surgery. *Eur Heart J*. 2003;24 Suppl:701.
24. El Khoury G, Glineur D, Rubay J, Verhelst R, D'Udekem d'Acoz Y, Poncelet A, et al. Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures. *Curr Opin Cardiol*. 2005;20:115-21.
25. Finkbohner R, Johnston D, Crawford ES, Coselli J, Milewicz DM. Marfan syndrome. Long-term survival and complications after aortic aneurysm repair. *Circulation*. 1995;91:728-33.
26. Nollen GJ, Meijboom LJ, Groenink M, Timmermans J, Barentsz JO, Merchant N, et al. Comparison of aortic elasticity in patients with the Marfan syndrome with and without aortic root replacement. *Am J Cardiol*. 2003;91:637-40.
27. Fattori R, Celletti F, Bertaccini P, Galli R, Pacini D, Pierangeli A, et al. Delayed surgery of traumatic aortic rupture. Role of magnetic resonance imaging. *Circulation*. 1996;94:2865-70.
28. Mita T, Arita T, Matsunaga N, Furukawa M, Zempo N, Esato K, et al. Complications of endovascular repair for thoracic and abdominal aortic aneurysm: an imaging spectrum. *Radiographics*. 2000;20:1263-78.
29. Oliver JM, Gallego P, Gonzalez A, Aroca A, Bret M, Mesa JM. Risk factors for aortic complications in adults with coarctation of the aorta. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44:1641-7.