

Traitement percutané des fuites paraprothétiques valvulaires

Percutaneous Treatment of Paravalvular Leaks

S Hascoët MD, M Kloeckner MD, J Guihaire MD-PhD, A Potier MD, F Lecerf, P Deleuze MD, P Brenot MD, J Petit MD, S Ghostine MD, O Mercier, B Gerardin MD, MA Isorni MD

M3C - Hôpital Marie-Lannelongue - Université Paris-Sud - 133, Avenue de la Résistance 92350 Le Plessis-Robinson, France.

Résumé

La chirurgie valvulaire a offert une meilleure survie pour les patients atteints de valvulopathie. Une déhiscence para-valvulaire est une complication relativement fréquente du remplacement valvulaire chirurgical. L'incidence est estimée entre 5 et 17 %. Cette complication peut aussi survenir après remplacement valvulaire percutané. Cette désinsertion partielle est à l'origine d'une fuite para-prothétique (FPP) de sévérité variable. Cette désinsertion peut être secondaire à la fragilité des tissus, à des calcifications importantes ou secondaire à une endocardite. Ces FPP sont un facteur de mauvais pronostic et peuvent entraîner de l'hémolyse sévère et de l'insuffisance cardiaque. La reprise chirurgicale est souvent à haut risque en particulier chez les patients multi-opérés. Le développement de la fermeture percutanée des FPP a été encouragé. Néanmoins, les procédures de fermeture percutanée de FPP sont complexes, non standardisées, avec peu de matériel adapté. Souvent ce sont des dispositifs médicaux dédiés à l'occlusion de vaisseaux ou de shunts intracardiaques qui sont utilisés « off-label ». L'objectif de cette mise au point est d'évaluer les résultats actuels du traitement percutané des FPP et d'en donner les perspectives.

Mots clés

- ◆ Fuite paraprothétique valvulaire
- ◆ Valve cardiaque
- ◆ Cathétérisme

Abstract

Valvular surgery has offered a better survival for patients with valvulopathy. Para-valvular leak (PVL) is a relatively common complication of surgical valve replacement. The incidence is estimated between 5 and 17%. This complication can also occur after percutaneous valve replacement. This partial disinsertion is at the origin of a para-prosthetic leak of variable severity. This disinsertion may be secondary to tissue fragility, significant calcification or secondary to endocarditis. These PVL are a factor of poor prognosis and can lead to severe hemolysis and heart failure. Surgical revision is often at high risk especially in multi-operated patients. The development of percutaneous closure of PVL was encouraged. Nevertheless, percutaneous PVL closures are complex procedures, non-standardized, with little suitable equipment. Medical devices dedicated to the occlusion of vessels or intracardiac shunts are often used in an "off-label" fashion. The objective of this review is to evaluate the current results of percutaneous treatment of PVL and to provide the perspectives.

Keywords

- ◆ Paravalvular leak
- ◆ Valvular heart disease
- ◆ Catheterization

Correspondance

Docteur Sébastien Hascoët

Cardiologie pédiatrique - Hôpital Marie Lannelongue - 133, Avenue de la Résistance 92350 Le Plessis-Robinson, France.

E-mail: s.hascoet@hml.fr - Tel +33 (0)1 40 94 28 00

La chirurgie valvulaire a permis une meilleure survie des patients atteints de valvulopathie. Une déhiscence para-valvulaire est une complication relativement fréquente du remplacement valvulaire chirurgical. L'incidence est estimée entre 5 et 17 %. Cette complication peut aussi survenir après remplacement valvulaire percutané. Cette désinsertion partielle est à l'origine d'une fuite para-prothétique (FPP) de sévérité variable. Cette désinsertion peut être secondaire à la fragilité des tissus, à des calcifications importantes ou secondaire à une endocardite. Ces FPP sont un facteur de mauvais pronostic et peuvent entraîner de l'hémolyse sévère et de l'insuffisance cardiaque (1-3). La reprise chirurgicale est souvent à haut risque en particulier chez les patients multi-opérés. La fermeture percutanée des FPP s'est développée depuis la première procédure décrite par l'équipe de Boston en 1992 (4). Néanmoins, les procédures de fermetures percutanées de FPP sont complexes, non standardisées, avec peu de matériel adapté. Souvent ce sont des dispositifs médicaux dédiés à l'occlusion de vaisseaux ou de shunts intracardiaques qui sont utilisés « off-label ». L'objectif de cette mise au point est d'évaluer les résultats actuels du traitement percutané des FPP et d'en donner les perspectives.

Facteurs de risque identifiés

L'incidence des FPP est plus élevée après chirurgie de la valve mitrale. L'incidence des FPP est de 2 % à 10 % pour la valve aortique avec une atteinte le plus souvent en regard de la cusp non coronaire. L'incidence des FPP est de 7 % à 17 % pour la valve mitrale avec une atteinte le plus souvent antérolatérale en regard de l'auricule gauche et inférieure (5,6). Un antécédent d'endocardite infectieuse, des calcifications annulaires étendues, une friabilité des tissus qui peut être d'origine

multifactorielle (chirurgie redux, processus inflammatoires évolutifs, initiation récente de corticothérapie) sont des situations à risque de développement de FPP en raison de sites opératoires détériorés (7-9).

La technique chirurgicale semble aussi être un élément pouvant favoriser l'apparition d'une FPP. La méthode de suture à points séparés aurait un effet protecteur pour la valve mitrale (2,10). Un remplacement valvulaire aortique en position annulaire serait protecteur par rapport à une implantation valvulaire supra-annulaire (2,11). L'incidence des FPP est plus élevée sur les valves mécaniques (6 à 10 % contre 1 à 3 % pour les bioprothèses) (2).

La survenue d'une FPP est une complication le plus souvent précoce après l'intervention chirurgicale. Le diagnostic est fait la première année dans 75 % des cas (10). La plupart n'entraîne pas ou peu de symptômes avec un faible retentissement viscéral et une faible évolutivité. Seulement 2 % à 5 % des FPP sont associés à des complications (5,10,12). La survenue d'hémolyse ou d'insuffisance cardiaque marque un tournant évolutif et est associée avec une augmentation de la morbidité et de la mortalité. L'insuffisance cardiaque est la complication la plus fréquente, proportionnelle à la taille de la FPP, souvent bien tolérée mais dont le retentissement peut être aggravé par l'anémie (10,13). L'anémie hémolytique est une complication fréquente (30 à 50 %), qui semble être un facteur pronostic essentiel en induisant parfois une insuffisance rénale, en majorant une insuffisance cardiaque et en nécessitant la réalisation de transfusions régulières (14,15). L'endocardite infectieuse est une complication rare mais sévère des FPP (16).

Diagnostic

L'échographie cardiaque est l'examen de première intention et de référence pour le diagnostic de FPP, secondairement complétée par d'autres modalités d'imagerie, afin d'obtenir un faisceau d'informations complémentaires (17,18). Le nombre, la localisation et la taille des FPP sont étudiés en particulier pour déterminer l'approche thérapeutique optimale.

L'échocardiographie trans-thoracique (ETT) est la modalité d'imagerie de première intention. Elle permet une évaluation anatomique et fonctionnelle avec étude qualitative et quantitative des FPP (17,18). Cependant elle reste limitée par les artefacts liés à la présence de matériel métallique : cônes d'ombre acoustique et artefacts de réverbération. L'appréciation qualitative de ces fuites peut être complétée par une échographie transoesophagienne (ETO), éventuellement associée à une analyse 3D (18). L'ETO est particulièrement performante pour l'étude des valves mitrale et tricuspide. L'analyse du bord antérieur de l'anneau aortique est limitée par des artefacts acoustiques. L'échographie 3D est une modalité d'imagerie qualitative, particulièrement pertinente pour la détermination de l'emplacement et de la taille des FPP (dimensions radiales, circonférence et étendue) (19,20). Elle est en outre fréquemment utilisée pour le guidage des procédures de fermeture percutanée (20-22). Au-delà des limites inhérentes aux ultrasons, elle a également des résolutions temporelles et spatiales plus limitées que l'échographie cardiaque 2D (23).

Le scanner cardiaque est une technique d'imagerie complémentaire à l'échographie cardiaque. Les dernières évolutions de cette modalité d'imagerie ont amélioré les résolutions temporelles et spatiales, permettant l'évaluation anatomique des FPP avec la même performance que l'échographie 2D (24). Son intérêt réside dans l'analyse du matériel prothétique (pannus/thrombus), de la trajectoire du tractus et des tissus périprothétiques (calcifications, détériorations tissulaires) (20,25). Il fournit en outre des informations utiles pour les procédures de fermeture de fuite percutanée en définissant les vues fluoroscopiques (26), en ouvrant la voie de la fusion d'imagerie, ou même en permettant une impression 3D (20). Ces acquisitions nécessitent un matériel performant ainsi qu'une expertise lors de l'acquisition et du post-traitement afin de s'affranchir des nombreuses sources d'artefacts (mouvements cardiaques, mouvements respiratoires, effets de volume partiel, « calcium blooming », durcissement du faisceau, « dark spots ») (20,27).

L'imagerie par résonance magnétique a des caractéristiques potentielles pertinentes pour l'évaluation des FPP en offrant une évaluation anatomique et fonctionnelle. Des études ont montré la faisabilité de l'évaluation des valves aortiques prothétiques avec localisation et quantification du flux (28). L'intérêt repose sur sa faisabilité indépendamment du nombre ou de la morphologie du jet régurgitant (28), et sur la bonne reproductibilité des mesures. Cependant cette modalité d'imagerie reste limitée par les arythmies, ainsi que par les turbulences d'écoulement et par les effets de volume partiel à proximité des valves mécaniques. Il s'agit donc d'une modalité d'imagerie de seconde intention utile pour l'appréciation de la fonction cardiaque dans sa globalité et en cas de discordance clinique/paraclinique. Une alternative prometteuse pourrait être l'imagerie cardiaque par 4D Flow (Fig 1). Reposant sur le principe de la résonance magnétique, elle offre une information qualitative et quantitative, fonctionnelle et anatomique dont l'intérêt doit encore être précisé (20).

Description et classification des fuites paraprothétiques

Une description précise des caractéristiques morphologiques de la FPP est nécessaire notamment pour préparer une procédure de fermeture percutanée. Toutes les modalités d'imagerie participent à cette description, mais l'échographie transoesophagienne 2D et 3D demeure l'examen de choix pour l'évaluation initiale et pour guider la procédure de fermeture percutanée (Fig 1-3).

Le premier élément à évaluer est la localisation de la fuite paravalvulaire. Pour une prothèse mitrale, deux méthodes de localisation sont classiquement utilisées pour localiser une FPP. La première consiste à diviser l'anneau mitral en quatre segments : antérieur, septal, postérieur et latéral (29). La seconde consiste à comparer l'anneau mitral, en vue chirurgicale, à une horloge, où la fuite peut être localisée précisément sur le quadrant. L'aorte est positionnée à 12h, le septum inter-atrial et la commissure postéro médiane à 3h, l'anneau postérieur à 6h, l'auricule et la commissure antérolatérale entre 9 et 10h. Cette seconde méthode est plus précise et permet un guidage plus fin lors de la procédure (29).

Pour une prothèse aortique, la localisation d'une FPP se fait souvent par rapport aux structures anatomiques situées à proximité : septum inter-atrial situé en regard et au milieu du sinus non coronaire ; commissures « natives ». Il est également possible de localiser une fuite par rapport à la grande valve mitrale : la fuite sera alors dite postérieure. Le modèle de l'horloge est également transposable à la valve aortique (30).

La forme et l'étendue du défaut sont à préciser. Il peut s'agir d'un défaut punctiforme, ou alors plus étendu, linéaire ou en croissant. L'étendue du défaut paraprothétique peut être mesurée par échographie ou scanner ou être évaluée de façon semi quantitative par rapport à la circonférence (1/4 ou 1/8 de l'anneau prothétique par exemple). Lorsque que le défaut

est très étendu (généralement plus d'un tiers de la circonférence), une bascule de la prothèse est souvent visible en échographie ou en radio-cinéma de valve. Une reprise chirurgicale sera envisagée plutôt qu'un traitement percutané. La localisation par rapport aux éléments mobiles, en particulier les ailettes d'une prothèse mécanique, est essentielle afin d'anticiper le risque de dysfonction de prothèse secondaire à l'implantation de prothèses gênant ces éléments mobiles. L'angulation du défaut paraprothétique par rapport au plan de l'anneau valvulaire est intéressant à appréhender. Un défaut d'axe tangentiel à l'anneau valvulaire sera plus difficile à franchir lors d'une procédure de fermeture percutanée de FPP. De même, la tortuosité de la FPP peut aussi rendre difficile le franchissement du défaut. Cet aspect demeure difficile à appréhender en échocardiographie compte tenu des ombres acoustiques générées par les prothèses valvulaires.

Traitement chirurgical des fuites paraprothétiques

Le traitement chirurgical des FPP après remplacement valvulaire aortique ou mitral est associé à une mortalité hospitalière élevée, comprise entre 3.1 % et 22 % selon les séries (31-34). L'insuffisance cardiaque congestive et l'insuffisance rénale préopératoire sont des facteurs de risque opératoire (31,32). Ce risque opératoire majeur est sous-estimé par l'Euroscore 2 (souvent inférieur à 8 %) qui ne prend pas en compte le nombre de réinterventions et la fragilité tissulaire (35).

La chirurgie des FPP expose à un certain nombre de challenges techniques peropératoires. Les interventions itératives rendent tout d'abord l'exposition de la prothèse valvulaire difficile, en particulier en position mitrale. Le nombre de chirurgies valvulaires itératives supérieur à deux est rapporté comme un facteur de risque indépendant de surmortalité hospitalière (31,32). Il est parfois préconisé dans cette situation une approche alternative par thoracotomie droite pour éviter le débridement hémorragique des adhérences rétro-sternales. Cette voie d'abord suppose que le geste opératoire doit être isolé sur la valve mitrale et/ou tricuspide et exclut la possibilité d'exploration de la valve aortique. Par ailleurs le clampage de l'aorte ascendante peut s'avérer impossible, imposant une chirurgie sous hypothermie en fibrillation ventriculaire (31).

Ensuite, le contexte ou les antécédents d'endocardite peuvent compliquer le geste opératoire, imposant le remplacement valvulaire itératif et non pas seulement la refixation de la prothèse à l'anneau valvulaire natif. En cas de délabrement majeur de l'anneau natif, notamment en cas d'abcès, une reconstruction complexe doit être réalisée. Elle prolonge considérablement la durée opératoire (clampage aortique et circulation extracorporelle), facteur de mortalité hospitalière car associée à un taux élevé de choc cardiogénique post-opératoire réfractaire et d'insuffisance rénale aiguë (35).

Enfin, les calcifications annulaires et la fragilité tissulaire peuvent rendre la chirurgie valvulaire itérative très difficile. Dans ce contexte, le risque de récurrence de FPP est élevé. Dans une série rétrospective incluant 190 patients réopérés pour FPP symptomatique, le taux de récurrence était de 14 % à cinq ans et de 32 % à dix ans (34). Certains auteurs recommandent de fixer les prothèses valvulaires à l'aide de points séparés plutôt que par surjet continu (11).

Traitement percutané des fuites paraprothétiques

Méthodes

Les procédures de fermeture percutanée de FPP sont parmi les actes interventionnels les plus complexes. Les procédures sont réalisées le plus souvent sous anesthésie générale avec intubation orotrachéale et guidées par échographie transoesophagienne 2D et 3D. Un cardiologue avec expérience en échographie interventionnelle est fondamental pour 1) préciser l'anatomie, la taille, la forme et le nombre de défauts 2) guider et vérifier le bon franchissement du défaut 3) guider le déploiement des prothèses 4) évaluer le positionnement des prothèses, l'absence de conflits avec la valve prothétique abordée et un éventuel shunt résiduel.

Plusieurs voies d'abord sont possibles. Pour aborder une FPP sur prothèse valvulaire aortique, la voie d'abord est le plus souvent artérielle fémorale. Pour aborder une FPP sur prothèse valvulaire mitrale, la voie d'abord est souvent en première intention la voie veineuse fémorale avec accès trans-septal aux cavités gauches. Parfois un abord rétrograde par voie artérielle fémorale et par le ventricule gauche est réalisé. Enfin dans certains cas, le plus souvent en deuxième intention après échec des autres approches, une voie trans-apicale ventriculaire gauche est réalisée par mini-thoracotomie gauche. Cette voie d'abord est associée à un risque de complications plus élevé.

Une antibioprophylaxie et une anticoagulation sont réalisées. Lors d'une FPP mitrale, l'TCA est monitoré régulièrement avec un objectif entre 250 et 300 durant l'ensemble de la procédure. Une attention particulière est aussi réalisée à la purge (en continue) de l'ensemble des gaines et cathéters afin d'éviter la formation de caillots.

Compte tenu de la longueur possible de ce type de procédure, une vigilance accrue sur les éléments de radioprotection des opérateurs (échographistes et interventionnels) est nécessaire.

La stratégie et le choix du type et de la taille des gaines sont anticipés en fonction des données morphologiques de la FPP. De multiples techniques sont proposées et utilisées selon les opérateurs, L'utilisation d'une large gaine trans-septale orientable est utile pour aborder une FPP mitrale large où plusieurs prothèses seront nécessaires et implantées simultanément.

Habituellement, les différentes étapes de la procédure sont :

- 1-franchissement du défaut paraprothétique (le plus souvent par un ou plusieurs guides hydrophiles 0.035) (Fig 2) ;
- 2-franchissement sur le guide d'une sonde diagnostique (Fig 2) ;
- 3-échange du guide et mise en place d'un guide « stiff » offrant du support pour acheminer une gaine servant au déploiement de la prothèse ;
- 4-mise en place d'une prothèse maintenue par un câble ;
- 5-si nécessaire, étapes 2 à 4 renouvelées sur un guide en parallèle ;
- 6-et largage de la (ou des) prothèse(s) (Fig 3).

Le choix de la prothèse est dépendant des opérateurs et tient compte de la morphologie du défaut, du profil et de la forme de la prothèse et de considérations économiques. Quelques prothèses (Vascular Plug 3, Abbott® ; paravalvular leak device Occlutech®) ont été développées et/ou validées pour cette indication mais n'ont pas de remboursement à l'heure actuelle en

France. D'autres prothèses dédiées à la fermeture des shunts congénitaux (communications inter-atriales, communications interventriculaires, canal artériel) ou à l'embolisation de vaisseaux (vascular plug II-IV) sont utilisées.

Résultats

Il faut différencier le succès technique d'implantation d'une prothèse qui n'est pas toujours associé à un succès clinique du fait d'une fuite résiduelle ou du développement iatrogène d'une hémolyse (36).

Un consortium international d'experts a défini ces deux éléments afin d'avoir des éléments de comparaison entre les études. Un succès technique est défini par la mise en place avec succès d'une ou de plusieurs prothèses sur la FPP abordée, sans gêne de la valve ; la régression complète de la FPP ou fuite résiduelle mineure sans hémolyse iatrogène et par l'absence de mortalité, d'accident vasculaire cérébral, d'acte chirurgical ou interventionnel non planifié en salle de cathétérisme.

Le taux de succès d'implantation d'une prothèse paraprothétique est aux alentours de 90 % (37-39). Une fuite résiduelle est associée à un risque plus élevé de reprise chirurgicale ou à une dégradation clinique (37). Une méta-analyse de 12 études ayant inclus 362 patients rapporte un taux de succès technique de 86.5 % et un taux de succès clinique de 76.5 %. Dans 70 % des cas, les défauts abordés étaient paraprothétiques mitraux. Un succès clinique était associé à une baisse de la mortalité cardiaque, une amélioration de la classe fonctionnelle et de l'hémolyse et une diminution du recours à la chirurgie (38). Dans une étude multicentrique au Royaume-Uni ayant inclus 308 procédures chez 259 patients, le taux de succès technique était de 91 %. Une fuite résiduelle était un facteur de risque du critère combiné décès, chirurgie cardiaque, embolisation de prothèse secondaire et hémolyse nécessitant une transfusion (39). Un registre espagnol a inclus 514 patients dans 19 centres et a confirmé un bon taux de succès en particulier avec les prothèses AVP 3 et dans les centres expérimentés (40). Chez les patients ayant eu une revalvulation aortique percutanée (« TAVI »), une méta-analyse de 14 études et cas-cliniques incluant 58 patients rapporte un taux de succès de 83.5 % de la fermeture percutanée des FPP (41).

Perspectives

Les progrès réalisés dans l'approche percutanée des FPP sont essentiellement dus à une meilleure imagerie et compréhension des FPP ainsi qu'une meilleure expérience des astuces techniques permettant l'implantation des prothèses. Néanmoins, le taux de succès clinique doit encore être amélioré. Le développement de prothèses dédiées comme le PVL occluser est nécessaire. Les nouvelles techniques d'imagerie, la fusion d'images et l'impression 3D vont sans doute aussi contribuer à améliorer les résultats. Il est donc nécessaire de les évaluer de façon continue et c'est dans ce contexte que l'Hôpital Marie Lannelongue est le promoteur d'un registre multicentrique international prospectif. Les inclusions ont débuté au 1er janvier 2017. A la fin juin 2018, 102 procédures ont été incluses réalisées dans 22 centres.

Conclusion

La fermeture percutanée des FPP est désormais une alternative à la reprise chirurgicale, en particulier chez les patients à haut risque opératoire. Cela demeure une procédure nécessitant une haute technicité. Les succès d'implantation d'une prothèse d'occlusion sont désormais élevés mais le taux de succès clinique est encore insuffisant et le risque de complications significatif. Les progrès de l'imagerie, l'accumulation de l'expérience et le développement de prothèses dédiées devraient permettre d'améliorer encore les résultats.

Conflits d'intérêt

Aucun.

Références

1. Hwang HY, Choi JW, Kim HK, Kim KH, Kim KB, Ahn H. Paravalvular Leak After Mitral Valve Replacement: 20-Year Follow-Up. *Ann Thorac Surg.* 2015;100:1347-52.
2. Hammermeister K, Sethi GK, Henderson WG, Grover FL, Oprian C and Rahimtoola SH. Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: final report of the Veterans Affairs randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36:1152-8.
3. Miller DL, Morris JJ, Schaff HV, Mullany CJ, Nishimura RA, Orszulak TA. Reoperation for aortic valve periprosthetic leakage: identification of patients at risk and results of operation. *J Heart Valve Dis.* 1995;4:160-5.
4. Hourihan M, Perry SB, Mandell VS, Keane JF, Rome JJ, Bittl JA, Lock JE. Transcatheter umbrella closure of valvular and paravalvular leaks. *J Am Coll Cardiol.* 1992;20:1371-7.
5. Ruiz CE, Hahn RT, Berrebi A, Borer JS, Cutlip DE, Fontana G et al. Clinical Trial Principles and Endpoint Definitions for Paravalvular Leaks in Surgical Prosthesis: An Expert Statement. *Eur Heart J.* 2018;39:1224-1245.
6. Eleid MF, Cabalka AK, Malouf JF, Sanon S, Hagler DJ and Rihal CS. Techniques and Outcomes for the Treatment of Paravalvular Leak. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8:e001945.
7. Vongpatanasin W, Hillis LD and Lange RA. Prosthetic heart valves. *N Engl J Med.* 1996;335:407-16.
8. O'Rourke DJ, Palac RT, Malenka DJ, Marrin CA, Arbuckle BE and Plehn JF. Outcome of mild periprosthetic regurgitation detected by intraoperative transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 2001;38:163-6.
9. Rallidis LS, Moysakis IE, Ikonomidis I and Nihoyannopoulos P. Natural history of early aortic paraprosthetic regurgitation: a five-year follow-up. *Am Heart J.* 1999;138:351-7.
10. Kliger C, Eiros R, Isasti G, Einhorn B, Jelmin V, Cohen H, Kronzon I, Perk G, Fontana GP and Ruiz CE. Review of surgical prosthetic paravalvular leaks: diagnosis and catheter-based closure. *Eur Heart J.* 2013;34:638-49.
11. Ionescu A, Fraser AG and Butchart EG. Prevalence and clinical significance of incidental paraprosthetic valvar regurgitation: a prospective study using transesophageal echocardiography. *Heart.* 2003;89:1316-21.
12. Sorajja P, Cabalka AK, Hagler DJ and Rihal CS. Percutaneous repair of paravalvular prosthetic regurgitation: acute and 30-day outcomes in 115 patients. *Circ Cardiovasc Interv.* 2011;4:314-21.

13. Rihal CS, Sorajja P, Booker JD, Hagler DJ and Cabalka AK. Principles of percutaneous paravalvular leak closure. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5:121-30.
14. Maraj R, Jacobs LE, Ioli A and Kotler MN. Evaluation of hemolysis in patients with prosthetic heart valves. *Clin Cardiol.* 1998;21:387-92.
15. Genoni M, Franzen D, Vogt P, Seifert B, Jenni R, Kunzli A et al. Paravalvular leakage after mitral valve replacement: improved long-term survival with aggressive surgery? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000;17:14-9.
16. Nietlispach F, Maisano F, Sorajja P, Leon MB, Rihal C and Feldman T. Percutaneous paravalvular leak closure: chasing the chameleon. *Eur Heart J.* 2016;37:3495-502.
17. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Guyton RA, O'Gara PT et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148:e1-e132.
18. Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J, Edvardsen T, Delgado V, Dulgheru R 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;17:589-90.
19. Biner S, Kar S, Siegel RJ, Rafique A and Shiota T. Value of color Doppler three-dimensional transesophageal echocardiography in the percutaneous closure of mitral prosthesis paravalvular leak. *Am J Cardiol.* 2010;105:984-9.
20. Hascoet S, Smolka G, Bagate F, Guihaire J, Potier A, Hadeed K et al. Multimodality imaging guidance for percutaneous paravalvular leak closure: Insights from the multi-centre FFPP register. *Arch Cardiovasc Dis.* 2018;111:421-431.
21. Garcia-Fernandez MA, Cortes M, Garcia-Robles JA, Gomez de Diego JJ, Perez-David E, Garcia E. Utility of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in evaluating the success of percutaneous transcatheter closure of mitral paravalvular leaks. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:26-32.
22. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Goncalves A, Hahn RT et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2011;32:2189-214.
23. Simprini LA, Afroz A, Cooper MA, Klem I, Jensen C, Kim RJ et al. Routine cine-CMR for prosthesis-associated mitral regurgitation: a multicenter comparison to echocardiography. *J Heart Valve Dis.* 2014;23:575-82.
24. Kumar R, Jelmin V, Kliger C and Ruiz CE. Percutaneous paravalvular leak closure. *Cardiol Clin.* 2013;31:431-40.
25. Sucha D, Symersky P, Tanis W, Mali WP, Leiner T, van Herwerden LA and Budde RP. Multimodality Imaging Assessment of Prosthetic Heart Valves. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2015;8:e003703.
26. Alkhouli M, Sarraf M, Maor E, Sanon S, Cabalka A, Eleid MF et al. Techniques and Outcomes of Percutaneous Aortic Paravalvular Leak Closure. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:2416-26.
27. Kalisz K, Buethe J, Saboo SS, Abbara S, Halliburton S and Rajiah P. Artifacts at Cardiac CT: Physics and Solutions. *Radiographics.* 2016;36:2064-83.
28. Hartlage GR, Babaliaros VC, Thourani VH, Hayek S, Chrysohoou C, Ghasemzadeh N et al. The role of cardiovascular magnetic resonance in stratifying paravalvular leak severity after transcatheter aortic valve replacement: an observational outcome study. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2014;16:93.
29. De Cicco G, Russo C, Moreo A, Beghi C, Fucci C, Gerometta P and Lorusso R. Mitral valve periprosthetic leakage: Anatomical observations in 135 patients from a multicentre study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30:887-91.
30. De Cicco G, Lorusso R, Colli A, Nicolini F, Fragnito C, Grimaldi T, Borrello B, Budillon AM, Gherli T and Beghi C. Aortic valve periprosthetic leakage: anatomic observations and surgical results. *Ann Thorac Surg.* 2005;79:1480-5.
31. Taramasso M, Maisano F, Denti P, Guidotti A, Sticchi A, Pozzoli A et al. . Surgical treatment of paravalvular leak: Long-term results in a single-center experience (up to 14 years). *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;149:1270-5.
32. Botta L, De Chiara B, Quattrocchi S, Casadei F, Borgia F, Giannattasio C, Moreo A and Russo CF. Mitral periprosthetic leakage: contemporary results of surgical correction at a single centre. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017;25:185-90.
33. Said SM, Schaff HV, Greason KL, Pochettino A, Daly RC, Dearani JA. Reoperation for mitral paravalvular leak: a single-centre experience with 200 patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017;25:806-12.
34. Bouhout I, Mazine A, Ghoneim A, Millan X, El-Hamamsy I, Pellerin M et al. Long-term results after surgical treatment of paravalvular leak in the aortic and mitral position. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;151:1260-6 e1.
35. Dziubek M, Pierrakos C, Chebli L, Demanet H, Sanoussi A, Wauthy P. Para-prosthetic Leaks Following Mitral Valve Replacement: Case Analysis on a 20-year Period. *Curr Cardiol Rev.* 2018;14:15-24.
36. Ruiz CE, Hahn RT, Berrebi A, Borer JS, Cutlip DE, Fontana G et al. Clinical Trial Principles and Endpoint Definitions for Paravalvular Leaks in Surgical Prosthesis: An Expert Statement. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69:2067-87.
37. Sorajja P, Cabalka AK, Hagler DJ, Rihal CS. Long-term follow-up of percutaneous repair of paravalvular prosthetic regurgitation. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:2218-24.
38. Millan X, Skaf S, Joseph L, Ruiz C, Garcia E, Smolka G et al. Transcatheter reduction of paravalvular leaks: a systematic review and meta-analysis. *Can J Cardiol.* 2015;31:260-9.
39. Calvert PA, Northridge DB, Malik IS, Shapiro L, Ludman P, Qureshi SA et al. Percutaneous Device Closure of Paravalvular Leak: Combined Experience From the United Kingdom and Ireland. *Circulation.* 2016;134:934-44.
40. Cruz-Gonzalez I, Rama-Merchan JC, Arribas-Jimenez A, Rodriguez-Collado J, Martin-Moreiras J, Cascon-Bueno M, Luengo CM. Paravalvular leak closure with the Amplatzer Vascular Plug III device: immediate and short-term results. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2014;67:608-14.
41. Ando T, Takagi H, Group A. Percutaneous Closure of Paravalvular Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Implantation: A Systematic Review. *Clin Cardiol.* 2016;39:608-14.

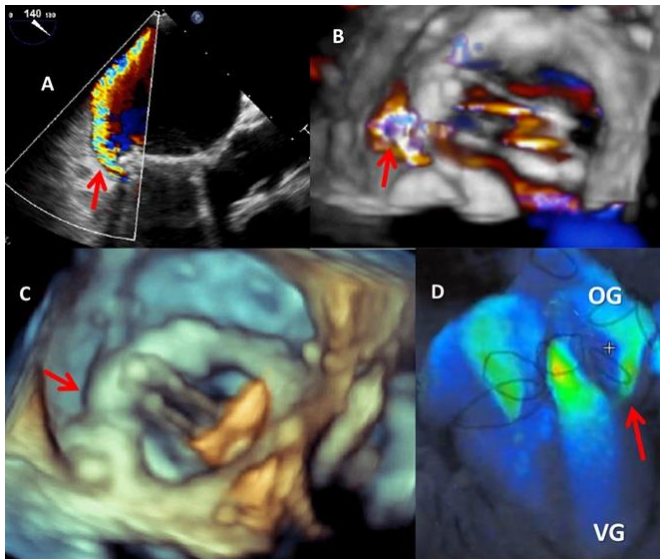


Figure 1 : Patiente de 60 ans ayant une valve mitrale mécanique à double ailette avec FPP avec insuffisance cardiaque. Un premier vascular plug 3 (Abbott®) a été positionnée lors d'une procédure antérieure. Une FPP résiduelle (flèche rouge) persiste visible en ETO 2D couleur (A), ETO 3D (B), ETO 3D couleur (C) et en IRM 4d flow (D). La FPP est en regard de l'attache des ailettes. Elle a une forme de croissant représentant 1/8ème de circonférence, localisée à 8h avec un jet de régurgitation excentré longeant le bord externe de l'oreillette gauche (OG). VG= ventricule gauche.

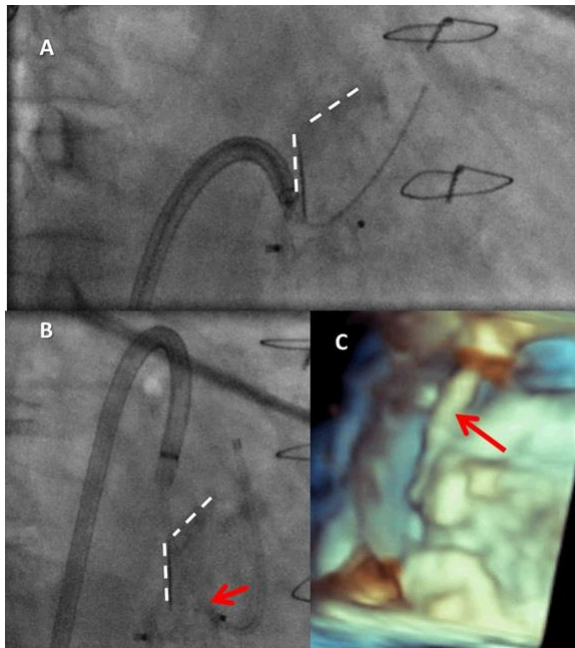


Figure 2 : Abord trans-septal avec mise en place d'une gaine orientable dans l'oreillette gauche positionnée sous guidage ETO 3D vers la FPP. La FPP est franchie à l'aide d'un guide (A) puis d'une sonde (B). Le passage de la sonde (flèche rouge) dans la FPP est vérifié à l'ETO 3D (C). Les lignes pointillées blanches délimitent les ailettes de la valve mécanique en position fermée.



Figure 3 : Un deuxième vascular plug 3 (Abbott®) (flèche rouge) a été positionné à côté de la première prothèse. La fermeture des ailettes de la valve mécanique est complète, non entravée par le plug.