

I Revues générales

Place de l'imagerie pour guider la stratégie interventionnelle dans l'insuffisance mitrale

RÉSUMÉ : L'insuffisance mitrale est une valvulopathie fréquente dont l'incidence augmente avec l'âge. En raison du vieillissement de la population, nos patients sont de plus en plus à haut risque opératoire et relèvent donc d'une stratégie thérapeutique percutanée. Les traitements percutanés de la valve mitrale sont en pleine expansion. Ils sont essentiellement basés sur les techniques chirurgicales à savoir la réparation ou le remplacement valvulaire mitral. L'imagerie est la pierre angulaire pour choisir la stratégie percutanée optimale.



J. TERNACLE, G. BONNET, L. LEROUX, S. LAFITTE, M. JONVEAUX, M. DIJOS, M. PERNOT, L. LABROUSSE, T. MODINE
Unité médico-chirurgicale des valvulopathies, Hôpital cardiologique Haut-Lévêque, CHU de BORDEAUX.

L'insuffisance mitrale (IM) est la deuxième valvulopathie la plus fréquente en Europe après la sténose aortique. Sa prévalence augmente avec l'âge et 10 % des patients âgés de plus de 75 ans en sont porteurs. Elle peut être de deux types : primaire par atteinte anatomique des feuillets valvulaires, ou secondaire à une altération fonctionnelle des feuillets par remodelage du ventricule gauche et/ou de l'oreillette gauche (VG et/ou OG). Cependant, il existe également des formes mixtes combinant les deux types d'atteintes. La chirurgie cardiaque a longtemps été le traitement de référence pour tous les types d'IM, soit par des techniques de réparation (ou plastie mitrale), soit par le remplacement valvulaire prothétique (biologique ou mécanique). En raison du vieillissement de la population, nous sommes de plus en plus fréquemment confrontés à la nécessité de prendre en charge des patients âgés et comorbides présentant une IM le plus souvent symptomatique. Ces patients à haut risque sont rarement éligibles à une intervention chirurgicale et sont donc laissés au traitement médical seul, ce qui est de mauvais pronostic.

Comme alternative, des interventions percutanées moins invasives se sont développées ces dix dernières années. L'objectif de cet article est de faire le point sur la place de l'imagerie non invasive dans la mise en œuvre de ces nouveaux traitements.

Classification des interventions mitrales percutanées

La plupart des interventions percutanées sont inspirées de techniques chirurgicales : annuloplastie, réparation bord à bord des feuillets, néocordage et remplacement valvulaire (*fig. 1*) [1, 2].

1. Les techniques de réparation valvulaire mitrale

Parmi les techniques de réparation valvulaire mitrale, la réparation bord à bord issue de l'intervention chirurgicale d'Alfieri utilisant le MitraClip (Abbott Cardiovascular) est la technique la plus utilisée car validée par plusieurs études randomisées [3-5] et remboursée par

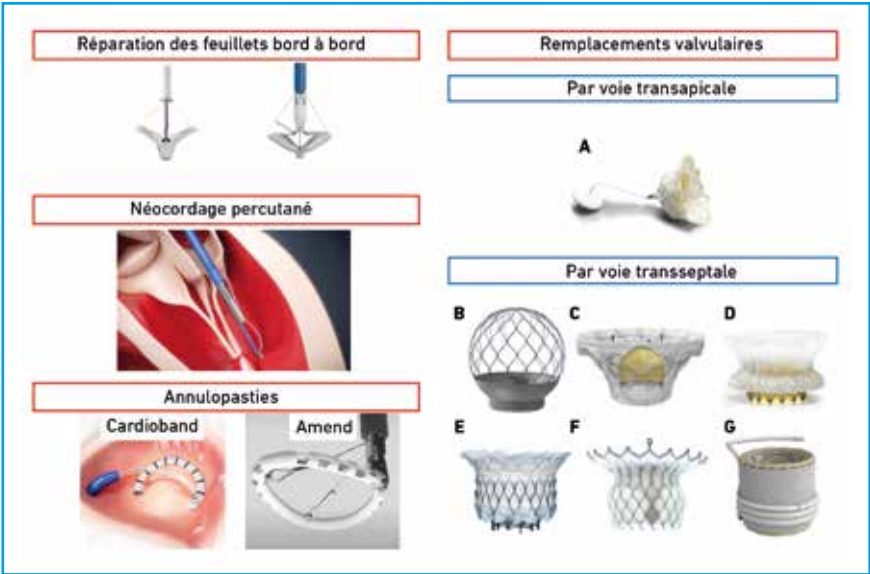


Fig. 1 : Ensemble des techniques percutanées de réparation ou de remplacement actuellement ou prochainement disponibles pour le traitement de l'insuffisance mitrale. **A :** Tendyne; **B :** AltaValve; **C :** Cardiovalve; **D :** Cephea; **E :** Intrepid; **F :** HighLife; **G :** Sapien M3.

le système de soins français aussi bien pour l'IM primaire que secondaire. Le dispositif mitral PASCAL (Edwards Lifesciences) a également fait la preuve de son efficacité mais il n'est pour le

moment pas encore remboursé [6]. La faisabilité de cette réparation percutanée dépend des caractéristiques anatomiques de la valve mitrale (**tableau I**) [7]. Les principales contre-indications tech-

niques au clip mitral sont les calcifications extensives, les perforations des feuillets, la présence d'un feuillet mitral postérieur court (≤ 6 mm) et la présence d'un rétrécissement mitral.

Les techniques d'annuloplasties mitrales percutanées sont en cours de développement depuis plusieurs années pour le traitement des IM secondaires par dilatation de l'anneau isolé [8], principalement retrouvée en cas de FA permanente par dilatation sévère de l'oreillette gauche (IM atriale). Cependant, leur diffusion reste lente, principalement en raison de la complexité de leur implantation.

Enfin, la première mondiale de réparation d'une IM organique par un néocordage percutané par voie transseptale a été réalisée au CHU de Bordeaux [9]. Cette technique est très prometteuse mais non disponible en pratique courante.

Chacune de ces techniques répond à un problème spécifique, il est donc indispensable d'avoir une analyse exhaustive du mécanisme de l'IM et de l'anatomie

	Anatomie optimale : résultat prévisible excellent	Anatomie non optimale : résultat prévisible bon à intermédiaire	Anatomie complexe : résultat difficilement prévisible, risque d'échec important
Localisation de la fuite	Zone 2 (A2 ou P2)	Zone 1 (A1 ou P1) ou zone 3 (A3 ou P3)	Perforation de feuillet, fente mitrale, profonde indentation
Calcification	Aucune	Calcification annulaire seule, calcification modérée des feuillets en dehors de la zone d'implantation	Sévère au niveau de la zone d'implantation
Surface mitrale Gradient moyen	> 4 cm ² < 4 mmHG	> 3,5 cm ² et petite surface corporelle	> 3,5 cm ² GM $\geq$ 5 mmHg
Longueur mobile des feuillets	> 10 mm	7 à 10 mm	< 7 mm
IM secondaire	Mobilité et épaisseur normales Hauteur de tenting < 11 mm	Restriction importante avec hauteur de tenting $\geq$ 11 mm	Atteinte extrême (anneau très dilaté, IM majeure)
IM primaire	Largeur de prolapsus < 15 mm Profondeur de prolapsus < 10 mm	Largeur de prolapsus > 15 mm Profondeur de prolapsus > 10 mm	Maladie de Barlow avec atteinte plurisegmentaire (zones 1 et 3) Atteinte rhumatismale
Autres caractéristiques		Annuloplastie mitrale mais avec bonne ouverture valvulaire, CMH avec SAM	
Meilleure stratégie thérapeutique	Clip mitral Néocordage	Clip mitral Remplacement mitral	Remplacement mitral

Tableau I : Tableau récapitulatif des caractéristiques anatomiques de la valve mitrale permettant de définir la faisabilité d'une réparation percutanée bord à bord.

Revue générale

de la valve en imagerie. Pour les patients présentant plusieurs mécanismes à l'origine de l'IM, une combinaison de ces différentes techniques, à l'image de ce qui est réalisé au cours d'une chirurgie, serait théoriquement nécessaire pour obtenir une correction optimale.

2. Les techniques de remplacement valvulaire mitral

Parallèlement aux techniques de réparation, les prothèses permettant de remplacer la valve mitrale défaillante se développent rapidement. Deux voies d'abord peuvent être utilisées selon la prothèse : la voie transapicale nécessitant une thoracotomie et la voie transseptale par un abord fémoral veineux. La seule prothèse ayant actuellement le marquage CE, donc utilisable en dehors d'un protocole, est la prothèse Tendyne (société Abbott) mais elle n'est pas remboursée [10]. Les autres prothèses peuvent être implantées dans le cadre de protocoles de recherche ou dans le cadre de cas compassionnels (après validation de l'ANSM) [11]. Le principal avantage du remplacement est de pouvoir corriger totalement le dysfonctionnement valvulaire et l'IM qui en résulte (pas d'IM résiduelle le plus souvent) en une seule intervention. Ainsi, le remplacement valvulaire devrait être envisagé chez les patients ayant un haut risque d'échec de la réparation mitrale (**tableau 1**). Cependant, une proportion importante de patients (environ 25 %) n'est pas éligible au remplacement en raison du risque d'obstruction de la chambre de chasse du VG par la volumineuse prothèse [12]. Le scanner cardiaque est l'examen clé pour évaluer la faisabilité de l'intervention.

L'imagerie cardiovasculaire dans l'IM

L'imagerie cardiovasculaire est indispensable pour toute intervention percutanée car elle permet 1) de confirmer le mécanisme, l'étiologie et la sévérité de

l'IM ; 2) de déterminer la meilleure intervention correctrice selon l'anatomie de la valve ; 3) de planifier voire simuler l'intervention ; 4) de guider et contrôler l'intervention durant son exécution, et 5) d'assurer le suivi après implantation. Les deux examens clés sont l'échocardiographie et le scanner cardiaque [7].

1. L'échocardiographie transthoracique et transœsophagienne

L'échocardiographie est l'examen de première ligne pour le diagnostic des valvulopathies. L'ETT et l'ETO sont complémentaires et doivent être systématiquement réalisées lorsqu'il persiste un doute sur la sévérité en ETT, en cas de suspicion d'endocardite, ou avant d'envisager un traitement de correction, qu'il soit chirurgical ou percutané. L'échocardiographie est un examen dynamique qui permet de confirmer en temps réel le diagnostic de l'IM et d'évaluer son retentissement sur les différentes cavités cardiaques. L'ETT donne une information capitale : l'impact de l'IM sur les structures cardiaques adjacentes, notamment les ventricules droit (VD) et gauche (VG). La présence d'une dysfonction systolique VG et/ou VD a un impact important sur la décision thérapeutique, notamment sur le risque de défaillance hémodynamique post-intervention. L'ETO avec l'utilisation de la 3D est devenue incontournable dans l'ana-

lyse lésionnelle de la valve mitrale ainsi que pour déterminer et planifier la meilleure modalité thérapeutique percutanée en se basant sur les critères du **tableau 1**. La complexité du mécanisme de l'IM, la qualité des feuillets (longueur, souplesse et mobilité), les caractéristiques des indentations du feuillet postérieur, la taille de l'anneau, la présence de calcifications et la qualité de la fenêtre acoustique sont des paramètres majeurs dans le choix de la technique percutanée. En cas d'anatomie non optimale ou complexe pour une réparation mitrale chez un patient à haut risque chirurgical, il convient de réaliser un scanner cardiaque pour explorer les possibilités de remplacement valvulaire mitral percutané.

2. Le scanner cardiaque

Le scanner cardiaque est l'examen clé dans l'évaluation de la faisabilité d'un remplacement valvulaire percutané, qu'il soit aortique, mitral ou tricuspide, mais également pour les procédures de néocordage ou d'annuloplastie percutanées. Il est nécessaire d'avoir un examen avec injection de produit de contraste d'une qualité optimale (temps artériel) et couvrant l'ensemble du cycle cardiaque (synchronisation ECG) afin d'être capable de simuler l'implantation de la prothèse choisie en systole et en diastole (**fig. 2**). L'acquisition doit également comprendre les voies d'abord



Fig. 2 : Exemple d'analyse scanner avant implantation d'une prothèse mitrale type Tendyne par voie transapicale. **A et B :** mesure de l'anneau mitral en systole (**A**) et en diastole (**B**) pour déterminer la taille de la prothèse. **C :** simulation de la prothèse sélectionnée en place dans l'anneau mitral. **D :** mesure de la nouvelle chambre de chasse VG entre la prothèse et le septum VG.

fémorales. La planification comprend la mesure de l'anneau mitral en diastole (taille maximale) et en systole afin de déterminer la taille de la prothèse à implanter et son degré de compression au cours du cycle cardiaque. Une fois la taille de la prothèse choisie, il faut utiliser les outils de simulation en diastole afin de mesurer la neo-LVOT (nouvelle chambre de chasse du VG) qui correspond au nouveau chenal située entre la prothèse et le septum VG (**fig. 2**). Cette mesure est indispensable pour anticiper le risque d'obstruction VG et son seuil dépend de la prothèse étudiée (par exemple $> 250 \text{ mm}^2$ pour une prothèse Tendyne). En cas de haut risque d'obstruction VG chez un patient sans possibilité de prise en charge chirurgicale, une alcoolisation septale peut être envisagée afin de réduire l'épaisseur du septum VG et ainsi augmenter la surface de la neo-LVOT. Enfin, le scanner est utile pour planifier l'intervention car il permet de déterminer la meilleure incidence de travail du faisceau de rayons X et pourra être fusionné avec la fluoroscopie et/ou l'échocardiographie durant la procédure.

Algorithme thérapeutique pratique

La **figure 3** correspond à l'algorithme utilisé par notre "heart team" dans la prise en charge des valvulopathies mitrales. Cet algorithme est une proposition et n'est en aucun cas une recommandation. La première étape essentielle est de déterminer si l'option chirurgicale est la meilleure ou non avant d'engager une discussion de prise en charge percutanée. Si le patient est considéré comme étant à haut risque chirurgical ou inopérable, nous évaluons en premier lieu la faisabilité d'un geste de réparation valvulaire bord à bord par clip mitral à l'aide de l'ETO. Si la faisabilité est confirmée, l'analyse ETO (2D, 3D et avec reconstruction multi-planaire) est indispensable pour déterminer la taille et le

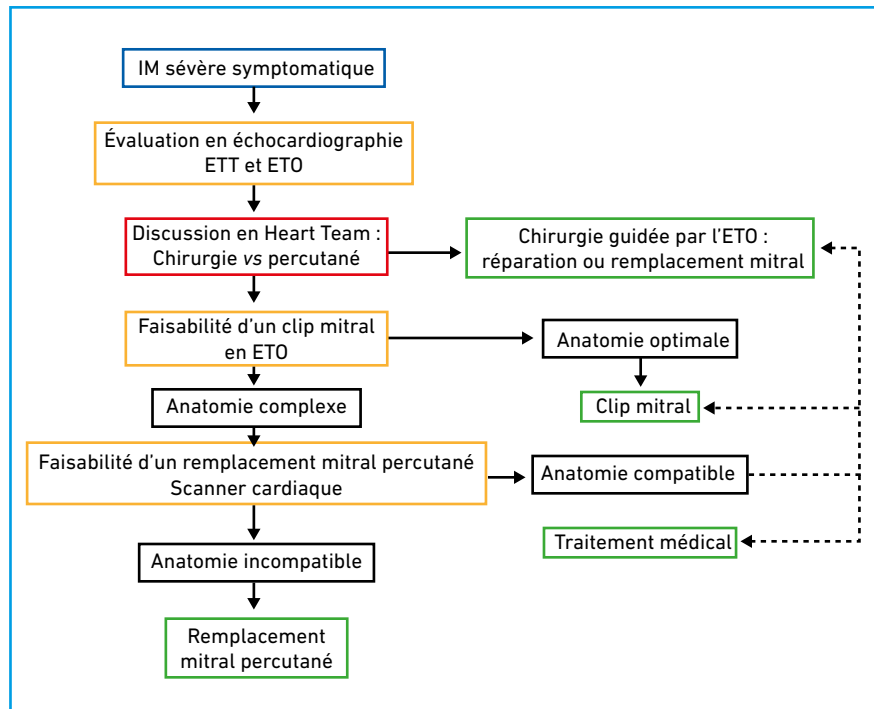


Fig. 3 : Algorithme décisionnel de prise en charge d'une IM sévère symptomatique en fonction de l'analyse valvulaire en imagerie. Cet algorithme est une proposition de notre équipe et en aucun cas une recommandation. Les flèches en pointillé correspondent aux options thérapeutiques possibles chez les patients ayant une anatomie non optimale ou complexe mais sans possibilité de remplacement valvulaire percutané.

nombre de clips que l'on pense implanter. Classiquement, si le feuillet mitral a une longueur $> 10 \text{ mm}$, on envisage l'implantation d'un clip long (XT, clip court NT si $< 10 \text{ mm}$), et si la zone à traiter est large ($> 12 \text{ mm}$), on envisage l'implantation d'un clip large (XTW ou NTW). En cas d'anatomie complexe pour cette dernière, nous envisageons systématiquement la faisabilité d'un remplacement valvulaire mitral percutané (sous réserve de la fragilité du patient en cas d'abord transapical). À cette étape, nous réalisons un scanner, indispensable pour déterminer la faisabilité. Pour les patients ayant une anatomie non optimale mais non complexe, le choix de s'orienter vers un remplacement valvulaire ou un clip dépendra essentiellement de l'expérience du centre. Finalement, en cas d'impossibilité de réaliser un remplacement valvulaire, nous réévaluons la faisabilité de la réparation bord à bord et nous rediscutons l'option chirurgicale.

Nous allons mettre en pratique cet algorithme au travers de trois cas cliniques.

1. Exemple 1 : anatomie optimale pour un clip mitral (**fig. 4**)

Le premier cas est un patient à haut risque opératoire présentant un prolapsus isolé de P2. Même si la largeur est importante (17 mm), ce prolapsus n'est pas profond, les autres segments sont indemnes de lésions, il n'y a pas de calcification, les indentations ne sont pas profondes et la surface valvulaire est $> 5 \text{ cm}^2$. Nous n'avons pas envisagé d'autre stratégie qu'une réparation bord à bord. Le patient a été traité avec succès par l'implantation de deux MitraClip XTW en zone 2, les fuites résiduelles sont à l'état de trace.

2. Exemple 2 : anatomie non-optimale pour un clip mitral (**fig. 5**)

Le deuxième cas est une patiente âgée présentant un prolapsus de P1 débordant

Revue générale



Fig. 4 : Images ETO 3D en vue chirurgicale de la valve mitrale du premier cas. **A :** prolapsus isolé de P2. **B :** prolapsus corrigé par l'implantation de deux MitraClip XTW. **C :** excellent résultat avec persistance d'une trace d'IM.

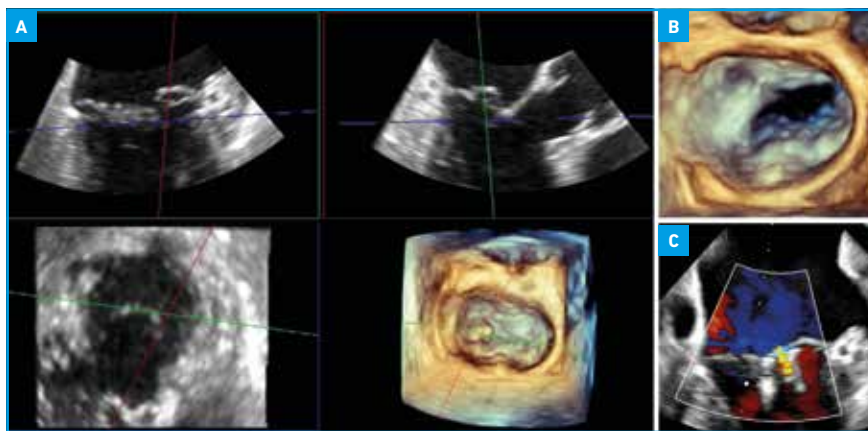


Fig. 5 : Images ETO de la valve mitrale du deuxième cas. **A :** évaluation 3D en vue chirurgicale avec reconstruction multi-planaire objectivant le prolapsus de P1. **B :** résultat anatomique en vue chirurgicale 3D après l'implantation de deux MitraClip XTW. **C :** résultat en 2D vue bi-commissurale avec Doppler couleur objectivant une fuite résiduelle modérée entre les deux clips sur un minime prolapsus résiduel de P1 sur P2 (lié à la profonde indentation).

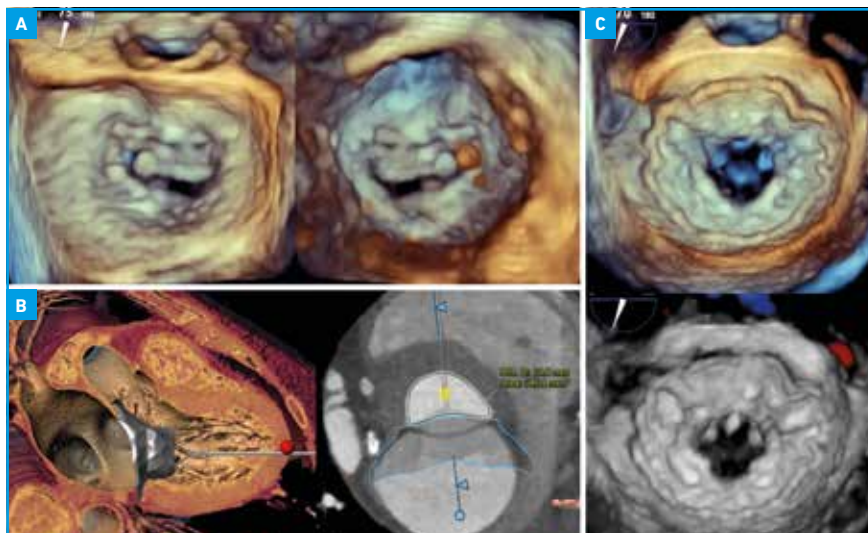


Fig. 6 : Analyse ETO et scanner du dernier cas. **A :** évaluation 3D en vue chirurgicale (à gauche) et VG (à droite) de la valve mitrale objectivant un large défaut de coaptation ainsi qu'un feuillet postérieur très court. **B :** analyse scanner simulant l'implantation d'une prothèse type Tendyne avec mesure de la nouvelle chambre de chasse VG. **C :** résultat du remplacement valvulaire mitral transapical en ETO 3D, vue chirurgicale sans (haut) et avec Doppler couleur (bas) n'objectivant aucune fuite résiduelle.

sur une profonde indentation entre P1 et P2 sans calcification. L'analyse en 3D avec reconstruction multi-planaire montre une longueur de feuillet suffisante pour l'implantation d'un clip mais le mécanisme fait craindre la persistance d'une fuite post-procédure entre P1 et P2 (à cause de l'indentation). Compte tenu de l'âge et des comorbidités de la patiente, aucune option chirurgicale n'est envisagée. Un scanner cardiaque est réalisé pour évaluer la faisabilité d'un remplacement valvulaire percutané. On retrouve un VG de trop petite taille avec un risque majeur d'obstruction de la neo-LVOT (surface de 120 mm²). Nous décidons donc de réaliser une réparation bord à bord avec l'implantation de deux MitraClip de chaque côté de l'indentation. Le résultat est satisfaisant mais non optimal, avec la persistance d'une fuite modérée en regard de l'indentation.

3. Exemple 3 : anatomie contre-indiquée pour un clip mitral (fig. 6)

Le dernier cas est un patient de 77 ans à très haut risque opératoire en raison d'une cardiopathie ischémique pontée évoluée, présentant une IM secondaire avec large défaut de coaptation prédominant dans la zone 2 médiale, avec en regard un feuillet postérieur très court et rétracté. Un remplacement valvulaire mitral par une prothèse Tendyne est alors envisagé. Le scanner pré-implantatoire retrouve une anatomie favorable avec un VG de bonne taille avec une neo-LVOT à 345 mm². La procédure est réalisée par voie transapicale avec un excellent résultat sans fuite résiduelle ni obstruction VG.

Conclusion

Les modalités de prise en charge percutanée de l'IM sont en pleine expansion. Elles reproduisent ce qui est fait en chirurgie, à savoir la réparation et le remplacement valvulaire. L'analyse minutieuse de l'anatomie valvulaire en imagerie est essentielle pour déterminer la meilleure stratégie thérapeutique percutanée.

POINTS FORTS

- Les interventions mitrales percutanées reposent, comme la chirurgie, sur la réparation ou le remplacement valvulaire.
- L'ETO et le scanner cardiaque sont les deux examens clés pour choisir la meilleure stratégie percutanée.
- La réparation bord à bord est une excellente stratégie dans les formes anatomiques simples.
- Le remplacement devrait être envisagé avant la réparation bord à bord lorsque l'anatomie est complexe.

BIBLIOGRAPHIE

1. ASGAR AW, DUCHARME A, PELLERIN M *et al.* The Evolution of Transcatheter Therapies for Mitral Valve Disease: From Mitral Valvuloplasty to Transcatheter Mitral Valve Replacement. *Can J Cardiol*, 2022;38:S54-S65.
2. MACK M, CARROLL JD, THOURANI V *et al.* Transcatheter Mitral Valve Therapy in the United States: A Report from the STS/ACC TVT Registry. *Ann Thorac Surg*, 2022;113:337-365.
3. FELDMAN T, KAR S, ELMARIAH S *et al.* Randomized Comparison of Percutaneous Repair and Surgery for Mitral Regurgitation: 5-Year Results of EVEREST II. *J Am Coll Cardiol*, 2015; 66:2844-2854.
4. MACK MJ, LINDENFELD J, ABRAHAM WT *et al.* 3-Year Outcomes of Transcatheter Mitral Valve Repair in Patients With Heart Failure. *J Am Coll Cardiol*, 2021; 77:1029-1040.
5. IUNG B, ARMOIRY X, VAHANIAN A *et al.* Percutaneous repair or medical treatment for secondary mitral regurgitation: outcomes at 2 years. *Eur J Heart Fail*, 2019;21:1619-1627.
6. SZERLIP M, SPARGIAS KS, MAKAR R *et al.* 2-Year Outcomes for Transcatheter Repair in Patients With Mitral Regurgitation From the CLASP Study. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021; 14:1538-1548.
7. HAHN RT. Transcatheter Valve Replacement and Valve Repair: Review of Procedures and Intraprocedural Echocardiographic Imaging. *Circ Res*, 2016;119:341-56.
8. MELICA B, BRAGA P, RIBEIRO J *et al.* Transseptal Mitral Annuloplasty With the AMEND System: First-in-Human Experience. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022;15:e3-e5.
9. LATIB A, HO EC, SCOTTI A *et al.* First-in-Human Transseptal Transcatheter Mitral Chordal Repair. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022;15:1768-1769.
10. MULLER DWM, SORAJJA P, DUNCAN A *et al.* 2-Year Outcomes of Transcatheter Mitral Valve Replacement in Patients With Severe Symptomatic Mitral Regurgitation. *J Am Coll Cardiol*, 2021; 78:1847-1859.
11. NUNES FERREIRA-NETO A, DAGENAIS F, Bernier M *et al.* Transcatheter Mitral Valve Replacement With a New Supra-Annular Valve: First-in-Human Experience With the AltaValve System. *JACC Cardiovasc Interv*, 2019;12:208-209.
12. MEDURI CU, REARDON MJ, LIM DS *et al.* Novel Multiphase Assessment for Predicting Left Ventricular Outflow Tract Obstruction Before Transcatheter Mitral Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv*, 2019;12:2402-2412.

Liens d'intérêt: Le Dr Julien Ternacle est consultant pour Abbott Cardiovascular, Philips Healthcare et General Electric Healthcare.