

■ Revues générales

Place de l'imagerie multimodale dans l'insuffisance aortique

RÉSUMÉ: L'imagerie multimodalité permet d'épauler l'échographie pour évaluer une insuffisance aortique (IA) et fait partie intégrante des dernières recommandations des sociétés savantes. L'ETT reste au premier plan, suivie par l'IRM en cas d'images de mauvaise qualité ou de résultats équivoques. L'épreuve d'effort ou l'échographie d'effort sont intéressantes pour démasquer les symptômes et pour le suivi du patient.

Si le mécanisme de l'IA n'est pas clair, qu'une chirurgie conservatrice est envisagée, ou que les autres techniques sont contre-indiquées ou non contributives, l'ETO est l'examen de choix. Pour l'analyse de l'aorte, l'ETT est parfois suffisante.

Si une pathologie aortique est évoquée en ETT, une imagerie en coupe est nécessaire (IRM ou scanner), pour décider ou non d'une intervention (particulièrement le scanner), ou pour servir de référence pour le suivi (plutôt par IRM si l'ETT n'est pas suffisante).



F. LE VEN

Service de Cardiologie, CHRU de BREST.

L'insuffisance aortique (IA) est une pathologie relativement peu fréquente, de diagnostic difficile à l'examen clinique, atteignant des patients souvent asymptomatiques. Bien que les recommandations européennes et américaines sur son diagnostic et sa prise en charge aient assez peu évolué depuis une vingtaine d'années, se fondant essentiellement sur des études échographiques, elles intègrent dorénavant les modalités d'imagerie plus récentes comme l'IRM et le scanner [1, 2].

Les questions essentielles que doit se poser le clinicien face à une IA sont :

- quelle est sa sévérité ?
- quel est son mécanisme ?
- quelles sont les conséquences hémodynamiques, particulièrement sur le ventricule gauche ?
- existe-t-il une aortopathie associée ?
- une intervention chirurgicale est-elle indiquée et, si oui, de quel type ?

Nous allons aborder ce que chaque modalité d'imagerie apporte comme

réponses et leur place dans la démarche diagnostique.

■ Techniques échographiques

1. Échographie cardiaque transthoracique

Son accessibilité et sa nature non invasive en font l'examen de première intention, souvent suffisant, pour évaluer une IA. Pour apprécier la sévérité, six paramètres sont principalement utilisés [3]. Les trois premiers sont la surface de l'orifice régurgitant, le volume régurgité (VR) et la fraction de régurgitation (FR). Ils sont obtenus soit par la mesure de la PISA (*Proximal Isovelocity Surface Area*), soit par méthode volumétrique. Ensuite, le diamètre de la *vena contracta* et le diamètre du jet par rapport à celui de la chambre de chasse ventriculaire gauche sont obtenus en observant le jet de régurgitation en Doppler couleur lorsqu'il traverse la valve aortique. Le dernier est la présence ou non d'un reflux

holodiastolique mesuré au niveau de l'isthme aortique en Doppler pulsé et sa vitesse en télediastole.

Toutes ces mesures sont souvent difficiles à réaliser en pratique. Elles sont impactées par l'échogénicité du patient, les réglages de l'appareil et la présence de calcifications et sont moins fiables en présence d'un jet excentré. La méthode volumétrique nécessite plusieurs mesures, toutes sujettes à des erreurs qui la rendent peu reproducible. La PISA, quand elle est visible, est souvent de petite taille, mal délimitée, et il est parfois laborieux d'obtenir un bon alignement entre la sonde et le jet, ce qui entraîne une sous-estimation des vitesses. Les fuites de prothèse, notamment périprothétiques, sont particulièrement délicates à quantifier.

Concernant le retentissement ventriculaire, l'échographie peut l'évaluer de façon fiable par la méthode Simpson ou tridimensionnelle afin d'obtenir des volumes et la fraction d'éjection ventri-

culaire gauche (FEVG). L'absence de dilatation ventriculaire gauche significative évoque une IA non sévère. Malgré les progrès en imagerie, permettant d'obtenir des volumes de façon fiable, l'indication opératoire reste encore fondée sur les diamètres ventriculaires gauches depuis l'étude pivot de Bonow *et al.* [4] qui montrait qu'un diamètre télésystolique > 50 mm était associé à un mauvais pronostic chez les patients non opérés.

2. Échographie transœsophagienne

Compte tenu de sa nature semi-invasive, l'échographie transœsophagienne (ETO) reste un examen de deuxième intention. Ses atouts sont une excellente résolution spatiale et temporelle permettant souvent une meilleure quantification de l'IA et surtout une appréciation précise de son mécanisme (**fig. 1**). Le développement récent des techniques de plasties valvulaires aortiques rend ce temps de l'examen crucial. El Khoury *et al.* [5] ont développé une classification des mécanismes similaire à celle de l'insuffisance mitrale:

- type 1: dilatation de l'anneau avec cusps normales;
- type 2: prolapsus de cusp ou fenestration;
- type 3: restriction des mouvements valvulaires.

D'autres mesures spécifiques requises pour évaluer la faisabilité d'une plastie sont aussi à réaliser, comme les hauteurs de coaptation et effective [6]. Les mesures de la *vena contracta*, de la largeur du jet et la visualisation de la PISA sont souvent plus aisées qu'en échographie transthoracique (ETT). L'ETO présente cependant des limites, notamment une baisse de la qualité des images en cas de prothèse mitrale ou aortique, une évaluation du retentissement ventriculaire souvent plus compliquée et des flux d'IA mal alignés avec la sonde.

3. Échographie d'effort

Elle est recommandée pour tenter d'objectiver le retentissement fonctionnel d'une IA, notamment la réalité du caractère asymptomatique ou non, qui conditionne l'indication opératoire [1, 2]. Chez les patients véritablement asymptomatiques, elle peut servir de référence pour le suivi. Concernant les paramètres échographiques, qui permettent une stratification pronostique, les données restent pour le moment peu convaincantes. Des études par scintigraphie ont montré un lien entre l'augmentation de la FEVG à l'effort et l'absence d'événement chez les patients asymptomatiques, mais cela n'a pas été retrouvé par échographie [4, 7]. L'absence d'élévation du TAPSE à l'effort semble être associée à un moins bon pronostic [8]. Certaines études rapportent un intérêt de l'augmentation de la PAPS à l'effort, qui reste d'interprétation délicate, car elle peut s'élever de façon très importante même chez des athlètes [9, 10].

De manière générale, les paramètres échographiques sont parfois discordants, voire ininterprétables. Il faut donc privilégier une évaluation globale intégrant l'ensemble des données,

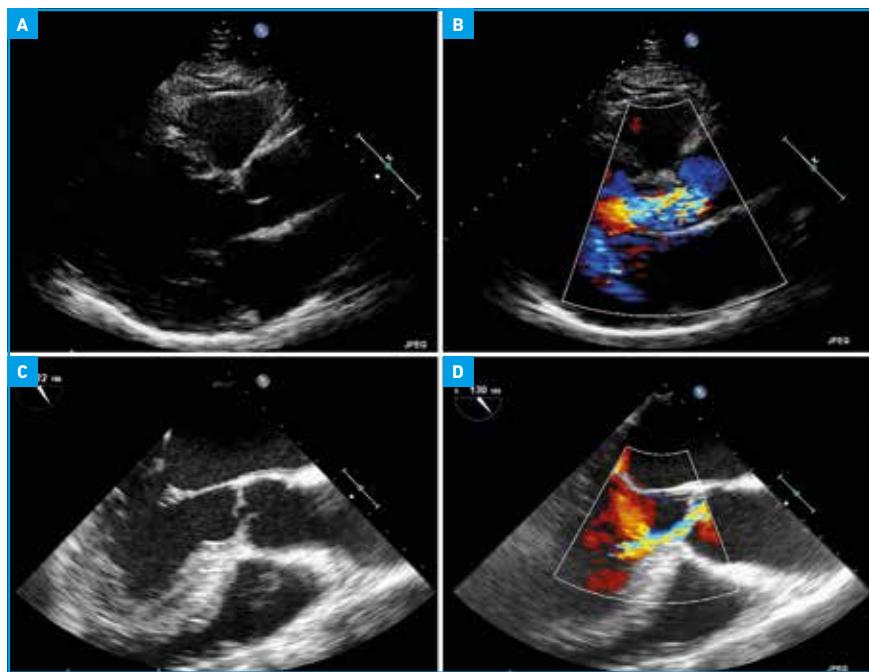


Fig. 1: Exemple de l'intérêt de l'ETO dans l'évaluation d'une IA. En ETT (A et B), cette IA est difficile à quantifier car les paramètres usuels (*vena contracta*, diamètre du jet...) ne sont pas mesurables de façon fiable. Cela est en revanche bien plus aisés en ETO (C et D). Le mécanisme y apparaît aussi plus clairement (ici prolapsus de la cusp postérieure). Ce patient a pu bénéficier d'une plastie valvulaire aortique avec un excellent résultat.

■ Revues générales

notamment les dimensions cavitaires. Mais cela ne suffit pas toujours. Il est dorénavant recommandé d'avoir recours à l'imagerie en coupe si les résultats sont équivoques [1, 2].

■ IRM

La quantification d'une IA par IRM peut être effectuée soit par la méthode volumétrique, soit par la technique d'encodage de vitesse par contraste de phase (CP). La méthode volumétrique compare les volumes d'éjection des deux ventricules. Bien que plus précise qu'en échographie, cette méthode se heurte à une variabilité de mesure des volumes ventriculaires droits et n'est plus valide dans certaines polyvalvulopathies (par exemple en cas d'insuffisance tricuspidienne associée).

Le CP, plus fiable, permet d'estimer les vitesses de déplacement des protons et donc du sang en fonction de la variation de phase des spins [11]. Le CP peut être obtenu en bidimensionnel ou tridimensionnel, aussi appelé "4D flow". Bien que ce dernier soit prometteur, notamment dans les cardiopathies congénitales, l'acquisition 2D est actuellement la plus utilisée étant donné sa simplicité, sa rapidité d'acquisition et d'analyse (1 apnée, post-traitement simple). Les valeurs de VR et FR obtenues par CP sont plus reproductibles que par échographie (**fig. 2**) [12].

Le plan d'acquisition étant au niveau de l'aorte, les mesures restent robustes même en cas de jets excentrés ou d'IA sur prothèse. La présence d'une prothèse biologique, TAVI ou mécanique ne constitue d'ailleurs pas une contre-indication à la réalisation de l'IRM dans la majorité des cas. Des études indiquent cependant que les valeurs seuils pour définir la sévérité d'une IA semblent différentes entre échographie et CP. Gelfand *et al.* [12] ont constaté qu'une IA estimée sévère par échographie correspondait à une FR > 27 % en IRM par CP. Une autre étude a montré que, chez des patients atteints d'IA asymptomatique, une FR

POINTS FORTS

- L'ETT est l'examen de première intention, souvent suffisant, pour évaluer une IA.
- L'ETO permet une évaluation plus aisée, surtout du mécanisme de l'IA, élément crucial si une chirurgie "conservatrice" de la valve aortique est envisagée.
- L'IRM cardiaque est indiquée lorsque l'échographie ne permet pas de conclure ou lorsqu'il existe une discordance entre les données échographiques et la clinique.
- Les valeurs seuils de VR et de FR pour définir une IA sévère en IRM restent à définir précisément et semblent inférieures à l'échographie.
- L'apport principal du scanner est celui de l'évaluation précise de la morphologie aortique, notamment dans le cadre du bilan préopératoire, associée à l'analyse des coronaires.

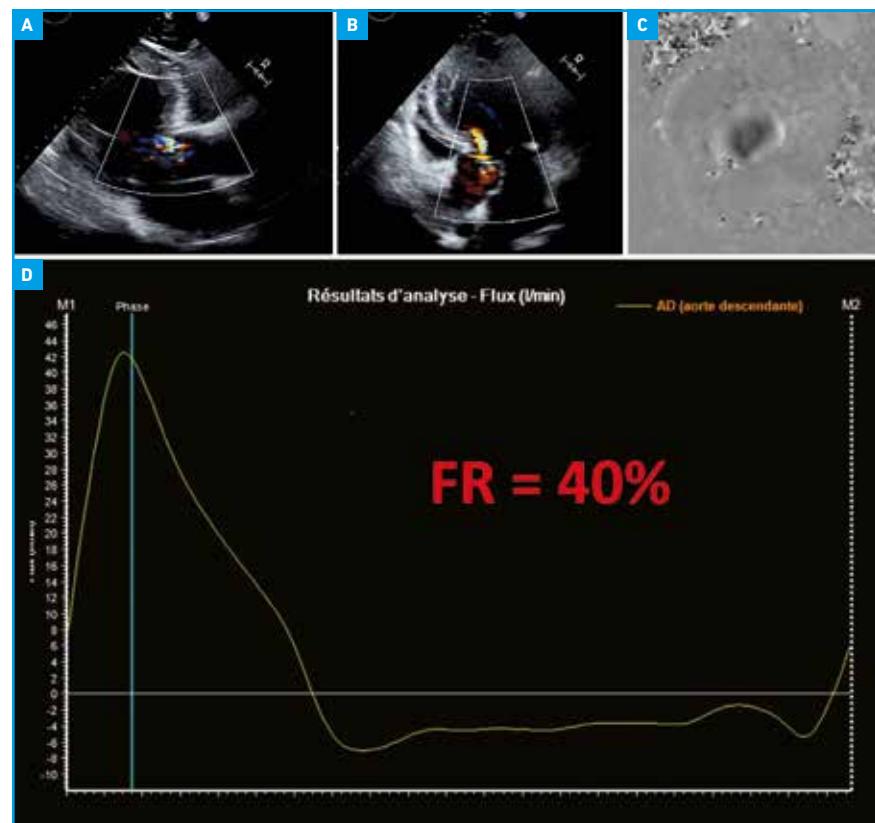


Fig. 2: Patient de 70 ans présentant une dilatation ventriculaire gauche depuis plusieurs années, associée à une insuffisance aortique difficile à quantifier en ETT, considérée de sévérité moyenne (A et B). La quantification par contraste de phase en IRM (C et D) indiquait une IA sévère (fraction de régurgitation [FR] = 40 %). Après remplacement valvulaire, le patient a récupéré des volumes ventriculaires normaux.

> 33 % et un VR > 42 mL étaient associés à la survenue d'une chirurgie valvulaire dans les 2,6 ans (**fig. 3**) [13]. Bien que les données pronostiques disponibles soient limitées, les valeurs seuils de sévérité semblent plus basses qu'en échographie (FR > 50 % et VR > 60 mL). D'autres auteurs ont retenu que la présence d'un flux rétrograde télédiastolique > 10 mL/s était évocateur d'une IA sévère [14].

Par rapport aux autres techniques, l'IRM a une résolution spatiale limitée qui rend l'interprétation de fines structures mobiles, comme les cusps aortiques, difficile. Ce n'est donc pas le meilleur examen pour évaluer le mécanisme de l'IA. En revanche, la présence d'une bicuspidie est en général aisément identifiable.

L'IRM est considérée comme le *gold standard* pour la mesure des volumes ventriculaires gauches et la FEVG. L'étude de Myerson *et al.*, précédemment citée (**fig. 3**) [13], montre qu'un volume télédiastolique ventriculaire gauche > 246 mL est associé à la survenue d'une chirurgie valvulaire plus précoce pour les patients atteints d'IA

asymptomatique. Cette constatation est encore plus nette lorsqu'il existe aussi une FR > 33 %. Ces valeurs sont néanmoins issues de données rétrospectives, où la prise en charge des patients était fortement influencée par les paramètres échographiques.

Concernant le retentissement ventriculaire, l'IRM permet de mettre en évidence la présence de plages de fibrose myocardique focale qui sont associées à une persistance des symptômes, une mauvaise récupération de la fonction systolique et une plus forte morbi-mortalité après chirurgie de remplacement valvulaire [15]. Les nouvelles techniques de cartographie T1 devraient permettre de détecter la fibrose diffuse, de survenue plus précoce et potentiellement réversible [16]. La plupart des données sur le sujet concernent le rétrécissement aortique et des études prospectives s'avèrent nécessaires pour déterminer l'intérêt de la recherche de fibrose en pratique clinique. Les résultats préliminaires laissent entrevoir le potentiel de ces techniques pour envisager une intervention plus précoce chez certains patients asymptomatiques.

Au cours du même examen, l'angio-IRM permet d'évaluer la morphologie de l'aorte de façon tridimensionnelle. Cela est particulièrement utile lorsque le patient est peu échogène ou pour ne pas sous-estimer les diamètres aortiques, surtout en cas de valeurs proches des seuils d'indication opératoire. L'angio-IRM est aussi un bon examen pour le suivi des dilatations aortiques du fait de sa nature non irradiante, lorsque les conditions d'observation en échographie sont suboptimales ou lorsqu'il existe une discordance entre les valeurs observées par techniques de coupe et l'échographie [1, 2].

Scanner

La force de l'angioscanner aortique réside dans son excellente résolution spatiale inframillimétrique. Il est l'examen de référence pour évaluer la morphologie de l'aorte et est recommandé lorsque les diamètres aortiques approchent des critères d'intervention [1, 2]. Il présente aussi l'avantage de pouvoir être couplé à l'analyse des coronaires dans le cadre d'un bilan préopératoire. Cependant, il n'est pas idéal de le répéter pour le suivi des patients avec dilatation aortique du fait de l'irradiation et de la nécessité d'injecter un produit de contraste iodé. L'évaluation des calcifications et de la présence ou non d'une bicuspidie est aussi plus aisée. Certains auteurs ont rapporté une bonne corrélation entre la taille de l'orifice régurgitant évaluée par planimétrie et la quantification de l'IA par IRM [17]. Le scanner est aussi capable d'évaluer la masse, les volumes et la fraction d'éjection ventriculaire gauche, au prix d'une résolution temporelle moins bonne qu'en échographie ou en IRM. Il est néanmoins difficile d'obtenir une quantification précise de l'IA.

Cathétérisme

L'évaluation par cathétérisme d'une IA présente de multiples désavantages

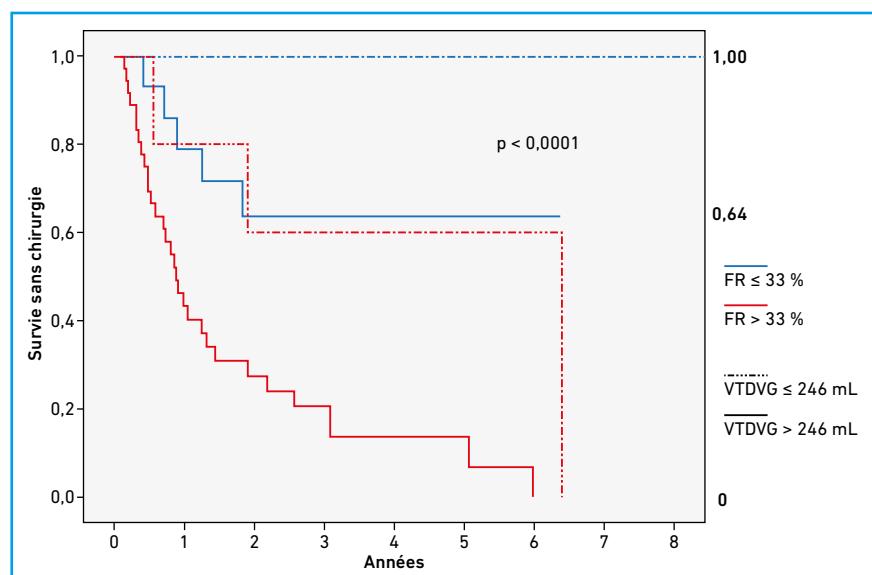


Fig. 3: Courbes Kaplan-Meier de survie sans chirurgie cardiaque en fonction de la fraction de régurgitation et du volume télédiastolique en IRM de 113 patients asymptomatiques ayant une IA moyenne ou sévère sur un suivi allant jusqu'à 9 ans (adapté de [13]). FR: fraction de régurgitation ; VTDVG: volume télédiastolique du ventricle gauche.

■ Revues générales

comme le caractère invasif, la nécessité d'injection de produit de contraste iodé, l'irradiation et une quantification moins précise. Elle est cependant toujours présente dans les recommandations américaines, en cas de difficultés pour quantifier les volumes/fonctions ventriculaires et la sévérité de l'IA par échographie ou en cas de discordances entre les paramètres d'imagerie et la présentation clinique. En pratique, cette évaluation devrait être proposée en dernier recours, lorsque les autres méthodes, notamment l'IRM et l'ETO, sont prises en défaut ou peut être envisagée dans le cadre d'un bilan coronarographique préopératoire afin de corroborer le caractère sévère de l'IA.

■ Conclusion

Les techniques d'imagerie cardiaque multimodales peuvent pallier les limites de l'échographie. Leur place est dorénavant clairement délimitée dans les dernières recommandations des sociétés savantes. Des travaux prospectifs restent cependant nécessaires pour préciser le rôle et les valeurs seuils des différents paramètres morphologiques, hémodynamiques et de caractérisation tissulaire dans la stratification pronostique et la prise en charge des patients, particulièrement lorsqu'ils sont asymptomatiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. VAHANIAN A, BEYERSDORF F, PRAZ F *et al.*; ESC/EACTS Scientific Document Group; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*, 2021 Aug 28;ehab395.
2. OTTO CM, NISHIMURA RA, BONOW RO *et al.* 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, 2021;143:e72-e227.
3. LANCELLOTTI P, TRIBOUILLOY C, HAGENDORFFA *et al.* Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013; 14:611-644.
4. BONOW RO, LAKATOS E, MARON BJ *et al.* Serial long-term assessment of the natural history of asymptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular systolic function. *Circulation*, 1991;84:1625-1635.
5. EL KHOURY G, GLINEUR D, RUBAY J *et al.* Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures. *Curr Opin Cardiol*, 2005;20:115-121.
6. KUNIHARA T. Aortic valve repair for aortic regurgitation and preoperative echocardiographic assessment. *J Med Ultrason*, 2019;46:51-62.
7. BORER JS, HOCHREITER C, HERROLD EM *et al.* Prediction of indications for valve replacement among asymptomatic or minimally symptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular performance. *Circulation*, 1998;97:525-534.
8. KUSUNOSE K, AGARWAL S, MARWICK TH *et al.* Decision making in asymptomatic aortic regurgitation in the era of guidelines incremental values of resting and exercise cardiac dysfunction. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2014;7:352-362.
9. LANCELLOTTI P, DULGERU R, GO YY *et al.* Stress echocardiography in patients with native valvular heart disease. *Heart*, 2018;104:807-813.
10. LA GERCHE A, CLAESSEN G, DYMARKOWSKI S *et al.* Exercise-induced right ventricular dysfunction is associated with ventricular arrhythmias in endurance athletes. *Eur Heart J*, 2015;36:1998-2010.
11. CAROFF J, BIÈRE L, TREBUCHET G *et al.* Applications of phase-contrast velocimetry sequences in cardiovascular imaging. *Diagn Interv Imaging*, 2012; 93:159-170.
12. GELFAND E, HUGHES S, HAUSER T *et al.* Severity of Mitral and Aortic Regurgitation as Assessed by Cardiovascular Magnetic Resonance: Optimizing Correlation with Doppler Echocardiography. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2006;8:503-507.
13. MYERSON SG, D'ARCY J, MOHIADDIN R *et al.* Aortic regurgitation quantification using cardiovascular magnetic resonance: association with clinical outcome. *Circulation*, 2012;126:1452-1460.
14. BOLEN MA, POPOVIC ZB, GABRIEL RS *et al.* Cardiac MR Assessment of Aortic Regurgitation: Holodiastolic Flow Reversal in the Descending Aorta Helps Stratify Severity. *Radiology*, 2011; 260:98-104.
15. AZEVEDO CF, NIGRI M, HIGUCHI ML *et al.* Prognostic significance of myocardial fibrosis quantification by histopathology and magnetic resonance imaging in patients with severe aortic valve disease. *J Am Coll Cardiol*, 2010;56: 278-287.
16. FLETT AS, HAYWARD MP, ASHWORTH MT *et al.* Equilibrium contrast cardiovascular magnetic resonance for the measurement of diffuse myocardial fibrosis: preliminary validation in humans. *Circulation*, 2010;122:138-144.
17. KO SM, PARK JH, SHIN JK *et al.* Assessment of the regurgitant orifice area in aortic regurgitation with dual-source CT: Comparison with cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2015;9:345-353.

L'auteur a déclaré être consultant pour General Electric.