

Le point de vue du radiologue

Jean-François DEUX
jean-francois.deux@aphp.fr

Le scanner et l'IRM permettent une évaluation précise de la morphologie et des diamètres de l'aorte thoracique grâce à des plans de coupes précis¹. Il est recommandé d'utiliser ces techniques en complément de l'ETT en cas de mauvaise visualisation échographique de l'aorte ascendante ou lorsque son diamètre approche les seuils décisionnels. Même si leurs performances sont globalement équivalentes en terme de diagnostic et de visualisation d'un anévrisme de l'aorte thoracique, ils présentent des particularités techniques, des forces et des limites pouvant amener à opter pour telle ou telle technique suivant les cas.

Exploration scannographique de l'aorte

Le scanner offre de nombreux avantages pour étudier l'aorte thoracique et constitue la modalité d'imagerie en coupe la plus utilisée pour faire un bilan d'anévrisme aortique. Il offre une résolution spatiale élevée supérieure à celle de l'IRM (en moyenne voxel de 0,5 x 0,5 x 0,5 mm) et autorise la réalisation de types de reconstructions variés (3D, curviligne, Maximum Intensity Projection, Volume Rendering). Il permet une exploration de la totalité de l'aorte thoracique ou thoraco-abdominale en quelques secondes, sous réserve de disposer d'une machine récente idéalement avec plus de 64 rangées de détecteurs. Il est particulièrement performant pour détecter des calcifications pariétales (information à prendre en compte avant remplacement chirurgical aortique) ainsi que pour analyser une aorte déjà opérée par chirurgie classique ou par endoprothèse, certains types de prothèse pouvant créer des artéfacts en IRM.

Techniquement, le scanner nécessite de réaliser le plus souvent une injection intra veineuse de produit de contraste iodé afin d'optimiser l'analyse de la lumière et de la paroi aortique, notamment pour mettre en évidence un ulcère athéromateux pénétrant, un flap de dissection ou une aortite. L'acquisition des images est effectuée au temps artériel après injection avec détection de bolus. En cas de dissection une acquisition plus tardive (60 secondes) est effectuée afin de vérifier la perméabilité ou la thrombose du faux chenal².

Des coupes sans injection sont également utiles si un hématome pariétal aortique est suspecté (ce dernier apparaîtra spontanément dense). Les scanners récents offrent la possibilité de synchroniser l'acquisition des images à l'ECG (« gating » cardiaque) ce qui réduit les artéfacts de mouvements sur la racine aortique et l'aorte ascendante, et améliore la reproductibilité des mesures (Figure 1).

AVRIL 2016

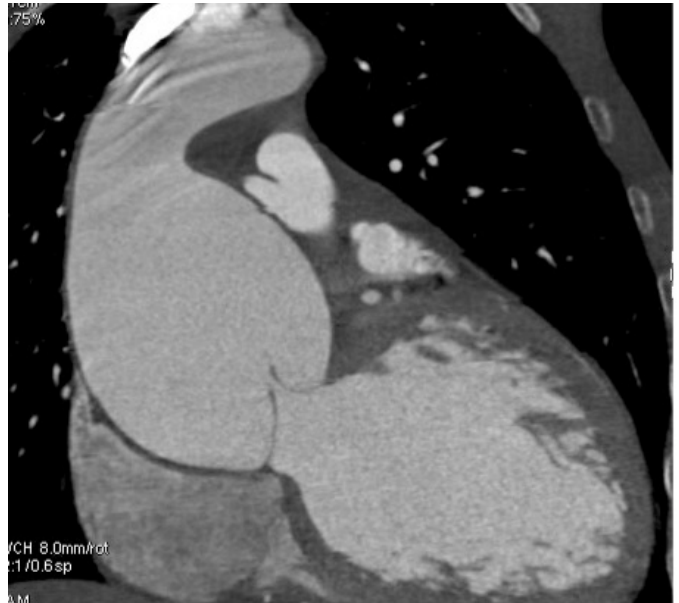


FIGURE N° 1 : Image TDM montrant un anévrisme de l'aorte ascendante de la racine aortique et de la partie initiale du segment 1. Noter l'absence d'artéfacts de mouvements du fait de l'utilisation d'une synchronisation ECG pendant l'acquisition des images.

Le « *gating* » cardiaque offre également la possibilité d'étudier dans le même temps les artères coronaires et les valves cardiaques. Enfin, si un « *gating* » dit rétrospectif a été utilisé pour la synchronisation, il est possible d'étudier la cinétique valvulaire aortique et de calculer les volumes et la fonction ventriculaire gauche en post acquisition. Il faut toutefois savoir que ce type d'acquisition entraîne un surcroît d'exposition RX par rapport à une synchronisation purement diastolique (dites prospective).

Les points faibles du scanner sont le caractère potentiellement néphrotoxique du produit de contraste iodé et l'exposition RX induite par l'examen. Cette dernière a toutefois été nettement réduite par le développement de techniques permettant une émission RX limitée à la diastole (synchronisation prospective) ainsi que par la modulation des milli ampères et la réduction des kilovolts (80 ou 100 kV) pendant l'acquisition des images.

Les diamètres aortiques à donner à partir des images sont ceux de l'anneau aortique (en cas de bilan pré TAVI), des sinus Valsalvas, de la jonction sino-tubulaire, du segment 1 dans sa largeur maximale, du segment 1 avant le TABC, de la crosse aortique et de l'aorte thoracique descendante.

Au niveau des sinus de Valsalvas, les mesures peuvent s'effectuer d'un Valsalva à une commissure ou d'un Valsalva à l'autre, tout en sachant que cette dernière

technique majeure le diamètre de 2 mm par rapport à la distance commissure-Valsalva.

Quelle que soit la technique il est recommandé de faire 3 mesures (une pour chaque sinus) et de les moyenner ou de donner le plus grand des 3 diamètres en cas d'asymétrie³.

Toutes les mesures aortiques doivent être effectuées orthogonalement au grand axe de l'aorte: l'utilisation de la technique dite de la ligne centrale, qui permet de mesurer automatiquement le diamètre aortique dans le plan orthogonal au grand axe, est utile mais peut nécessiter des retouches manuelles (Figure 2).

Cette technique permet également des mesures précises de distance entre un anévrisme de l'aorte thoracique descendante et l'origine des TSA (notamment la SC gauche) si un traitement endovasculaire ou hybride est envisagé.

Il est également possible d'effectuer les mesures en double obliquité en étant vigilant sur la position des plans de coupes dans les différents plans (Figure 3).



FIGURE N° 3 : Exemple de calcul du diamètre aortique maximal avec la technique de la double obliquité. Deux plans orthogonaux entre eux (A, B) et passant par la racine aortique sont affichés. Un troisième plan est positionné orthogonalement à la racine aortique (ligne bleue) afin d'obtenir le diamètre des sinus de Valsalvas (C).

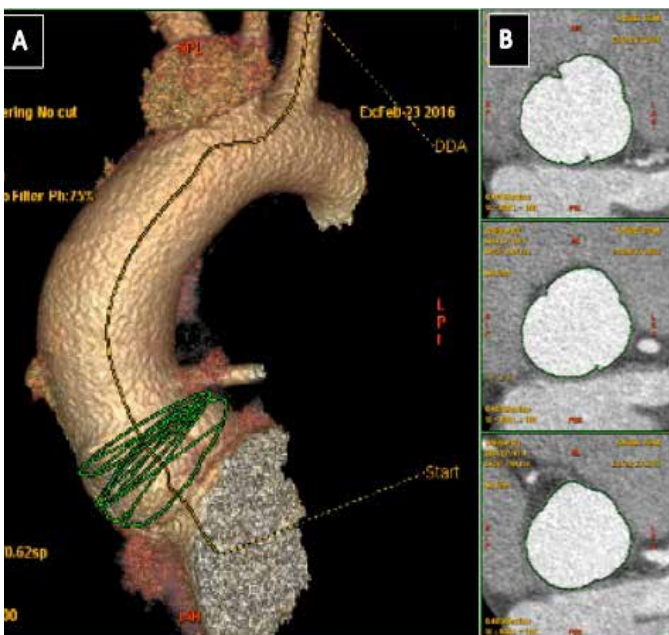


FIGURE N° 2 : Technique de la ligne centrale permettant de mesurer le diamètre d'un anévrisme de l'aorte ascendante de façon automatique. À partir d'un point d'entrée dans le ventricule gauche et de sortie dans l'artère sous clavière gauche, le logiciel reconstruit une ligne virtuelle (A) passant par le centre de la lumière aortique, projetée ici sur une représentation 3D de l'aorte (A). Il est alors possible d'obtenir le diamètre maximal de l'anévrisme dans un plan orthogonal au grand axe de l'aorte en tout point de la ligne centrale. Les contours de la lumière aortique sont automatiquement détectés par le logiciel et le diamètre maximal est calculé (B).



FIGURE N° 4 : Reconstructions 3D volumiques en mode Volume Rendering (VR) d'une aorte thoracique (A, B) effectuées dans le cadre du bilan pré opératoire d'un volumineux anévrisme de la crosse aortique (tête de flèche).

Des images 3D en mode Maximum Intensity Projection (MIP) ou Volume Rendering (VR) sont intéressantes dans le cadre d'un bilan préopératoire d'anévrisme (Figure 4), dans le cas d'un anévrisme de l'aorte ascendante survenant sur une aorte déjà opérée (par chirurgie classique ou par endoprothèse)



FIGURE N° 5 : Reconstructions volumiques 3D dans 2 incidences différentes (A, B) mettant en évidence un anévrisme (flèche) développé au niveau de l'anastomose distale d'un tube prothétique sus coronaire (tête de flèche).

(Figure 5) ou dans le bilan d'une coarctation⁴.

Concernant les mesures, il n'y a pas de consensus des sociétés savantes au sujet de la position des marqueurs par rapport à la paroi (bord interne-bord interne, bord interne-externe) ainsi que sur le moment à choisir dans le cycle cardiaque. En pratique, des mesures diastoliques sont le plus souvent effectuées (exception faite de l'anneau aortique pour les prothèses aortiques valvulaires percutanées mesurées en systole).⁵

Les valeurs normales, qui varient en fonction de l'âge et du sexe, sont identiques entre les modalités dans les recommandations internationales (échographie, scanner et IRM)³.

A titre d'exemple la limite supérieure de la racine aortique est de 42 mm après 70 ans chez l'homme et 39 mm chez la femme³. Les études ayant étudiées la reproductibilité des mesures (intra ou inter observateurs) montrent des variations entre 1,6 à 5 mm⁶. Les dernières recommandations suggèrent donc de considérer avec prudence des variations de diamètres ≤ 3 mm entre 2 scanners réalisés avec synchronisation ECG (5 mm en ETT)^{3,7}.

|| Exploration de l'aorte thoracique en IRM

L'IRM permet également une étude précise des diamètres et de la morphologie aortique^{1,8}. Techniquement plusieurs types de séquences peuvent être utilisés pour analyser l'aorte.

La séquence d'angio-IRM 3D pondérée T1 avec injection de gadolinium est souvent employée pour étudier l'aorte. Elle permet de visualiser la lumière artérielle en 3D en quelques secondes après injection de gadolinium sans

synchronisation cardiaque (Figure 6). Une synchronisation cardiaque peut être ajoutée pour augmenter la précision des mesures.



FIGURE N° 6 : Reconstruction en mode Maximum Intensity Projection (MIP) obtenue à partir d'une séquence d'angio IRM de l'aorte thoracique. L'IRM met en évidence une coarctation localisée sur l'aorte thoracique descendante après le départ de l'artère sous clavière gauche (flèche). Noter les nombreuses voies de dérivation via les artères intercostales (double flèche) et la dilatation de l'aorte ascendante (tête de flèche) chez une patiente porteuse d'une bicuspidie.

Des séquences 3D sans injection avec synchronisation cardiaque et respiratoire peuvent également être utilisées permettant d'obtenir une imagerie « sang blanc » de l'aorte en quelques minutes avec une précision comparable voire supérieure aux séquences injectées^{9,10}. Ces séquences 3D permettent de mesurer les diamètres aortiques standards (anneau, sinus de Valsalvas, jonction sino-tubulaire, segment 1, crosse et aorte descendante). Les mesures sont effectuées en double obliquité.

Des séquences de ciné IRM peuvent également être employées pour mesurer les diamètres aortiques et visualiser la cinétique d'ouverture de la valve aortique à la recherche d'une bicuspidie.

L'IRM permet par ailleurs de rechercher une inflammation de la paroi aortique (aortite) ou de saignement pariétal

(hématome intra mural) à l'aide de séquences « sang noir » T1 et T2¹¹.

Enfin, les séquences de vélocimétrie (contraste de phase) sans injection fournissent des informations utiles sur de la valve aortique (mesure de la fraction de régurgitation en cas d'insuffisance aortique par exemple), permettent d'étudier les vortex sanguins en 3D dans l'aorte^{12,13} et de calculer des paramètres fonctionnels comme la rigidité aortique¹⁴.

Les performances de l'IRM sont comparables à celles du scanner dans la pathologie aortique en termes de précision de mesure d'un anévrisme de l'aorte thoracique⁸. Son avantage majeur par rapport au scanner tient à l'absence d'exposition aux rayons X induite par l'examen, ce qui fait recommander cette technique dans le suivi des patients porteurs d'une dilatation non chirurgicale de l'aorte ou d'une dissection aortique de type B¹⁵. Elle conserve également un avantage en cas d'allergie à l'iode et de fonction rénale altérée (même si des précautions doivent également être prises avec les chélates de gadolinium en cas d'insuffisance rénale).

Ses faiblesses relatives tiennent à son absence de visualisation des calcifications pariétales aortiques, la possibilité d'artéfacts induits par les endoprothèses thoraciques gênant l'analyse aortique et ses contre indications spécifiques pouvant notamment poser problème chez des patients porteurs d'un dispositif cardiaque implantable.

II Conclusion

Au total, le scanner et l'IRM sont 2 techniques d'imagerie performantes pour faire le bilan d'un anévrisme de l'aorte thoracique en complément de l'ETT. Les mesures doivent être effectuées en double oblique ou en utilisant la technique de la ligne centrale au niveau de plans de référence précis. La mise en place d'une standardisation des techniques de mesure permettrait probablement d'augmenter encore la fiabilité du scanner et de l'IRM chez les patients porteurs d'une dilatation de l'aorte⁶.

Le scanner est particulièrement performant dans le cadre d'un bilan pré opératoire, dans le cas d'aortes déjà opérées⁴ et chez les patients présentant un anévrisme thoracique douloureux¹⁶. Il peut également permettre d'évaluer dans le même temps d'examen les artères coronaires et la valve aortique.

L'IRM, du fait de son caractère non irradiant, est particulièrement recommandée dans le cadre du suivi des patients porteur d'un anévrisme aortique mais restant à distance des seuils opératoires³ ou chez les patients porteurs d'une dissection aortique de type B.



RÉFÉRENCES

1. Stojanovska J, Rodriguez K, Mueller GC, Agarwal PP. MR Imaging of the Thoracic Aorta. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2015;23:273-291.
2. Baliga RR et al. The role of imaging in aortic dissection and related syndromes. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014;7:406-424.
3. Goldstein SA et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging: endorsed by the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28:119-182.
4. Hanneman K, Chan FP, Mitchell RS, Miller DC, Fleischmann D. Pre- and Postoperative Imaging of the Aortic Root. *Radiographics*. 2016;36:19-37.
5. Jurecak T et al. MDCT evaluation of aortic root and aortic valve prior to TAVI. What is the optimal imaging time point in the cardiac cycle? *Eur Radiol*. 2015;25:1975-1983.
6. Asch FM et al. The Need for Standardized Methods for Measuring the Aorta: Multimodality Core Lab Experience From the GenTAC Registry. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9:219-226.
7. Erbel R et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014;35:2873-2926.
8. Hundley WG et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:2614-2662.
9. Potthast S et al. Measuring aortic diameter with different MR techniques: comparison of three-dimensional (3D) navigated steady-state free-precession (SSFP), 3D contrast-enhanced magnetic resonance angiography (CE-MRA), 2D T2 black blood, and 2D cine SSFP. *J Magn Reson Imaging*. 2010;31:177-184.
10. Veldhoen S et al. Exact monitoring of aortic diameters in Marfan patients without gadolinium contrast: intraindividual comparison of 2D SSFP imaging with 3D CE-MRA and echocardiography. *Eur Radiol*. 2015;25:872-882.
11. Macedo TA, Stanson AW, Oderich GS, Johnson CM, Panneton JM, Tie ML. Infected aortic aneurysms: imaging findings. *Radiology*. 2004;231:250-257.
12. Stankovic Z, Allen BD, Garcia J, Jarvis KB, Markl M. 4D flow imaging with MRI. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2014;4:173-192.
13. Hope MD et al. Bicuspid aortic valve: four-dimensional MR evaluation of ascending aortic systolic flow patterns. *Radiology*. 2010;255:53-61.
14. Ohyama Y et al. Ten-year longitudinal change in aortic stiffness assessed by cardiac MRI in the second half of the human lifespan: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016.
15. Sherrah AG, Valley MP, Grieve SM, Jeremy RW, Hendel PN, Puranik R. Clinical utility of magnetic resonance imaging in the follow-up of chronic aortic type B dissection. *Heart Lung Circ*. 2014;23:e157-e159.
16. Steenburg SD, Ravenel JG, Ikonomidis JS, Schonholz C, Reeves S. Acute traumatic aortic injury: imaging evaluation and management. *Radiology*. 2008;248:748-762.