

réalités

n° 398

CARDIOLOGIQUES

Le dossier

**Prise en charge
de la valvulopathie mitrale**



Dysfonction de prothèse
valvulaire : quelle
imagerie utiliser ?

Le traitement percutané
de l'insuffisance mitrale

Traitement par clip mitral
dans l'insuffisance
cardiaque : où en est-on
en 2025 ?

Les pièges à éviter
dans la quantification
de la sténose aortique





Chers lecteurs,

Dans le précédent numéro, nous avons publié un dossier dédié au syndrome cardio-rénal.

À cette occasion, nous souhaitons recueillir votre avis ! En tant que cardiologues et lecteurs de *Réalités cardiologiques*, vos attentes sont au cœur de l'évolution de notre revue. Nous vous invitons à répondre à une courte enquête afin de mieux comprendre vos besoins et d'orienter nos prochains numéros.

Le code QR ci-contre vous permet d'accéder au questionnaire en ligne. Vous pourrez ainsi nous faire part de votre opinion sur ce numéro et nous indiquer vos thématiques d'intérêt.

Votre participation nous aidera à vous proposer une revue toujours plus pertinente et adaptée à vos attentes. Merci d'avance pour votre contribution et votre fidélité !

L'équipe de *Réalités cardiologiques*



COMITÉ D'HONNEUR

Pr J. Acar, Pr M. Bertrand, Pr J.P. Bounhoure,
Pr J.P. Bourdarias, Pr M. Brochier,
Pr J.P. Broustet, Pr A. Casassoprana,
Pr J. Deanfield, Pr J.M. Gilgenkrantz,
Pr P. Godeau, Pr R. Gourgon, Pr R. Grolleau,
Pr L. Guize, Pr P. Hugenholtz, Pr J. Kachaner,
Pr H. Kulbertus, Pr J. Lanfranchi,
Pr P. Lesbre, Pr S. Levy, Pr J.M. McKenna,
Pr J.M. Mallion, Pr G. Motté, Pr A. Nitenberg,
Pr J.Y. Neveux, Dr J.P. Ollivier, Pr J. Puel,
Pr M. Safar, Pr K. Schwartz, Pr R.W. Serruys,
Pr R. Slama, Pr B. Swynghedauw,
Pr P. Touboul, Pr P. E. Valère

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Pr J. Amar, Pr P. Amarenco, Pr M.C. Aumont,
Pr J.P. Bassand, Pr J.P. Becquemin,
Pr A. Benetos, Pr A. Berdeaux, Pr J. Blacher,
Pr J.J. Blanc, Pr O. Blétry, Pr M.G. Bousser,
Pr E. Bruckert, Pr B. Chamontin,
Pr B. Charbonnel, Pr A. Cohen, Pr S. Consoli,
Pr Y. Cottin, Pr J.C. Daubert, Pr J. de Leiris,
Pr H. Douard, Pr J.L. Dubois-Randé,
Pr H. Eltchaninoff, Pr J.L. Elghozi,
Pr J. Ferrières, Pr M. Galinier, Pr J. Garot,
Pr P. Gibelin, Pr T. Gillebert, Pr X. Girerd,
Pr P. Guéret, Pr P.J. Guillausseau,
Pr A. Hagège, Pr T. Hannedouche,
Pr O. Hanon, Pr L. Hittinger, Pr B. Iung,
Pr Y. Juillière, Pr E. Kieffer, Pr J.M. Lablanche,
Pr A. Leenhardt, Pr J.Y. Le Heuzey,
Pr D. Loisan, Pr J. Machecourt,
Pr J.L. Mas, Pr G. Meyer, Dr J.P. Monassier,
Pr J.J. Mourad, Pr G. Montalescot,
Pr A. Pavié, Pr R. Roudaut, Pr D. Sidi,
Pr M. Slama, Pr G. Slama, Pr J.L. Schlienger,
Pr G. Steg, Pr D. Thomas, Pr C. Tribouilloy,
Pr P. Valère, Pr E. Van Belle

COMITÉ DE LECTURE/RÉDACTION

Dr B. Brembilla-Perrot, Dr J. Chapman,
Dr B. Cormier, Dr X. Copie, Pr J.N. Dacher,
Dr M. Dahan, Dr T. Denolle, Dr F. Diévert,
Dr P. Dupouy, Dr F. Extramiana,
Dr L. Fermont, Dr J.M. Foulit, Dr D. Himbert,
Pr Ph. Hoang The Dan, Pr P. Jourdain,
Dr J.M. Juliard, Dr D. Karila-Cohen,
Pr J.P. Laissy, Dr S. Lafitte, Dr D. Logeart,
Dr D. Marcadet, Dr R.L. Massoué,
Pr J.L. Monin, Dr M.C. Morice, Pr A. Pathak,
Dr J.F. Paul, Dr D. Payen, Dr O. Pazioud,
Dr F. Philippe, Dr G. Pochmalicki, Dr P. Réant,
Dr Ph. Ritter, Pr J. Roncalli, Dr C. Scheublé,
Dr L. Tafanelli, Dr B. Vaisse, Pr B. Verges

RÉDACTEUR EN CHEF

Dr F. Diévert

DIRECTEUR DES PUBLICATIONS

T. Klein

DIRECTEUR DES PUBLICATIONS ADJOINT

Y. Catherin

DIRECTEUR DES RÉDACTIONS

Dr C. Reitz

DIRECTEUR DES RÉDACTIONS ADJOINT

Dr M.-S. Dilhuydy

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION

A.-L. Languille, A. Oudry

RÉDACTEURS GRAPHISTES

B. Gattegno, M. Perazzi

MAQUETTE, PAO

D. Plaisance

PUBLICITÉ

Y. Catherin, V. Marcoux

RÉALITÉS CARDIOLOGIQUES

est éditée par Performances Médicales
65 rue d'Aguesseau
92100 BOULOGNE-BILLANCOURT
Tél. : 01 47 00 67 14
E-mail : info@performances-medicales.com

IMPRIMERIE

Imprimerie : L'Ormont
88100 Saint-Dié-des-Vosges
Commission paritaire : 0127 T 81117
ISSN : 1145-1955
Dépôt légal : 2^e trimestre 2025

Sommaire

Avril 2025

n° 398

ÉDITORIAL

- 4 La mitrale dans tous ses ébats**
F. DIÉVERT

LE DOSSIER

Prise en charge
de la valvulopathie mitrale

- 5 Le traitement percutané
de l'insuffisance mitrale**
P. GUÉRIN

- 11 Traitement par clip mitral
dans l'insuffisance cardiaque :
où en est-on en 2025 ?**
D. STÉVANT, P. GUÉRIN, J.-N. TROCHU

- 15 Savons-nous enfin prendre en charge
les fuites mitrales secondaires ?**
M. VOLA, J.-F. OBADIA

- 21 Dysfonction de prothèse valvulaire :
quelle imagerie utiliser ?**
Y. BOHBOT

- 29 En pratique, on retiendra**



REVUES GÉNÉRALES

- 31 Les pièges à éviter dans
la quantification de la sténose
aortique**
A. COISNE, R. GROULEZ

Un bulletin d'abonnement est en page 10.
Image de couverture :
©ZimaNady_klgd@istockphoto.com

Éditorial

Éditorial

La mitrale dans tous ses ébats

*La beauté d'un mot ne réside pas dans l'harmonie phonétique de ses syllabes,
mais dans les associations sémantiques que sa sonorité éveille.*

~ Milan Kundera dans *L'Art du roman*



F. DIEVART
DUNKERQUE.

Ce dossier de *Réalités Cardologiques* consacré aux valvulopathies, principalement mitrales, et à leur actualité, m'a rappelé une anecdote perturbante sinon malicieuse.

Il y a quelques années, j'avais été chargé de relire des textes rapportant les données d'un grand congrès cardiologique nord-américain et devant partir à l'impression pour un journal de vulgarisation médicale. Pour l'un d'entre eux, je ne comprenais pas bien les éléments, qui de toute évidence se rapportaient à une insuffisance mitrale alors que le journaliste en charge de sa rédaction ne parlait que de rétrécissement mitral. J'ai rapidement compris qu'il avait traduit l'acronyme MR, signifiant *mitral regurgitation* en anglais, et donc insuffisance mitrale en français, et dont faisaient usage les auteurs de la présentation à ce congrès, par notre bon vieux RM ou rétrécissement mitral. L'erreur fut corrigée mais m'a laissé dubitatif sur les termes employés pour qualifier une mauvaise fonction de l'appareil mitral, faisant qu'un volume de sang retourne ou reflue dans l'oreillette gauche en systole : faut-il appeler cela insuffisance mitrale, fuite mitrale ou régurgitation mitrale, voire encore autrement ?

Si l'on regarde la définition donnée par *Le Littré* du terme régurgitation, on conviendra qu'il vaut mieux éviter ce terme pour désigner l'objet de notre réflexion : "Vomiturition naturelle et nullement pénible par laquelle l'enfant rejette par gorgées les aliments qui surchargent son estomac. Mode de digestion propre aux ruminants..."

Fuite mitrale a longtemps eu ma préférence car je considère qu'une insuffisance mitrale telle qu'on la conçoit par ce terme, se traduit par une fuite quel qu'en soit le mécanisme (défaut de coaptation valvulaire, perforation valvulaire...). Mais, depuis plusieurs années, j'ai changé ma façon de l'exprimer dans mes courriers. J'ai arrêté d'utiliser l'expression "fuite mitrale", après que plusieurs patients, inquiets d'avoir lu cette expression, m'ont fait part de leur crainte car cette expression leur avait donné à penser qu'ils avaient une "fuite au cœur"... La science profane est aussi faite du symbole véhiculé par nos mots de médecins.

Aussi, j'utilise dorénavant dans mes courriers médicaux l'expression "insuffisance mitrale" qui correspond par analogie à "fuite mitrale", même si j'ai conscience que le mot insuffisance, dans l'absolu, signifie que la valve n'accomplit pas sa fonction, et qu'il pourrait aussi recouvrir la notion de rétrécissement mitral, puisqu'il s'agit ici d'une "insuffisance d'ouverture de la valve". J'en suis imparfaitement conforté par *Le Littré* qui indique qu'en médecine, le terme insuffisance s'applique aux valvulopathies lorsque les valves ne répondent pas à une de leur fonction qui est d'être hermétiques, c'est-à-dire de produire une fermeture aussi parfaite que possible et qui donc, conduit le sang à refluer.

F. DIEVART

■ Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Le traitement percutané de l'insuffisance mitrale

RÉSUMÉ : Grâce au succès du traitement percutané de la valve aortique, différentes techniques de traitement percutané de l'insuffisance mitrale (IM) ont vu le jour. La réparation bord à bord des fuites mitrales, visant à copier la technique chirurgicale d'Alfieri, fut la première intervention percutanée reconnue dans les recommandations européennes et nord-américaines. L'efficacité de ce procédé, associée à son excellente sécurité chez des patients souvent âgés et fragiles, a ouvert la voie au traitement percutané de l'IM, depuis la réparation jusqu'au remplacement valvulaire.

Les techniques de réparation peuvent aussi porter sur l'anneau mitral dilaté en cas d'IM secondaire (annuloplasties directe ou indirecte), ou sur le remplacement des cordages rompus dans certaines IM primitives. En cas d'impossibilité, plusieurs prothèses dédiées au remplacement percutané de la valve sont en développement.



P. GUÉRIN
CHU de NANTES.

L'insuffisance mitrale est la première valvulopathie en prévalence, et la seconde en fréquence de prise en charge chirurgicale. Elle est majoritairement la conséquence d'un défaut de coaptation des deux feuillets qui la constituent : la grande valve ou valve antérieure et la petite valve ou valve postérieure. Ce défaut de continence valvulaire aboutit à un reflux systolique de sang depuis le ventricule gauche vers l'oreillette gauche, qui peut entraîner, selon sa gravité et son ancienneté, une hausse de la pression et du volume auriculaire gauche. Son corollaire clinique est la dyspnée pouvant parfois aller jusqu'à l'apparition d'un œdème pulmonaire.

Sous le terme générique d'insuffisance mitrale se cachent en réalité deux maladies : l'insuffisance mitrale primitive (IMP), anciennement appelée organique, qui est la conséquence d'une lésion de la valve elle-même, et l'insuffisance mitrale secondaire (IMS), anciennement appelée fonctionnelle, qui est la conséquence d'une maladie du cœur gauche

où se trouvent les structures constitutives de l'appareil mitral (anneau et feuillets, piliers, cordages).

La classification de Carpentier fait office de référence dans l'analyse des mécanismes responsables de l'insuffisance mitrale. Elle ne se concentre pas sur les lésions anatomiques, mais sur une approche fonctionnelle de la valve (mouvements normaux, trop amples ou restreints des feuillets). Cette classification a fait le lit des techniques de réparation chirurgicales que les techniques percutanées cherchent souvent à reproduire. On trouvera ainsi des procédures percutanées visant à corriger la fuite mitrale en agissant sur l'anneau mitral, les cordages mitraux ou encore les feuillets.

Actuellement, la technique dite de réparation bord à bord qui vise à fermer l'orifice régurgitant en attachant ensemble la grande et la petite valve sur le site de régurgitation, fait office de référence. Elle a été la première à être validée et citée dans les recommandations européennes [1].

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Les techniques de réparation et de remplacement

1. Les techniques de réparation de la valve mitrale

>>> La réparation bord à bord de l'insuffisance mitrale

● Historique et principe

Le principe de la réparation bord à bord de l'IM reprend le concept de l'intervention d'Ottavio Alfieri. Elle consiste à fusionner les deux feuillets mitraux sur le site de mal-coaptation responsable de la fuite, et à faire ainsi disparaître l'orifice régurgitant. Si le principe de la réparation bord à bord est issu de cette intervention, la comparaison s'arrête là. En effet, l'intervention d'Alfieri est décrite dans la maladie de Barlow et consiste en une suture libre des feuillets sans tension sur ces derniers, associée en général à une annuloplastie mitrale.

À ce jour, l'intervention de réparation bord à bord est plutôt indiquée dans les prolapsus isolés et les IMS. Elle induit une tension sur les feuillets responsable d'un effet d'annuloplastie immédiat et stable dans le temps, avec diminution du diamètre antéro-postérieur de l'anneau [2]. Ce mécanisme est proprement le mode d'action de la réparation bord à bord dans l'IMS. Par ailleurs, son mode d'action qui oblige les feuillets à s'apposer par "force" sur leur extrémité distale, fait que le *tenting* valvulaire n'est pas une contre-indication à sa pratique.

● Le matériel

Il existe actuellement deux dispositifs utilisables sur le marché français : le MitraClip (Abbott Structural Heart) et le Pascal (Edwards Lifesciences) (**fig. 1A et 1B**). Les principes de ces deux prothèses sont proches au sens où ils consistent à "effacer" l'orifice régurgitant en attachant la grande et la petite valve, mais il faut souligner quelques différences impor-



Fig. 1. A : Mitraclip. ©Abbott. B : Pascal. ©Edwards Lifesciences Corporation.

tantes : le MitraClip capture les feuillets entre les *grippers* avant de fermer les bras du clip qui sont métalliques et donc très rigides. Cette rigidité des bras explique en grande partie l'effet d'annuloplastie par réduction du diamètre antéro-postérieur. Le Pascal, lui, capture les valves dans des *clasps* faits en nitinol, un alliage à mémoire de forme. Ces *clasps* sont donc doués d'une certaine souplesse, potentiellement protectrice pour les valves, mais éventuellement responsable d'un moindre effet d'annuloplastie, d'autant qu'ils se referment sur une olive centrale, le *spacer*, qui comble l'orifice régurgitant. L'étude CLASP montre une bonne efficacité et une bonne sécurité du Pascal sur un suivi de deux ans dans une population associant indifféremment des IMP et des IMS [3]. En cas de fuite mitrale primitive chez des patients à risque opératoire prohibitif, le Pascal apparaît non inférieur au MitraClip [4].

● Les études

Le MitraClip est le dispositif le plus ancien et le plus étudié. Globalement, cinq grandes études cliniques randomisées ont été publiées : l'étude EVEREST II qui incluait des IMP et des IMS, et les études MITRA-HR, COAPT, Reshape HF2 et Matterhorn qui n'ont inclus que des IMS.

L'étude EVEREST II randomisait le MitraClip et la chirurgie conventionnelle chez des patients tout-venant présentant une IMP ou une IMS de haut grade [5, 6]. Précisons que cette étude ancienne a été réalisée en début de *learning curve* des équipes interventionnelles, lesquelles étaient guidées grâce à l'échographie transœsophagienne par des médecins en début d'expérience, et ne disposant pas encore de l'imagerie en trois dimensions.

Cette étude conclut à une supériorité indiscutable de la chirurgie en sachant que dans cette étude, si la chirurgie privilégiait la plastie, elle n'interdisait pas le remplacement de la valve. Ce dernier point est important à souligner, car, en cas d'échec de la plastie percutanée (MitraClip), une chirurgie de remplacement était réalisée et ceci constituait un événement indésirable dans ce groupe. *A contrario*, en cas d'échec de la plastie chirurgicale, une conversion en remplacement était considérée comme acceptable.

Une analyse prédéfinie faisant abstraction des événements intrahospitaliers et comparant, après leur sortie, les patients des deux groupes, a montré une équivalence entre les deux techniques. Avec un critère de jugement de sécurité de la procédure en défaveur de la chirurgie,

l'étude permettait de donner une place à la technique du MitraClip d'autant que ce critère de sécurité faisait jeu égal avec la chirurgie dans le groupe des IMS. Ce résultat a favorisé la naissance des études Mitra-FR et COAPT dédiées à l'IMS.

Avec des résultats qui semblent contradictoires, Mitra-Fr et COAPT sont plutôt des études qui se complètent car elles incluent des populations très différentes [7, 8]. Les critères d'inclusion des IMS sont plus stricts dans COAPT qui disposait d'un laboratoire central d'analyse des échographies, et également d'analyse et de validation clinique. Les patients de COAPT présentaient entre autres une IMS plus sévère et un ventricule gauche moins altéré que les patients de l'étude Mitra-Fr. Enfin, les critères de jugement étaient différents : dans Mitra-Fr, il s'agissait d'un critère composite associant la mortalité et la réhospitalisation pour insuffisance cardiaque à un an. Dans COAPT, il s'agissait d'un nombre cumulé de réhospitalisations à 2 ans.

L'étude Mitra-Fr est restée neutre, ne montrant pas de bénéfice du MitraClip en comparaison au traitement médical seul, à un et deux ans. L'étude COAPT a montré un bénéfice à deux ans en termes de réhospitalisations cumulées, mais également, pour la première fois une diminution de la mortalité.

Deux études parues lors du congrès européen de cardiologie sont venues implémenter les données en faveur du traitement percutané des IMS : l'étude Reshape HF 2 [9] est une étude randomisée comparant la réparation bord à bord par Mitraclip plus traitement médical optimal, au traitement médical optimal seul. Il montre, dans une population de patients insuffisants cardiaques avec IM secondaire moyenne à sévère, la supériorité de la réparation bord à bord en termes de qualité de vie et de récurrence des hospitalisations pour insuffisance cardiaque. L'intérêt de cette étude est de venir conforter les résultats de l'étude

COAPT dans une population de patients à un stade moins avancé d'insuffisance cardiaque avec des IM secondaires moins sévères.

Restait alors à se poser la question de la place de la chirurgie cardiaque de l'IMS dans cette population. L'étude MATTERHORN [10] a randomisé des patients insuffisants cardiaques avec une IM secondaire $\geq$ moyenne symptomatique malgré un traitement médical optimal, entre réparation mitrale percutanée et chirurgie. Les résultats à un an suggèrent que la réparation mitrale percutanée est non inférieure à la chirurgie (80 % de plasties) avec une meilleure sécurité.

Il faut finalement souligner une conclusion commune à toutes ces études, issue de leurs critères de jugement de sécurité et d'efficacité : la réparation bord à bord permet de corriger de façon efficace et stable les IMS avec une excellente sécurité. Cette conclusion est retranscrite dans les recommandations qui favorisent la technique pour traiter les IMS si nécessaire, ne laissant à la chirurgie que les cas nécessitant un geste chirurgical associé (pontages aorto-coronariens, réparation ou remplacement valvulaire...). Ainsi, dans une population sélectionnée, la correction de l'IMS par réparation bord à bord apparaît comme efficace, sûre, stable, pour limiter le nombre de réhospitalisations et pour diminuer la mortalité.

>>> Les techniques d'annuloplastie

La réparation valvulaire mitrale est le *gold standard* du traitement de l'insuffisance mitrale. Ces techniques incluent, dans la majorité des cas, l'implantation d'un anneau visant à réduire la taille de l'anneau mitral. Sur la base de cette constatation, certaines techniques de réparation percutanée visent à réaliser une annuloplastie soit de façon directe, en implantant un anneau, soit en réduisant l'anneau mitral de façon indirecte.

● Annuloplasties directes

L'annuloplastie directe consiste à mimer la technique chirurgicale par l'implantation le plus souvent transseptale d'un anneau mitral. De nombreux dispositifs sont en développement. Ne sont cités ci-dessous que ceux qui semblent actuellement les plus avancés dans leur développement et ceux qui ont été implantés en France dans le cadre d'études cliniques. En effet, les trois principaux dispositifs sont utilisés dans le cadre de travaux de recherche mais pas en pratique courante.

Le Cardioband est un anneau à implanter sur la face atriale de la mitrale par voie transseptale. Des vis de 6 mm implantées dans l'anneau sous contrôle ETO permettent sa fixation. Une étude d'efficacité et de sécurité du dispositif a été publiée avec des résultats à 6 mois dans une population de 31 patients souffrant d'insuffisance cardiaque avec dysfonction ventriculaire gauche et IMS sévère [11]. Cette étude montre une efficacité du Cardioband à réduire la fuite mitrale par réduction annulaire et une bonne sécurité de la procédure. Cette réduction de l'IMS s'associe à une amélioration significative de la classe fonctionnelle des patients, sans réel impact sur les réhospitalisations pour insuffisance cardiaque. Deux nouvelles études sont en cours de recrutement : MiBAND, étude prospective non randomisée d'efficacité et de sécurité, et ACTIVE sur l'intérêt du Cardioband en plus du traitement médical optimal dans l'IMS. Elles aideront à situer cette thérapie interventionnelle dans la prise en charge de l'IMS.

Le Mitralign est également un système d'annuloplastie directe visant à créer une plicature de l'anneau mitral en regard des commissures. La plicature est obtenue *via* une suture sur feutres réalisée par voie aortique rétrograde sur la face ventriculaire de l'anneau mitral. Une étude menée sur 71 patients a montré l'efficacité et la sécurité de la tech-

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale



Fig. 2 : Millipede. ©Boston Scientific.

nique à 6 mois pour traiter l'IMS, avec également une amélioration de la symptomatologie [12].

Le Millipede est un anneau semi-rigide implanté par voie exclusivement transseptale permettant une réduction du diamètre antéro-postérieur de l'anneau mitral. Il est en cours de développement (fig. 2). Une étude semble démontrer une efficacité à réduire la fuite avec une bonne sécurité [13].

● Annuloplasties indirectes

L'annuloplastie indirecte consiste à diminuer le périmètre ou le diamètre antéro-postérieur de l'anneau mitral sans implantation directe d'un anneau. L'implantation d'un MitraClip est le moyen le plus répandu d'annuloplastie indirecte par diminution du diamètre antéro-postérieur de l'anneau : c'est le mode d'action du MitraClip pour traiter les IMS.

Dans la technique de réparation bord à bord, en cas d'IMS, le MitraClip et le Pascal permettent de réduire la fuite mitrale *via* une fermeture de l'orifice régurgitant en augmentant la surface de coaptation des feuillets mitraux. Cette fermeture de l'orifice de régurgitation se faisant sur des feuillets pas ou peu extensibles, une traction s'exerce sur l'anneau mitral conduisant à une réduction du diamètre antéro-postérieur de l'anneau. Ceci constitue donc une réelle

plastie mitrale, stable dans le temps, par rapprochement du feuillet postérieur vers le feuillet antérieur. On peut considérer que ce phénomène d'annuloplastie est le mécanisme essentiel d'action conduisant à une réduction de l'IMS.

Le système Carillon (Cardiac Dimensions) agit également de façon indirecte sur l'anneau mitral *via* une implantation dans le sinus coronaire (fig. 3). Destiné au traitement des IMS, le dispositif est constitué de deux ancres liées entre elle par un segment en nitinol en forme de demi-cercle qui impose à l'anneau une réduction de diamètre favorisant la coaptation valvulaire. Le dispositif a obtenu le marquage CE en 2011, mais reste toujours en développement. Trois études ont été publiées dans des populations de patients insuffisants cardiaques avec IMS et dilatation du ventricule gauche. Une méta-analyse de ces trois études a montré une réduction de la fuite mitrale à 1 an, avec un remodelage favorable du

ventricule gauche et une amélioration fonctionnelle. Néanmoins, la position souvent atriale ou supra annulaire du sinus coronaire par rapport à l'anneau mitral, le risque de croisement avec le réseau coronaire (tout particulièrement l'artère circonflexe dans 6 à 9 % des cas), et le risque de blessure (perforation ou dissection) du sinus à risque de tamponnade, semblent en limiter les résultats et le développement [14].

>>> Le remplacement de cordages

Le remplacement de cordages rompus constitue intuitivement le traitement de choix pour traiter une IMP par rupture de cordage. Cette technique est classiquement utilisée en chirurgie cardiaque conventionnelle. La voie transapicale permet d'implanter ces néocordages à cœur battant. Deux systèmes bénéficient actuellement d'un marquage CE : le système Harpoon TSD-5 (Edwards Lifesciences) et le système Neochord DS 1000 (NeoChord). Ces voies éminem-

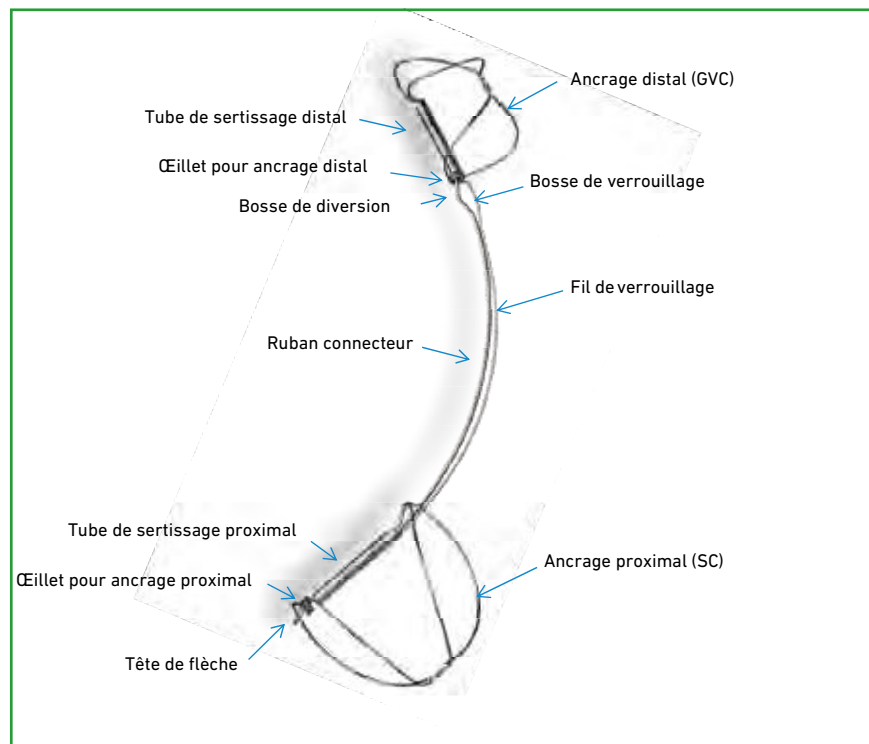


Fig. 3 : Système Carillon. ©2023 Cardiac Dimensions.

ment chirurgicales pourraient peut-être à l'avenir être remplacées par des voies percutanées transseptales.

2. Les techniques de remplacement de la valve mitrale

Les prothèses en développement sont implantées soit par voie transapicale soit par voie transseptale. La prothèse Tendyne, développée par la société Abbott Medical, est la plus utilisée actuellement, mais son implantation par voie transapicale en fait plus une valve chirurgicale implantée par voie mini-



Fig. 4A : Tendyne. ©Abbott.



Fig. 4B : Highlife. ©Abbott.

invasive (fig. 4A). Les autres prothèses en développement destinées à une implantation transseptale sont nombreuses : Evoque (Edwards Lifesciences), Cephea (Abbott Structural), CardioValve (Venus MedTech), AltaValve (4C Medical), Intrepid (Medtronic), HighLife (HighLife Medical), Tiara (Neovasc)...

Beaucoup de ces valves, dont la liste n'est pas exhaustive, sont en phase précoce de développement pour le traitement d'une IM sur valve native. Parmi celles dont le développement clinique est déjà assez avancé, on peut citer la valve Highlife (fig. 4B), dont l'appui se fait sur un anneau placé par voie rétro-aortique sur la face ventriculaire de l'anneau mitral. Les prothèses Evoque (fig. 4C), Cephea et Intrepid sont des prothèses auto-expansives en nitinol implantées par voie transseptale.

Sur valve biologique dégénérée, la prothèse Sapien 3 (Edwards) est une solution élégante et relativement simple de remplacement valvulaire par voie transseptale. Sur la base du registre TVT, Whisenant *et al.* ont analysé le devenir de 1529 patients ayant bénéficié d'un traitement *valve in valve* de leur bioprothèse dégénérée par une valve Sapien 3 implantée par voie transseptale majoritairement (1326 *trans-septal* et 203 *transapical*) : les résultats étaient encourageants avec un succès procédural dans 96,8 % des cas et la mortalité à 30 jours et un an respectivement à 5,4 % et 16,7 % [15]. La voie transseptale était associée à une moindre mortalité à un an (15,8 % vs 21,7 %) ce



Fig. 4C : Evoque. ©Edwards Lifesciences Corporation.

qui en fait la voie préférentielle en cas d'anatomie favorable. Les résultats de la valve Sapien 3 semblent plus aléatoires sur valve native calcifiée.

Conclusion

La réparation bord à bord percutanée des valves mitrales fuyantes a été la première méthode percutanée admise dans les recommandations européennes et nord-américaines. Cette technique est actuellement la plus utilisée dans le monde. Les techniques d'annuloplastie percutanée, directe ou indirecte, tout comme les techniques de remplacement de cordages sont en développement et viendront peut-être compléter nos outils de réparation percutanée. Les prothèses implantables sont en phase d'études cliniques et devront définir leur place chez les patients non éligibles à une réparation.

BIBLIOGRAPHIE

1. VAHANIAN A, BEYERSDORF F, PRAZ F *et al.* 2021 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*, 2022;43:561-632.
2. SCHMIDT FP, VON BARDELEBEN RS, NIKOLAI P *et al.* Immediate effect of the MitraClip procedure on mitral ring geometry in primary and secondary mitral regurgitation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013;14:851-857.
3. 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.
4. LIM DS, SMITH RL, GILLAM LD *et al.* Randomized comparison of transcatheter edge-to-edge repair for degenerative mitral regurgitation in prohibitive surgical risk patients. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022;15:2523-2536.
5. FELDMAN T, FOSTER E, GLOWER DD *et al.* Percutaneous repair or surgery for mitral regurgitation. *N Engl J Med*, 2011; 364:1395-1406.
6. 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.

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

7. OBADIA JF, MESSIKA-ZEITOUN D, LEURENT G *et al.* Percutaneous repair or medical treatment for secondary mitral regurgitation. *N Engl J Med*, 2018;379: 2297-2306.
8. STONE GW, LINDENFELD J, ABRAHAM WT *et al.* Transcatheter mitral-valve repair in patients with heart failure. *N Engl J Med*, 2018;379:2307-2318.
9. ANKER SD, FRIEDE T, VON BARDELEBEN RS *et al.* Transcatheter Valve Repair in Heart Failure with Moderate to Severe Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*, 2024;391:1799-1809.
10. BALDUS S, DOENST T, PFISTER R *et al.* Transcatheter Repair versus Mitral-Valve Surgery for Secondary Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*, 2024;391: 1787-1798.
11. NICKENIG G, HAMMERSTINGL C, SCHUELER R *et al.* Transcatheter mitral annuloplasty in chronic functional mitral regurgitation: 6-month results with the cardioband percutaneous mitral repair system. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016; 9:2039-2047.
12. NICKENIG G, SCHUELER R, DAGER A *et al.* Treatment of chronic functional mitral valve regurgitation with a percutaneous annuloplasty system. *J Am Coll Cardiol*, 2016;67:2927-2936.
13. MESSIKA-ZEITOUN D, NICKENIG G, LATIB A *et al.* Transcatheter mitral valve repair for functional mitral regurgitation using the Cardioband system: 1-year outcomes. *Eur Heart J*, 2019;40:466-472.
14. ANKER SD, STARLING RC, KHAN MS *et al.* Percutaneous mitral valve annuloplasty in patients with secondary mitral regurgitation and severe left ventricular enlargement. *JACC: Heart Failure*, 2021;9:453-462.
15. WHISENANT B, KAPADIA SR, ELEID MF *et al.* One-year outcomes of Mitral valve-in-valve using the SAPIEN 3 transcatheter heart valve. *JAMA Cardiol*, 2020;5: 1245-1252.

L'auteur a déclaré les liens d'intérêts suivants : honoraires perçus du laboratoire Abbott Medical et subvention perçue du laboratoire Edwards Lifesciences.

réalités

CARDIOLOGIQUES

☐ **oui**, je m'abonne à *Réalités Cardologiques*

Médecin: ☐ 1 an: 60 € ☐ 2 ans: 95 €

Étudiant/Interne: ☐ 1 an: 50 € ☐ 2 ans: 70 €
(joindre un justificatif)

Étranger: ☐ 1 an: 80 € ☐ 2 ans: 120 €
(DOM-TOM compris)

Bulletin à retourner à: Performances Médicales
65, rue d'Aguesseau, 92100 Boulogne-Billancourt
Déductible des frais professionnels

Bulletin d'abonnement

Nom:

Prénom:

Adresse:

Ville/Code postal:

E-mail:

■ Règlement

☐ Par chèque (à l'ordre de Performances Médicales)

☐ Par carte bancaire n°
(à l'exception d'American Express)

Date d'expiration: Cryptogramme:

Signature: _____



■ Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Traitement par clip mitral dans l'insuffisance cardiaque : où en est-on en 2025 ?

RÉSUMÉ : L'insuffisance mitrale (IM) secondaire est associée à une aggravation du pronostic de l'insuffisance cardiaque à FEVG altérée (ICFER). Son évaluation doit être réalisée par un opérateur expérimenté, au terme d'une titration optimale du traitement médical cardio-protecteur, et après implantation d'un dispositif de resynchronisation si cela est indiqué.

Le bénéfice pronostique de la réparation mitrale percutanée a été démontré dans l'étude COAPT, et validé récemment par l'étude RESHAPE-HF2. Une orientation chirurgicale n'est donc que rarement proposée dans une situation d'IM secondaire isolée, *a fortiori* lorsque la FEVG est sévèrement altérée (hormis en cas d'indication associée de revascularisation coronarienne non accessible à l'angioplastie).

Récemment, l'étude MATTERHORN a démontré la non-infériorité de la réparation par MitraClip par rapport à la chirurgie à 1 an, avec un meilleur profil de sécurité.

Dans ce contexte, le traitement par "clip mitral" s'est imposé comme une stratégie efficace et sûre, pour les patients symptomatiques avec une IM secondaire significative de grade 3+ à 4+, associée à une insuffisance cardiaque à FEVG altérée. L'expertise d'une "heart team" médico-chirurgicale est primordiale pour discuter de la stratégie thérapeutique la plus adaptée à chaque patient, en considérant toutes les alternatives.



D. STÉVANT¹, P. GUERIN², J.-N. TROCHU²

¹L'institut du thorax, CHU, NANTES.

²CHU, NANTES.

C'est en 2003 que la technique de réparation mitrale percutanée bord à bord (en anglais TEER pour *transcatheter edge-to-edge repair*) a été réalisée pour la première fois chez l'homme. Elle était inspirée de la technique de suture chirurgicale développée par Ottavio Alfieri.

La première étude clinique utilisant le dispositif MitraClip, Everest 2 [1], avait démontré la faisabilité et l'efficacité de cette technique (*fig. 1A et 1B*). Sa durabilité a été confirmée avec la publication des résultats de suivi à 5 ans. Dans cette étude pivot concernant des IM primitives et secondaires, la chirurgie était plus efficace, sauf dans le sous-groupe des IM secondaires, où le MitraClip faisait jeu égal avec la chirurgie en termes d'efficacité, avec un meilleur profil de sécurité.

Cette constatation est à l'origine de deux nouvelles études cliniques menées par la suite dans l'IM secondaire : MITRA-FR et COAPT.

■ L'évaluation de l'insuffisance mitrale

L'insuffisance mitrale (IM) secondaire est fréquemment associée à l'insuffisance cardiaque à fraction d'éjection réduite (ICFER), touchant jusqu'à 1/3 des patients [2]. Elle met en jeu une diminution des forces de fermeture de la valve (diminution de la contractilité du VG, augmentation de la pression intra-atriale, asynchronisme) et une augmentation des forces de *tenting* (lié à un remodelage dilatatif du VG ou des troubles de cinétiques segmentaires et à la dilatation annulaire) qui s'opposent à

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

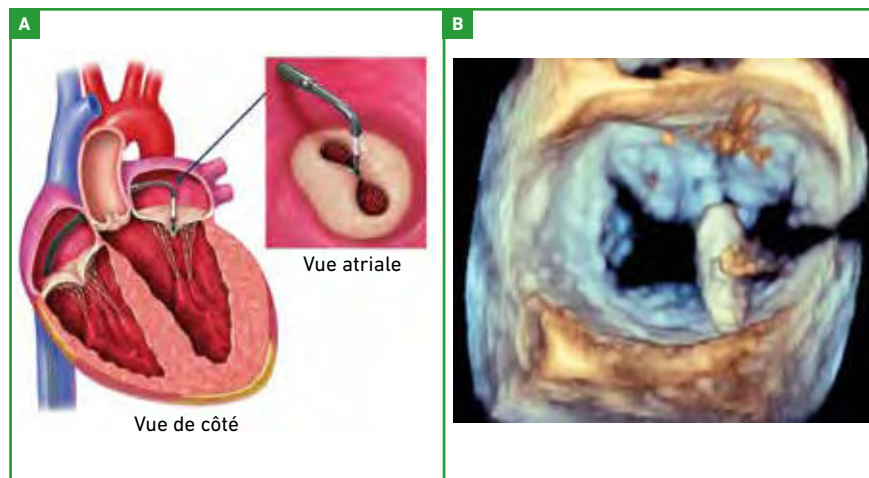


Fig. 1. A : Dispositif MitraClip, abord transseptal par voie veineuse fémorale, grasping central des feuillets mitraux créant une valve mitrale à double orifice. Takashi Murashita. Licence: CC by 3.0. Disponible ici: https://www.researchgate.net/figure/MitraClip-Abbott-Vascular-Santa-Clara-CA-is-a-percutaneous-mitral-valve-repair-using_fig1_318076783. Image non modifiée. **B :** Guidage per-procédural en ETO 3D. Vue atriale en phase d'approche du clip, dont les bras sont ouverts. Dr David Stévant, reproduction interdite.

la bonne coaptation des feuillets valvulaires. Il a été démontré que la présence et la sévérité d'une IM fonctionnelle sont associées à un pronostic plus défavorable dans l'IC à FEVG réduite (ICFER) [3].

Que l'IM soit identifiée à l'occasion d'une surveillance échocardiographique de routine, ou lors d'une aggravation aiguë des symptômes, elle ne doit donc pas être négligée. L'IM secondaire peut se révéler dynamique et très dépendante des conditions de charge et de volémie. Il est donc essentiel de réévaluer les patients en euvoémie et en situation hémodynamique stabilisée.

Il convient de rappeler qu'un traitement invasif de l'IM secondaire ne se justifie que si celle-ci demeure significative malgré un traitement médicamenteux optimisé de l'ICFER, qui comprend maintenant quatre classes thérapeutiques. Doit aussi être envisagée l'implantation d'un stimulateur cardiaque (ou défibrillateur) avec fonction de resynchronisation en suivant les indications validées, fonction de la durée du QRS (>130 ms dans tous les cas) et de la morphologie de bloc de branche (gauche ou "non-gauche") [4]. Une régression significative de l'IM est

observée dans certaines séries jusqu'à 30 % des cas. Elle peut survenir rapidement, favorisée par l'amélioration de la dynamique annulaire systolique induite par la resynchronisation, ou de façon plus progressive, en lien avec le remodelage inverse et la réduction du volume du VG. Il est par conséquent préconisé de se laisser un délai minimal de 3 mois sous traitement optimisé avant de réévaluer la sévérité de l'insuffisance mitrale, lorsque cela est cliniquement acceptable.

La quantification étant parfois difficile, il est important en cas de doute de référer le patient à une équipe spécialisée. L'utilisation de la méthode de la PISA (*proximal isovelocity surface area*) peut conduire à sous-estimer la sévérité de la fuite, du fait d'un orifice elliptique avec un jet étendu le long de la zone de coaptation. Une évaluation multiparamétrique est alors nécessaire, avec un recours à des paramètres directs ou indirects (vena contracta, Vmax de l'onde E mitrale, reflux dans les veines pulmonaires, PISA et vena contracta 3D, formules de correction de PISA sur les jets elliptiques, évaluation par ETO voire IRM). Précisons que l'ETO bien que très performante pour évaluer l'anatomie valvulaire et le mécanisme de l'IM, tend à sous-

estimer la sévérité d'une IM lorsqu'elle est réalisée sous sédation. À l'inverse, une discordance entre une symptomatologie importante et une IM secondaire modérée au repos, peut faire évoquer une IM dynamique et conduire à réaliser une échocardiographie d'effort pour rechercher une aggravation importante de l'IM lors de l'exercice.

Le mécanisme de l'IM secondaire

Il est intéressant d'essayer de distinguer l'IM dite "ventriculaire", dans laquelle le VG est dilaté, avec FEVG altérée, responsable d'un *tenting* important des feuillets (hauteur de coaptation, surface de *tenting* valvulaire), de l'IM dite "atriale", dans laquelle la FEVG est habituellement préservée, avec une dilatation atriale et annulaire significative et un faible degré de *tenting* valvulaire.

L'évaluation d'expertise en vue d'une stratégie de réparation bord à bord devra aussi comporter l'analyse de faisabilité d'implantation du clip, à savoir la présence d'une longueur suffisante de feuillet notamment postérieur (généralement ≥ 7 mm), des feuillets souples et mobiles, l'absence de calcification dans la zone d'implantation et l'absence de surrisque de sténose mitrale (surface minimale de 3 cm²) [5].

L'expertise d'une *heart team* (compre-
nant au minimum un cardiologue spécialiste en IC, un spécialiste en imagerie CV, un cardiologue interventionnel et un chirurgien cardiaque) est indispensable pour évaluer les possibilités thérapeutiques en fonction des caractéristiques individuelles du patient, afin de proposer dans chaque cas la meilleure stratégie. Notons que deux options se doivent d'être considérées : l'orientation vers la transplantation ou l'assistance cardiaque de longue durée par une assistance mono-ventriculaire gauche, ainsi que la poursuite d'un traitement médical exclusif, si on estime la cardiopathie trop

avancée et le traitement interventionnel futile. Précisons enfin que l'avis émis par la *heart team* est assorti d'un niveau de classe 1 dans les recommandations européennes et américaines.

Les résultats des essais cliniques

L'impact pronostique de la réparation percutanée bord à bord avec le dispositif MitraClip en cas d'IM secondaire symptomatique associée à l'ICFER, a été étudié dans deux essais cliniques pivots : l'essai COAPT nord-américain et l'essai MITRA-FR européen. Leurs résultats, qui ont pu sembler contradictoires (positif sur le critère de jugement principal dans le premier et négatif dans le second) sont plutôt apparus comme complémentaires pour définir précisément la population des patients "répondeurs" à la technique.

En effet, les patients inclus dans l'étude COAPT présentaient une IM plus sévère et une cardiopathie gauche moins avancée que ceux de l'essai MITRA-FR (surface de l'orifice régurgitant (SOR) moyenne de 41 mm² vs 31 mm² et volume télédiastolique indexé du VG moyen de 101 mL/m² vs 135 mL/m² respectivement). Ces résultats ont conduit à l'adoption, par la Société européenne de cardiologie dans ses recommandations de 2021 sur les valvulopathies [6], d'un avis favorable de grade IIa pour considérer la réalisation d'une réparation percutanée bord à bord chez les patients avec IM sévère et symptomatique sous traitement médical optimal, non éligibles à la chirurgie selon décision collégiale en *heart team*, et présentant les critères de bonne réponse au traitement (issus de l'étude COAPT).

Le périmètre actuel de remboursement du MitraClip en France dans l'IM secondaire est limité aux patients avec une IM secondaire de grade 3+/4+ symptomatiques sous traitement optimisé, ayant une espérance de vie estimée > 1 an, avec

une FEVG comprise entre 20 et 50 %, une SOR > 0,3 cm² et un volume télé-diastolique indexé du VG ≤ 96 mL/m² [7].

Depuis, cette technique s'est progressivement développée avec plus de 250 000 patients implantés dans le monde, et peut dorénavant être proposée dans le soin courant dans les centres d'expertise.

Les données de ces essais ont récemment été confirmées par les résultats de l'étude européenne RESHAPE-HF2 [8] publiés à l'été 2024, qui a randomisé en ouvert 505 patients avec ICFER symptomatique présentant une IM de grade ≥ 3+, entre le MitraClip et un traitement médical seul. Il a été observé une réduction du risque relatif de survenue du critère de jugement principal composite à 2 ans (mortalité CV et/ou hospitalisation pour IC) avec RR = 0,64 ; IC95 % : 0,48-0,85. Il est intéressant de noter que les patients inclus dans RESHAPE-HF2 avaient une IM quantifiée comme relativement moins sévère que dans les études COAPT et MITRA-FR avec une SOR médiane à 0,23 cm².

Stratégie thérapeutique de première intention

Les recommandations actuelles précisent que les patients doivent d'abord être jugés "non éligibles" à la chirurgie par la *heart team*. Cette notion crée un certain flou, car ces patients sont rarement orientés vers la chirurgie, en raison d'un risque opératoire élevé et de bénéfices pronostiques peu documentés dans la littérature [9].

L'étude MATTERHORN [10] dont les résultats ont été récemment publiés, a tenté de répondre à cette question, en comparant une stratégie chirurgicale à la réparation percutanée. Il s'agissait d'une étude de non-infériorité multicentrique menée en Allemagne, qui a inclus des patients avec ICFER symptomatique et une IM secondaire significative (critère de SOR ≥ 20 mm²) sous traitement

optimal. Ils étaient jugés éligibles à une procédure chirurgicale ou de réparation percutanée mitrale selon la *heart team* du centre. Ainsi 208 patients (âge moyen 70,5 ans, FEVG moyenne 43 ± 11,7 %, SOR moyenne 0,22 cm²) ont été randomisés entre une réparation percutanée par MitraClip ou une chirurgie.

Un élément du critère de jugement principal composite (décès toutes causes, hospitalisation pour IC, réintervention mitrale, implantation d'une assistance circulatoire mono-VG ou AVC) à 1 an de la procédure, est survenu chez 16,7 % des patients du groupe MitraClip vs 22,5 % des patients du groupe chirurgie, atteignant le critère prédéfini de non-infériorité avec un $p < 0,01$ (*odds ratio* (OR) = 0,69, IC95 % [0,33-1,44]). Cette étude confirme donc que la réparation mitrale percutanée par MitraClip est non-inférieure à la chirurgie à 1 an de suivi, et avec un meilleur profil de sécurité que la chirurgie (critère de sécurité survenu chez 14,9 % des patients du groupe MitraClip et 54,8 % du groupe chirurgie).

Les autres dispositifs de réparation mitrale

Même si nous ne développerons pas dans cet article les résultats détaillés des études associées, il convient de signaler que d'autres dispositifs de réparation mitrale existent. Le dispositif Pascal (Edwards Lifescience) a validé dans l'étude CLASP IID [11] la non-infériorité par rapport au MitraClip dans l'IM primitive, mais n'est pas validé à ce jour en France dans l'IM secondaire. D'autres dispositifs comme le système d'annuloplastie indirecte Carillon Mitral Contour System (Cardiac Dimensions) ou d'annuloplastie directe Cardioband Mitral System (Edwards Lifesciences), n'ont pas obtenu à ce jour de preuves d'efficacité suffisantes sur la morbi-mortalité.

Une autre question d'importance non résolue, qui sort du cadre de cette revue,

■ Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

est celle de la prise en charge des IM secondaires “atriales”, qui surviennent préférentiellement sur un terrain d’IC à FEVG préservée, associée à la fibrillation atriale, responsable d’une dilatation atriale gauche significative. Même si le traitement par clip est réalisable techniquement, les données de la littérature sont à ce jour insuffisantes concernant le bénéfice éventuel dans cette population, et cette question méritera d’être adressée dans de futurs essais.

Nous pouvons également rappeler que le clip mitral est utilisable en contexte d’IM organique (primitive) sur des valves dystrophiques comme dans la maladie de Barlow ou la dysplasie fibro-élastique associée aux ruptures de cordage, chez des patients contre-indiqués à la chirurgie. Mentionnons qu’un essai randomisé français mené dans le cadre d’un PHRC (programme hospitalier de recherche clinique), MITRA-HR, est en cours pour évaluer cette technique par rapport à la chirurgie chez les patients à risque chirurgical élevé (NCT03271762).

■ Conclusion

Nous retiendrons que la réparation mitrale percutanée est une technique ayant démontré son efficacité et sa sécurité dans le traitement de l’IM secondaire significative associée à l’IC à FEVG altérée. Le “clip mitral” peut donc dorénavant être considéré en première intention

dans cette indication après validation multidisciplinaire par la *heart team* dans les centres en ayant l’expertise.

BIBLIOGRAPHIE

1. FELDMAN T, FOSTER E, GLOWER DD *et al.* Percutaneous Repair or Surgery for Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*, 2011;364:1395-1406.
2. VARADARAJAN P, SHARMA S, HEYWOOD JT *et al.* High prevalence of clinically silent severe mitral regurgitation in patients with heart failure: role for echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2006;19:1458-1461.
3. GOLIASCH G, BARTKO PE, PAVO N *et al.* Refining the prognostic impact of functional mitral regurgitation in chronic heart failure. *Eur Heart J*, 2018;39:39-46.
4. McDONAGH TA, METRA M, ADAMO M *et al.* 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail*, 2022;24:4-131.
5. COATS AJS, ANKER SD, BAUMBACH A *et al.* The management of secondary mitral regurgitation in patients with heart failure: a joint position statement from the Heart Failure Association (HFA), European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI), European Heart Rhythm Association (EHRA), and European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI) of the ESC. *Eur Heart J*, 2021;42:1254-1269.
6. VAHANIAN A, BEYERSDORF F, PRAZ F *et al.* 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the Task Force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Rev Esp Cardiol*, 2022;75:524.
7. Arrêté du 15 avril 2024 portant modification des conditions d’inscription des clips de réparation mitrale bord à bord MITRACLIP G4-NT, MITRACLIP G4-NTW, MITRACLIP G4-XT et MITRACLIP G4-XTW de la société Abbott Medical France inscrits au titre III de la liste des produits et prestations remboursables prévue à l’article L. 165-1 du code de la sécurité sociale. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049425011>
8. ANKER SD, FRIEDE T, VON BARDELEBEN RS *et al.* RESHAPE-HF2 Transcatheter Valve Repair in Heart Failure with Moderate to Severe Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*, 2024.
9. MIRABEL M, LUNG B, BARON G *et al.* What are the characteristics of patients with severe, symptomatic, mitral regurgitation who are denied surgery? *Eur Heart J*, 2007;28:1358-65.
10. BALDUS S, DOENST T, PFISTER R *et al.* Transcatheter Repair versus Mitral-Valve Surgery for Secondary Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*, 2024;391:1787-1798.
11. ZAHR F, SMITH RL, GILLAM LD *et al.* One-Year Outcomes From the CLASP IID Randomized Trial for Degenerative Mitral Regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023;S1936-8798(23)01358-4.

L’auteur a déclaré ne pas avoir de liens d’intérêts concernant les données publiées dans cet article.

■ Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Savons-nous enfin prendre en charge les fuites mitrales secondaires ?

RÉSUMÉ : Le traitement curatif des insuffisances mitrales secondaires (IMS) longtemps exclusivement chirurgical et peu pratiqué, connaît aujourd'hui un développement exponentiel depuis la mise à disposition d'options percutanées. Ce changement spectaculaire de paradigme, passant d'une quasi-absence d'indications chirurgicales à des indications percutanées élargies, reste néanmoins l'objet de vives controverses.

Nous décrirons les phénotypes d'IMS, atriales et ventriculaires, et leurs implications thérapeutiques spécifiques multimodales, incluant le titrage rapide du traitement médicamenteux, le maintien d'un rythme sinusal, la resynchronisation, les différentes techniques percutanées de réparation (clips, anneaux...) ou remplacements prothétiques mitraux (TMVR).

Nous discuterons ensuite les indications au cas par cas, idéalement envisagées dans le cadre de réunions multidisciplinaires.



M. VOLA,
CHU de LYON.



J.-F. OBADIA
CHU de LYON.

L'insuffisance mitrale dite "secondaire" est définie (classification de Carpentier [1] (**fig. 1**)) comme une incontinence de la valvule mitrale secondaire à une anomalie structurelle des cavités cardiaques gauches, ventriculaire (ischémique ou cardiomyopathie dilatée, Carpentier IIIB) ou auriculaire (arythmie supra-

ventriculaire, Carpentier I). Cette terminologie (primaire/secondaire) est aujourd'hui préférée à l'ancienne distinction (organique/fonctionnelle) car il est apparu que même dans l'IM secondaire, l'analyse histologique décrit une valve remaniée, avec de la fibrose secondaire à la dysfonction et même parfois un allongement adaptif des feuillets.

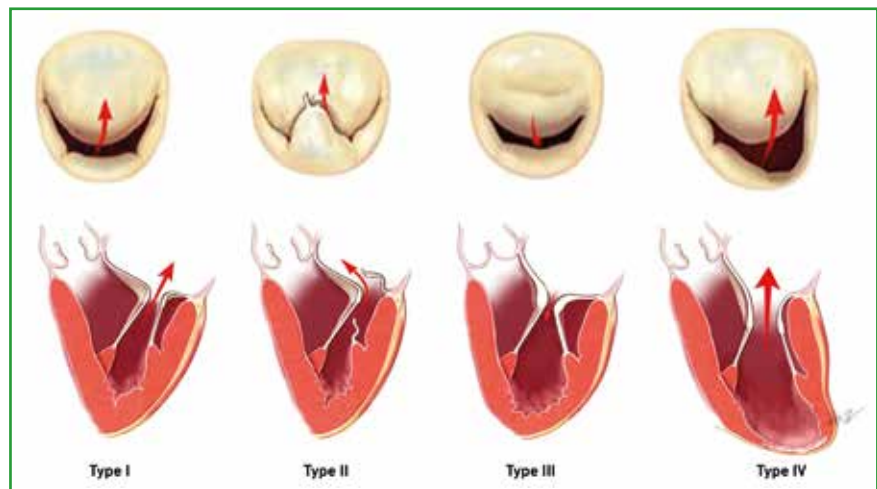


Fig. 1 : Classification de Carpentier pour les fuites mitrales. Le type I est caractérisé par un mouvement normal des feuillets, le type II par un mouvement excessif des feuillets et le type III par une restriction du mouvement des feuillets en diastole (IIIA) ou en systole (IIIB) [1].

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Insuffisance mitrale secondaire auriculaire (IMsA)

L'insuffisance mitrale secondaire atriale (IMsA) est une entité qui a été longtemps sous-estimée alors qu'elle représente une proportion significative des IM, environ un tiers de l'ensemble des IM. Par ailleurs, il existe un autre tiers d'IM secondaires ventriculaires et un tiers d'IM primaires (dystrophiques ou dégénératives) [2].

Le mécanisme est secondaire à la dilatation de l'anneau mitral, lui-même

secondaire à la dilatation de l'oreillette gauche de la FA, ce qui induit une dysfonction auriculo-ventriculaire bien visible en échographie. Farhan [3] définit l'IMsA lorsqu'il existe un appareil valvulaire et sous-valvulaire normal, en l'absence de calcifications annulaires, avec une dilatation de l'oreillette gauche (volume indexé $> 34 \text{ mL/m}^2$), une FA ou pression OG élevée secondaire à une dysfonction VG diastolique, une FE $\geq 60 \%$ sans anomalies cinétiques segmentaires, une augmentation de la surface mitrale annulaire par mesure échographique 3D.

Dans un premier temps, les feuillets restent dans le plan de l'anneau, mais avec la progression de la dilatation de l'oreillette, l'insertion du feuillet postérieur est déplacée en arrière, induisant une rétraction à distance de la grande valve et une fuite qui prend une allure excentrée. Ensuite, une dysfonction VG pour donner une forme mixte IMsA-IMsV (fig. 2).

Il n'existe pas d'étude randomisée concernant le traitement valvulaire de l'IMsA. En revanche, plusieurs études convergent en faveur d'une prise en charge spécifique de la FA, ce qui inclut :

- une thérapie médicale agressive visant une diminution de pression de l'OG ;
- le maintien du rythme sinusal, incluant : traitement médical/cardioversion/ablation, visant un remodelage positif de l'OG et de l'anneau mitral.

Pour les patients non répondeurs et symptomatiques, les réparations mitrales chirurgicales offrent des résultats durables [4], contrairement au décevantes réparations mitrales des IMsV. En effet, les fonctions VG ne sont pas ou peu impactées dans l'IMsA sans risque de point de "non-retour" au-delà duquel une action corrective de la fuite mitrale ne peut plus avoir d'effet positif. Le traitement percutané par clip, moins agressif, est très séduisant mais les séries publiées sont encore modestes avec des résultats perfectibles (20 % de récurrence de fuite sévère à 1 an) [5]. Les annuloplasties percutanées de l'IMsA (Carillon) concernent peu de cas publiés pour être réellement considérées comme une option crédible aujourd'hui [6].

Insuffisance mitrale secondaire ventriculaire (IMsV)

Longtemps la thèse qui prévalait était que l'IMsV était la conséquence de la détérioration ventriculaire gauche et qu'il était vain d'essayer de la corriger. Les séries chirurgicales et notamment deux études prospectives randomisées confortaient cette approche abstention-

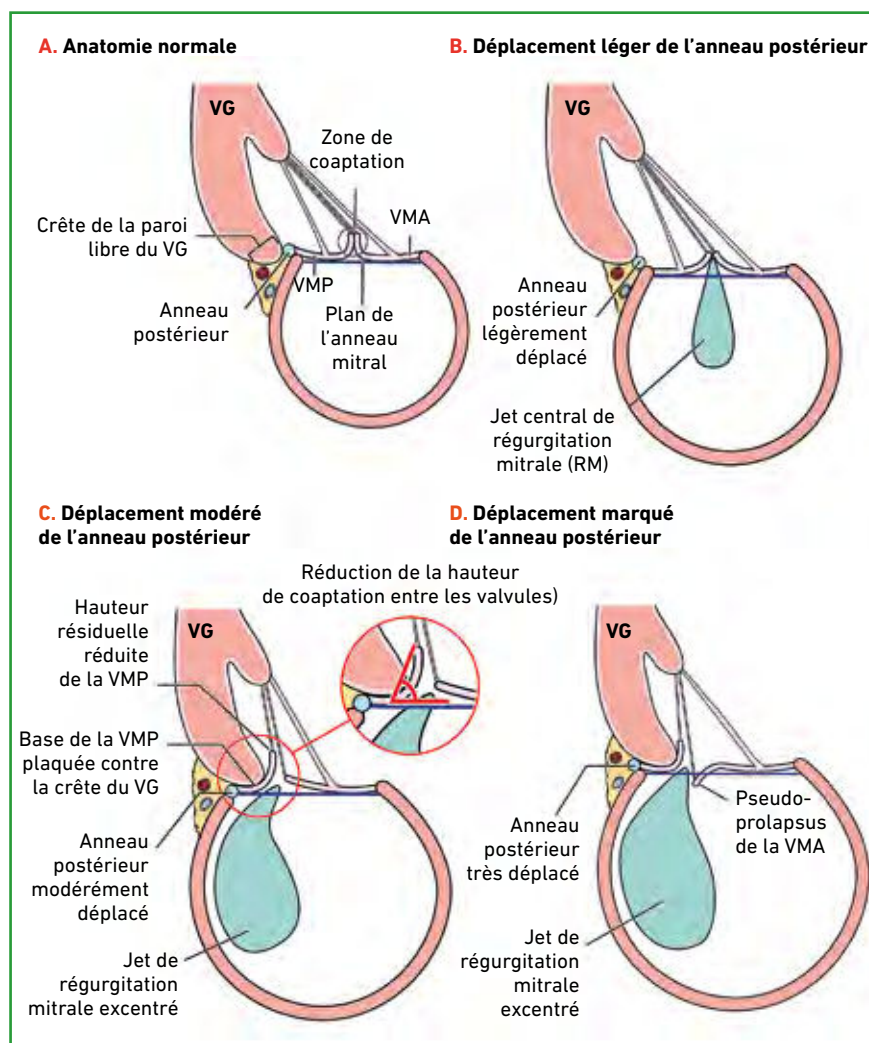


Fig. 2 : Stades de la IMsA et évolution vers la forme mixte IMsA-IMsV. D'après Farhan *et al.* [3]. **VG :** Ventricule gauche ; **VMA :** Valvule mitrale antérieure ; **VMP :** Valvule mitrale postérieure ; **Zone de coaptation :** Zone où les deux valvules se rejoignent pour assurer l'étanchéité.

niste avec des résultats peu démonstratifs ou même décevants, 58 % de récurrence de la fuite à 2 ans après réparation mitrale (STS *trial 1*) et pas de bénéfice à associer une réparation aux pontages coronaires en cas d'IMsV modérée (STS *trial 2*).

Le traitement percutané des IMsV est venu bousculer cette perception avec la controverse (MITRA-FR [7]/COAPT [8]). L'étude MITRA-FR, qui confirmait les données chirurgicales décevantes, et l'étude COAPT [7, 8] qui, au contraire, pour la première fois, révélait un intérêt majeur du traitement des IMsV en termes de symptômes, réhospitalisations et mortalité, pour un risque

faible et avec un bénéfice coût/efficacité. Une étude récente similaire (RESHAPE HF2), quoi que très critiquable sur le plan méthodologique, semble également confirmer le bénéfice du traitement percutané des IMsV.

De nombreuses interprétations ont tenté d'expliquer les résultats diamétralement opposés de ces études randomisées sans donner de réponse claire. Les redéfinitions de la sévérité des fuites (**tableau I**), quantification dynamique, le concept de fuite proportionnée, de dilatation ventriculaire ou pression pulmonaire limite, d'atteinte associée du cœur droit n'ont pas épuisé les débats.

Au-delà de ces questions résiduelles, les traitements percutanés par clips sont aujourd'hui encouragés par de fortes recommandations européennes et nord-américaines dans le traitement des VsMR. La définition des indications reste néanmoins très subjective et multiparamétrique, et idéalement le fruit d'un arbitrage en réunion de concertation pluridisciplinaire.

■ Traitement

Le traitement de l'IMS dispose d'un arsenal thérapeutique riche dont la mise en œuvre doit être progressive (**fig. 3**).

Gravité de la FMR (= insuf mitrale fonctionnelle) selon l'évolution des recommandations et impact de l'intervention dans les essais randomisés				
EROA	< 0,2 cm ²	0,2-0,29 cm ²	0,3-0,39 cm ²	≥ 0,4 cm ²
• Recommandations de l'ESC 2012 et 2017 • MVARC 2015	Non sévère	Sévère		
• Recommandations ESC 2021 • Recommandations ACC/AHA • Document de position EAVCI-ESC 2022	Minime ou Grade 1+ ou Grade 1/4	Minime à modérée ou Grade 2+ ou Grade 2/4	Modérée à sévère ou Grade 3+ ou Grade 3/4	Sévère ou Grade 4+ ou Grade 4/4

EROA: Surface de l'orifice régurgitant; **MVARC**: Mitral Valve Academic Research Consortium.

Tableau I: David Messika Zeitoun *et al.*, ACVD, *in press*.

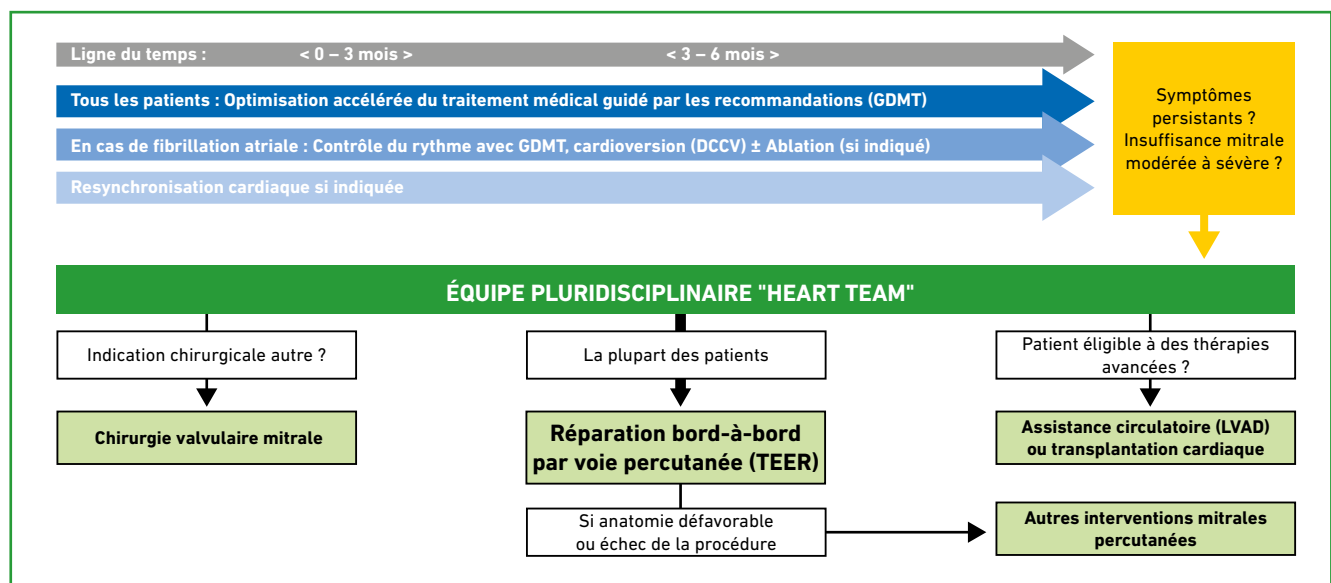


Fig. 3: Traitement de l'IMS. Schéma proposé par Barnes *et al.* [9].

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

1. Thérapie médicale

L'introduction de nouveaux médicaments, notamment de l'inhibiteur du récepteur de l'angiotensine-néprilysine (ARNIs) et de l'inhibiteur du cotransporteur sodium-glucose de type 2 (SGLT2), viennent enrichir les recommandations (GDMT, pour *guidelines-directed medical therapy*), en quadrithérapie : bêta-bloquants, inhibiteurs ACE/inhibiteurs angiotensine II/ARNI, inhibiteur SGLT2, antagoniste récepteur minéralocorticoïde (MRA) [10]. Toutes les études concernant la prise en charge des IMS incluant les études évaluant les clips mitraux, soulignent l'importance de commencer par une titration rapide du traitement médical jusqu'à optimisation. Indication 1B confirmée dans les recommandations européennes [11].

2. Traitement de la FA et contrôle du rythme cardiaque CRT (*cardiac resynchronisation therapy*)

L'étude MIRACLE a montré que la CRT est efficace dans le remodelage inverse du VG avec conséquemment une réduction de l'IM. La gestion de la FA et le contrôle de la fréquence cardiaque sont recommandés pour les patients avec défaillance cardiaque et dysfonction VG (étude CASTLE-AF).

3. L'option chirurgicale

Aujourd'hui, les rares indications chirurgicales du traitement de l'IMS sont le plus souvent associées à une indication de pontage coronaire (classe I, niveau B). Le risque important de récurrence après réparation pousse à réaliser plus de remplacements, notamment dans les formes moins sévères [12] et selon certains critères échographiques prédictifs de récurrence (distance plan annulaire-point de coaptation > 10 mm, surface de tente > 2,5 cm², ou un angle > 45° entre la valve postérieure et le plan de l'anneau mitral [13]).

Un des intérêts de la chirurgie reste de pouvoir offrir, en un seul temps, une approche globale, associant les très efficaces ablations chirurgicales de la FA, plus les exclusions de l'auricule gauche validées par les études LAAOS 1, 2 et 3, plus la correction des fuites tricuspides.

4. Options percutanées

Selon les recommandations, elles sont en théorie réservées aux patients dits à haut risque chirurgical (mortalité prédite ≥ 10 %) ou considérés comme tels par une RCP, ce qui en pratique concerne pratiquement tous les patients porteurs

d'une IMS. Faute de mieux, et bien qu'ils restent peu précis, des critères d'éligibilité dits "patients COAPT like" ont été définis pour aider les RCP à retenir une indication de traitement percutané d'une IMSV.

Les registres qui reflètent ce qu'il est convenu d'appeler "la vraie vie" montrent que les indications de TEER sont aujourd'hui très largement et souvent trop rapidement appliquées (**fig. 4**). Une étude américaine montre que moins d'un cinquième des patients avec une FE < 50 % traités par clip mitral pour IMSV, avaient un traitement médical conforme à la forte recommandation 1B (recommandations ESC/EACTS 2021 [11]), et que, sans surprise, la mortalité était augmentée dans le groupe sous-traité médicalement [14].

Outre le MitraClip (Abbott, **fig. 5A**), premier dispositif recevant les approbations administratives et scientifiques, le dispositif Pascal (Edwards, **fig. 5B**) a récemment prouvé sa non-infériorité en termes de fuites résiduelles et d'événements cardiaques majeurs par rapport au MitraClip ; l'étude CLASP IIF devrait nous fournir des réponses dans le contexte spécifique de l'IMsV [16].

M-TEER chez les patients avec insuffisance mitrale secondaire (IMS)	
Caractéristiques rendant le patient éligible à COAPT : ● Insuffisance mitrale secondaire sévère ● Traitement de l'insuffisance cardiaque optimisé selon les recommandations ESC 2021 ● Classe II, III ou IV ambulatoire de la New York Heart Association (NYHA) ● Fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) entre 20 % et 50 % ● Diamètre télédiastolique du ventricule gauche ≤ 70 mm ● Au moins une hospitalisation pour insuffisance cardiaque au cours de l'année précédente ou valeurs élevées des peptides natriurétiques ● Anatomie de la VM considérée comme adaptée à la réparation mitrale transcathéter	Caractéristiques rendant le patient inéligible à COAPT : ● Instabilité hémodynamique ● Insuffisance cardiaque stade D ● Dysfonction ventriculaire droite modérée à sévère ● Pression artérielle pulmonaire systolique > 70 mmHg ● BPCO nécessitant de l'oxygène ou une corticothérapie ● Pathologie coronarienne, aortique ou tricuspide nécessitant une chirurgie ● Cardiomyopathie hypertrophique, restrictive ou infiltrative

Fig. 4 : Éligibilité pour la réparation tanscathéter bord à bord (TEER) [15].



Fig. 5 A et B : Les dispositifs MitraClip et Pascal [17].

>>> Prothèses mitrales percutanées (TMVR)

Une dizaine de prothèses sont actuellement en phase de validation, avec une limitation anatomique importante liée au risque d'obstruction de la chambre de chasse du ventricule gauche (LVOTO pour *left ventricle outflow tract occlusion*) [18]. Aucune n'ayant obtenu de remboursement, leur diffusion se limite aux patients non opérables, non accessibles au clip pour raison anatomique et uniquement dans les centres bénéficiant de budget dédié à l'innovation. Enfin, la sévérité de la dysfonction cardiaque altère les résultats après TMVR comme après MitraClip chez les patients COAPT-like [19].

La prothèse Tendyne (Abbott) est le seul dispositif marqué CE, implantée par mini-thoracotomie gauche avec un succès procédural > 90 % et un taux de fuites résiduelles < 2 de 93 % à deux ans.

De nouvelles prothèses transcathéter visent à diminuer le risque LVTO (forme en D, système anti-SAM de blocage ou capture de la grande en valve [20]).

>>> Annuloplasties percutanées

Il s'agit là encore de procédures en évaluation mais avec des obstacles techniques mal maîtrisés pour les annuloplasties directes (voie transseptale OD-OG), ou répondant à un concept très discutable pour les annuloplasties

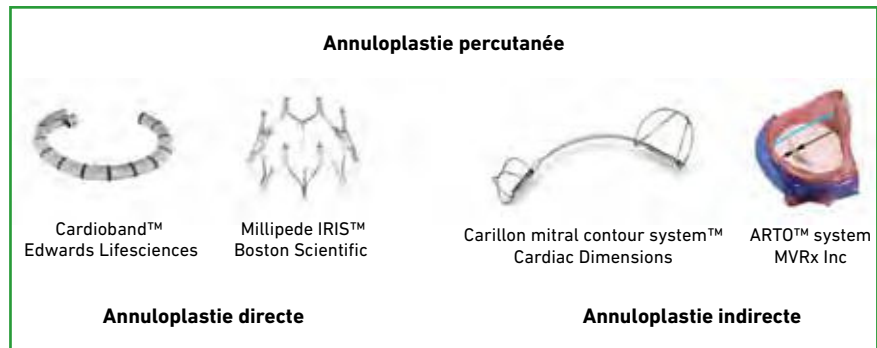


Fig. 6 : Dispositifs d'annuloplastie percutanée [17].

indirectes (voie OD simple avec dispositif largué dans le sinus coronaire). Leur diffusion à court ou moyen terme semble peu probable (fig. 6).

>>> Importance de l'imagerie

Toutes ces techniques sont très dépendantes de la qualité de l'imagerie, 3D et 4D, fusion de vues multimodales, intracavitaire (ICE) qui accompagnent et complètent les évolutions de ces révolutions thérapeutiques.

■ Conclusion

La prise en charge des valvulopathies mitrales doit aujourd'hui être discutée au sein d'une équipe pluridisciplinaire en accord avec les recommandations internationales afin de proposer à chaque patient, la ou les options techniques les plus adaptées à sa situation clinique. *In fine*, là encore en accord avec les recommandations internationales, c'est le patient dûment informé du rapport bénéfice/risque des différentes options, qui finalisera la décision.

BIBLIOGRAPHIE

1. DELHOMME C, TENCE N, KARAM N. Prise en charge interventionnelle de la fuite mitrale. *Ann Cardiol Angeiol*, 2019;68:468-473.
2. KAJIMOTO K, SATO N, TAKANO T. Registry on behalf of the investigators of the

ADHFS (ATTEND). Functional mitral regurgitation at discharge and outcomes in patients hospitalized for acute decompensated heart failure with a preserved or reduced ejection fraction. *Eur J Heart Fail*, 2016;18:1051-1059.

3. FARHAN S, SILBINGER JJ, HALPERIN JL *et al*. Pathophysiology, Echocardiographic Diagnosis, and Treatment of Atrial Functional Mitral Regurgitation: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*, 2022;80:2314-2330.
4. WAGNER CM, BRESCIA AA, WATT TMF *et al*. Surgical strategy and outcomes for atrial functional mitral regurgitation: All functional mitral regurgitation is not the same! *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2024;167:647-655.
5. BENITO-GONZÁLEZ T, CARRASCO-CHINCHILLA F, ESTÉVEZ-LOUREIRO R *et al*. Clinical and echocardiographic outcomes of transcatheter mitral valve repair in atrial functional mitral regurgitation. *Int J Cardiol*, 2021;345:29-35.
6. ROTTLÄNDER D, GÖDDE M, DEGEN H. Percutaneous Coronary Sinus-Based Mitral Valve Annuloplasty in Atrial Functional Mitral Regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020;13:2947-2949.
7. OBADIA JF, MESSIKA-ZEITOUN D, LEURENT G *et al*. Percutaneous Repair or Medical Treatment for Secondary Mitral Regurgitation. *N Engl J Med*, 2018;379:2297-2306.
8. STONE GW, LINDENFELD J, ABRAHAM WT *et al*. Transcatheter Mitral-Valve Repair in Patients with Heart Failure. *N Engl J Med*, 2018;379:2307-2318.
9. BARNES C, SHARMA H, GAMBLE J *et al*. Management of secondary mitral regurgitation: from drugs to devices. *Heart*, 2024;110:1099-1106.
10. SHARMA A, VERMA S, BHATT DL *et al*. Optimizing Foundational Therapies in Patients With HFREF: How Do We Translate These Findings Into

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

- Clinical Care? *JACC Basic Transl Sci*, 2022;7:504-517.
11. VAHANIAN A, BEYERSDORF F, PRAZ F *et al*. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the Task Force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*, 2022;43:561-632.
 12. ACKER MA, PARIDES MK, PERRAULT LP *et al*. Mitral-valve repair versus replacement for severe ischemic mitral regurgitation. *N Engl J Med*, 2014;370:23-32.
 13. LANCELLOTTI P, MARWICK T, PIERARD LA. How to manage ischaemic mitral regurgitation. *Heart Br Card Soc*, 2008;94:1497-1502.
 14. VARSHNEY AS, SHAH M, VEMULAPALLI S *et al*. Heart failure medical therapy prior to mitral transcatheter edge-to-edge repair: the STS/ACC Transcatheter Valve Therapy Registry. *Eur Heart J*, 2023;44:4650-4661.
 15. WUNDERLICH NC, SHECHTER A, SWAANS MJ *et al*. Current Percutaneous Approaches to Treat Mitral Valve Regurgitation. *Curr Treat Options Cardiovasc Med*, 2023;25:793-817.
 16. FEDERICO OLIVERI M, IBTISAL AL AMRI MD, JOSÉ MONTERO CABEZAS M *et al*. Mitral Valve Transcatheter Edge-to-Edge Repair With PASCAL vs MitraClip: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Invasive Cardiol*, 2023;35.
 17. MCINERNEY A, MARROQUIN-DONDAY L, TIRADO-CONTE G *et al*. Transcatheter Treatment of Mitral Regurgitation. *J Clin Med*, 2022;11:2921.
 18. DHADUK N, CHAUS A, WILLIAMS D *et al*. Secondary Mitral Regurgitation: Diagnosis and Management. Published online October 9, 2023. Accessed November 9, 2024. <https://www.uscjournal.com/articles/secondary-mitral-regurgitation-diagnosis-and-management>
 19. ILIADIS C, METZE C, KÖRBER MI *et al*. Impact of COAPT trial exclusion criteria in real-world patients undergoing transcatheter mitral valve repair. *Int J Cardiol*, 2020;316:189-194.
 20. SALIZZONI S, VAIRO A, MONTEFUSCO A *et al*. A Mono-Leaflet, Low-Profile Transcatheter Mitral Prosthesis. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023;16:2918-2919.

M. Vola a déclaré les liens d'intérêts suivants : consultant pour Affluent Medical, *proctoring* pour Medtronic, cofondateur d'Aortic Lab. J.-F. Obadia a déclaré les liens d'intérêts suivants : Abbott Medical, Landanger, Chevalier Lacroix.



©mi_viri@shutterstock.com

Le site de Réalités Cardiológicas

Une complémentarité Revue + Site internet

- Vos articles publiés dans la revue depuis plus de 30 ans
- Un puissant moteur de recherche avec une sélection par mots-clés
- Le feuilletage en ligne de la revue
- Les articles en HTML et PDF téléchargeables

Abonnement
gratuit
en ligne

www.realites-cardiologiques.com

La FMC du cardiologue d'aujourd'hui pour préparer la médecine de demain

■ Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Dysfonction de prothèse valvulaire : quelle imagerie utiliser ?

RÉSUMÉ : Malgré des avancées techniques significatives, les prothèses valvulaires restent associées à une morbidité significative avec de nombreuses complications potentielles. Si l'échocardiographie transthoracique constitue l'examen de première intention pour poser un diagnostic préliminaire, des techniques complémentaires comme l'échocardiographie transœsophagienne 3D, le scanner, ou l'IRM cardiaque fournissent des informations essentielles pour affiner le diagnostic et orienter la prise en charge des dysfonctions prothétiques.

Cet article, centré sur l'imagerie multimodale appliquée aux dysfonctions de prothèses valvulaires, explore les indications, avantages et limites des différentes modalités d'imagerie cardiovasculaire en cas d'élévation de gradient ou de régurgitation sur prothèse.



Y. BOHBOT
CHU Amiens-Picardie, AMIENS.

Chaque année, environ 300 000 prothèses valvulaires (PV) sont implantées dans le monde, et d'ici 2050, il est attendu que ce chiffre passe à plus de 800 000 [1]. Malgré les progrès accomplis, les PV restent associées à une morbidité importante. En effet, en plus du risque hémorragique lié aux anticoagulants – en cas de prothèse mécanique – et du risque infectieux induit par tous les substituts valvulaires, les PV présentent des complications propres (thrombose, dégénérescence, désinsertion...) pouvant conduire à une dysfonction prothétique.

L'échocardiographie trans-thoracique (ETT) est la pierre angulaire de l'évaluation et du suivi des PV. Il faut cependant garder à l'esprit qu'il s'agit d'un examen de première intention pouvant s'avérer suffisant dans les cas très simples ou en cas d'urgence vitale, mais qui, dans la plupart des cas, sera complété par d'autres techniques d'imagerie. En effet, l'ETT et l'échocardiographie trans-œsophagienne (ETO) seront indispensables pour préciser et évaluer le type de dysfonction, mais d'autres techniques comme la ciné

fluoroscopie (ou radio cinéma), le scanner ou l'IRM cardiaque peuvent apporter des informations complémentaires souvent très utiles. Chacune de ces modalités présentant des avantages et des inconvénients (*tableau I*).

Rôle de l'imagerie multimodalité devant une élévation de gradient

1. Généralités

Devant une élévation de gradient, l'enjeu est de faire la part des choses entre une élévation non pathologique des gradients (hyper débit, obstruction sous-aortique, phénomène de restitution de pression, *mismatch* patient-prothèse) et une obstruction pathologique de prothèse (thrombus, pannus, endocardite ou dégénérescence).

2. Signes en faveur d'une obstruction pathologique d'une prothèse aortique

Le calcul de la surface valvulaire effective (SVE) aortique se fait de la même

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

	Avantages	Inconvénients
Échocardiographie transthoracique	● Imagerie de première ligne ● Facilité d'utilisation ● Mesure précise des vitesses/gradients ● Quantification des régurgitations ● Recherche de <i>mismatch</i> ● Évaluation des dimensions et de la fonction VG, estimation des pressions pulmonaires	● Limites de la fenêtre acoustique ● Cônes d'ombres des prothèses ● Angle-dépendance du Doppler
Échocardiographie transœsophagienne	● Meilleure résolution que l'ETT ● Meilleure visualisation du côté atrial pour les PV mitrales et de la partie postérieure des PV aortiques ● Meilleure visualisation des complications péri-annulaires ● Meilleure caractérisation des masses valvulaires ● Plus précis que l'ETT pour localiser les fuites sur PV ● Plus précis que l'ETT pour quantifier les fuites sur PV mitrale ● Excellente résolution spatiale ● Permet visualisation 3D de la prothèse (vue chirurgicale), du mouvement des cusps/aillettes	● Examen invasif ● Cônes d'ombres des prothèses ● Angle-dépendance du Doppler
Ciné fluoroscopie (radio cinéma)	● Facile à utiliser, rapide, peu irradiant et non invasif ● Évalue le mouvement des PV mécaniques (disque/aillettes...) ● Permet de rechercher une déhiscence /mouvement de bascule ● Recherche calcification des feuillets	● Pas d'évaluation hémodynamique ● Pas d'information sur la cause de la dysfonction
Scanner cardiaque	● Excellent pour la détection des calcifications ● Permet la différenciation entre pannus et thrombus ● Excellente résolution spatiale ● Bonne visualisation des PV aortiques et mitrales (aspect, mouvement, planimétrie) ● Permet de localiser les fuites para-prothétiques, rechercher déhiscence	● Irradiant ● Risque lié au produit de contraste iodé (insuffisance rénale, allergie) ● Pas d'évaluation hémodynamique ● Artéfacts liés au métal
IRM cardiaque	● Excellent pour l'évaluation des fuites sur PV aortique ● Non irradiant ● Permet de mesurer les vitesses en cas d'obstruction (risque de sous-estimation) ● Permet une caractérisation myocardique (volume, fonction, fibrose)	● Artéfacts liés aux objets métalliques ● Résolutions spatiale et temporelle limitées ● Peu de données sur les PV

Tableau 1 : Principaux avantages et inconvénients des différentes modalités d'imagerie dans l'évaluation des prothèses valvulaires cardiaques. ETT : échocardiographie transthoracique ; PV : prothèse valvulaire ; VG : ventricule gauche.

façon que pour une valve aortique native. Il faut mesurer la chambre de chasse du ventricule gauche (CCVG), l'ITV sous aortique en Doppler pulsé et l'ITV aortique en Doppler continu, et utiliser la formule $SVE \text{ aortique} = \text{surface CCVG} \times \text{ITVCCVG} / \text{ITV aortique}$. Si la SVE est $\geq$ à la surface de référence, l'élévation du gradient n'est pas liée à une obstruction pathologique de la PV et il faudra alors, après avoir éliminé une erreur de mesure, rechercher une obstruction sous-aortique, un hyper débit ou une régurgitation potentiellement mal visualisée en ETT, responsables d'une élévation du gradient.

Si la SVE est $<$ à la surface de référence, d'autres paramètres devront être mesurés comme l'indice de vitesse Doppler qui correspond au rapport entre les ITV sous-aortiques et aortiques et qui a pour principal avantage d'être indépendant du diamètre de la CCVG, parfois difficile à mesurer sur les PV. Plus cet indice est bas, plus cela est en faveur d'une obstruction pathologique. Un autre paramètre intéressant est le temps d'accélération aortique (TA) correspondant à la durée (en ms) entre le début et le pic du flux d'éjection aortique. Plus ce temps est allongé avec un flux arrondi présentant un pic

tardif, plus cela est en faveur d'une obstruction pathologique. Néanmoins, ce temps dépend de la fréquence cardiaque et il est donc préférable de le rapporter au temps d'éjection (TE) aortique. Plus le rapport est élevé, plus cela est pathologique.

L'obstruction sera jugée sévère en cas de $SVE < 0,80 \text{ cm}^2$, de $V_{\text{max}} > 4 \text{ m/s}$, d'un gradient moyen $> 35 \text{ mmHg}$, d'un indice de vitesse Doppler $< 0,25$, d'un TA $> 100 \text{ ms}$ (avec contour arrondi et symétrique du flux aortique) en Doppler continu, ou d'un rapport TA/TE $> 0,37$ [2, 3] (fig. 1).

3. Signes en faveur d'une obstruction pathologique d'une prothèse mitrale

Le calcul de la SVE mitrale se fait de la même façon que pour une valve mitrale native, en mesurant la CCVG, l'ITVCCVG

(Doppler pulsé) et l'ITV diastolique du flux antérograde mitral en Doppler continu et en utilisant la formule **SVE mitrale = surface CCVG x ITVCCVG/ITV mitrale**. Si la SVE est < à la surface de référence, d'autres paramètres devront être mesurés comme

l'indice de vitesse Doppler qui correspond au rapport entre l'ITV diastolique mitrale en Doppler continu et l'ITVCCVG en Doppler pulsé. Plus l'indice de vitesse Doppler est élevé, plus cela est en faveur d'une obstruction pathologique.

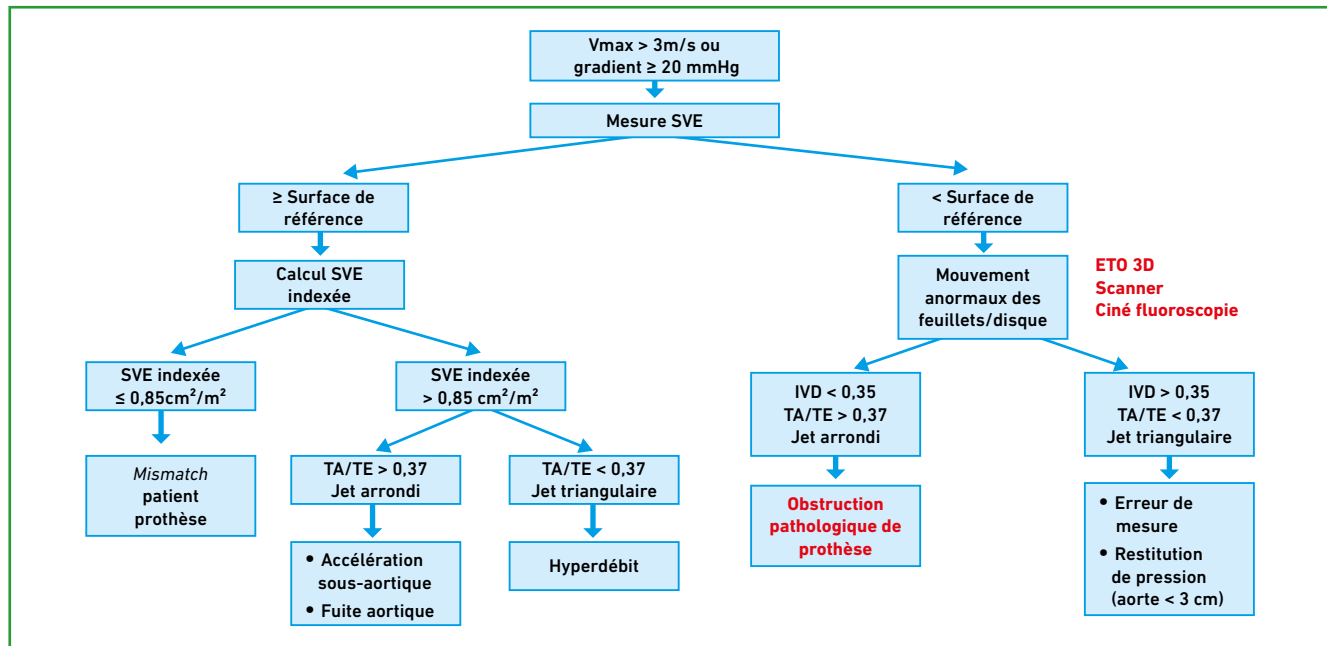


Fig. 1 : Algorithme devant une élévation de gradient sur une prothèse aortique. IVD : indice de vitesse Doppler ; SVE : surface valvulaire effective ; TA : temps d'accélération ; TE : temps d'éjection ; Vmax : vitesse maximale transaortique.

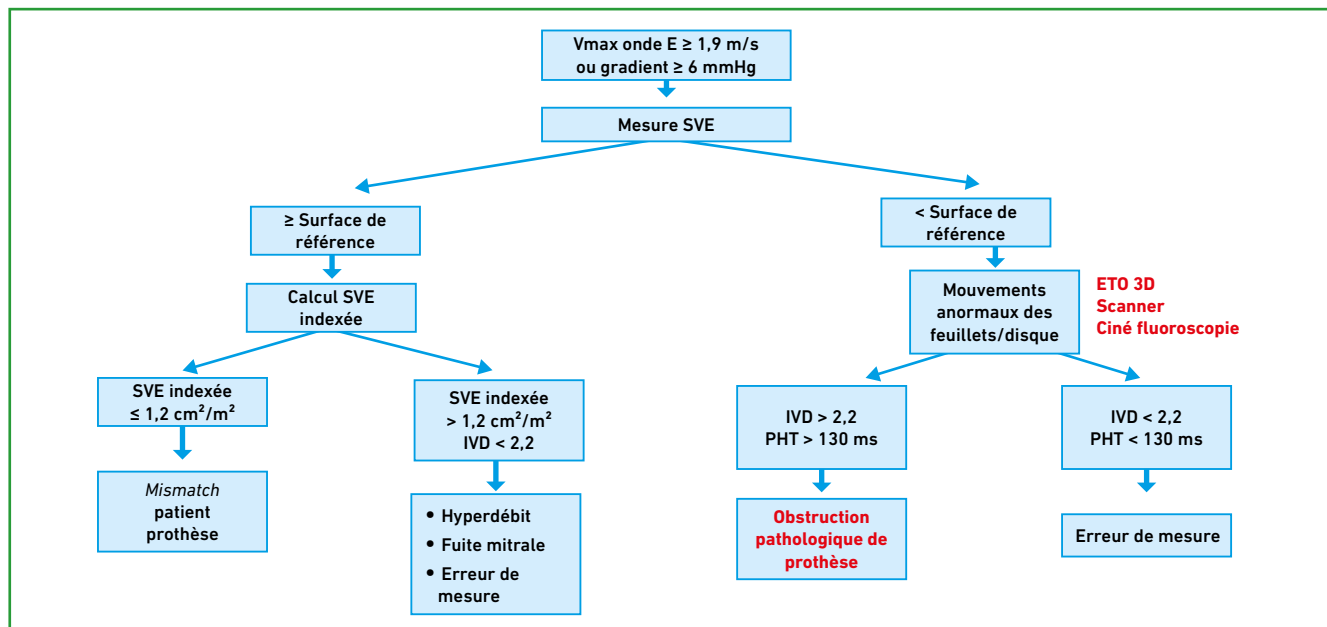


Fig. 2 : Algorithme devant une élévation de gradient sur une prothèse mitrale. IVD : indice de vitesse Doppler ; PHT : pressure half time ; SVE : surface valvulaire effective.

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Un autre paramètre intéressant est la vitesse maximale diastolique de l'onde E mitrale, habituellement $< 1,9$ m/s pour les PV mitrales. Le temps de demi-pression ou PHT qui se mesure sur le flux antérograde mitral en Doppler continu, habituellement < 130 ms, sera allongé en cas d'obstruction pathologique. Attention, ce paramètre est très dépendant de la fréquence cardiaque et des compliances auriculaires et ventriculaires gauches.

L'obstruction sera jugée sévère en cas de vitesse maximale de l'onde E $> 2,5$ m/s, de gradient moyen > 10 mmHg, d'un PHT > 200 ms, d'une SVE < 1 cm³, ainsi que d'un indice de vitesse Doppler $> 2,5$ [2, 3] (fig. 2).

4. Analyse morphologique

L'aspect de la valve ainsi que le mouvement des feuillets/aillettes doivent être évalués par ETT/ETO en cas de suspicion d'obstruction pathologique de prothèse. L'ETO 3D est très performante pour les prothèses mitrales, permettant d'avoir une vue "chirurgicale" en face de la prothèse (fig. 3), et plus

décevante pour les prothèses aortiques en raison de leur position antérieure. D'autres modalités d'imagerie peuvent également être utilisées comme la ciné fluoroscopie (radio-cinéma) pour évaluer le mouvement des prothèses mécaniques ou le scanner cardiaque, quel que soit le type de prothèse (fig. 4), pour estimer le mouvement, la structure et la surface valvulaire anatomique par planimétrie [4].

5. Distinction entre dégénérescence, pannus et thrombus

La dégénérescence de bioprothèse apparaît en général au-delà de la 5^e année, ce qui justifie un contrôle par ETT annuelle après 5 ans. Une dégénérescence précoce est néanmoins possible, en particulier avec certains types de bioprothèses (MITROFLOW, TRIFECTA...). Schématiquement, deux tableaux sont possibles : la sténose et/ou la fuite intraprothétique d'installation progressive, liée à la dégénérescence fibro-calcaire des feuillets, et beaucoup plus rarement, la déchirure de cuspide, d'installation brutale, à l'origine d'une régurgitation "aiguë".

Les signes en faveur d'une dégénérescence de bioprothèse sont une majoration progressive du gradient avec un épaississement des cuspidés, lesquelles se calcifient et présentent une restriction de mouvement. Une ETO sera souvent réalisée pour confirmer le diagnostic, évaluer le mécanisme et la sévérité, et écarter les diagnostics différentiels (thrombus, pannus, endocardite). L'IRM ne permet pas d'évaluer les dégénérescences de prothèses en raison des artefacts importants générés par les éléments métalliques des PV.

La thrombose de prothèse est l'apanage des patients porteurs de prothèse mécanique, mais peut également (plus rarement) être observée avec les bioprothèses. Il est important de multiplier les incidences conventionnelles et non conventionnelles pour visualiser au mieux la prothèse, et rechercher une masse qui ne sera que rarement visuali-

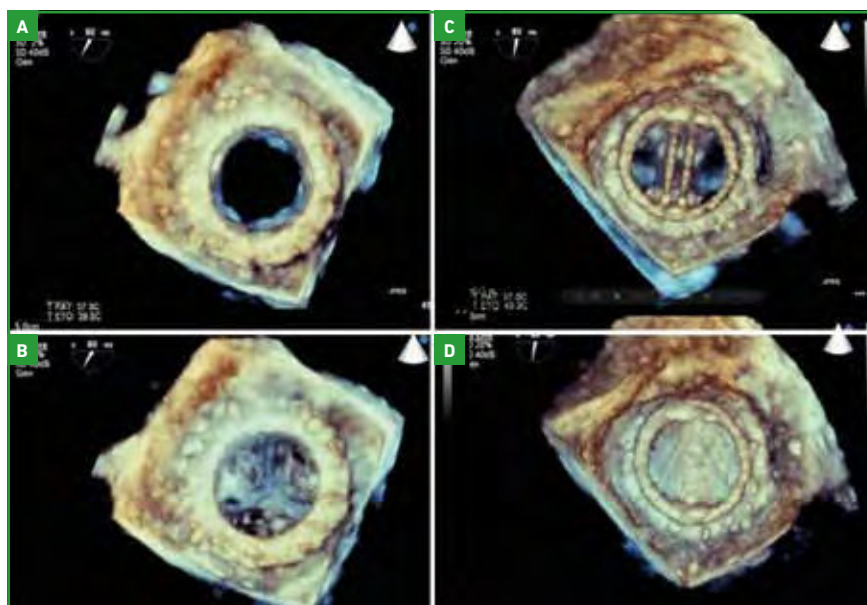


Fig. 3 : ETO 3D, vue chirurgicale "en face" à partir de l'oreillette gauche d'une bioprothèse mitrale ouverte (A) et fermée (B) et d'une prothèse mécanique mitrale à double ailettes ouverte (C) et fermée (D).

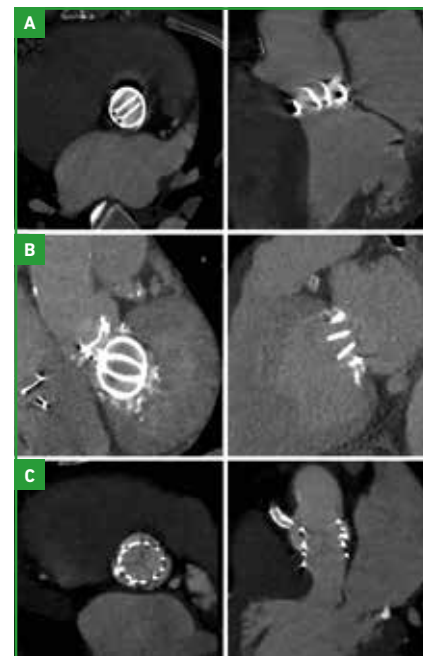


Fig. 4 : Exemples d'images de prothèses valvulaires en scanner. **A :** Prothèse mécanique à double ailette visualisée en systole. **B :** Prothèse mécanique mitrale à double ailette visualisée en diastole (présence également d'une prothèse aortique à double ailette). **C :** Bioprothèse de type TAVI SAPIEN 3 visualisée en diastole (présence également d'un stent de la coronaire droite ostiale).

sée en ETT en raison des cônes d'ombre et des artéfacts de réverbération de la prothèse. Ainsi, l'ETT sera systématiquement complétée par une ETO à la recherche d'une masse de taille variable, habituellement circonscrite au contact de l'anneau, pédiculée ou sessile, mobile ou non, isolée ou multiple, plus facilement visualisée en ETO lorsqu'elle est localisée sur le versant atrial d'une PV mitrale, ou sur le versant ventriculaire d'une PV aortique. L'apparition aiguë d'une fuite intraprothétique doit faire évoquer une thrombose bloquant un des éléments mobiles de la prothèse, et conduire à une ETO. Le scanner cardiaque multiphase et le radio-cinéma ont un rôle majeur à jouer dans les cas douteux car ils peuvent facilement détecter le blocage d'un disque, d'une ou des deux ailettes. Le scanner permet également de retrouver des thromboses infracliniques, c'est-à-dire sans retentissement clinique ni élévation significative des gradients, qui peuvent s'observer précocement après l'implantation de bioprothèses, notamment pour les prothèses de type TAVI [5].

Le pannus fibreux est aussi fréquent sur les valves biologiques que mécaniques et trois fois plus fréquent en position mitrale qu'en position aortique [2, 3, 6].

Contrairement au thrombus, la formation de pannus est une réponse physiologique attendue, survenant à la périphérie de la PV. L'obstruction liée à un thrombus peut survenir à tout moment. Elle est plus fréquente dans la première année postopératoire contrairement à l'obstruction liée à un pannus qui se développe généralement plus d'un an après la chirurgie (et le plus souvent après 5 ans). Le scanner cardiaque joue un rôle clé dans la distinction entre thrombus et pannus [7] (**tableau II**). L'imagerie a également une place importante dans la stratégie thérapeutique devant une thrombose de prothèse, et sera prise en compte par la *heart team* dans la décision entre un renforcement du traitement anticoagulant, une fibrinolyse ou une nouvelle intervention chirurgicale.

Rôle de l'imagerie multimodalité en cas de régurgitation prothétique

1. Distinction entre fuite intraprothétique et fuite paraprothétique

La distinction entre fuite intra et périprothétique est primordiale, notamment lorsqu'un traitement percutané est envisagé. Les fuites intraprothétique peuvent

être facilement traitées par voie percutanée grâce à la technique du *valve in valve*, mais la prise en charge des fuites paraprothétiques est plus complexe et nécessite la mise en place de plusieurs *plugs* vasculaires ou parfois de dispositifs de fermeture de *shunt* atriaux. La plupart des fuites paraprothétiques sont apparentes en postopératoire immédiat et sont liées à des problèmes techniques survenus au moment de la chirurgie, notamment en présence de tissus friables. Une déhiscence tardive doit faire rechercher une endocardite infectieuse [2, 3]. Plus rarement, des lâchages de sutures tardives peuvent apparaître, favorisés par une dégénérescence calcaire du tissu annulaire. Sur le plan clinique, elles sont soit découvertes de façon fortuite soit devant des symptômes d'insuffisance cardiaque ou un tableau d'hémolyse dont l'importance n'est pas corrélée à la sévérité de la régurgitation.

Il faudra multiplier les incidences à la recherche d'un prolapsus de cuspside (visible aussi au scanner multiphases) qui sera en faveur d'une fuite intraprothétique ou d'un mouvement de bascule qui sera cette fois-ci en faveur d'une fuite paraprothétique. Pour les PV aortiques, la coupe parasternale petit axe ou 45 degrés

	Pannus	Thrombus
Délai d'apparition/intervention	● Minimum 12 mois, généralement > 5 ans	● À tout moment (si retardé, parfois associé à un pannus)
Relation à l'anticoagulation	● Faible relation	● Forte relation
Localisation	● Mitrale > aortique	● Mitrale ≈ aortique ● Mécanique > biologique
Morphologie	● Petite masse immobile plutôt régulière ● Développement initial aux dépens de la ligne de suture de l'anneau prothétique ● Extension centripète ● Extension limitée sous le plan du disque/ailettes/cusps ● Prise de contraste modérée	● Plus large que le pannus ● Masse immobile ou mobile, irrégulière souvent multiples ● L'anneau externe de la prothèse demeure visible ● Extension sur le versant atrial gauche (PV mitrale) ou aortique (PV aortique) ● Parfois associé à un contraste spontané/thrombus auricule ou à des éléments mobiles ● Pas de prise de contraste
Densité au scanner	● > 200 UH	● < 200 UH

Tableau II : Diagnostic différentiel entre pannus et thrombus. PV : prothèse valvulaire ; UH : unités Hounsfield.

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

en ETO est très utile, permettant de visualiser l'origine du jet soit à l'intérieur de la prothèse soit en sa périphérie (paraprothétique) (**fig. 5**). La technique de la PISA peut également aider à préciser le type de régurgitation. En effet, baisser la ligne de base vers 30 cm/s dans le sens de la fuite fera apparaître la zone de PISA soit à l'intérieur de la prothèse (fuite intraprothétique) soit à l'extérieur (fuite paraprothétique) (**fig. 5**). L'ETO 3D sera également d'une grande aide pour différencier ces deux types de fuites.

2. Évaluation des régurgitations sur prothèse aortique

L'évaluation des régurgitations sur PV aortique repose sur les mêmes

méthodes quantitatives et semi-quantitatives que pour les valves natives selon une approche qui sera multi-paramétrique. L'ETT est l'examen utilisé en première intention dans cette évaluation. Les paramètres classiques comme la PISA ou la *vena contracta* sont parfois difficiles à mesurer sur les PV aortiques et il ne faut pas hésiter à utiliser les signes indirects de fuite sévère comme l'augmentation du débit cardiaque, l'effet Doppler télédiastolique dans l'isthme aortique, la fermeture prématurée de la valve mitrale et/ou la présence d'une IM diastolique. En ETO, qui est quasi systématique en cas de fuite paraissant au moins modérée, les incidences petit axe vers 45° et grand axe vers 140° sont d'un grand intérêt.

L'IRM est plus performante et reproductible que l'échocardiographie dans ces cas, et doit être envisagée rapidement lorsqu'il existe une discordance entre les symptômes et les résultats de l'imagerie ou en cas de résultat litigieux [8].

L'évaluation de la fuite aortique ne nécessite pas d'injection de gadolinium et consiste en une mesure directe du volume régurgité en utilisant une cartographie des vitesses juste au-dessus de la valve aortique (imagerie en contraste de phase 2D) dans un plan perpendiculaire à la direction du flux sanguin. Une fois le plan de coupe obtenu, l'opérateur place une zone d'intérêt arrondie sur l'aorte et un post-traitement dédié analyse le flux sanguin à travers le plan

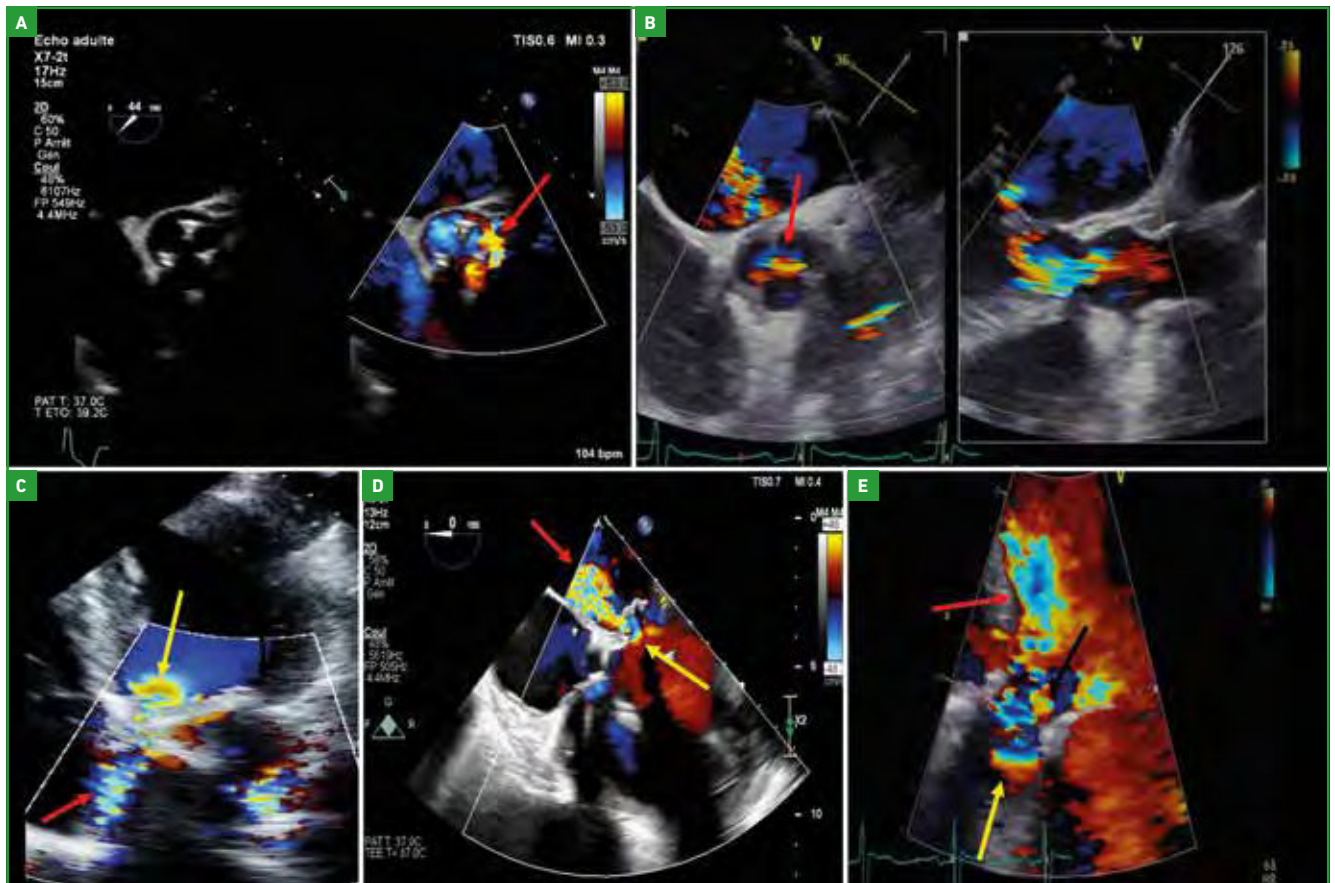


Fig. 5. Distinction entre fuite intra et paraprothétique grâce à la coupe ETO petit axe à 45 degrés. **A :** Image simultanée avec et sans couleur, la fuite paraprothétique car le jet couleur est à l'extérieur de la prothèse (flèche rouge). **B :** Image simultanée en couleur en mode biplan (45 degrés et 135 degrés), la fuite est intraprothétique car le jet couleur est à l'intérieur de la prothèse (flèche rouge). **C :** Fuite paraprothétique sur prothèse mécanique mitrale à double ailette sur une ETT en incidence 4 cavités. **D :** Fuite paraprothétique sur bioprothèse mitrale sur une ETO à zéro degré. **E :** Fuite intraprothétique sur bioprothèse aortique sur une ETT en incidence 5 cavités. Pour les 3 figures, la flèche jaune indique la zone de PISA et la flèche rouge le jet de régurgitation.

aortique en générant une courbe de flux, qui permet de calculer le volume aortique antérograde (volume d'éjection systolique aortique), le volume régurgitant aortique et la fraction de régurgitation (volume régurgité/volume antérograde) (**fig. 6**). Peu d'études se sont focalisées sur l'évaluation IRM des régurgitations aortiques sur prothèses et les seuils utilisés pour les valves natives sont appliqués aux PV (fuite sévère en cas de volume régurgité > 60 mL et/ou fraction de régurgitation > 50 %) [9]. Des données suggèrent que pour les régurgitations post TAVI, une fraction de régurgitation > 40 % serait en faveur d'une fuite sévère [10].

3. Évaluation des régurgitations sur prothèse mitrale

Comme pour la valve aortique, l'ETT reste l'examen de première ligne pour l'évaluation des régurgitations sur PV mitrale, laquelle repose sur les mêmes méthodes quantitatives et semi-quantitatives que pour les valves natives avec une approche qui sera multiparamétrique. En raison des cônes d'ombres et artéfacts, il est difficile d'apprécier l'extension du jet dans l'oreillette gauche, raison pour laquelle il faudra systématiquement balayer toute l'oreillette avec le Doppler continu. L'ETO, si possible 3D, sera systématique pour

confirmer le diagnostic, préciser le mécanisme, localiser l'origine du jet, son extension dans l'oreillette gauche ainsi que son extension circonférentielle en ETO 3D. Au moindre doute, ou en cas de discordance entre la clinique et les résultats de l'échocardiographie, une IRM devra être réalisée avec la mesure du flux aortique antérograde, ou volume éjecté à travers la valve aortique par la méthode du contraste de phase (cf. ci-dessus), et la mesure du volume éjecté par le VG (volume télédiastolique-volume téléstolique), lui-même obtenu par contournage de l'endocarde sur environ 10 coupes successives allant de la base à l'apex du VG. Le volume régurgité mitral sera obtenu par une simple soustraction : **volume régurgité = volume d'éjection systolique VG – volume d'éjection aortique**. Peu d'études se sont focalisées sur l'évaluation IRM des régurgitations mitrales sur prothèses et les seuils utilisés pour les valves natives sont appliqués aux PV (fuite sévère en cas de volume régurgité > 60 mL et/ou fraction de régurgitation > 50 %) [10, 11].

4. Désinsertion de prothèse

La désinsertion de prothèse se produit en cas de lâchage de sutures entre l'anneau prothétique et l'anneau natif. Elle correspond à la première cause de réintervention précoce [2]. Elle est favorisée par l'endocardite infectieuse, les calcifications annulaires et les chirurgies rédux. Les signes échocardiographiques sont similaires à ceux des fuites paraprothétiques mais les fuites sont plus sévères et étendues, et sont souvent accompagnées d'un mouvement d'inclinaison ou de bascule de la prothèse. L'ETO 3D permet de bien visualiser la désinsertion (**fig. 7**). Le radio-cinéma n'est pas obligatoire, mais souvent réalisé dans le cadre de la coronarographie préopératoire, et retrouvera le mouvement de bascule. Le scanner est très souvent nécessaire en complément de l'ETO, notamment pour la planification préopératoire. Il retrouvera un passage du produit contraste à travers un canal entre l'anneau natif et

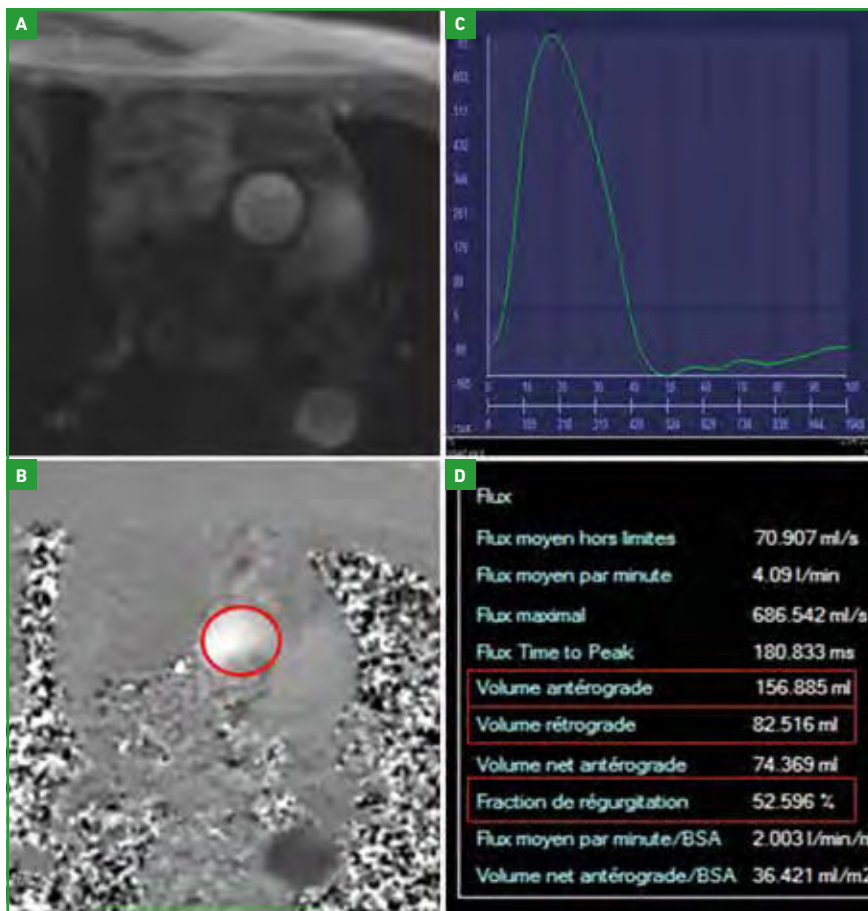


Fig. 6 : Exemple d'évaluation d'une fuite paraprothétique sévère dans le cadre d'une dégénérescence mixte de bioprothèse (prothèse fuyante et sténosante). **A :** Plan de coupe juste au-dessus de la valve. **B :** Séquence en contraste de phase, le cercle rouge représente la zone d'intérêt tracée par l'opérateur. **C :** Courbe de flux à travers le plan aortique. Tout ce qui est sous la ligne bleue représente la fuite aortique. **D :** Quantification IRM de la fuite aortique avec un volume antérograde à 157 mL, un volume rétrograde à 82 mL et une fraction de régurgitation à $82/157 = 52\%$.

Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

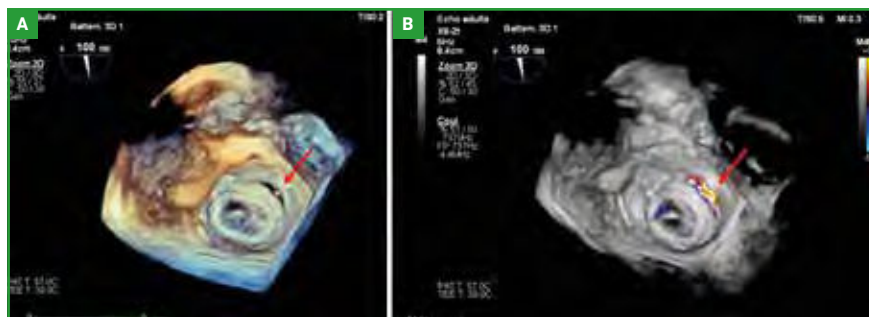


Fig. 7 : Désinsertion de bioprothèse mitrale visualisée sur une vue "en face" en ETO 3D. Les flèches rouges indiquent la désinsertion sur l'image 3D sans couleur (A) et avec couleur (B).

l'anneau prothétique, plus large que celui observé en cas de fuite paraprotétique sans désinsertion. Il retrouvera également le mouvement de bascule de la PV si toutes les phases du cycle cardiaque sont acquises.

Conclusion

L'imagerie multimodale a acquis un rôle central dans l'évaluation du fonctionnement des PV et de leurs complications. L'échocardiographie reste la modalité d'imagerie de première ligne pour la surveillance des patients porteurs de PV et la détection des dysfonctions de prothèse. Cependant, elle présente plusieurs limites notamment en raison des artefacts générés par le matériel prothétique. Le scanner cardiaque multiphase apporte des informations morphologiques et fonctionnelles importantes et additionnelles à l'échocardiographie pour l'évaluation des PV. L'IRM joue un rôle complémentaire majeur pour la quantification des régurgitations sur prothèses.

BIBLIOGRAPHIE

1. HOERSTRUP SP, WEBER B. Biological heart valves. *Eur Heart J*, 2015;36:325-326.
2. LANCELOTTI P, PIBAROT P, CHAMBERS J *et al*. Recommendations for the imaging assessment of prosthetic heart valves: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging endorsed by the Chinese Society of Echocardiography, the Inter-American Society of Echocardiography, and the Brazilian Department of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2016;17:589-590.
3. ZOGBHI WA, JONE PN, CHAMSI-PASHA MA *et al*. Guidelines for the evaluation of prosthetic valve function with cardiovascular imaging: a report from the American Society of Echocardiography developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance and the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2024;37:2-63.
4. RAJIAH P, MOORE A, SABOO S *et al*. Multimodality imaging of complications of cardiac valve surgeries. *Radiographics*, 2019;39:932-956.
5. CHAKRAVARTY T, SØNDERGAARD L, FRIEDMAN J *et al*. RESOLVE; SAVORY Investigators.

Subclinical leaflet thrombosis in surgical and transcatheter bioprosthetic aortic valves: an observational study. *The Lancet*, 2017;389:2383-2392.

6. RIZZOLI G, GUGLIELMI C, TOSCANO G *et al*. Reoperations for acute prosthetic thrombosis and pannus: an assessment of rates, relationship and risk. *Eur J Cardiothorac Surg*, 1999;16:74-80.
7. GÜNDÜZ S, ÖZKAN M, KALÇIK M *et al*. Sixty-four-section cardiac computed tomography in mechanical prosthetic heart valve dysfunction: thrombus or pannus. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2015;8:e003246.
8. SUCHÁ D, SYMERSKY P, TANIS W *et al*. Multimodality imaging assessment of prosthetic heart valves. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2015;8:e003703.
9. GELFAND EV, HUGHES S, HAUSER TH *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.
10. RIBEIRO HB, LE VEN F, LAROSE E *et al*. Cardiac magnetic resonance *versus* transthoracic echocardiography for the assessment and quantification of aortic regurgitation in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *Heart*, 2014;100:1924-32.
11. VERMES E, IACUZIO L, LEVY F *et al*. Role of cardiovascular magnetic resonance in native valvular regurgitation: a comprehensive review of protocols, grading of severity, and prediction of valve surgery. *Front Cardiovasc Med*, 2022;9:881141.

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

■ Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

EN PRATIQUE, ON RETIENDRA

Le traitement percutané de l'insuffisance mitrale

- Dans l'insuffisance mitrale primitive, le traitement percutané par réparation bord à bord de la valve mitrale permet de corriger de façon efficace et stable la fuite mitrale avec une excellente sécurité. Ce traitement est indiqué en cas de risque opératoire prohibitif ou élevé.
- L'étude COAPT est la première étude randomisée qui montre un intérêt de la réparation de l'insuffisance mitrale secondaire en termes de réhospitalisation et de mortalité.
- Les trois études randomisées MitraFr, COAPT et Reshape HF2 ont un message commun : la réparation bord à bord par Mitraclip permet de corriger de façon efficace et stable les IMS avec une excellente sécurité.
- L'annuloplastie indirecte par diminution du diamètre antéro-postérieur de l'anneau est le mode d'action de la réparation bord à bord pour traiter les IMS. L'annuloplastie directe reste une technique prometteuse en développement.
- Le remplacement percutané de la valve mitrale est une technique en développement qui devra trouver sa place face aux techniques de réparation. Le paradigme de la réparation valvulaire issu de l'expérience chirurgicale restant la règle.
- L'étude française MitraHR, qui randomise entre chirurgie et Mitraclip des patients souffrant d'insuffisance mitrale primitive symptomatique dont le risque opératoire est jugé intermédiaire, permettra de positionner plus précisément la technique dans cette population.

Traitement par clip mitral dans l'insuffisance cardiaque : où en est-on en 2025 ?

- La réparation percutanée bord à bord de la valve mitrale s'est progressivement imposée comme une technique efficace et sûre, en se positionnant comme une alternative moins invasive à la chirurgie chez les patients jugés à haut risque opératoire.
- En contexte d'insuffisance cardiaque à FEVG altérée, la présence d'une insuffisance mitrale secondaire est fréquente, et est associée à un pronostic plus défavorable, alors que les risques opératoires d'une correction chirurgicale sont majorés.
- Les données des grands essais pivots COAPT et MITRA-FR, puis plus récemment l'étude RESHAPE-HF2, ont validé l'amélioration du pronostic permise par le MitraClip par rapport au traitement médical, et ont permis de mieux définir les patients éligibles à cette technique. L'étude MATTERHORN vient de démontrer la non-infériorité à 1 an de la réparation bord à bord par rapport à la chirurgie.

■ Le dossier – Prise en charge de la valvulopathie mitrale

Savons-nous enfin prendre en charge les fuites mitrales secondaires ?

- Les insuffisances mitrales ont pour principales étiologies : 1/3 d'IM primaires, 1/3 d'IM secondaires ventriculaires et 1/3 d'IM secondaires atriales qui ont chacune un phénotype, une modalité d'évaluation et une prise en charge très spécifique.
- Le traitement médical optimisé, incluant, au besoin, revascularisation coronaire, resynchronisation, ablation de FA, est le préalable pour le traitement de toutes les IM secondaires (classe 1, niveau B). Il est souvent insuffisamment optimisé avant que les approches interventionnelles ne soient proposées (classe II, niveau A).
- Le traitement percutané des IMS relève en théorie de contre-indications chirurgicales, concept d'acceptation très large. Il s'agit presque exclusivement de clip mitraux, MitraClip ou PASCAL (les deux seules techniques actuellement remboursées) qui, au prix d'un risque extrêmement faible, peuvent apporter un bénéfice clinique significatif.
- Le traitement chirurgical des IMS est aujourd'hui rarement utilisé en dehors de gestes associés aux pontages coronaires (classe I, niveau B). Il permet si besoin en un seul temps d'associer le traitement de la FA, d'une fuite tricuspide et l'exclusion de l'auricule gauche. Le risque important de récurrence après réparation pousse à préférer les remplacements, notamment dans les formes sévères avec remodelage ventriculaire important.
- La définition des indications reste néanmoins délicate et multiparamétrique. Elle est idéalement le fruit d'une discussion au cas par cas en réunion de concertation pluridisciplinaire.

Dysfonction de prothèse valvulaire : quelle imagerie utiliser ?

- L'échocardiographie transthoracique est l'examen de référence pour le suivi des patients porteurs de prothèses valvulaires.
- En cas d'élévation du gradient transvalvulaire, une analyse multiparamétrique est nécessaire pour distinguer une élévation non pathologique d'une obstruction vraie.
- En cas de suspicion de dysfonction de prothèse, une approche par imagerie multimodale est essentielle pour affiner le diagnostic et adapter la prise en charge.
- Chaque modalité d'imagerie présente des avantages et des inconvénients à bien connaître. L'échocardiographie est utile pour la détection rapide et l'évaluation de la sévérité, le scanner pour l'analyse morphologique et la distinction entre thrombus et pannus, et l'IRM pour la quantification des régurgitations.

■ Revues générales

Les pièges à éviter dans la quantification de la sténose aortique

RÉSUMÉ : Si le rétrécissement aortique (RAO) reste la valvulopathie la plus fréquente, l'évaluation de sa sévérité, bien que primordiale dans sa prise en charge, peut être prise en défaut par plusieurs pièges. D'abord, il convient d'éliminer les causes d'hyper débit cardiaque, associées à une augmentation des vitesses et gradients aortiques, et de contrôler la tension artérielle.

Ensuite, plusieurs astuces permettent une évaluation adéquate du RAO : la mesure précise de la chambre de chasse du ventricule gauche (CCVG) doit être comparée à la valeur théorique, il faut multiplier les incidences, notamment utiliser la voie parasternale droite et la sonde Pedof, prendre en compte les paramètres hémodynamiques (index de perméabilité et temps d'accélération aortique) et ne pas oublier le phénomène de restitution de pression. En cas de situation discordante, l'utilisation de l'échographie de stress ou du scanner cardiaque avec calcul du score calcique valvulaire peut avoir un intérêt.



A. COISNE, R. GROULEZ

Service d'Explorations Fonctionnelles
Cardiovasculaires, Centre des Valvulopathies,
CHU de LILLE.

■ Définition, étiologies et épidémiologie

Le rétrécissement aortique (RAO) est la valvulopathie la plus fréquente en Amérique du Nord et en Europe [1]. Sa prévalence augmente avec l'âge (elle concerne jusqu'à 5 % des patients de plus de 75 ans) et elle est associée à une morbi-mortalité importante puisque la mortalité d'un patient atteint de RAO serré symptomatique sans intervention est estimée à 50 % à 2 ans [2]. La quantification de sa sévérité fait toujours l'objet de recherches cliniques. Des études sur la prise en charge du RAO serré asymptomatique et du RAO modéré symptomatique ou avec dysfonction ventriculaire gauche, ont récemment été publiées ou sont en cours [3].

L'échocardiographie est l'examen clé pour diagnostiquer et évaluer la sévérité d'un RAO. Les recommandations actuelles suggèrent de se baser sur le recueil de plusieurs données : le gradient moyen, la vitesse maxi-

male transaortique, l'index de perméabilité (IP) et la surface valvulaire aortique (SVAo). Le diagnostic de RAO serré est posé lorsque tous les critères suivants sont remplis : vitesse maximale (V_{max}) > 4 m/s, gradient moyen (G_{moy}) > 40 mmHg, IP < 0,25 et SVAo < 1 cm² ou < 0,6 cm²/m² [4]. Néanmoins, en utilisant l'équation de Gorlin, Minners *et al.* ont montré que les résultats de ces mesures étaient discordants chez 25 à 30 % des patients avec une fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) normale [5].

En fait, en cas de RAO avec bas gradient (SVAo ≤ 1 cm² et G_{moy} ≤ 40 mmHg), une classification se basant sur le flux transvalvulaire et sur la FEVG permet de définir d'autres types de RAO en fonction du volume d'éjection systolique indexé (VESi) : le RAO bas débit bas gradient "classique" (FEVG < 50 %), le RAO bas débit bas gradient "paradoxal" (FEVG ≥ 50 % et VESi ≤ 35 mL/m²), et le RAO à débit normal et bas gradient (FEVG ≥ 50 % et VESi ≥ 35 mL/m²) (*fig. 1*) [6].

Revue générale

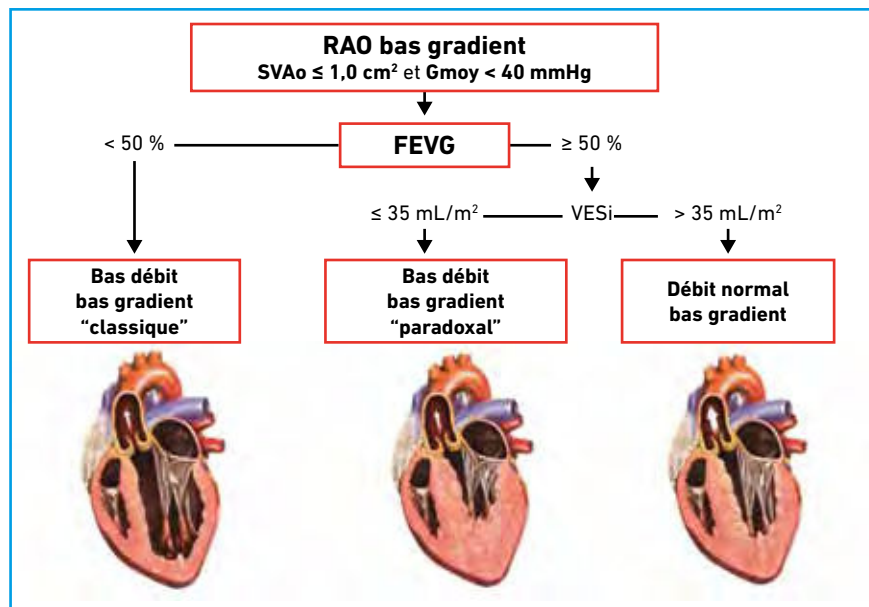


Fig. 1 : Types de RAO avec bas gradient (d'après Clavel *et al.* [6])

Néanmoins, avant de conclure à tort à la sévérité d'un RAO et afin de s'affranchir de potentielles discordances, il y a quelques points clés à respecter dans l'évaluation du RAO.

Piège n° 1 : la chambre de chasse du ventricule gauche

L'approximation dans la mesure de la chambre de chasse du ventricule gauche (CCVG) est une source d'erreur fréquente et importante, et mise au carré dans la formule de SVAo (surface = $[\pi D^2/4] \times \text{ITV sous aortique}/\text{ITV aortique}$) avec D correspondant au diamètre aortique. Il faut insister sur plusieurs points afin d'optimiser le recueil de cette donnée.

Le diamètre de la CCVG doit être mesuré en mésosystole, au niveau de l'insertion des sigmoïdes aortiques, de bord interne

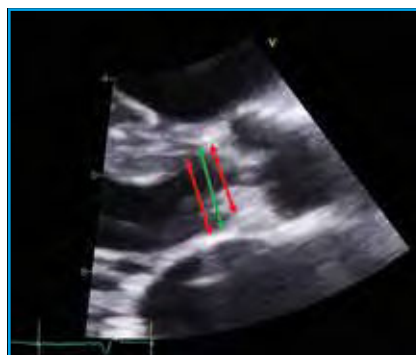


Fig. 2 : Mesure de la CCVG (flèche verte) au niveau de l'insertion des sigmoïdes aortiques, de bord interne à bord interne, sur une coupe parasternale grand axe gauche zoomée sans prendre en compte les calcifications.

à bord interne, sur une coupe parasternale grand axe gauche zoomée (fig. 2). Il faut répéter plusieurs mesures et les moyenner, sans prendre en compte les calcifications aortiques. La valeur obtenue est à comparer à la valeur théorique calculée par la formule : $\text{CCVG} = 5,7 \times \text{SC} + 12,1$ proposée par Leyel *et al.* [7]. Un écart de plus de 2 millimètres avec cette valeur prédite doit faire évoquer une erreur dans la mesure. Cependant, il convient de ne pas remplacer la valeur mesurée par la mesure prédite, elle permet seulement d'éviter de prendre en compte une mesure probablement aberrante. Delgado *et al.* ont proposé d'utiliser d'une check-list afin d'optimiser le recueil de la surface valvulaire [8].

Piège n° 2 : mesure de l'ITV ssAO

L'intégrale temps vitesse (ITV) sous-aortique doit être mesurée en Doppler pulsé en coupe apicale cinq cavités (parfois 3 cavités), quelques millimètres en amont de la valve aortique avec visualisation d'un clic de fermeture sans clic d'ouverture (fig. 3). Le volume d'éjection systolique ventriculaire (VES) retrouvé en sous-aortique est à comparer avec le VES en Simpson biplan ou 3D.

Il ne faut pas prendre en compte la dispersion spectrale dans la mesure de l'ITV sous-aortique, elle correspond aux "cheveux" du flux enregistré. À noter que la mesure de l'ITVssAO peut être faussée en cas d'accélération liée à un bourrelet sous-aortique (risque de surestimation).



Fig. 3 : Mesure de l'ITVssAO.

Piège n° 3 : mesure du gradient moyen et de la vitesse maximale

L'acquisition du Gmoy et de la Vmax aortique se fait en Doppler continu. Afin de ne pas sous-estimer ces valeurs, il est nécessaire de multiplier les incidences, notamment d'utiliser la voie parasternale droite. Ceci permet de reclasser le RAO dans 23 % des cas [9]. De même, l'usage de la sonde de Pedof est indispensable : il permet de reclasifier le RAO dans 20 % des cas et doit être, à ce titre, systématique, même en l'absence de discordance, afin de ne pas méconnaître un RAO "hyperserré" ($V_{max} > 5$ m/s). Il convient également de s'assurer de ne pas confondre un flux de RAO avec un flux d'obstruction intraVG en cas de cardiomyopathie hypertrophique.

Piège n° 4 : paramètres hémodynamiques d'éjection

Les paramètres hémodynamiques d'éjection peuvent également avoir un intérêt dans l'évaluation de la sévérité du RAO. Comme mentionné auparavant, un IP (ITV_{ssAO}/ITV_{AO}) $< 0,25$ est en faveur d'un RAO serré. De même, un temps d'accélération aortique > 110 ms ou un rapport entre le temps d'accélération aortique et le temps d'éjection aortique

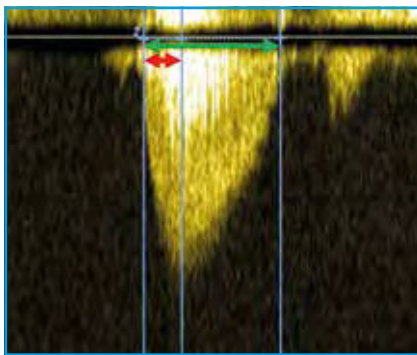


Fig. 4 : Paramètres hémodynamiques d'éjection. Un temps d'accélération aortique (flèche rouge) > 110 ms ou un rapport entre le temps d'accélération aortique et le temps d'éjection aortique (flèche verte) $> 0,36$ sont en faveur d'un RAO serré.

$> 0,36$ (fig. 4) sont en faveur d'un RAO serré ou permettent d'identifier un sous-groupe de patients à haut risque de décès en cas de RAO serré avec haut gradient [10].

Piège n° 5 : phénomène de restitution de pression

Un autre piège est le phénomène de restitution de pression. Ce phénomène est lié à la récupération de l'énergie cinétique par les parois de l'aorte en aval de la sténose et peut conduire à une surestimation des gradients et à une sous-estimation de la surface en Doppler (fig. 5). Dans ce cas, il convient de calculer la surface valvulaire effective (SVE) par la formule suivante $SVE = (SAA \times SAo) / (SAA - SAo)$ où SAo correspond à la surface aortique calculée en Doppler et SAA à la surface de l'aorte ascendante au niveau de la jonction sino-tubulaire. En pratique,

ce phénomène est à prendre en compte uniquement si l'aorte ascendante est de petite taille, avec un diamètre de la jonction sino-tubulaire < 30 mm [11].

Cas particuliers

Les valeurs de Gmoy et de Vmax aortique sont impactées par le volume d'éjection systolique (VES). Elles seront majorées en cas d'augmentation du VES. Cette situation peut survenir dans de nombreux cas d'hyper débit comme avec l'hyperthyroïdie, l'anémie, l'insuffisance aortique, l'hyperthermie ou les fistules artérioveineuses. Il s'agira souvent d'une situation avec vitesses ou gradients transvalvulaires élevés malgré une surface aortique normale.

>>> Insuffisance mitrale

L'existence d'une insuffisance mitrale (IM) concomitante peut constituer un

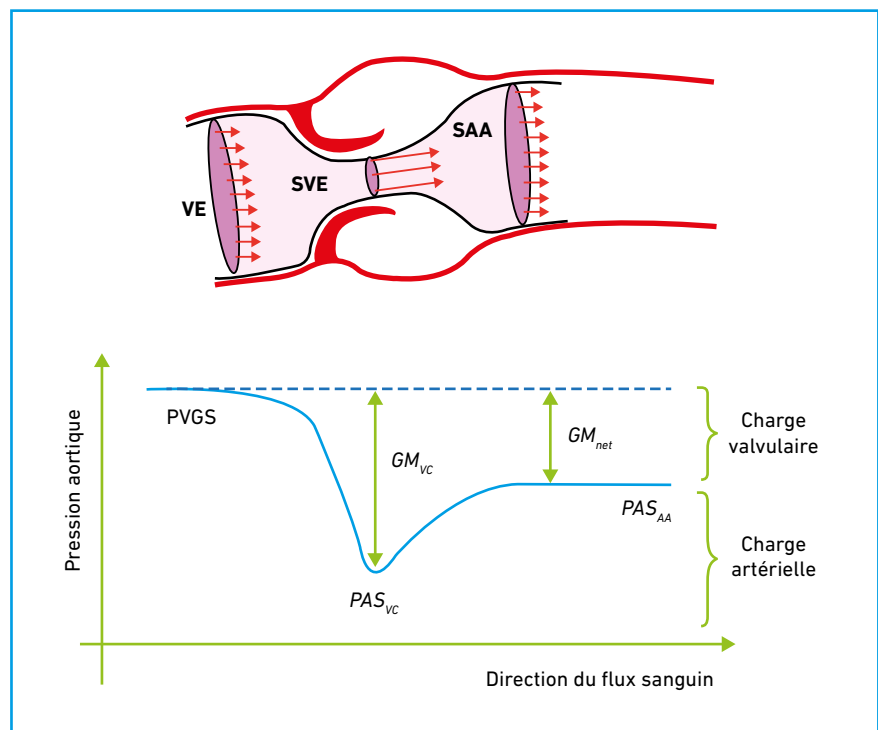


Fig. 5 : Phénomène de restitution de l'énergie cinétique par les parois d'une aorte de petit calibre (< 30 mm au niveau de la jonction sino-tubulaire). Il convient dans ce cas de calculer la surface valvulaire effective (SVE) par la formule suivante : $SVE = (SAA \times SAo) / (SAA - SAo)$.

Revue générale

piège, en raison du bas débit transvalvulaire aortique généré par le volume régurgité de l'IM et par le risque d'un alignement du flux d'IM à la place du flux de RAO, notamment en cas de prolapsus du feuillet postérieur.

>>> Fibrillation atriale

Il est généralement recommandé d'évaluer un RAO en moyennant plusieurs cycles (cinq) en cas de fibrillation atriale. Il est également possible de mesurer les intervalles temps vitesse aortique et sous-aortique après une durée de diastole constante, c'est-à-dire lors d'un intervalle RR le plus constant possible. De façon intéressante, il a été montré que la méthode de calcul de la surface valvulaire aortique en utilisant un seul cycle long postextrasystolique peut suffire, et pourrait ainsi être utile dans la prise de décision clinique [12].

>>> Hypertension artérielle

La mesure de la pression artérielle réalisée au moment de l'examen doit figurer dans le compte-rendu échocardiographique. Une élévation de la pression artérielle systolique peut entraîner une sous-estimation de la surface valvulaire aortique [13], et peut aussi faire porter à tort le diagnostic de progression rapide d'un RAO. L'évaluation du RAO doit donc être réalisée idéalement dans un contexte de pression artérielle normale.

■ Autres techniques d'imagerie

Après avoir éliminé des erreurs de mesure et évité les pièges en échocardiographie transthoracique, si un doute persiste sur la sévérité du RAO, il convient de poursuivre les investigations en imagerie cardiaque.

En cas de FEVG altérée et donc de bas débit, l'échocardiographie de stress à la dobutamine permet d'augmenter le VES et de différencier un RAO serré d'un RAO pseudo-serré en cas de réserve contractile (définie par une augmentation du VES > 20 %). En cas d'absence de réserve contractile, le scanner cardiaque non injecté permet de mesurer le score calcique valvulaire aortique, corrélé aux paramètres hémodynamiques du RAO ainsi qu'à la mortalité. On définit un RAO comme probablement serré en cas de score calcique > 2 000 UH chez l'homme et > 1 200 UH chez la femme [4]. Un algorithme sur la place de l'échographie de stress et du score calcique valvulaire en scanner en cas de RAO bas débit bas gradient est proposé par Pibarot en *figure 6* [14].

À noter que le scanner cardiaque injecté permet également de mesurer la sur-

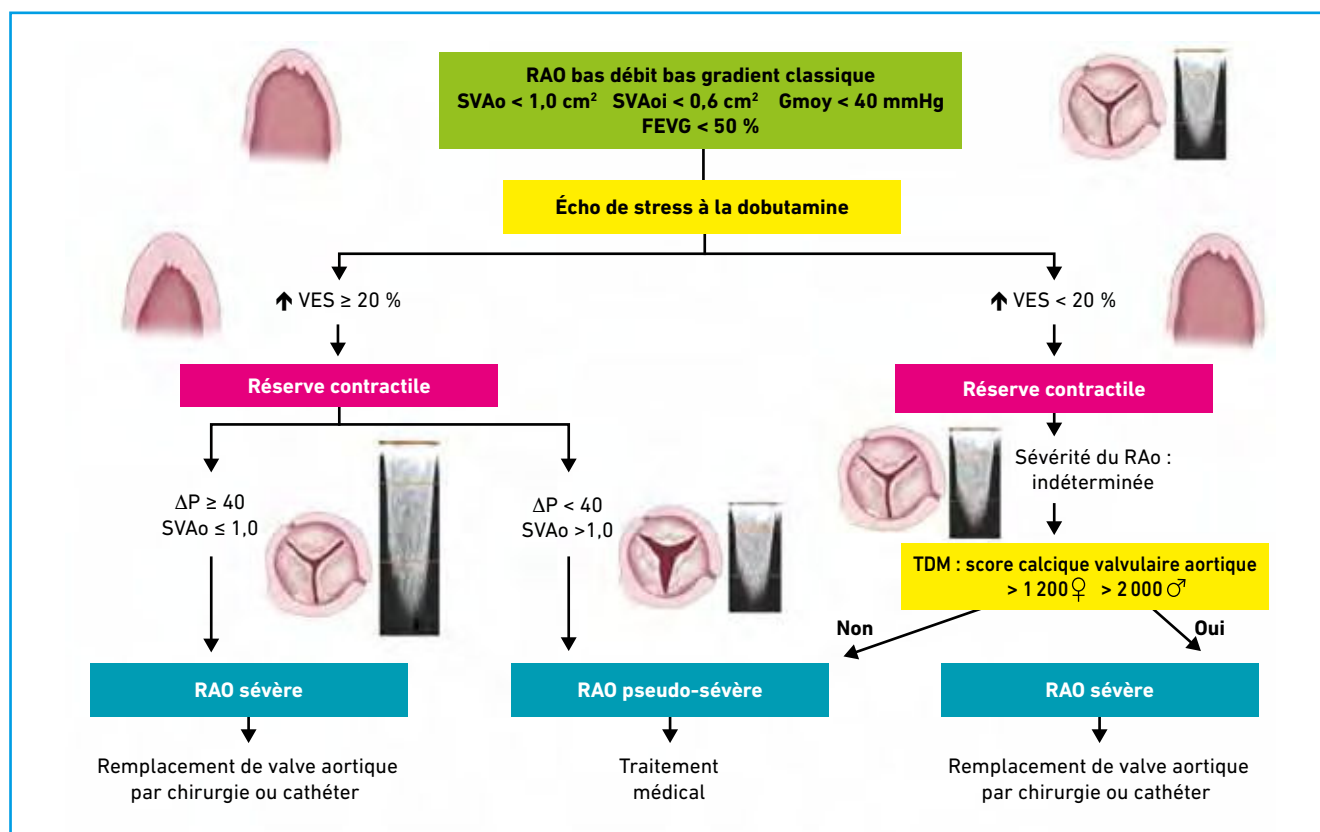


Fig. 6 : Algorithme sur la place de l'échographie de stress et du score calcique valvulaire en scanner en cas de RAO bas débit bas gradient.

face valvulaire aortique. En effet, il a été montré qu'une analyse des valeurs des gradients et des Vmax aortiques en échocardiographie, couplée à une mesure de la surface valvulaire par tomodensitométrie, permettait de reclasser en RAO modéré 52 % des patients considérés comme RAO serrés avec débit normal et bas gradient, et 12 % des RAO serrés avec bas débit bas gradient [15].

BIBLIOGRAPHIE

1. NKOMO VT, GARDIN JM, SKELTON TN *et al.* Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *Lancet*, 2006; 368:1005-1011.
2. BRAUNWALD E. On the natural history of severe aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol*, 1990;15:1018-1020.
3. GÉNÉREUX P, SCHWARTZ A, OLDEMAYER JB *et al.* Transcatheter aortic-valve replacement for asymptomatic severe aortic stenosis. *N Engl J Med*, 2024.
4. VAHANIAN A, BEYERSDORF F, PRAZ F *et al.* 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*, 2022;43:561-632.
5. MINNERS J, ALLGEIER M, GOHLKE-BAERWOLF C *et al.* Inconsistencies of echocardiographic criteria for the grading of aortic valve stenosis. *Eur Heart J*, 2008; 29:1043-1048.
6. CLAVEL MA, MAGNE J, PIBAROT P. Low-gradient aortic stenosis. *Eur Heart J*, 2016;37:2645-2657.
7. LEYE M, BROCHET E, LEPAGE L *et al.* Size-adjusted left ventricular outflow tract diameter reference values: a safeguard for the evaluation of the severity of aortic stenosis. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009;22:445-451.
8. DELGADO V, CLAVEL MA, HAHN RT *et al.* How do we reconcile echocardiography, computed tomography, and hybrid imaging in assessing discordant grad-

POINTS FORTS

- Mesurer précisément la CCVG en la comparant à la valeur théorique grâce à la formule CCVG théorique = $5,7 \times SC + 12,1$ en mm (SC = surface corporelle en m²).
- Multiplier les incidences (notamment la voie parasternale droite) et employer la sonde Pedof
- Utiliser les paramètres hémodynamiques tels que l'index de perméabilité (< 0,25), le temps d'accélération aortique (> 110 ms) et le rapport entre le temps d'accélération aortique et le temps d'éjection aortique (> 0,36).
- Ne pas oublier d'éliminer les causes d'hyperdébit cardiaque associées à une augmentation des vitesses et gradients aortiques, et de contrôler la tension artérielle et le phénomène de restitution de pression.
- En cas de situation discordante, utiliser l'échographie de stress (en cas de bas débit transvalvulaire) ou le scanner cardiaque avec calcul du score calcique valvulaire.

ing of aortic stenosis severity? *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019;12:267-282.

9. THADEN JJ, NKOMO VT, LEE KJ *et al.* Doppler imaging in aortic stenosis: the importance of the nonapical imaging windows to determine severity in a contemporary cohort. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015;28:780-785.
10. ALTES A, THELLIER N, BOHBOT Y *et al.* Relationship between the ratio of acceleration time/ejection time and mortality in patients with high-gradient severe aortic stenosis. *J Am Heart Assoc*, 2021;10:e021873.
11. GARCIA D, DUMESNIL JG, DURAND LG *et al.* Discrepancies between catheter and Doppler estimates of valve effective orifice area can be predicted from the pressure recovery phenomenon: practical implications with regard to quantification of aortic stenosis severity. *J Am Coll Cardiol*, 2003;41:435-442.
12. ESQUITTIN KA, KHALIQUE OK, LIU Q *et al.* Accuracy of the single cycle length method for calculation of aortic effective orifice area in irregular heart rhythms. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019;32:344-350.
13. LITTLE SH, CHAN KL, BURWASH IG. Impact of blood pressure on the Doppler echocardiographic assessment of severity of aortic stenosis. *Heart*, 2007;93:848-855.
14. PIBAROT P, DUMESNIL JG. Low-flow, low-gradient aortic stenosis with normal and depressed left ventricular ejection fraction. *J Am Coll Cardiol*, 2012;60:1845-1853.
15. KAMPERIDIS V, VANROSENDAEL PJ, KATSANOS S *et al.* Low gradient severe aortic stenosis with preserved ejection fraction: reclassification of severity by fusion of Doppler and computed tomographic data. *Eur Heart J*, 2015;36:2087-2096.

A. Coisne déclare les liens d'intérêts suivants : consultant pour les sociétés Abbott Medical, Edwards Lifesciences et GE Healthcare.



La prévention cardiovasculaire, *ça peut être simple !*

Retrouvez nos cas cliniques et autoévaluez-vous
en HTA et lipidologie
sur le site www.realites-cardiologiques.com

