

■ Revues générales

Insuffisance aortique post-TAVI : méthodes diagnostiques et prise en charge

RÉSUMÉ : Ces 15 dernières années ont vu l'apparition et l'essor des valves aortiques implantées par voie percutanée dans la prise en charge du rétrécissement aortique serré symptomatique. L'insuffisance aortique post-implantation, essentiellement paravalvulaire, pose la problématique de sa quantification précise en raison de son impact pronostique et de sa prise en charge, en cas de sévérité supérieure ou égale à modérée.

Des critères ont été proposés pour évaluer sa sévérité, à l'aide de techniques hémodynamiques et d'imagerie, mais l'évaluation est rendue difficile par son caractère anatomique spécifique. Sa prise en charge, parfois nécessaire, repose quant à elle sur différentes techniques, aussi bien préventives que curatives, réalisables en pré-, per- et post-procédure.



**N. BETTINGER¹, E. DURAND^{1,2},
H. ELTCHANINOFF^{1,2}**

¹ Service de cardiologie,
CHU Charles Nicolle, ROUEN.

² Unité INSERM 1096, ROUEN.

■ Mécanismes

Le mécanisme prépondérant dans les insuffisances aortiques après implantation d'une valve aortique par voie percutanée (TAVI) réside dans une ou plusieurs fuites paravalvulaires. Celles-ci peuvent être de mécanismes multiples (**fig. 1**) :

- le degré des calcifications de la valve native, leur inhomogénéité de répartition, leur localisation sur l'anneau aortique ou les commissures ou la zone d'apposition de la bioprothèse, rendant incomplète l'étanchéité entre la bioprothèse et l'anneau aortique ;
- la position trop haute ou trop basse de la bioprothèse par rapport à l'anneau aortique ;
- le sous-dimensionnement de la prothèse par rapport à la dimension de l'anneau.

Certaines études avec la CoreValve ont également mis en évidence l'angle entre l'aorte et la chambre de chasse ventricu-

laire gauche comme prédicteur d'insuffisance aortique paravalvulaire [1].

■ Incidence

La survenue d'une régurgitation aortique dépend également du type de prothèse implantée. Des études comparatives et les registres publiés sur la valve Edwards Sapien et la Medtronic CoreValve retrouvent une prédominance de fuite avec ce dernier modèle [2]. L'avènement des valves de dernière génération, Sapien 3 chez Edwards et CoreValve Evolut-R chez Medtronic, a cependant permis une réduction drastique des fuites paravalvulaires avec, notamment, l'ajout d'un système de jupe assurant une meilleure étanchéité entre la bioprothèse et l'anneau aortique.

Les derniers taux publiés pour l'insuffisance aortique paravalvulaire supérieure ou égale à modérée sont de 3,4 % avec la Sapien 3 et l'Evolut-R [3, 4] et 0 % dans

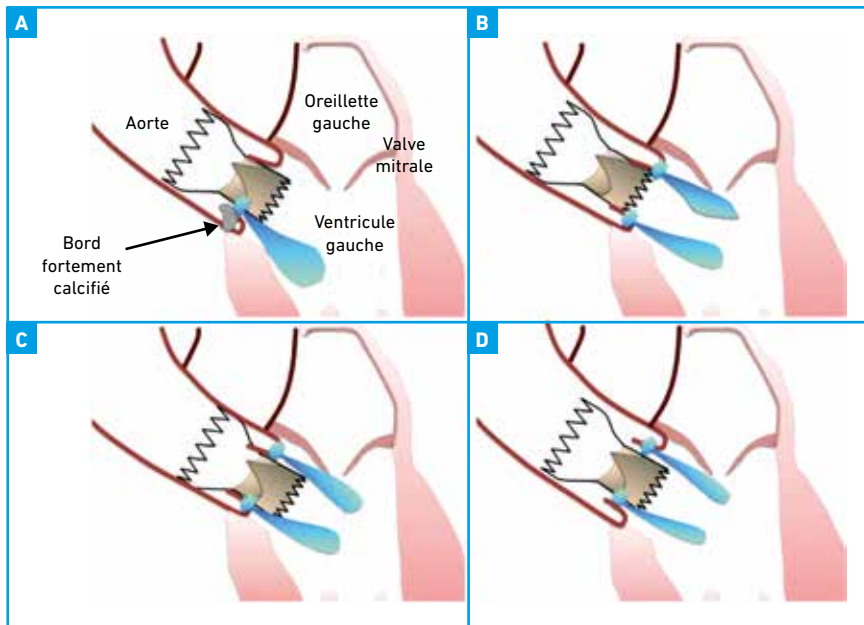


Fig. 1 : Mécanisme des fuites paravalvulaires. **A :** Calcification annulaire ou de cusp de la valve native. **B :** implantation trop haute. **C :** implantation trop basse. **D :** mismatch entre la taille de la prothèse et celle de l'anneau aortique. Copyright © The American College of Cardiology. All rights reserved.

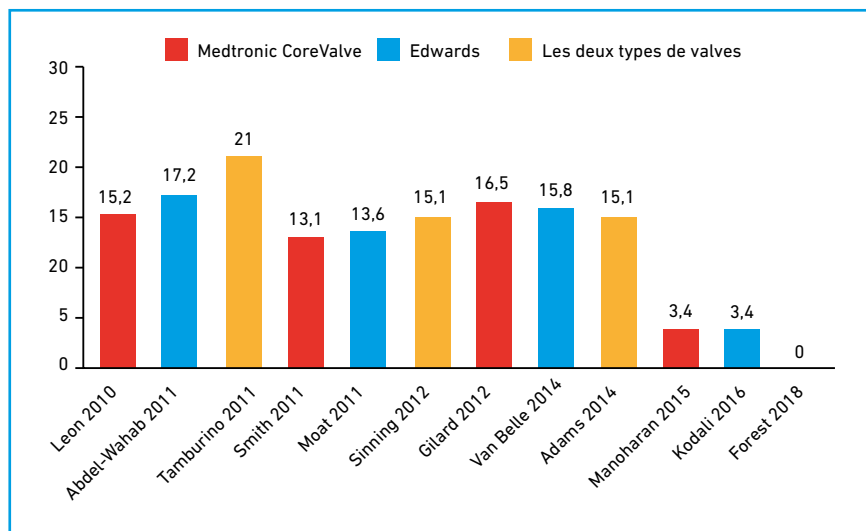


Fig. 2 : Évolution de l'incidence de l'insuffisance aortique post-TAVI.

une étude récente mais sur une faible population avec la dernière génération de valve auto-expansible Evolut PRO [5] alors qu'ils atteignaient près de 20 % au cours des premières années (**fig. 2**). La problématique de l'insuffisance aortique en post-TAVI semble donc désormais appartenir au passé.

Retentissement

L'impact des fuites post-TAVI a été largement étudié. Kodali *et al.* ont démontré qu'une régurgitation légère ou modérée à sévère était significativement associée à une augmentation de la mortalité à 1 an [6]. Les études et registres publiés sur ce

sujet montrent également qu'il existe un lien entre la sévérité de la fuite et l'impact en termes de morbi-mortalité. Cette différence n'est en revanche pas mise en évidence dans l'étude PIVOT CoreValve US à 1 an [7].

Par ailleurs, le pronostic diffère selon la présence ou l'absence d'une insuffisance aortique avant la procédure. En effet, les régurgitations paravalvulaires sont mieux tolérées par les patients ayant une insuffisance aortique préalable. Cette différence s'explique par le remodelage hypertrophique lié au rétrécissement et la dysfonction diastolique qui en résulte [8]. On retrouve également comme facteur prédictif de meilleure tolérance la présence d'une dilatation ventriculaire gauche et d'une dysfonction ventriculaire gauche [9].

Quantification

Il est difficile de quantifier ces fuites paravalvulaires en post-procédure, parfois constituées de jets multiples, d'importance variable et sans critère spécifique défini.

Différentes techniques de mesure sont réalisables : angiographie sus-aortique, échographie transthoracique (ETT) ou transœsophagienne (ETO), imagerie par résonnance magnétique (IRM), index de pression aortique.

En premier lieu, VARC-2 [10] a défini l'échocardiographie comme outil d'évaluation de référence. En per-procédure, l'échocardiographie peut être réalisée par voie transœsophagienne en cas d'anesthésie générale ou transthoracique en cas de sédation légère. Cette évaluation échographique peut être réalisée à l'aide d'une sonde 3D.

Pour le suivi, l'échocardiographie est réalisée par voie transthoracique.

Comparativement à l'insuffisance aortique sur valve native, l'évaluation en

Revue générale

post-TAVI est rendue plus compliquée par les localisations variables (intra- et paravalvulaires), la présence de jets multiples et les irrégularités de forme des différents jets.

Il est préconisé une évaluation au moins semi-quantitative, en s'aidant notamment de l'incidence parasternale petit axe pour quantifier le pourcentage de la circonférence impliquée. Ces recommandations précisent également, dès que c'est possible, l'utilisation de méthodes quantitatives telles que la surface de l'orifice régurgitant, le volume régurgitant et la fraction de régurgitation. En cas de jets multiples, ces paramètres doivent être additionnés. Les insuffisances aortiques post-TAVI sont alors classées en 3 catégories : minime, modérée et sévère (**tableau I**). Les auteurs reconnaissent cependant les limites de cette méthode liées aux difficultés de mesure.

Pibarot *et al.* ont proposé une classification dédiée à cette pathologie, avec des paramètres plus adaptés, en 5 classes, adaptables aux 3 classes proposées dans les recommandations actuelles [11]. Cette classification permettrait une quantification plus précise et plus objective et sa conversion possible dans la classification VARC-2 serait bénéfique à la fois sur le plan clinique mais également dans un objectif de recherche clinique.

L'angiographie sus-aortique post-implantation, utilisée depuis les débuts de la technique, est une évaluation

semi-quantitative en 4 grades (1 à 4) selon la classification de Sellers, basée sur la densité et la distribution du contraste refluant de l'aorte vers le ventricule gauche :

- grade 1 : jet régurgitant opacifiant le VG en diastole, sans remplissage complet du ventricule et nettoyé à chaque cycle cardiaque ;
- grade 2 : opacification de tout le VG en diastole avec une densité de contraste moins importante dans le VG que dans l'aorte ascendante ;
- grade 3 : opacification de tout le VG en diastole avec une densité de contraste équivalente dans le VG et l'aorte ascendante ;
- grade 4 : opacification de tout le VG en diastole dès le premier cycle, avec une densité de contraste plus importante dans le VG que dans l'aorte ascendante.

Elle a l'avantage d'être facilement réalisable au décours immédiat de l'implantation mais présente plusieurs inconvénients : sa subjectivité liée à la quantité de contraste injectée, les variations en fonction du positionnement de la sonde, la qualité de l'imagerie, l'évaluation unidimensionnelle, l'expérience de l'opérateur mais aussi la nécessité d'une injection de produit de contraste iodé chez des patients souvent atteints d'insuffisance rénale et, enfin, l'absence de précision sur le caractère intra- ou paravalvulaire.

Elle doit être réalisée quelques minutes après l'implantation de la valve, particu-

lièrement avec la CoreValve, sa structure en nitinol continuant à s'expandre après l'implantation

L'évaluation hémodynamique repose sur l'index de régurgitation aortique (IRA) et se calcule à partir des pressions aortiques et intraventriculaires gauches enregistrées après implantation de la valve [12] (**fig. 3**). Sa formule est la suivante : $IRA = [(pression\ aortique\ diastolique - pression\ télédiastolique\ VG) / pression\ aortique\ systolique] \times 100$. La fuite aortique est significative lorsque cet index est inférieur à 25 %, avec une augmentation de la mortalité à 1 an, que ce soit dans le groupe avec insuffisance aortique modérée ou celui avec insuffisance aortique modérée/sévère. Sinning *et al.* ont récemment proposé une amélioration de ce concept en y associant le ratio entre l'IRA en pré- et en post-procédure [13]. Ainsi, la mortalité est significativement plus élevée lorsque l'IRA est inférieur à 25 % et que le ratio est inférieur à 0,6.

Comme pour l'angiographie, cet index offre l'avantage de pouvoir être réalisé simplement au cours de la procédure mais il est sujet à des variations importantes, en rapport avec des anomalies de compliance aortique ou ventriculaire gauche, l'utilisation de drogues sédatives, d'inotropes et de vasopresseurs, la présence d'un guide positionné à travers la valve aortique. Comme pour l'angiographie sus-aortique, cette méthode ne permet pas de préciser le caractère intra- ou paravalvulaire de la fuite.

Ces deux dernières méthodes ne peuvent être utilisées seules mais doivent être combinées entre elles et idéalement avec l'échocardiographie, l'approche multiparamétrique étant certainement la méthode la plus fiable dans ces évaluations difficiles.

L'IRM myocardique semble être un outil très intéressant dans ce cas particulier des fuites aortiques paraprothétiques puisqu'il permet de calculer la fraction de régurgitation, indépendamment des

	Minime	Modérée	Sévère
Paramètres semi-quantitatifs			
Flux diastolique aorte descendante	Absent Protodiastolique	Intermédiaire	Holodiastolique
Extension circonférentielle de la régurgitation paravalvulaire (%)	< 10	10-29	≥ 30
Paramètres quantitatifs			
Volume régurgitant (mL)	< 30	30-59	≥ 60
Fraction de régurgitation (%)	< 30	30-49	≥ 50
Surface d'orifice régurgitant (cm ²)	< 0,10	0,10-0,29	≥ 0,30

Tableau I : Quantification de l'insuffisance aortique par échocardiographie selon VARC-2.

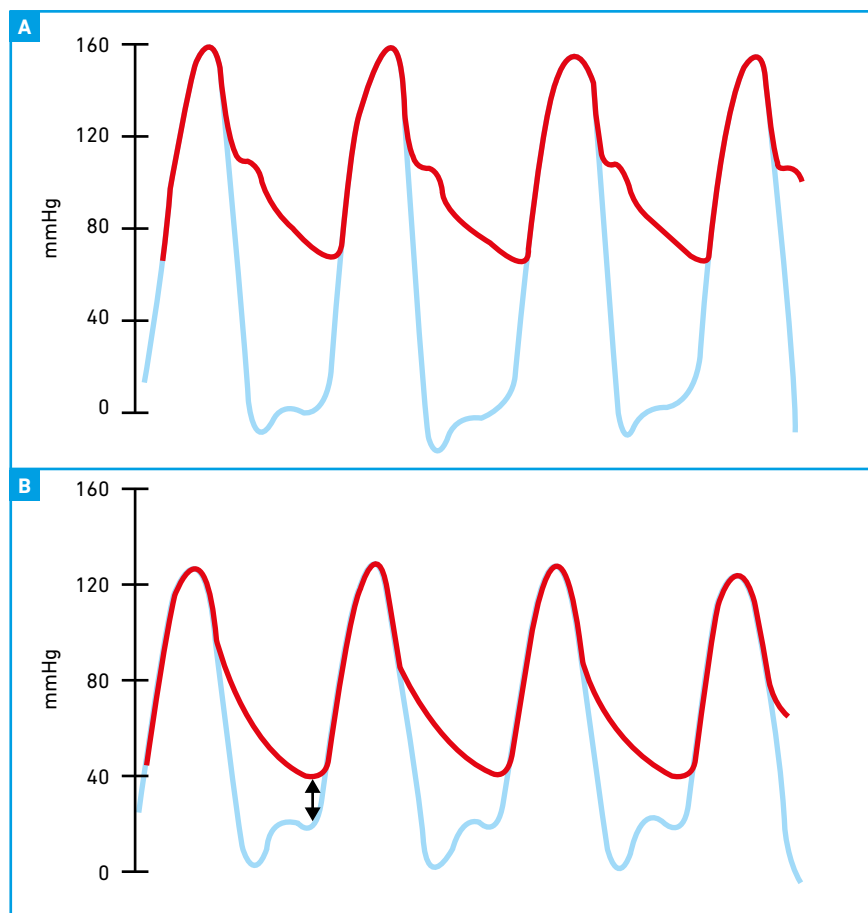


Fig. 3 : Calcul de l'index de régurgitation aortique. Mesure simultanée de la pression télédiastolique VG (PTDVG) (ligne bleue) et de la pression aortique diastolique (PAD) dans l'aorte (ligne rouge) chez un patient sans insuffisance aortique paravalvulaire (A) et chez un patient avec insuffisance aortique paravalvulaire modérée (B) pour le calcul de l'index de régurgitation aortique: $((PAD - PTDVG)/PAS) \times 100$. (A) Index de régurgitation aortique = $((65 - 10)/160) \times 100 = 34,4$; (B) Index de régurgitation aortique = $((40 - 20)/130) \times 100 = 15,4$. Copyright © The American College of Cardiology. All rights reserved.

difficultés liées au nombre de jets, à leur forme et à leur localisation. L'évaluation se fait par la mesure du flux aortique au niveau de la racine aortique, juste au-dessus de la bioprothèse, en systole puis en diastole.

Par ce principe, l'IRM a cependant tendance à surestimer la fraction de régurgitation puisqu'elle prend notamment en compte le flux coronaire en diastole. L'interprétation peut également être difficile en présence d'artéfacts mais aussi d'une arythmie compliquant les séquences d'acquisitions. On comprend également que la population bénéficiant d'un TAVI peut présenter des contre-

indications telles que la présence de matériel prothétique métallique empêchant la réalisation d'une IRM même si les stimulateurs cardiaques IRM compatibles sont de plus en plus implantés dans cette population. Enfin, le coût et l'accessibilité, souvent cités comme limites de cet examen, restent un frein pour l'utilisation de cette technique en pratique de routine.

■ Prise en charge

Afin de minimiser la survenue de ces insuffisances aortiques, plusieurs techniques sont réalisables.

>>> **En pré-procédure**, l'imagerie tient une place fondamentale dans le "sizing" de l'anneau afin de choisir la taille optimale de valve. Le *gold standard* est le scanner injecté avec des mesures prises en systole mais l'on peut également s'aider de l'échographie cardiaque, idéalement transœsophagienne 3D, ou de logiciel dédié en post-traitement des acquisitions scannographiques. Ces derniers outils, via des reconstructions 3D, permettent également de choisir l'incidence optimale à utiliser lors du positionnement et du déploiement de la valve.

>>> **En post-procédure immédiate**, selon l'index de pression VG-aorte et la quantification de l'insuffisance aortique par angiographie ou échographie, il est possible de réaliser une **post-dilatation aortique au ballon** afin d'optimiser l'expansion de la valve, que celle-ci soit expansible au ballon ou auto-expansible. Elle est réalisée avec un ballon légèrement surdimensionné par rapport à la taille de la valve implantée. Elle permet dans la majorité des cas une réduction de la sévérité de la fuite, avec l'obtention d'une insuffisance aortique minime, mais expose à une majoration du risque d'accident vasculaire cérébral [14]. Il s'agit d'une technique de première intention, relativement simple, largement utilisée par les équipes implantant ces valves.

La "**Snare-technique**", utilisable en cas de positionnement trop bas (ventriculaire) d'une CoreValve consiste à utiliser un cathéter, positionné à travers l'une des mailles du stent de la valve, et de tracter celui-ci pour diminuer la profondeur d'implantation de la valve [15, 16]. Cette technique peut cependant se compliquer avec, par exemple, un risque de dissection aortique et s'avérer difficile avec un retour à la position initiale de la valve, après relâchement de la tension exercée.

Elle tend à disparaître avec l'arrivée de la Corevalve Evolut-R, récupérable et repositionnable au cours de l'intervention selon les constatations per-

Revue générale

procédurales. Elle n'est pas réalisable avec la valve Edwards Sapien.

L'implantation d'une seconde valve (**valve-in-valve**) est également une option à envisager, essentiellement pour les régurgitations intravalvulaires et les régurgitations paravalvulaires par défaut de positionnement de la valve, que celle-ci soit trop haute ou trop basse. Cette technique arrive en 3^e intention, après les deux techniques citées précédemment. Elle consiste à implanter une nouvelle valve percutanée dans la première et peut être réalisée au cours de la primo-implantation ou à distance. Les premières séries publiées ont montré son efficacité [17, 18].

>>> Enfin, en post-procédure, en cas d'insuffisance aortique significative symptomatique, et ce malgré l'utilisation des techniques précédemment évoquées, il est possible de proposer au patient deux stratégies :

– la première consiste en une fermeture percutanée de la fuite paravalvulaire par un Amplatzer, permettant une réduction significative de la sévérité de la régurgitation [19, 20]. Cette procédure est réalisée sous contrôle ETO pour le guidage per-procédural et l'évaluation du résultat post-procédure ;

– la seconde est une prise en charge chirurgicale conventionnelle consistant en l'ablation de la bioprothèse implantée par voie percutanée et la mise en place d'une valve chirurgicale si le risque opératoire est acceptable [21].

BIBLIOGRAPHIE

1. SHERIF MA, ABDEL-WAHAB M, STOCKER B *et al.* Anatomic and procedural predictors of paravalvular aortic regurgitation after implantation of the Medtronic CoreValve bioprosthesis. *J Am Coll Cardiol*, 2010;56:1623-1629.
2. ABDEL-WAHAB M, MEHILLI J, FRERKER C, NEUMANN FJ *et al.* Comparison of bal-

loon-expandable vs self-expandable valves in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: the CHOICE randomized clinical trial. *JAMA*, 2014;311:1503-1514.

3. KODALI S, THOURANI VH, MAKAR RR *et al.* Early clinical and echocardiographic outcomes after SAPIEN 3 transcatheter aortic valve replacement in inoperable, high-risk and intermediate-risk patients with aortic stenosis. *Eur Heart J*, 2016;37:2252-2262.
4. MANOHARAN G, WALTON AS, BRECKER SJ *et al.* Treatment of Symptomatic Severe Aortic Stenosis With a Novel Resheathable Supra-Annular Self-Expanding Transcatheter Aortic Valve System. *JACC Cardiovasc Interv*, 2015;8:1359-1367.
5. FORREST JK, MANGI AA, POPMA JJ *et al.* Early outcomes with the Evolut PRO repositionable self-expanding transcatheter aortic valve with pericardial wrap. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018;11:160-168.
6. KODALI S, PIBAROT P, DOUGLAS PS *et al.* Paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve replacement with the Edwards sapien valve in the PARTNER trial: characterizing patients and impact on outcomes. *Eur Heart J*, 2015;36:449-456.
7. ADAMS DH, POPMA JJ, REARDON MJ *et al.* Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis. *N Engl J Med*, 2014;370:1790-1798.
8. VAN BELLE E, JUTHIER F, SUSEN S *et al.* Postprocedural aortic regurgitation in balloon-expandable and self-expandable transcatheter aortic valve replace-

POINTS FORTS

- L'insuffisance aortique post-TAVI a considérablement diminué avec l'avènement des valves de dernière génération.
- L'évaluation de la sévérité des insuffisances aortiques est difficile. Elle doit être multiparamétrique et repose essentiellement sur l'échocardiographie.
- Une insuffisance aortique paravalvulaire supérieure ou égale à modérée doit faire l'objet d'une prise en charge afin de réduire sa sévérité.
- Cette prise en charge repose sur des techniques percutanées ou chirurgicales pouvant être réalisées au cours de la procédure ou à distance.

ment procedures: analysis of predictors and impact on long-term mortality: insights from the FRANCE2 Registry. *Circulation*, 2014;129:1415-1427.

9. BORZ B, DURAND E, GODIN M *et al.* Does residual aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation increase mortality in all patients? The importance of baseline natriuretic peptides. *Int J Cardiol*, 2014;173:436-440.
10. KAPPETEIN AP, HEAD SJ, GENEREUX P *et al.* Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: the Valve Academic Research Consortium-2 consensus document. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013;145:6-23.
11. PIBAROT P, HAHN RT, WEISSMAN NJ *et al.* Assessment of paravalvular regurgitation following TAVR: a proposal of unifying grading scheme. *JACC Cardiovascular Imaging*, 2015;8:340-360.
12. SINNING JM, HAMMERSTINGL C, VASANICOTERA M *et al.* Aortic regurgitation index defines severity of peri-prosthetic regurgitation and predicts outcome in patients after transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol*, 2012;59:1134-1141.
13. SINNING JM, STUNDL A, PINGEL S *et al.* Pre-Procedural Hemodynamic Status Improves the Discriminatory Value of the Aortic Regurgitation Index in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016;9:700-711.
14. NOMBELA-FRANCO L, RODES-CABAU J, DELAROCHELIERE R *et al.* Predictive factors, efficacy, and safety of balloon post-dilation after transcatheter aortic

- valve implantation with a balloon-expandable valve. *JACC Cardiovasc Interv*, 2012;5:499-512.
15. MAJUNKE N, DOSS M, STEINBERG DH *et al*. How should I treat a misplaced self-expanding aortic bioprosthetic valve? *EuroIntervention*, 2010;6:537-542.
 16. VAVURANAKIS M, VRACHATIS D, STEFANADIS C. CoreValve aortic bioprosthesis: repositioning techniques. *JACC Cardiovasc Interv*, 2010;3:565; author reply 565-566.
 17. GERCKENS U, LATSIOS G, MUELLER R *et al*. Procedural and mid-term results in patients with aortic stenosis treated with implantation of 2 (in-series) CoreValve prostheses in 1 procedure. *JACC Cardiovasc Interv*, 2010;3:244-250.
 18. USSIA GP, BARBANTI M, RAMONDO A *et al*. The valve-in-valve technique for treatment of aortic bioprosthesis malposition: an analysis of incidence and 1-year clinical outcomes from the Italian CoreValve registry. *J Am Coll Cardiol*, 2011;57:1062-1068.
 19. WHISENANT B, JONES K, HORTON KD *et al*. Device closure of paravalvular defects following transcatheter aortic valve replacement with the Edwards Sapien valve. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013;81:901-905.
 20. GAFOOR S, FRANKE J, PIAYDA K *et al*. Paravalvular leak closure after transcatheter aortic valve replacement with a self-expanding prosthesis. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2014;84:147-154.
 21. RAFFA GM, MALVINDI PG, SETTEPANI F *et al*. Aortic valve replacement for paraprosthetic leak after transcatheter implantation. *J Cardiac Surg*, 2012;27:47-51.

N. Bettinger a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article. E. Durand et H. Eltchaninoff ont déclaré les conflits d'intérêts suivants : perception d'honoraires pour des conférences Edwards Lifesciences.