



UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG

Année 2023-2024

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Intervention de Ross avec inclusion prothétique de l'autogreffe :
résultats à long terme**

Présentée et soutenue publiquement le 29 mars 2024 à 18 heures
au Pôle Formation

par **Thomas DENISSELLE**

JURY

Président :

Monsieur le Professeur André VINCENELLI

Assesseurs :

Monsieur le Docteur Olivier FABRE

Madame le Docteur Marjorie RICHARDSON

Madame le Docteur Olivia DOMANSKI-CHATILLON

Directeur de thèse :

Monsieur le Professeur Francis JUTHIER

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Conflit(s) d'intérêt

L'auteur déclare n'avoir aucun conflit d'intérêt lié directement ou indirectement au sujet développé dans ce manuscrit.

Résumé

Contexte :

Chez les patients jeunes, le remplacement valvulaire aortique par une autogreffe pulmonaire (intervention de Ross) constitue une alternative remarquable au remplacement mécanique. L'objectif de cette étude était d'évaluer les résultats à long terme de la technique d'inclusion dans une prothèse Valsalva, modification pratiquée en vue de prévenir l'apparition d'une dilatation de l'autogreffe.

Méthodes :

Une cohorte rétrospective monocentrique incluant tous les patients opérés selon cette technique entre mars 2003 et décembre 2020 a été constituée.

Résultats :

189 patients, avec un âge médian de 31 ans (11-52 ans, 20 mineurs), en majorité de sexe masculin (74,1%) et présentant une bicuspidie aortique (90,5%), ont été inclus. L'indication opératoire principale était une insuffisance aortique pure pour 40,2%, un rétrécissement aortique pur pour 30,7%, une maladie aortique pour 26,5% et une dégénérescence de prothèse pour 2,7%. 11,6% avaient un antécédent de sternotomie, 3,2% présentaient une endocardite aigüe.

Le suivi médian était de 8,6 ans (maximal 20 ans) ; la survie globale à 5 et 10 ans était estimée à 96,6%.

La survie sans réintervention valvulaire était estimée à 94,4% à 10 ans ; la survie sans réintervention sur l'autogreffe à 95,0%. La principale cause de réintervention était l'apparition d'une dégénérescence fuyante de l'autogreffe par prolapsus de sigmoïde.

L'insuffisance aortique pure préopératoire (HR 4,9, $p=0,04$) et l'existence d'un anneau aortique dilaté (HR 1,2/mm, $p=0,04$) étaient des facteurs de risque de réintervention.

Conclusion :

L'intervention de Ross avec inclusion prothétique de l'autogreffe présente une faible morbi-mortalité précoce et des résultats satisfaisants à long terme. Sa diffusion pourrait permettre de limiter le taux de réintervention pour dilatation de l'autogreffe.

TABLE DES MATIERES

Liste des abbréviations	5
I. INTRODUCTION	6
A. Choix du substitut valvulaire chez l'adulte jeune	6
B. Rationnel pour un substitut « vivant »	8
C. Intervention de Ross	10
D. Renforcement de l'autogreffe	11
II. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS	13
III. MATERIELS ET METHODES	14
A. Population	14
B. Technique chirurgicale	15
C. Recueil des données	17
D. Analyse des données	18
E. Analyse statistique	19
IV. RESULTATS	20
A. Données préopératoires	20
B. Données peropératoires	23
1. Procédure	23
2. Complications peropératoires	25
C. Morbi-mortalité précoce	27
D. Survie à long terme et réinterventions	29
1. Suivi clinique et survie globale	29
2. Réinterventions tardives majeures	30
E. Réinterventions sur l'autogreffe et facteurs de risque	33
F. Suivi échographique	37
V. DISCUSSION	38
A. Forces et limitations	38
B. Utilisation et évolutions de la technique	39
C. Morbi-mortalité précoce	40
D. Survie et réinterventions tardives	41
E. Sous-populations : endocardites, mineurs, pathologies du tissu conjonctif	42
F. Critiques de l'inclusion prothétique dans la littérature	43
VI. CONCLUSION	44
VII. ANNEXE	45
VIII. Références	49

Liste des abréviations

ACR	Arrêt cardiorespiratoire
AP	Artère pulmonaire
AP (opérateur)	Pr Alain Prat
AV (opérateur)	Pr André Vincentelli
AVK	Antivitamines K
BAV	Bloc atrio-ventriculaire
BBG	Bloc de branche gauche
CEC	Circulation extra-corporelle
CIV	Communication inter-ventriculaire
Cuspides D-G-NC	Cuspides droite, gauche, non coronaire
DAI	Défibrillateur automatique implantable
DTDVG	Diamètre télédiastolique du ventricule gauche
ECG	Electrocardiogramme
ECMO VA	ExtraCorporeal Membrane Oxygenation, veino-artérielle
ETT/ETO	Echographie transthoracique / transœsophagienne
FA	Fibrillation atriale
FEVG	Fraction d'éjection du ventricule gauche
FJ (opérateur)	Pr Francis Juthier
FOP	Foramen ovale perméable
IAo	Insuffisance aortique
IM	Insuffisance mitrale
INR	International Normalized Ratio
IT	Insuffisance tricuspидienne
IVA	Artère interventriculaire antérieure
MAo	Maladie aortique
NYHA	Echelle de dyspnée de la New York Heart Association
PM	Pacemaker
RAo	Rétrécissement aortique
TAVI	Transcatheter Aortic Valve Implantation
TDM	Tomodensitométrie
VD/VG	Ventricule droit/gauche

I. INTRODUCTION

A. Choix du substitut valvulaire chez l'adulte jeune

La valvulopathie aortique « non réparable » est une cardiopathie pour laquelle il n'existe pas de traitement idéal. Chez le sujet jeune, le choix du meilleur substitut est un sujet de débat presque aussi vieux que la technique chirurgicale elle-même (1).

Les prothèses mécaniques constituent le substitut de première intention chez les moins de 60 ans dans les recommandations européennes de 2021 (2). Elles ont été utilisées pour la première fois en position hétérotopique dans l'aorte descendante par Hufnagel en 1952 (3), puis en position aortique par Harken en 1960 sous la forme d'une valve à bille (4), et ont depuis connu plusieurs évolutions majeures, permettant d'améliorer le profil hémodynamique et de diminuer la thrombogénicité (5,6) : l'apparition d'un disque en cage, d'un disque oscillant, puis enfin d'une double ailette (8,9), ce dernier système devenant quasiment-exclusif depuis les années 1980.

Si la durabilité d'une double-ailette actuelle en carbone pyrolytique ne fait plus débat, il persiste un risque de thrombose valvulaire comme de dysfonction valvulaire non-structurale, en lien avec l'apparition d'une fuite péri-prothétique ou le développement de pannus. Dans une série rétrospective canadienne comportant 450 patients de moins de 65 ans ayant bénéficié d'un remplacement valvulaire aortique isolé, la survie sans dysfonction de prothèse et sans réintervention valvulaire était respectivement estimée à 91% et 94% à 10 ans (10).

Leur inconvénient majeur est la nécessité d'une anticoagulation à vie par AVK, qui présente un risque non négligeable de saignement majeur, sans pour autant supprimer totalement le risque d'événement thrombo-embolique. Ainsi, la survie sans événement prothétique indésirable majeur (critère composite incluant dysfonction de prothèse, thrombose valvulaire, événement thromboembolique, endocardite et saignement majeur) était de 73% à 10 ans dans la même étude. Même avec un objectif d'INR moindre (11) couplé à une automesure (12), les valves mécaniques représentent également une contrainte considérable pour la qualité de vie de patients actifs, et un obstacle à un désir de grossesse.

Les bioprothèses, utilisées pour la première fois en 1965 par Carpentier et Binet (13), ont connu plusieurs évolutions majeures, à l'instar de leurs homologues mécaniques. Initialement *libres*, s'inspirant des homogreffes, puis montées sur une armature, plusieurs générations ont successivement vu le jour, se distinguant par le biomatériau utilisé (principalement valve porcine ou péricarde de veau), le procédé de fabrication (traitement par glutaraldéhyde, fixation à pression basse ou nulle), ou encore la

technique d'implantation (suture intra- ou supra-annulaire, système de déploiement rapide) (1,14).

Leur principal inconvénient est l'apparition d'une dysfonction structurelle, qui fait intervenir de multiples mécanismes (calcification, altération mécanique, réponse immunitaire...) (15), raison pour laquelle elles ont surtout leur place chez les patients de plus de 65 ans (2). Chez les patients plus jeunes, les performances à long terme apparaissent médiocres quoique variables selon le modèle statistique utilisé (16–18) ; on retiendra une survie actuarielle et une survie sans réintervention estimées respectivement à 58,7% et 29,0% à 20 ans dans une méta-analyse récente regroupant 19 études et 2686 patients d'âge moyen inférieur à 55 ans (19).

A défaut d'une avancée majeure qui pourrait être la commercialisation d'une valve mécanique tricuspide ne nécessitant pas d'anticoagulation (20), plusieurs tendances se sont dégagées sur la dernière décennie, mais ne permettant en rien de simplifier le choix du substitut valvulaire le mieux adapté à un patient jeune et actif.

On citera en particulier la baisse de la morbi-mortalité des réinterventions, qui approche celle de la primo-intervention chez des patients sélectionnés (21), la commercialisation de bioprothèses de nouvelle génération montées sur un stent expansif et avec un traitement anti-calcification (22), la baisse significative de l'utilisation des prothèses mécaniques chez les moins de 60 ans, et ce avant la démocratisation du remplacement percutané (TAVI) (23), et enfin la possibilité d'un TAVI *valve-in-valve*, pour l'heure réservé aux dégénérescences de bioprothèse chez des patients à haut risque chirurgical (2).

B. Rationnel pour un substitut « vivant »

Les valves mécaniques et les bioprothèses partagent indéniablement plusieurs avantages : facilité d'implantation, temps de clampage court, reproductibilité, disponibilité en tailles multiples, possibilité d'une voie d'abord mini-invasive... qui ne contrebalancent pas leurs lourds inconvénients dans une population jeune.

Nous avons déjà mentionné les risques de dysfonction valvulaire (structurelle ou non), de réintervention, et d'évènements thrombo-embolique ou hémorragique ; considérons également le risque d'endocardite sur prothèse, au pronostic plus sombre que sur une valve native (24), ainsi que le phénomène de disproportion patient-prothèse (*prosthesis-patient mismatch*), connu de longue date (25) et pouvant atteindre jusqu'à 40% des patients implantés (26–28).

Finalement, l'argument majeur en faveur de la recherche d'un substitut plus *physiologique* serait plutôt d'éviter la diminution de l'espérance de vie après remplacement prothétique, par rapport à la population générale appariée sur le sexe et l'âge, observée de manière concordante par plusieurs études récentes (10,19,29–31).

On considérait autrefois la valve aortique comme ayant un fonctionnement « passif », répondant uniquement à la variation du gradient de pression ventriculo-aortique, par opposition à son homologue atrioventriculaire. Elle est en réalité indissociable de l'unité fonctionnelle qu'est la *racine aortique*, qui inclut également l'anneau, les sinus de Valsalva et la jonction sino-tubulaire.

Cette structure dynamique possède plusieurs fonctions remarquables : le maintien d'un flux sanguin laminaire et la réduction du travail ventriculaire gauche, en particulier à l'effort, l'optimisation de la perfusion coronaire (32), ou encore la répartition optimale de la contrainte mécanique pesant sur les cuspides (33), permise en particulier par les modifications de forme et de taille de l'anneau au cours du cycle cardiaque (34).

Les cuspides elles-mêmes présentent des propriétés inimitables par une prothèse acellulaire : la production d'oxyde nitrique qui inhibe l'agrégation plaquettaire, la capacité à organiser une réponse inflammatoire en réponse à une bactériémie, et évidemment la capacité d'auto-régénération, cruciale considérant un nombre de cycles cardiaques d'approximativement 100 000 par jour soit 2,5 milliards dans toute une vie (35,36).

Ainsi, l'utilisation d'un substitut humain semble plus *physiologique* que celle d'une prothèse. Celle-ci réduit la surface de l'orifice effectif, immobilise l'anneau par sa rigidité, fait peser sur les cuspides une contrainte mécanique moins bien répartie et est vulnérable à une colonisation bactérienne. Mais ce sont surtout les mauvaises performances des premières valves mécaniques et leur risque thrombotique majeur, qui motivèrent l'utilisation d'un premier substitut humain par Ross en 1962 (37) et Barratt-Boyes en 1964 (38), sous la forme d'homogreffes cadavériques.

Outre une obtention et un conditionnement délicats, leur durée de vie en position aortique chez l'adulte s'est rapidement avérée décevante (39). Leur utilisation est actuellement confinée au cas très particulier des endocardites infectieuses avec extension péri-valvulaire dans certains centres experts (40).

C. Intervention de Ross

L'utilisation d'une autogreffe pulmonaire a été décrite pour la première fois en 1967 par Donald N. Ross (1922-2014) sur une série de 12 patients (41). La valve pulmonaire était prélevée et réimplantée en position sous-coronaire, et la voie d'éjection droite reconstruite à l'aide d'une homogreffe cadavérique. Cette dernière trouvait en position droite sa meilleure indication, et l'autogreffe démontrait une durabilité prometteuse: la série historique publiée en 1991 sur 339 patients montrait une survie actuarielle et une absence d'explantation de l'autogreffe estimées respectivement à 80% et 85% à 20 ans (42).

Cette technique sous-coronaire était techniquement difficile et exposait à un risque de distorsion de l'autogreffe, notamment en cas d'anneau aortique dilaté. Une autre variante de l'intervention de Ross, la *full-root replacement technique*, s'est alors répandue, consistant en un remplacement de tout le culot aortique par la racine pulmonaire, avec réimplantation des coronaires (43–45).

Si l'intervention de Ross a toujours été perçue comme une intervention complexe, transformant une cardiopathie mono- en bi-valvulaire et engendrant dans les centres non-experts une morbi-mortalité précoce supérieure à celle d'un remplacement conventionnel (36), elle a pu connaître un certain enthousiasme dans les années 1990, avant un relatif déclin. Une étude de registre américaine sur la période 1994-2010 montrait en effet un pic d'utilisation en 1998 puis une baisse quasi-constante (46), qui peut être mis en relation avec une crainte quant à la durabilité de l'autogreffe : plusieurs séries faisant état d'un taux non négligeable de réintervention à moyen terme après *full-root replacement* étaient publiées sur la même cette période (47–51).

Le principal inconvénient de l'utilisation d'une autogreffe *libre (free-standing)* est l'apparition d'une dilatation. En effet, une fois exposée à des pressions systémiques (trois à cinq fois supérieures aux pressions pulmonaires), l'autogreffe connaît une dilatation significative chez quasiment la moitié des patients dans la première décade. Frigiola montrait une survie sans dilatation ($\geq 40\text{mm}$) de la néo-racine de 50% à 12 ans (52) et Simon-Kupilik ($\geq 37\text{mm}$) de 45% à 7 ans (53).

Si quelques cas de dissection sur évolution anévrysmale de l'autogreffe ont été rapportés (54,55), cette dilatation peut surtout engendrer l'apparition d'une fuite sévère par défaut de coaptation des cuspidés (dysfonction non-structurale), pouvant nécessiter une réintervention voire une explantation (56,57).

Certains auteurs ont donc plaidé pour un retour à la technique originale, sous-coronaire (58) : on citera à ce titre la série rétrospective de Sievers, publiée en 2018 sur 630 patients avec un suivi médian de 12,5 ans, où la survie sans réintervention sur l'autogreffe était estimée à 89,8% à 20 ans (59).

D. Renforcement de l'autogreffe

Pour les équipes choisissant de conserver la technique de remplacement complet de la racine, deux stratégies chirurgicales ont été développées afin de limiter le risque de dilatation de l'autogreffe.

La première est la réduction et/ou stabilisation de l'anneau aortique natif par une annuloplastie externe, avec stabilisation ou remplacement de la jonction sino-tubulaire (61–65). Cette approche *personnalisée*, pratiquée en cas de facteurs de risque de dilatation, a l'inconvénient de ne pas prévenir la dilatation des sinus, raison pour laquelle y est associée un contrôle strict de la pression artérielle. Avec un objectif de pression systolique inférieure à 110-115 mmHg durant les 6 à 12 premiers mois postopératoires, et l'utilisation de β -bloquants en première intention, cette stratégie peut se heurter à la compliance imparfaite de jeunes patients au vu des effets indésirables (asthénie, bradycardie, dysfonction érectile).

La seconde stratégie est l'inclusion de toute la néo-racine aortique dans un support externe, les deux principaux publiés étant l'aorte native et un tube en Dacron. D'autres substituts (péricarde autologue, prothèse en Gore-Tex, prothèse personnalisée imprimée en 3D...) ont été évoqués mais n'ont pas encore fait la preuve de leur efficacité à moyen terme (60).

L'inclusion dans l'aorte native a été la première technique de renforcement décrite. Les meilleurs résultats étaient publiés par Skillington sur 322 patients avec un suivi moyen de 9,8 ans (66) : la survie globale était estimée à 97% à 20 ans et la survie sans réintervention sur l'autogreffe à 96% à 18 ans. Aucune réintervention n'était indiquée par une dilatation de la néo-racine et seulement 1,5% des patients atteignaient un diamètre supérieur à 40mm. Cette technique modifiée nécessitait le plus fréquemment une annuloplastie et/ou aortoplastie de réduction (au total 72% des patients). L'exposition de l'orifice aortique à travers une transsection aortique haute et un refend dans le sinus non-coronaire apparaît cependant techniquement difficile.

Une autre option, plus simple et reproductible, est l'inclusion dans une prothèse en Dacron.

L'utilisation d'un tube droit a été publiée depuis la seconde moitié des années 2000 (67–70). Guirgis montrait des résultats encourageants dans une série française comportant 61 patients : avec un suivi moyen de 90 mois, la survie sans réintervention sur l'autogreffe était estimée à 94,5% à 5 ans (71). Starnes mettait en évidence en 2023, comme attendu, une différence significative entre les techniques d'inclusion prothétique (n=58) et d'autogreffe libre (n=71), avec un taux de réintervention sur

l'autogreffe bien plus faible en cas d'inclusion (respectivement 4,0% et 4,0%, contre 14,9% et 26,8%, à 5 et 10 ans) (72).

L'utilisation d'un tube Valsalva plutôt qu'un tube droit aurait l'avantage de respecter l'expansion sinusale, préservant mieux la réserve coronarienne et permettant une meilleure répartition des contraintes sur les cuspidés. Cette technique et des résultats préliminaires ont été publiés par plusieurs équipes (73–76), mais seulement deux fournissaient des données à moyen terme.

Carrel et Kadner publiaient en 2016 une série de vingt-deux patients, et ne relevaient qu'une explantation précoce de l'autogreffe (77). Avec un suivi échographique moyen de 70 mois, aucun des vingt-et-un patients restants n'avait de fuite aortique significative ni de dilatation de la néo-racine.

Dans notre centre, la technique d'inclusion prothétique Valsalva a été utilisée dès 2003. Juthier et al. avaient publié en 2010 les résultats chez les douze premiers patients opérés (78). Après un suivi moyen de quatre ans, on notait deux réinterventions conservant l'autogreffe : l'une pour invagination de l'auricule gauche (79), et l'autre pour faux-anévrisme proximal aseptique. Il n'existait pas d'insuffisance aortique significative ni de dilatation de l'autogreffe au dernier contrôle échographique.

II. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS

Il n'existe pas, à notre connaissance, de données de suivi à moyen terme avec la technique d'inclusion prothétique Valsalva autres que les séries de Carrel et Kadner (77) et Juthier et al (78).

Ces résultats sur des effectifs modestes étaient encourageants.

Une étude rétrospective avec un effectif bien plus large et un suivi à long terme semblait néanmoins indispensable, afin de démontrer l'innocuité et la durabilité de l'inclusion prothétique.

En prolongeant la série publiée sur la période 2003-2007, cette étude a donc pour objectifs :

- La description de la morbi-mortalité précoce associée à l'intervention,
- L'analyse de la survie globale,
- L'analyse de la survie sans réintervention, en particulier sur la voie gauche,
- La recherche de facteurs de risque de réintervention sur la voie gauche,
- L'analyse des performances de l'autogreffe au dernier contrôle échographique.

III. MATERIELS ET METHODES

A. Population

Il s'agit d'une étude de cohorte rétrospective monocentrique, incluant tous les patients ayant bénéficié d'une intervention de Ross avec inclusion prothétique au Centre Hospitalier Universitaire de Lille, entre mars 2003 et décembre 2020.

Nous n'avons retenu aucun critère d'exclusion. Ainsi, les patients ayant bénéficié de cette procédure en urgence et/ou pour endocardite infectieuse, ou après échec de plastie aortique au cours de la même intervention, de même que les patients mineurs, étaient inclus.

La liste des patients a été constituée à partir de la consultation des archives du bloc opératoire. Nous n'avons pas pu identifier par cette méthode les patients n'ayant pas bénéficié d'une intervention de Ross pourtant programmée au vu des constatations peropératoires (valve pulmonaire non exploitable, valve aortique finalement conservable au prix d'une plastie).

B. Technique chirurgicale

La technique chirurgicale a connu quelques modifications mineures depuis sa publication en 2010 (78) ; nous la présenterons ici telle qu'elle a été réalisée pour les derniers patients.

La procédure était réalisée par sternotomie médiane ; une circulation extra-corporelle normothermique était mise en place entre l'oreillette droite et l'aorte au pied du tronc artériel brachio-céphalique. La protection myocardique était assurée par une cardioplégie antérograde au sang froid renouvelée toutes les trente minutes, suivie d'une reperfusion chaude avant le déclampage aortique.

L'éligibilité au geste était d'abord vérifiée : une aortotomie transversale permettait de confirmer l'impossibilité d'un geste conservateur, et une artériotomie pulmonaire d'évaluer la qualité de l'autogreffe (valve bien tricuspide, absence de fenestrations).

La valve et la racine aortiques étaient réséquées, en respectant une collerette autour des ostia coronaires. L'autogreffe était prélevée avec une marge millimétrique de myocarde ventriculaire droit, en veillant à ne pas léser la première branche septale de l'artère inter-ventriculaire antérieure.

L'anneau aortique et l'autogreffe étaient mesurés à la bougie de Hégar ; le tube Valsalva était choisi à un diamètre supérieur de 2 à 4mm à l'autogreffe. Le tissu interstitiel superflu sur l'autogreffe était réséqué et la jupe de la prothèse Valsalva recoupée partiellement.

La voie d'éjection gauche était ensuite reconstruite : l'autogreffe et le tube étaient solidarisés par 3 points proximaux de Prolène 4/0, puis suturés à l'orifice aortique par des points séparés de Ticron 3/0, sur un plan horizontal intra-annulaire, en veillant à ce que les *néo-sinus* soient positionnés de manière adéquate en regard des coronaires. Le sommet des trois commissures de l'autogreffe était suspendu en regard de la jonction sino-tubulaire de la prothèse au Premio 5/0.

Les coronaires étaient réimplantées successivement par un monosurjet au Prolène 5/0, en prenant à chaque passage le bouton coronaire, la prothèse et la paroi de l'autogreffe.

La reconstruction de la voie d'éjection droite était finalement réalisée avec une homogreffe décongelée préalablement, ou avec une bioprothèse porcine sans armature, par un monosurjet proximal puis distal au Prolène 4/0.

De la colle biologique était appliquée au niveau proximal, puis la continuité aortique était rétablie au Prolène 5/0 entre l'autogreffe incluse et l'aorte ascendante native, ou une interposition prothétique le cas échéant.

Après déclampage aortique, une ETO permettait de vérifier la fonctionnalité du montage et l'absence de double-contour entre l'autogreffe et la prothèse.

La CEC était sevrée puis la sternotomie refermée selon l'habitude.

En post-opératoire, un traitement par acide acétylsalicylique était instauré pour une durée minimale de trois mois.

L'utilisation d'anti-inflammatoires non stéroïdiens n'était pas systématique ; il n'y avait pas de protocole spécifique à visée antihypertensive.

C. Recueil des données

Les données préopératoires, peropératoires et postopératoires précoces ont été recueillies à partir des dossiers médicaux informatisés dans le logiciel Sillage. Le(s) courrier(s) de consultation, le compte-rendu opératoire et le rapport d'intervention, ainsi que la lettre de sortie, ont été systématiquement analysés.

Une ETT de référence était pratiquée avant la sortie du service.

Le suivi des patients était assuré au décours par leur cardiologue traitant, qui pouvait être praticien au CHU. Un suivi clinique était recommandé au moins annuellement, la fréquence du suivi échographique était laissée à la discrétion du cardiologue.

Les données de suivi ont été recueillies par contact direct du patient et/ou du cardiologue traitant, ou à défaut du médecin traitant. Le compte-rendu de la dernière ETT en date a été récupérée.

Les dates des décès survenus tardivement et en extrahospitalier ont été vérifiées à l'aide du fichier des décès de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.

Les patients étaient informés au moment de l'intervention de la possibilité d'être recontactés ultérieurement. La procédure auprès du Comité d'Ethique de la Recherche Clinique de la Société Française de Chirurgie Thoracique et CardioVasculaire est toujours en cours d'examen au moment de la publication de cette thèse.

Le recueil des données a été clôturé le 13 septembre 2023.

D. Analyse des données

Les évènements survenant dans les 30 premiers jours postopératoires étaient considérés comme précoces.

En post-opératoire précoce, les principales variables d'intérêt étaient la survenue d'un décès, la pose d'une assistance circulatoire mécanique temporaire, la nécessité d'une reprise chirurgicale, la pose d'un pacemaker, la survenue d'un évènement neurologique ou d'une endocardite infectieuse, et les données de l'échographie transthoracique de contrôle.

En post-opératoire tardif, les principales variables d'intérêt étaient la survenue d'un décès, la survenue d'une réintervention et le geste réalisé, ainsi que les données du dernier contrôle échographique en date.

E. Analyse statistique

Les valeurs catégorielles sont présentées sous forme d'effectifs (proportions). Les valeurs continues sont exprimées sous forme de moyenne (déviatoin standard) lorsque leur distribution suit une loi normale, et sous forme de médiane (25^{ème} -75^{ème} percentile, min et max) lorsque ce n'est pas le cas.

La survie a été estimée par la méthode de Kaplan Meier ; les intervalles de confiance à 95% des taux de survie ont été obtenus en utilisant la formule de Greenwood.

La recherche de facteurs de risque de réintervention sur la voie gauche a été effectuée au moyen d'un modèle de Cox. Dans un premier temps, chaque facteur était étudié par un modèle de Cox univarié, avec vérification de l'hypothèse de log-linéarité pour les variables continues, et vérification de l'hypothèse des risques proportionnels dans tous les cas.

L'hypothèse de log-linéarité a toujours été validée.

Lorsque l'hypothèse des risques proportionnels n'était pas validée, un modèle a été construit avec le facteur de risque comme fonction en escalier du temps, à deux temps. Le saut a été déterminé par un examen du graphe des résidus du modèle.

Les modèles multivariés ont été construits en utilisant une procédure de sélection descendante. Pour un facteur de risque identifié, une représentation graphique de la survie sans réintervention a été construite avec la méthode de Kaplan-Meier, avec test complémentaire de log-rank.

Le degré de signification des tests est fixé à 5% bilatéral.

Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS-On-Demand (Open Lab de Statistiques, MERCS, Faculté de Pharmacie de Lille).

IV. RESULTATS

A. Données préopératoires

Cent quatre-vingt-neuf patients ont été opérés entre mars 2003 et décembre 2020.

Les principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1 : caractéristiques préopératoires (n=189)

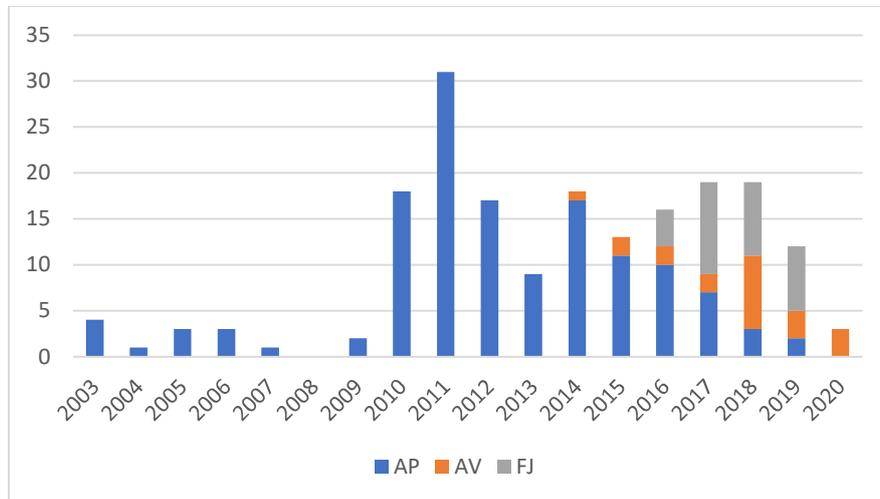
Age	
Médiane (quartiles)	30,93 (22,52-38,69)
Etendue	Min 11, max 52
< 18 ans	20 (10,58%)
> 50 ans	4 (2,17%)
Sexe masculin	140 (74,07%)
Antécédents	
Sternotomie	22 (11,64%)
<i>Pour valvuloplastie aortique</i>	11 (5,82%)
<i>Pour remplacement valvulaire aortique</i>	5 (2,65%)
<i>Pour une autre procédure</i>	6 (3,17%)
Valvuloplastie chirurgicale (total)	13 (6,88%)
Valvuloplastie percutanée	12 (6,35%)
Dilatation racine et/ou aorte ascendante	100 (52,91%)
Indication opératoire principale	
Insuffisance aortique pure	76 (40,21%)
Rétrécissement aortique pur	58 (30,69%)
Maladie aortique	50 (26,46%)
Dégénérescence de prothèse	5 (2,65%)
Etiologie	
Endocardite aigüe	6 (3,17%)
Anatomie (valves natives)	184 (97,35%)
Valve bicuspide	171 (90,48%)
Valve tricuspide	11 (5,82%)
Valve quadricuspide	2 (1,06%)

Ces procédures ont été réalisées par trois opérateurs expérimentés : AP en majorité (139 patients, soit 73,54%), AV (21 patients, 11,11%) et FJ (29 patients, 15,34%). La répartition par année et par opérateur est représentée dans la figure 1.

Quatorze patients (7,41%) ont été opérés entre 2003 et 2009 inclus. L'inclusion est ensuite devenue quasi-systématique dans notre centre, soit en moyenne 17,2 procédures par an entre 2010 et 2019 inclus. Seuls trois patients ont bénéficié de cette

procédure au cours de l'année 2020, en raison d'une chute de l'activité causée par la pandémie de Covid-19.

Figure 1 : nombre de procédures par année et par chirurgien



L'âge des patients suivait une distribution normale : l'âge médian était de 30,93 ans (Q1 22,52, Q3 38,69 ; minimum 11, maximum 52). 20 patients étaient mineurs. Ils étaient en majorité de sexe masculin (74,07%, *sex ratio* 2,86), et présentaient le plus souvent une valve aortique bicuspide (90,48%).

L'indication opératoire principale était :

- Une insuffisance aortique pure pour soixante-seize (40,21%),
- Un rétrécissement aortique pur pour cinquante-huit (32,28%),
- L'association d'un rétrécissement et d'une insuffisance (maladie aortique) pour cinquante (27,51%),
- Une dégénérescence de prothèse valvulaire aortique pour cinq (2,65%). Le type de prothèse, l'indication de reprise et le délai figurent en annexe 1.

Vingt-deux patients (11,64%) avaient eu au moins une sternotomie par le passé :

- Pour remplacement valvulaire aortique : cinq (cf. supra) ; il s'agissait alors d'une primo-intervention pour trois et d'une réintervention pour deux,
- Pour valvuloplastie aortique : onze (huit isolées, deux avec cure de CIV, et une avec plastie mitrale),
- Pour une chirurgie cardiaque autre : six (deux résections de membrane sous-aortique, une cure de tunnel aorto-ventriculaire gauche, une cure de CIV isolée, et deux résections de membrane sous-aortique avec CIV).

Aux onze ayant un antécédent de valvuloplastie par sternotomie, s'ajoutent deux patients ayant bénéficié d'une valvuloplastie à la bougie de Hégar par voie transapicale dans l'enfance, portant à treize le nombre total de patients ayant un antécédent de valvuloplastie aortique chirurgicale.

Douze patients avaient par ailleurs un antécédent de valvuloplastie percutanée.

L'association avec une dilatation de la racine et/ou de l'aorte ascendante était fréquente chez ces patients majoritairement bicuspidés (n=100, soit 52,91%).

Six patients (3,17%) présentaient une endocardite infectieuse active (présence de bactéries sur la valve native en culture). Cinq (2,65%) avaient un antécédent d'endocardite documentée ou suspectée et des lésions valvulaires évocatrices mais une bactériologie revenant négative.

Trois patientes étaient atteintes d'un syndrome de Turner.

B. Données peropératoires

1. Procédure

Les principales données peropératoires sont résumées dans le tableau 2.

La durée médiane de circulation extra-corporelle était de 135 minutes (min 99, max 554) ; la durée médiane de clampage aortique était de 114 minutes (min 83, max 279).

Notons que trois patients ont bénéficié d'une conversion intra-opératoire en Ross, en raison d'un résultat insatisfaisant en ETO d'une plastie aortique (annexe 2).

Tableau 2 : caractéristiques peropératoires.

Temps opératoires (min)	
CEC	135 (Q1 120, Q3 172) <i>Min 99, max 554</i>
Clampage	114 (Q1 101, Q3 145) <i>Min 83, max 279</i>
Diamètres (mm)	
Anneau aortique	27 (min 16, max 36)
Autogreffe	26 (min 20, max 32)
Tube Valsalva	28 (min 24, max 34)
Reconstruction de la voie droite	
Homogreffe	142 (75,13%)
<i>Diamètre médian (min-max)</i>	<i>27 (22-30)</i>
Freestyle	41 (21,69%)
Autre substitut	6 (3,17%)
Procédures associées	102 (53,97%)
Sur l'aorte ascendante uniquement	86 (45,50%)
Autre geste uniquement	23 (12,17%)
Sur l'aorte ascendante + autre geste	7 (3,70%)
Conversion en Ross (échec plastie)	3 (1,59%)

Le diamètre médian de l'anneau aortique était de 27mm ; vingt-huit patients (14,8%) avaient un anneau égal à 30 mm et treize (6,9%) un diamètre supérieur, pouvant aller jusqu'à 36mm.

Le diamètre médian de l'autogreffe était de 26mm ; le tube Valsalva, dont le plus utilisé était le Vascutek Gelweave (Terumo Cardiovascular Systems Inc, Ann Arbor, Michigan, États-Unis), avait un diamètre médian supérieur de 2mm à l'autogreffe.

Les homogreffes cryopréservées (European Homograft Bank, Bruxelles, Belgique), disponibles sur commande, étaient le substitut privilégié en raison de leurs meilleures performances attendues à long terme (n=142 soit 75,13%). Le diamètre médian était de 27mm, l'âge médian des patients de 28,02 ans (Q1 20,97, Q3 35,11).

Les bioprothèses porcines sans armature Freestyle (Medtronic Inc, Minneapolis, Minnesota, États-Unis), étaient de 29mm en majorité (n=33 soit 80,51%), ou de 27mm (n=8). D'une plus grande disponibilité que les homogreffes, elles étaient

habituellement réservées aux patients les plus âgés ou utilisées dans un contexte d'urgence. L'âge médian de ces patients était de 39,65 ans (Q1 35,10, Q3 44,52).

Les autres bioprothèses sans armature rarement utilisées étaient :

- Shelhigh No-React (Shelhigh Inc., Union, New Jersey, États-Unis) (27mm, n=1).
- Toronto SPV (St Jude Inc., St Paul, Minnesota, États-Unis) (29mm, n=1).
- BioValsalva (Vascutek Ltd., Renfrewshire, Ecosse, Royaume-Uni) (25mm : n=1, 27mm : n=3).

Les procédures associées (excluant les complications peropératoires) concernaient cent-deux patients (53,97%) :

- Soixante-dix-neuf pour une procédure sur l'aorte ascendante uniquement (trente-cinq *wrappings*, cinquante-et-un tubes sus-coronaires)
- Seize pour une unique procédure n'intéressant pas l'aorte ascendante,
- Sept pour deux autres procédures, dont une sur l'aorte ascendante.

Ces autres procédures sont détaillées dans le tableau 3.

Tableau 3 : procédures associées.

Patient	Procédure
20	Cure de CIV sous-aortique
36	Cure de CIV sous-aortique
51	Cure de CIV sous-aortique
63	Konno pour élargir l'orifice aortique de 19 (prothèse mécanique) à 30mm
67	Réimplantation de la coronaire droite (naissance depuis le sinus gauche)
70	Manougian pour élargir l'orifice aortique de 16 à 24mm
74	Réimplantation de la coronaire droite (naissance depuis le sinus gauche)
78	Cure de fistule coronaro-pulmonaire (IVA-AP)
89	Manougian pour élargir l'orifice aortique de 23 à 28mm
92	Fermeture de canal artériel persistant
101	Plastie d'élargissement des veines pulmonaires gauches avec lambeau d'auricule gauche (sténose post-ablation de FA par radiofréquence)
127	Tentative de réaccolement intimal d'une dissection proximale de la coronaire droite découverte en per-opératoire
130	Pontage aorte ascendante-aorte descendante rétro-cardiaque pour re-coarctation après Craaford
139	Konno pour élargir l'orifice aortique de 19 (bioprothèse) à 28mm
147	Fermeture de FOP
148	Résection de récurrence de membrane sous-aortique récidivante
157	Fermeture de FOP
162	Biopsie ganglionnaire de la loge de Barety (en faveur d'une sarcoïdose)
165	Sonde épicaudique VG (FEVG altérée et BBG préopératoire)
180	Thymectomie totale intrapéricardique pour découverte peropératoire d'une masse suspecte (tératome mature pluritissulaire bénin)
183	Fermeture de FOP
185	Sonde épicaudique VG et boîtier de DAI (antécédent d'ACR récupéré)
188	Fermeture de FOP

On notera pour mémoire la réalisation de quatre élargissements d'anneau, en raison d'une franche discordance entre les diamètres de l'anneau aortique et de l'autogreffe (selon Manougian pour 2 patients, selon Konno pour 2 patients porteurs de prothèse de 19mm).

Les procédures réalisées sur l'aorte ascendante concernaient au total quatre-vingt-treize patients (49,20%), et pouvaient être soit un *wrapping* de l'aorte native (n=37), soit un remplacement prothétique (n=56) réalisé avec la partie tubulaire restante de la prothèse Valsalva.

2. Complications peropératoires

Un reclapage aortique (à l'exclusion des trois échecs de valvuloplastie) a été nécessaire pour huit patients (4,23%); quatre patients nécessitaient deux reclapages.

La cause de reclapage était (tableau 4) :

- La nécessité d'une hémostase complémentaire, impossible à cœur battant, pour cinq patients,
- Une plicature sténosante de la voie d'éjection droite, pour un seul patient,
- En lien avec une instabilité hémodynamique au sevrage de la CEC, pour deux patients,

Un patient (n° 69) a été explanté au cours de la même procédure, au profit d'une valve mécanique, en raison d'une instabilité hémodynamique, d'une fuite aortique de grade 2 et de l'absence d'autre cause réversible. Le montage final était satisfaisant en ETO (si réalisée) pour tous les patients.

Au moins un pontage coronarien de nécessité a été réalisé chez trois patients : pour un à cœur battant en raison de la découverte d'une dissection de la coronaire droite, dont l'échec de réparation était objectivé par une dysfonction ventriculaire droite en sortie de CEC (n°127), et pour deux après reclapage aortique pour instabilité hémodynamique (n°69 et 172).

Trois patients nécessitaient en post-cardiotomie une assistance circulatoire mécanique temporaire (ECMO VA). Il n'y a pas eu de décès peropératoire.

Tableau 4 : causes de reclampage aortique et geste complémentaire réalisé.

Suites* : les suites postopératoires étaient considérées comme simples si absence d'ECMO, de reprise précoce, de pacemaker ou de décès.

Patient Année	Raison	Mécanisme	Geste réalisé	Suites*
5 (2004)	Hémostase	Surjet autogreffe-prothèse distal « lâche », saignement extériorisé par les orifices de la prothèse en regard des coronaires	Reprise complète de l'anastomose distale autogreffe-prothèse	Simple
7 (2005)	Plicature voie droite	Discongruence entre la bioprothèse Shelhigh 27 et l'orifice de l'infundibulum	Elargissement de l'infundibulum par patch péricardique.	Simple
63 (2011)	Hémostase	Déchirure de l'anastomose coronaire droite en contexte <i>tridux</i>	2 reclampages sans cardioprotection : réparation directe, puis patch péricardique et colle	Décès à J3
69 (2012)	Instabilité hémodynamique	ACR à la fermeture cutanée malgré un sevrage de CEC sans amines, contexte <i>tridux</i>	2 reclampages : remplacement mécanique, puis pontage sur le réseau latéral	ECMO Décès à J5
74 (2012)	Hémostase	Déchirure du tronc coronaire gauche	Réparation directe	Simple
144 (2017)	Hémostase	Déchirure de l'anastomose proximale	Réparation directe	Simple
159 (2018)	Hémostase	2 déchirures successives de l'anastomose proximale, « tissus très fragiles »	2 reclampages successifs pour réparation directe	Reprise (resynthèse sternale)
172 (2018)	Instabilité hémodynamique	Défaillance hémodynamique majeure quelques minutes après le sevrage de la CEC	2 reclampages successifs : vérification du montage, puis pontages sur l'IVA et la coronaire droite moyenne	ECMO Décès à J10

C. Morbi-mortalité précoce

Les complications précoces majeures, définies comme la survenue d'un décès, la nécessité d'une ECMO VA ou d'une reprise chirurgicale quelle qu'en soit la cause, et survenant dans les trente premiers jours postopératoires, concernaient au total onze patients (5,82%).

Les caractéristiques des patients ayant nécessité une ECMO VA et/ou étant décédés sont représentées dans le tableau 5.

On notait trois décès en post-opératoire précoce, respectivement à J3, J5 et J10, soit un taux de mortalité précoce de 1,59%.

Ces trois patients avaient été reclampés deux fois. Les deux premiers patients correspondaient aux deux seules sternotomies *tridux* de l'étude. La troisième présentait une HVG majeure. Le mécanisme est probablement un défaut de protection myocardique per-opératoire.

Tableau 5 : décès et ECMO en post-opératoire précoce.

Patient (Année)	Caractéristiques préopératoires	Procédure et complications	Commentaires
63 (2011)	Femme de 41 ans, <i>tridux</i> Thrombose de valve mécanique (19mm) <i>Antécédent de résection de membrane sous-aortique et fermeture de canal artériel persistant à 25 ans, puis remplacement à 31 ans</i>	Ross-Konno pour élargir l'orifice aortique à 30mm, 2 reclampages sans cardioprotection pour hémostase Sevrage de CEC avec doses élevées d'amines	Défaillance multiviscérale à J2, ECMO jugée futile Décès à J5
69 (2012)	Homme de 30 ans, <i>tridux</i> Dégénérescence sténosante à 22 ans d'une homogreffe <i>Antécédent de Laubry-Pezzi à 3 ans puis remplacement à 8 ans</i>	Procédure sans particularité et sevrage de CEC sans amines mais ACR à la fermeture cutanée 2 reclampages : remplacement mécanique, puis pontage sur le réseau latéral. Sortie sous ECMO	Défaillance multiviscérale sous ECMO Décès à J5
172 (2018)	Femme de 39 ans RAo sur bicuspidie <i>Obésité, HVG majeure</i>	Défaillance hémodynamique majeure quelques minutes après le sevrage de la CEC 2 reclampages : vérification du montage, puis pontages sur l'IVA et la coronaire droite moyenne. Sortie sous ECMO	Défaillance multiviscérale sous ECMO Décès à J10
174 (2018)	Femme de 40 ans, <i>redux</i> Dégénérescence sténosante à 2 ans d'une bioprothèse (25mm)	Dissection très laborieuse Sortie sous ECMO en vue d'une coronarographie	Reprise chirurgicale à J0 Sevrage ECMO à J15
180 (2019)	Homme de 43 ans RAo sur bicuspidie	Sans particularité hormis la découverte fortuite d'une masse thymique suspecte Sevrage de CEC sous faibles doses d'amines	Défaillance biventriculaire à J2, coronarographie normale ECMO de J2 à J8 puis J9 à J24 (thrombose récidivante sur TIH)

Quatre patients (2,17%) ont nécessité une assistance mécanique temporaire (ECMO VA) : trois posées en sortie de bloc, et une à J2 sur défaillance biventriculaire retardée. Deux de ces patients sont décédés, les deux autres étaient vivants aux dernières nouvelles.

Sept patients (3,70%), ont nécessité une réintervention par reprise de la sternotomie dans les 30 jours :

- Trois (1,59%) pour hémostase, respectivement à J0, J2 et J0,
- Un (n°174) en raison d'une thrombose de la coronaire droite et d'une fistule coronaro-pulmonaire, à J0, dans un contexte *redux*. Il existait en sortie de CEC une instabilité hémodynamique et une discordance ECG-ETO (sus-décalage en aVR et dysfonction ventriculaire gauche), ce qui avait conduit à la réalisation d'une coronarographie en urgence.
- Un pour pose de pacemaker épicardique, à J8, pour bloc atrioventriculaire complet,
- Un pour resynthèse sternale, à J12 (prélèvements bactériologiques négatifs),
- Un pour faux-anévrisme proximal, à J26.

Il n'y a eu qu'une réintervention précoce sur l'autogreffe, se soldant par une explantation au profit d'une valve mécanique, à J26.

Ce patient (n°73, 2012), opéré en raison d'une insuffisance aortique pure sur bicuspidie, avait eu des suites simples et une ETT de sortie satisfaisante (absence d'IAo comme d'épanchement péricardique significatif). Il a été réhospitalisé en raison d'une toux fébrile, de douleurs pariétales et d'un hématome rétrosternal au scanner non injecté. On découvrait en peropératoire un faux-anévrisme septique à *Staphylococcus epidermidis*, sur déhiscence de la partie postérieure de l'anastomose proximale. L'hémostase n'a pu être obtenue qu'au prix d'une procédure de Bentall.

Les autres complications notables en postopératoire précoce ont été :

- La pose d'un pacemaker pour bloc atrioventriculaire complet, pour quatre patients (2,17%) : trois par voie endocavitaire et une par voie épicardique.
- La survenue d'un évènement neurologique, pour deux patients (1,06%) : un accident vasculaire cérébral en lien avec un foramen ovale perméable qui a pu être fermé par voie percutanée à J7, et une probable embolie gazeuse.

On ne notait pas d'endocardite infectieuse documentée en postopératoire précoce.

D. Survie à long terme et réinterventions

1. Suivi clinique et survie globale

Les patients ayant pu quitter l'hôpital représentaient un effectif de cent quatre-vingt-six. Quatre patients (2,15%) étaient perdus de vue dans les douze premiers mois postopératoires.

Pour cent cinquante-six patients (83,87%), les dernières nouvelles dataient de moins d'un an ; pour cent soixante-six (89,25%) de moins de deux ans.

La médiane de suivi clinique était de 8,57 ans (Q1 5,28, Q3 11,50). Le suivi atteignait vingt ans pour deux patients.

On notait trois décès tardifs (1.92%), détaillés dans le tableau 6, que l'hypothèse de biais maximum nous conduirait à considérer comme étant de cause cardiovasculaire. Deux patientes présentaient une maladie génétique ou chromosomique ; le dernier est décédé au décours d'une réintervention difficile.

Tableau 6 : mortalité tardive

Patient	Pré- et périopératoire	Délai	Commentaire
29 (2010)	Femme de 45 ans atteinte d'un syndrome de Turner* avec retard mental surajouté RAo sur bicuspidie et anévrisme Dysfonction VD initiale, sevrage des amines à J5, sortie à J21	4 ans et 3 mois	Dysfonction VD séquellaire, ablation de flutter à 2 ans postopératoires <i>ETT 3 mois avant le décès : FEVG 58%, absence de fuite aortique, Gmoy pulm 10mmHg et fuite modérée, fuite tricuspide de haut grade, ventricule droit non dilaté hypokinétique, pas d'HTAP</i>
134 (2016)	Femme de 31 ans atteinte d'un syndrome de Conradi-Hünnerman-Happle** avec retard mental surajouté et nanisme RAo sur bicuspidie avec anévrisme Dysfonction biventriculaire initiale, sevrage des amines à J3, sortie à J10	3 ans	Lourds antécédents pneumologiques : syndrome restrictif et asthme avec hospitalisation pour crise sévère 3 mois avant le décès. Sous OLD 1L/min et séances de VNI quotidiennes. Embolie pulmonaire 5 mois avant le décès. <i>ETT 2 mois avant le décès : FEVG 65%, IAo grade 2, IM minime, Gmoy pulm 8mmHg, VD normal, IT minime, pas d'HTAP</i>
168 (2018)	Homme de 16 ans IAo sur bicuspidie Suites simples, sortie à J11	4 ans et 8 mois	Décès à J3 d'une reprise pour dégénérescence fuyante de l'autogreffe

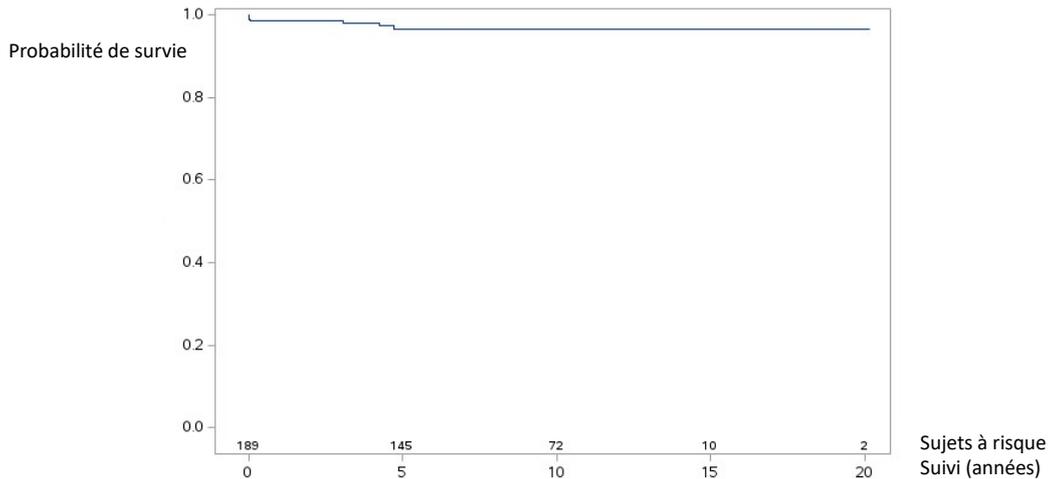
Syndrome de Turner : monosomie X ; petite taille, insuffisance ovarienne avec infertilité, malformations cardiaques et rénales fréquentes. Surrisque important de dissection aortique. Intelligence normale. Diminution modérée de l'espérance de vie. La première cause de mortalité est cardiovasculaire.*

*Syndrome de Conradi-Hünnerman-Happle** : chondrodysplasie ponctuée dominante liée à l'X ; érythrodermie ichthyosiforme congénitale, anomalies squelettiques, phénotype très variable. Létal chez les hommes. Espérance de vie et intelligence habituellement normales chez les femmes.*

Considérant les trois décès précoces et les trois décès tardifs qui survenaient dans les cinq ans postopératoires, la survie globale était estimée à la fois à 5, 10 et 15 ans, à 96,58% (figure 2).

Figure 2 : courbe de survie globale (modèle de Kaplan Meier), avec sujets à risque

Médiane de suivi clinique : 8,57 ans (Q1 5,28, Q3 11,50 ; IC95% [7,04;9,42]).



2. Réinterventions tardives majeures

On notait cinq réinterventions tardives que nous qualifierons de « mineures » et qui ne seront pas incluses dans les analyses suivantes : une infection de cicatrice avec ostéite survenant après J30, une reprise pour pseudarthrose sternale, et trois ablations de fils d'acier. Deux chirurgies extra-cardiaques (intervention de Craaford et sternocondroplastie pour pectus excavatum) ne seront pas non plus considérées pour la suite.

On dénombrait au total quinze réinterventions tardives majeures, définies comme nécessitant une re-sternotomie avec CEC ou consistant en un remplacement percutané de la voie d'éjection droite. Elles sont résumées dans le tableau 7 et mieux détaillées en annexe 3.

Ces quinze réinterventions majeures concernaient treize patients :

- Deux patients bénéficiaient d'une revalvulation pulmonaire percutanée,
- Onze patients nécessitaient au moins une resternotomie avec CEC, dont deux patients qui en nécessitaient deux.

Aucune de ces réinterventions n'était justifiée par la survenue d'une endocardite infectieuse.

Tableau 7 : résumé des réinterventions tardives majeures**Délai par rapport à la primo-intervention.*

Patient Année	Délai*	Indication initiale	Indication de reprise	Geste réalisé
1 (2003)	10 ans et 8 mois	IAo pure	IAo et IM sévères	Plastie mitrale (désinsertion antérieure) Echec de plastie aortique, remplacement mécanique
2 (2003)	9 mois	IAo pure	Masse intra-atriale gauche	Résection de l'auricule gauche invaginé
	11 ans et 10 mois		IAo sévère	Echec de plastie aortique Remplacement mécanique
7 (2005)	15 ans et 9 mois	IAo pure EI active	IAo sévère et sténose modérée de la voie droite	Bentall mécanique, remplacement pulmonaire par Freestyle
8 (2005)	7 mois	IAo pure	Faux-anévrisme proximal avec IAo sévère	Cure du faux-anévrisme et commissuroplastie aortique
20 (2010)	4 mois	Maladie aortique	Fuite mitrale sévère sur plaie du trigone mitro-aortique peropératoire	Plastie mitrale
33 (2011)	3 ans et 2 mois	IAo pure	IAo sévère	Plastie aortique
	5 ans et 4 mois		Récidive d'IAo sévère	Remplacement mécanique
35 (2011)	5 ans et 8 mois	Maladie aortique	IAo sévère	Remplacement mécanique
73 (2012)	1 an et 10 mois.	IAo pure <i>Explantation autogreffe à J26</i>	Sténose symptomatique de l'homogreffe	TAVI pulmonaire
92 (2014)	4 ans	IAo pure	IAo sévère	Remplacement mécanique
93 (2014)	2 ans et 1 mois	RAo pur	Sténose symptomatique de l'homogreffe	TAVI pulmonaire
99 (2014)	4 ans	IAo pure	IAo sévère	Remplacement mécanique
142 (2017)	3 ans et 8 mois	Maladie aortique	IAo sévère	Echec de TAVI avec ACR, ECMO VA et remplacement mécanique de sauvetage
168 (2018)	4 ans et 8 mois	IAo pure	IAo et IM sévères	Remplacement aortique mécanique sur patch d'élargissement et annuloplastie mitrale, reclampage pour hémostase Sortie sous ECMO, décès à J3

Parmi les treize réinterventions par sternotomie, deux n'étaient pas en rapport avec une dégénérescence valvulaire aortique ou pulmonaire : une à 9 mois pour invagination de l'auricule gauche mimant un thrombus dans un contexte de thrombophilie (facteur V Leiden) – ce patient a ensuite été repris sur l'autogreffe - et une à 4 mois pour insuffisance mitrale sévère iatrogène causée par une plaie du trigone mitro-aortique peropératoire.

Douze patients nécessitaient au moins une réintervention valvulaire tardive (aortique ou pulmonaire), pouvant être chirurgicale ou percutanée ; un patient en nécessitait deux.

La survie sans réintervention valvulaire (précoce et tardive, aortique ou pulmonaire), était donc estimée à 95,24 % à 5 ans et 94,43% à 10 ans (figure 3).

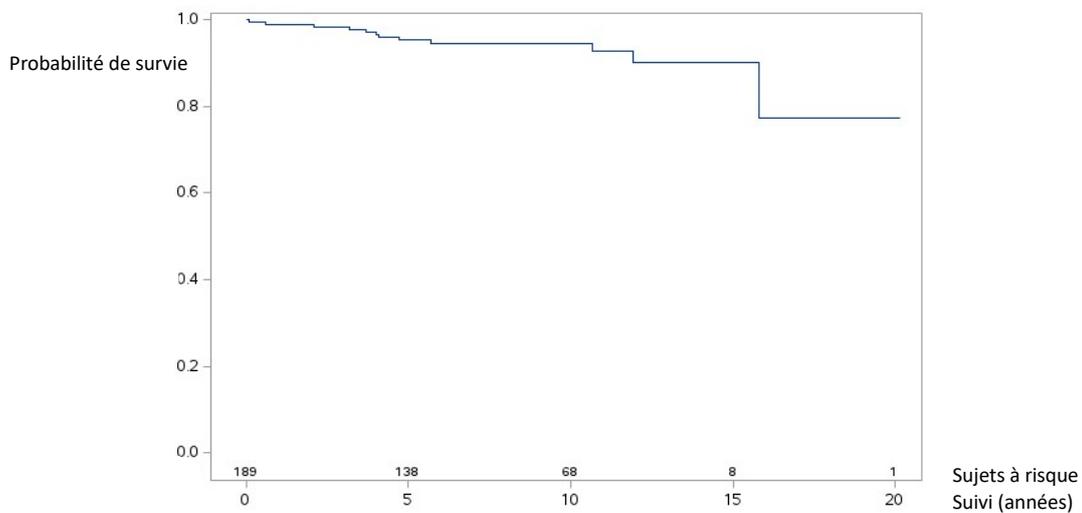
Figure 3 : Courbe de survie sans réintervention valvulaire précoce et tardive (aortique ou pulmonaire, courbe de Kaplan Meier), avec sujets à risque

Survie à 5 ans : 95,24 % (IC95% [90,68;97,59])

Survie à 10 ans : 94,43% (IC95% [89,52;97,08])

Survie à 15 ans : 90,07% (IC95% [80,36;95,12])

Médiane de survie sans réintervention valvulaire : 8,29 ans (IC95[6,62;8,80]).



Trois patients ont nécessité une revalvulation de la voie d'éjection droite :

- Un par sternotomie (n°7), pour sténose modérée et calcification massive d'une bioprothèse Shelhigh 27mm, concomitamment avec un Bentall mécanique, à plus de 15 ans,
- Deux par voie percutanée (n°73 et 93), pour dégénérescence sténosante et symptomatique de l'homogreffe en position pulmonaire (respectivement de 26 et 29mm) à moins de 2 ans, après tentative de valvuloplastie percutanée infructueuse. Un de ces deux patients avait été explanté précocement de son autogreffe pour faux-anévrisme septique (n°73).

E. Réinterventions sur l'autogreffe et facteurs de risque

Au total onze patients ont nécessité au moins une réintervention (précoce ou tardive) sur l'autogreffe, dont un patient qui en nécessitait deux.

Deux patients nécessitaient une reprise en raison de l'apparition d'un faux-anévrisme proximal. L'un (n°73, 2012), susmentionné, bénéficiait d'une procédure de Bentall mécanique pour faux-anévrisme septique à J26.

L'autre (n°8, 2005), bénéficiait d'une reprise à sept mois, dans un contexte d'altération de l'état général avec apparition d'une fuite aortique de haut grade. L'autogreffe avait été implantée à l'aide de trois portions de surjet au Prolène 4/0 (technique abandonnée) dans un contexte d'insuffisance aortique pure ; le contrôle échographique avant la sortie du service montrait pourtant l'absence de fuite aortique. La réintervention avait permis de préserver l'autogreffe, avec une insuffisance aortique de grade 2 au contrôle ETO peropératoire, tolérée. Les prélèvements bactériologiques revenaient finalement négatifs.

Pour les neuf autres patients, la réintervention était rendue nécessaire par l'apparition d'un prolapsus de cuspside, responsable d'une fuite aortique sévère.

On notera trois tentatives infructueuses de plastie de l'autogreffe : deux avec un résultat insatisfaisant justifiant un reclampage aortique immédiat pour remplacement mécanique, et une ayant abouti à une deuxième reprise deux ans plus tard pour prolapsus d'une autre cuspside.

Ainsi, ces neuf patients présentant un prolapsus de cuspside ont été *in fine* explantés de leur autogreffe, au profit d'une valve mécanique au vu de leur âge. Le délai médian avant explantation de l'autogreffe était de 5,03 ans (Q1 4,00, Q3 10,68 ; minimum 0,07, maximum 15,82).

Un remplacement conventionnel avait été suffisant pour huit ; un patient qui présentait un saignement abondant au travers de l'ancienne prothèse Valsalva après remplacement mécanique avait nécessité une conversion en Bentall.

Ces onze patients nécessitant une reprise sur l'autogreffe (cf [annexe 3](#)) étaient tous de sexe masculin et présentaient une bicuspidie aortique. Huit étaient opérés initialement en raison d'une insuffisance aortique pure, et trois d'une maladie aortique (fuite prédominante pour deux). L'anneau aortique natif était pour tous supérieur ou égal à 26mm, et pour cinq supérieur ou égal à 30mm.

Considérant la morbi-mortalité des réinterventions tardives sur l'autogreffe, on notait un décès précoce à J3 (n°168). La procédure de remplacement mécanique sur patch d'élargissement, associée à une plastie mitrale, avait nécessité un reclampage pour hémostase. Le patient était sorti sous ECMO et il persistait une défaillance multiviscérale réfractaire à la pose ultérieure d'un ballon de contre-pulsion intra-aortique. Le diagnostic de mort encéphalique était posé à J3.

Pour un autre patient (n°142), un remplacement percutané a été tenté au vu du terrain chirurgicalement hostile (reprise à 7 mois pour pseudarthrose sternale, dysfonction ventriculaire gauche sévère). Une migration de la bioprothèse Sapien 3 de 29mm (Edwards Lifesciences Corp, Irvine, Californie, États-Unis) dans le ventricule gauche a causé un arrêt cardiorespiratoire per-procédure ; la chirurgie de sauvetage sous ECMO avait permis une survie du patient, avec un recul clinique supérieur à deux ans.

Les autres patients avaient connu des suites postopératoires simples après réintervention (absence de reprise chirurgicale précoce, d'ECMO VA, de pose de pacemaker, d'évènement neurologique ou d'endocardite).

La survie sans réintervention sur l'autogreffe ([figure 4](#)) était estimée à 95,81% à 5 ans et 95,01% à 10 ans.

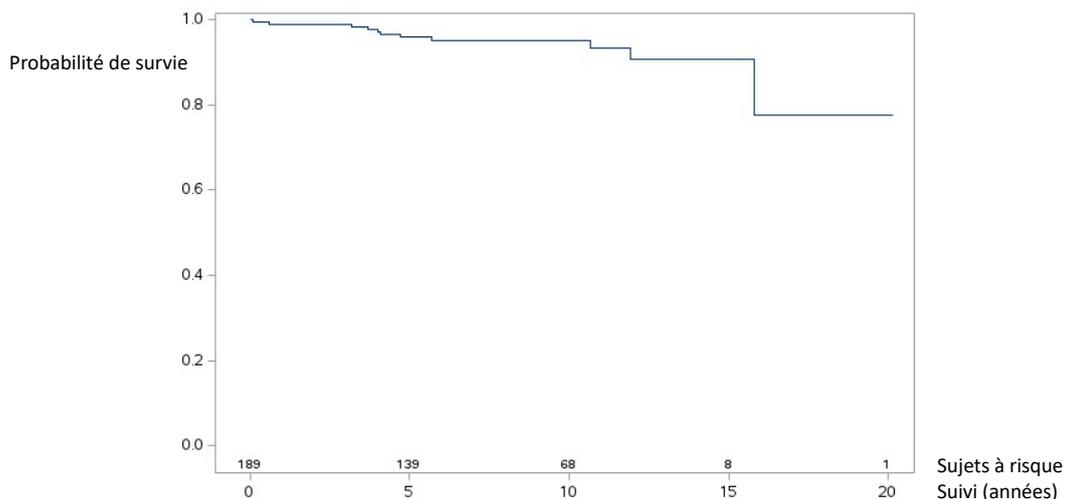
Figure 4 : survie sans réintervention sur l'autogreffe (courbe de Kaplan Meier), avec sujets à risque

Survie à 5 ans : 95,81%, IC95% [91,39;97,98].

Survie à 10 ans : 95,01%, IC95% [90,21;97,49].

Survie à 15 ans : 90,62%, IC95% [80,78;9,55].

Médiane de suivi clinique sans réintervention sur l'autogreffe : 8,35 ans (IC95% [6,81;9,02]).



Des facteurs de risque de réintervention sur l'autogreffe ont été recherchés par un modèle de Cox (tableau 8).

L'âge du patient, le sexe, le caractère bicuspidé de la valve, l'existence d'un anévrisme de l'aorte ascendante et l'antécédent de plastie aortique n'apparaissent pas comme étant des facteurs de risque de réintervention significatifs.

Le *hazard ratio* de 14, observé pour le contexte initial d'endocardite infectieuse active, semble refléter un manque de robustesse du modèle, en raison du faible nombre de ces patients dans la série (six) comme de réinterventions (une seule, à plus de quinze ans).

L'insuffisance aortique pure apparaît être un facteur de risque significatif de réintervention sur l'autogreffe, avec un *hazard ratio* de 4,925 ($p=0,0445$). Rappelons à ce titre qu'aucun patient opéré pour rétrécissement aortique pur n'a pour l'heure nécessité de réintervention sur l'autogreffe. De la même façon, l'existence d'une dilatation de l'anneau aortique était un facteur de risque significatif, avec un *hazard ratio* de 1,206/mm ($p=0,0404$).

Tableau 8 : facteurs de risque de réintervention sur l'autogreffe (analyse univariée)

	Hazard ratio	p value
Sexe	-	0,9999
Age**		
Avant 2000j de suivi	1	0,9216
Après 2000j de suivi	1	0,4268
Bicuspidie aortique	-	0,9967
Antécédent de plastie aortique	-	0,9952
Dilatation de la racine et/ou de l'aorte ascendante	1,545	0,4971
Insuffisance aortique pure	4,925	0,0445
Diamètre de l'anneau aortique*	1,206	0,0404
Endocardite infectieuse active** (après 4000j de suivi)	14,283	0,0861
Période d'intervention (avant le 31/12/2010 vs après)	0,826	0,7957

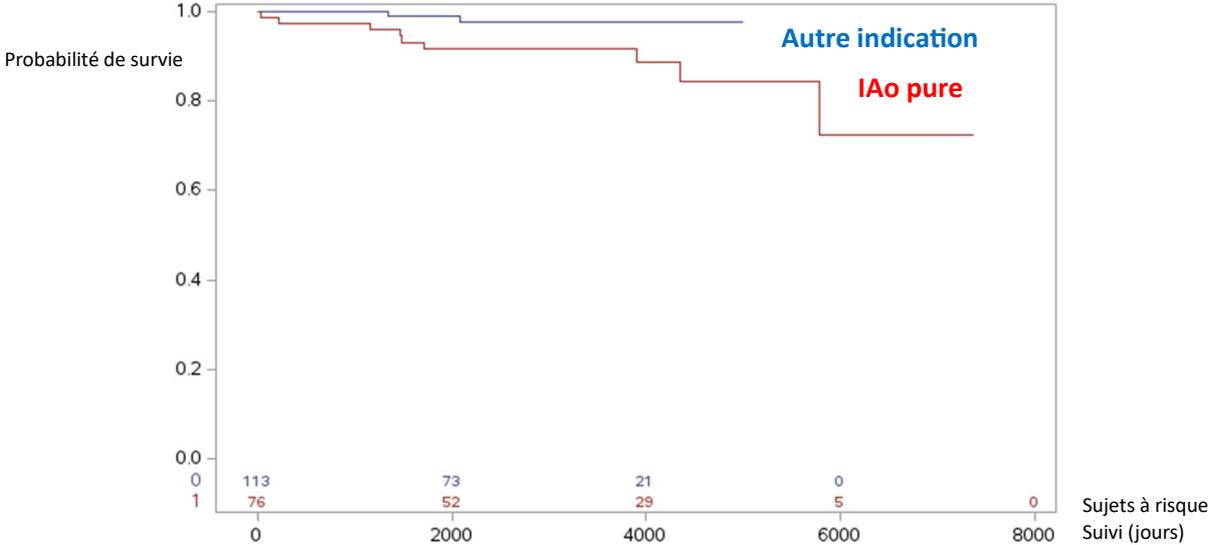
*11 données manquantes

**Hypothèse des risques proportionnels non vérifiée

Après analyse multivariée (méthode descendante), l'insuffisance aortique pure était le seul facteur de risque indépendant robuste identifié.

Nous avons construit une représentation graphique de la survie sans réintervention sur la voie gauche (méthode de Kaplan Meier avec test de log-rank, figure 5), en fonction de la présence d'une insuffisance aortique pure ou d'une autre indication opératoire.

Figure 5 : courbe de survie sans réintervention sur l'autogreffe (Kaplan Meier), avec sujets à risque, selon l'indication opératoire initiale



F. Suivi échographique

Pour les cent quatre-vingt-six patients ayant pu quitter le service, une ETT de contrôle était pratiquée systématiquement avant la sortie. Le compte-rendu n'a pu être récupéré pour vingt patients ; pour les autres, l'autogreffe avait une fonction satisfaisante (tableau 9).

Trois patients présentaient une fuite de grade 2 en postopératoire précoce, qui ne se majorait pas au cours du suivi.

La dernière échographie en date avait été récupérée de manière systématique auprès du cardiologue traitant. Un seul patient n'avait pas eu d'ETT depuis la sortie du service mais restait asymptomatique à plus de onze ans.

Tableau 9 : insuffisance aortique en postopératoire précoce et au cours du suivi

	ETT postopératoire	Dernière ETT en date
<i>Effectif</i>	186	174
Grade 0/1	163	144
Grade 2	3	25
Grade 3/4	0	4
Inconnu	20 (10,75%)	1

Pour les cent soixante-quatorze patients n'étant pas décédés et n'ayant pas été explantés, l'autogreffe présentait une durabilité satisfaisante à long terme, avec une durée moyenne de suivi échographique de 7,11 ans (écart-type 3,92).

Seuls quatre patients présentaient au dernier contrôle une fuite aortique de grade supérieur ou égal à 3, et restaient pauci- ou asymptomatiques. Un patient, susmentionné, avait eu une reprise conservatrice de l'autogreffe ; il existait déjà une fuite de grade 2 en ETO peropératoire, alors tolérée, recontrôlée à un grade 3 plus de quatorze ans après. Un autre a été explanté au profit d'une valve mécanique entre la clôture du recueil et la publication de cette thèse.

Pour ces quatre patients, l'intervention de Ross était indiquée par une insuffisance pure pour trois, et par une maladie aortique avec rétrécissement prédominant pour un. Le mécanisme de la fuite n'était pas précisément décrit pour tous.

Faute d'avoir pu récupérer toutes les échographies réalisées pour chacun de ces patients, l'apparition d'une fuite aortique n'a pu être datée. Un modèle statistique plus robuste que les réinterventions seules, reposant sur la date de la première ETT visualisant une fuite significative, n'a donc pu être constitué.

La fonction de l'homogreffe ou de la bioprothèse en position droite était moins bien décrite par les cardiologues traitants. Au vu du nombre de données manquantes, et considérant que cette étude s'intéressait en priorité aux performances de l'autogreffe, les gradients transpulmonaires ne seront pas rapportés ici.

V. DISCUSSION

A. Forces et limitations

Ce travail de thèse entendait décrire la morbi-mortalité précoce et les résultats à long terme de la technique d'inclusion de l'autogreffe dans une prothèse Valsalva, en vue de la protéger d'une dilatation secondaire et de l'(la) (ré)apparition d'une fuite aortique.

Il s'agissait d'une étude de cohorte avec un effectif de cent quatre-vingt-neuf patients opérés entre 2003 et 2020 inclus. Le caractère rétrospectif peut exposer à une sous-déclaration des événements, que le recueil systématique s'est attaché à limiter. Rappelons également le caractère monocentrique et la prédominance d'un opérateur (AP à 73.54%).

Nous n'avions retenu aucun critère d'exclusion : les patients ayant bénéficié d'une intervention de Ross après échec de plastie aortique ou en contexte d'urgence et/ou d'endocardite active, de même que les mineurs et les perdus de vue dans les 12 premiers mois postopératoires, étaient systématiquement inclus dans les analyses.

Pendant cette période considérable de dix-sept ans, la gestion médicale peropératoire (ETO devenant systématique) comme postopératoire s'est améliorée, l'expérience chirurgicale s'est accumulée et la confiance en la technique a pu conduire à un élargissement de ses indications.

Le suivi médian était de 8,57 ans ; pour 89,25% des patients, les dernières nouvelles étaient inférieures à 2 ans.

Il conviendra de poursuivre le suivi de ces patients afin d'évaluer les performances de l'autogreffe au cours de la seconde décennie.

Une étude bicentrique incluant les patients opérés selon la même technique au Centre Hospitalier de Lens pourrait permettre de démontrer la reproductibilité de la technique comme de ses résultats.

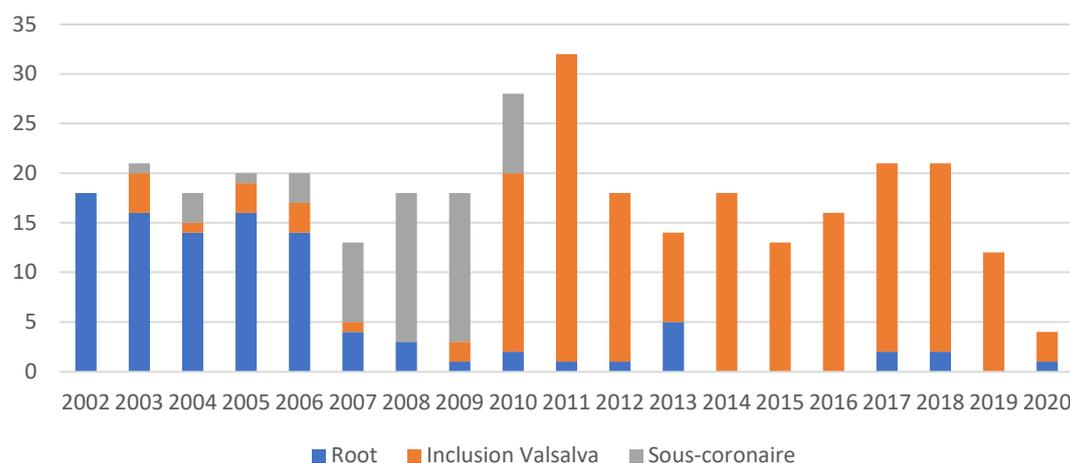
B. Utilisation et évolutions de la technique

Nous rapportons ainsi les débuts de l'expérience lilloise d'inclusion prothétique. La technique sous-coronaire connaissait un regain d'intérêt dans notre centre à la fin des années 2000 ; l'inclusion prothétique était alors réservée aux patients qui présentaient des facteurs de risque de dilatation et pour lesquels l'inclusion dans l'aorte native n'était pas réalisable (78).

L'inclusion prothétique s'est ensuite imposée en 2010-2011 (figure 6) et a été utilisée de manière systématique, même en l'absence de facteurs de risque de dilatation. La technique sous-coronaire a été abandonnée et l'utilisation d'une autogreffe *libre* réduite aux cas d'endocardites avec destruction péri-valvulaire.

Figure 6 : variantes de l'intervention de Ross

Sur la période 2003-2020 : 82 « root replacement » (25,23%), 189 inclusions prothétiques Valsalva (58,15%), 54 sous-coronaires ou inclusions intra-aortique (16,62%), soit un total de 325 procédures. Année 2002 montrée pour comparaison (exclusivement root replacement). Inclusion prothétique Valsalva réalisée exclusivement les années 2014, 2015, 2016 et 2019.



Par ailleurs, la technique a connu trois évolutions notables : l'utilisation de points séparés proximaux et non un surjet, la modification de la réimplantation coronaire, et la resuspension commissurale en regard de la jonction sino-tubulaire de la prothèse.

Si les trois opérateurs étaient déjà expérimentés à la chirurgie de la racine, certains évènements semblent imputables à « l'affinement » de la technique : rappelons un reclapage pour hémostase en raison d'un surjet distal sur le composite prothèse-autogreffe « trop lâche » (n°5, 2004), et la fixation proximale de l'autogreffe incluse par un surjet de Prolène 4/0, à laquelle on pourrait attribuer une réintervention pour faux-anévrisme proximal (n°8, 2005), et qui a complexifié la réintervention d'un autre patient (n°7, 2005).

C. Morbi-mortalité précoce

Avec trois décès intra-hospitaliers, la mortalité précoce était estimée à 1,59%. Rappelons que deux décès survenaient en contexte *tridux* et qu'un patient présentait une contre-indication formelle à l'utilisation d'une prothèse mécanique (antécédent de thrombose). Le principal mécanisme semble être un défaut de protection myocardique peropératoire.

Les complications précoces majeures (décès, ECMO VA et reprise chirurgicale quelle qu'en soit la cause), concernaient au total onze patients (5,82%).

Ces deux chiffres se rapprochent de la série de Stelzer, qui obtenait dans une série de 702 patients une mortalité précoce de 1% (0,7% dans le groupe Ross « simple » et 1,4% dans le groupe Ross « complexe », dont contexte *redux*), et une morbidité précoce de 6,6% en utilisant une définition plus large (80).

Il n'y a pas eu de décès les premières années de l'expérience, où le volume opératoire de la technique d'inclusion était pourtant faible ; le premier décès ne survenait qu'à la fin du premier tiers de l'expérience (fin 2011). Rappelons cependant que l'opérateur majoritaire de cette série était déjà largement expérimenté dans les techniques *root* et sous-coronaire.

Les patients *redux* représentaient plus d'un dixième de l'effectif (n=22, 11,64%). Deux patients décédaient précocement, les autres étaient vivants aux dernières nouvelles et on ne notait qu'une réintervention précoce. Le surrisque de morbi-mortalité précoce du patient *redux*, décrite par Stelzer et observée également dans notre expérience, doit être discuté et mis en perspective avec les excellents résultats à long terme dans cette population (81).

D. Survie et réinterventions tardives

La survie globale était estimée à 96,58% à 10 ans et trois décès survenaient tardivement.

La survie sans réintervention valvulaire et sans réintervention sur l'autogreffe était respectivement estimée à 94,43% et 95,01% à 10 ans.

Ces résultats se rapprochent des meilleures séries rétrospectives monocentriques utilisant d'autres techniques ; considérant la survie sans réintervention sur l'autogreffe à 10 ans, David obtenait 96,5% (technique root, sous-coronaire et inclusion intra-aortique) (62) et Sievers obtenait 96,4% (sous-coronaire) (59).

Ces comparaisons exposent cependant à un risque important de biais de sélection, la place de l'intervention de Ross dans l'arsenal thérapeutique étant propre à chaque centre. A la différence d'autres séries, l'indication la plus fréquente était ici une insuffisance aortique pure (à 40,2%) ; par ailleurs 21,7% des patients avaient un anneau aortique natif supérieur ou égal à 30mm, seuil au-delà duquel certains auteurs sont réticents. Une sélection plus stricte des patients aurait pu permettre d'obtenir des résultats encore meilleurs, ces deux facteurs de risque de risque de dégénérescence fuyante de l'autogreffe étant bien décrits (62,82,83).

La principale cause de réintervention après *root replacement* est l'apparition d'une dilatation de la néo-racine aortique, éventuellement accessible à une chirurgie conservatrice (*valve-sparing root replacement*). La technique d'inclusion prothétique élimine cette évolution anévrysmale, mais il persiste cependant un risque de prolapsus de cuspide, rapprochant en cela notre technique de la sous-coronaire.

La réparation de l'autogreffe n'a pas été possible de manière durable dans notre expérience.

La complexité des réinterventions reste une problématique majeure ; rappelons le décès d'un patient au décours de sa réintervention.

Les reprises *non-valvulaires* (n'intéressant ni l'autogreffe ni le substitut pulmonaire) restaient rares, et survenaient plutôt en début d'expérience : une invagination de l'auricule gauche (n°2, 2003), ayant fait l'objet d'un *case report* (79), et une plastie mitrale suite à une plaie du trigone mitro-aortique peropératoire (n°20, 2010).

E. Sous-populations : endocardites, mineurs, pathologies du tissu conjonctif

L'expérience de l'utilisation de l'autogreffe pulmonaire dans un contexte d'endocardite aigüe a déjà été largement publiée par notre équipe (84–87). En l'absence de choc septique, d'altération de la FEVG, de défaillance viscérale ou de comorbidité majeure, l'autogreffe pulmonaire nous semble rester un substitut de premier choix chez les patients jeunes, avec l'avantage majeur d'apporter du tissu autologue pour reconstruire une éventuelle destruction péri-valvulaire. L'inclusion prothétique était dans ce cas contre-indiquée ; avec ce critère, on n'observait aucune récurrence précoce d'endocardite chez les six patients opérés dans cette indication.

L'inclusion prothétique a été réalisée chez vingt patients mineurs (10,58% ; neuf patients avaient moins de seize ans). Considérant à la fois l'importance de conserver le potentiel de croissance de l'autogreffe chez les plus jeunes, l'absence de *mismatch* décrit avec les autogreffes pulmonaires et la volonté de prévenir une dilatation ultérieure, nous avons choisi comme critère autorisant l'inclusion prothétique l'existence d'un anneau aortique natif mesuré à au moins 20mm. Cette condition a nécessité un élargissement d'anneau selon Manouagian pour un garçon de dix-sept ans ; le plus jeune patient avait onze ans mais un anneau mesuré à 22mm.

Carrel proposait plutôt comme critère un âge minimal de seize ans (77), Guirgis ne proposait pas de seuil et relatait l'utilisation d'un tube de 24mm chez un enfant de 6 ans (71), alors que Starnes n'incluait que les autogreffes supérieures à 19mm (72, discussion).

Le devenir de la population pédiatrique avait été décrit plus précisément dans une thèse précédente (88) ; rappelons que deux patients opérés à respectivement 15 et 16 ans (n°1 et 168) ont nécessité une reprise sur l'autogreffe.

L'existence d'une pathologie du tissu conjonctif de type Marfan est unanimement considérée comme une contre-indication à l'intervention de Ross, devant l'incertitude quant au comportement de l'autogreffe face à un régime de pression systémique. Nous n'avons eu connaissance d'un tel diagnostic chez aucun des cent quatre-vingt-neuf patients de la série, en préopératoire comme au cours du suivi.

Néanmoins, considérant le bénéfice sur l'espérance de vie apporté par une autogreffe pulmonaire par rapport au remplacement mécanique, l'inclusion prothétique pourrait apporter un réel bénéfice à ces patients. Ootaki reportait un tel cas, avec un suivi clinique de huit ans (89).

F. Critiques de l'inclusion prothétique dans la littérature

Plusieurs critiques de l'inclusion prothétique sont évoquées dans la littérature (60,61,90). La première est que l'inclusion dans un tube synthétique limiterait l'expansion sinusale et pourrait donc compromettre la réserve coronarienne et le mouvement des cuspidés ; l'utilisation d'un tube Valsalva plutôt qu'un tube droit nous semble éliminer cette critique (78).

Le seconde est que l'inclusion prothétique pourrait induire une distorsion de l'autogreffe lors de la réimplantation, notamment en cas de tube sous-dimensionné, et qu'une hauteur commissurale insuffisante pourrait mener à une réintervention précoce pour fuite (68). Rappelons à ce titre que notre méthode d'inclusion prothétique diffère sensiblement des autres techniques publiées (67,68,71,73) : en fin d'expérience, le tube choisi était habituellement de 2 à 4mm supérieur au diamètre interne de l'autogreffe mesuré à la bougie de Hégar, et les commissures pulmonaires étaient suspendues en traction en regard de la jonction sino-tubulaire de la prothèse. Si on notait deux réinterventions pour faux-anévrisme proximal à respectivement à 26 jours et 7 mois, la première réintervention pour prolapsus de cuspide survenait après 3 ans. Cette technique nous semble par ailleurs plus simple techniquement que la sous-coronaire ou l'inclusion intra-aortique.

La troisième est l'existence d'un espace libre entre la paroi de l'autogreffe et la prothèse, pouvant être le siège d'un hématome ; Starnes proposait d'ailleurs d'y interposer un lambeau d'aorte native en regard du sinus non-coronaire (91). En début d'expérience, la prothèse n'était pas « étanche » car largement ouverte en regard des boutons coronaires. On ne notait qu'un reclampage aortique pour défaut technique (n°5, 2004) : un saignement majeur s'extériorisait au déclampage au travers de ces larges orifices, en raison d'un surjet distal du composite autogreffe distale-prothèse décrit comme trop « lâche » par l'opérateur. Par la suite, le surjet de réimplantation prenait à chaque passage l'ostia, la prothèse et la paroi de l'autogreffe, rendant la constitution d'un hématome intra-prothétique possible mais identifiable en ETO par un aspect de double-contour. Une fenestration de la prothèse en regard du sinus non-coronaire pourrait alors permettre son évacuation.

La quatrième, souvent évoquée, est le risque infectieux associé à l'utilisation de matériel prothétique. Nous ne recensons qu'une réintervention pour faux-anévrisme septique à J26, et aucune pour endocardite sur l'autogreffe ni colonisation bactérienne de la prothèse.

La dernière est le manque de données à long terme publiées dans la littérature ; nous entendons publier rapidement un article tiré de cette thèse dans un journal à comité de lecture.

VI. CONCLUSION

A notre connaissance, il s'agit de l'étude sur l'intervention de Ross avec inclusion Valsalva où le suivi médian est le plus long.

La mortalité précoce était estimée à 1,59% ; la survie globale à 96,58% à 10 ans.

La survie sans réintervention valvulaire et sans réintervention sur l'autogreffe était respectivement estimée à 94,43% et 95,01% à 10 ans.

Contrairement à d'autres auteurs privilégiant un renforcement externe de l'autogreffe uniquement en cas de facteurs de risque de dilatation, nous avons réalisé l'inclusion prothétique de manière systématique. Plusieurs évolutions mineures ont permis une plus grande simplicité et reproductibilité.

L'absence de réintervention pour dilatation de l'autogreffe en un argument fort en faveur d'une diffusion de la technique à d'autres équipes.

La poursuite d'un suivi systématique est nécessaire pour confirmer la durabilité de ces résultats dans la deuxième décennie.

VII. ANNEXE

Annexe 1 : Ross après remplacement valvulaire aortique

Ces patients ont tous été réopérés par AP.

Patient Année	Caractéristiques préopératoires	Indication de reprise Délai	Per- et post-opératoire
57 (2011)	Femme de 30 ans IAo sur endocardite aiguë à 11 ans (homogreffe aortique cryopréservée)	Dégénérescence mixte 19 ans	Suites simples Vivante aux dernières nouvelles.
63 (2011)	Femme de 41 ans Résection de membrane sous-aortique et fermeture de canal artériel persistant à 25 ans, puis remplacement à 31 ans (valve mécanique 19mm)	Thrombose non-obstructive découverte devant des emboles récidivants 10 ans	Ross-Konno, 2 reclampages pour déchirure de l'anastomose coronaire droite Décès à J3
69 (2012)	Homme de 30 ans Laubry-Pezzi à 3 ans puis remplacement valvulaire à 8 ans (homogreffe aortique cryopréservée)	Dégénérescence sténosante 22 ans	2 reclampages pour remplacement mécanique puis pontage sur le réseau latéral, sortie sous ECMO Décès à J5
139 (2017)	Femme de 37 ans Rétrécissement aortique congénital à 29 ans (bioprothèse 19mm)	Dégénérescence sténosante 8 ans	Ross-Konno Suites simples, vivante aux dernières nouvelles
174 (2018)	Femme de 40 ans Rétrécissement aortique congénital à 38 ans (bioprothèse 25mm)	Dégénérescence sténosante, thrombose 2 ans	Reprise à J0, ECMO sevrée à J15 Vivante aux dernières nouvelles

Annexe 2 : conversion intra-opératoire en Ross après échec de valvuloplastie

Ces patients ont tous été opérés par AP.

Patient Année	Caractéristiques préopératoires	Mécanisme de fuite Plastie réalisée	Mécanisme de fuite résiduelle Temps opératoires (total), suites
81 (2013)	Homme de 20 ans IAo pure sur bicuspidie (type 0 dans un plan sagittal)	Prolapsus de la cuspidé gauche → shaving et plicature du bord libre de la cuspidé G, annuloplastie sous-commissurale antérieure et postérieure (Prolène 4/0 pledgetté)	Fuite importante au niveau de la commissure postérieure <i>Ross : anneau 28mm, autogreffe 24mm, tube 28mm, homogreffe 28mm</i> CEC 115 min, clampage 99 min Suites simples
146 (2017)	Femme de 16 ans IAo pure sur valve tricuspide <i>Antécédent de résection de membrane sous-aortique à 9 ans</i>	Fuite centrale, cuspides épaissies, restriction cuspidé NC et prolapsus cuspidé D → shaving des 3 cuspides, plicature du bord libre des cuspides G et D, commissurotomie G-NC	Défaut de coaptation centrale <i>Ross : anneau 24mm, autogreffe 24mm, tube 26mm, homogreffe 26mm</i> CEC 196 min, clampage 151 min Suites simples
148 (2017)	Femme de 39 ans IAo modérée sur valve tricuspide avec récidence d'obstacle sous-aortique <i>Antécédent de résection de membrane sous-aortique à 28 ans</i>	Fuite centrale sur cuspides remaniées et épaissies, "tunnel" musculo-fibreux sous-aortique → résection de l'obstacle fibreux et myomectomie, shaving du bord libre des cuspides D et NC	Défaut de coaptation centrale <i>Ross : anneau 24mm, autogreffe 22mm, tube 24mm, Freestyle 27mm</i> CEC 201 min, clampage 153 min Suites simples hormis PM double-chambre à J6 pour BAV complet

Annexe 3 : réinterventions majeures tardives

Geste(s) : diamètres respectifs de l'anneau aortique/de l'autogreffe/du tube. Les suites postopératoires étaient simples sauf si mention contraire.*

Patient Année	Contexte primo-intervention Geste(s) *	Indication de reprise Délai	Mécanisme ETO et examen per-opératoire	Geste réalisé Suites post-op	Commentaires Recul après dernière reprise Dernières nouvelles
1 (2003)	Homme, 15 ans IAo pure sur bicuspidie Diamètres 27/26/30, homogreffe 28 + tube sus-coronaire (Craaford 4 mois après)	IAo grade 3 + IM grade 4 symptomatiques. A 10 ans et 8 mois	Prolapsus cuspidés NC et G. Désinsertion mitrale antérieure partielle	Fermeture simple de la désinsertion mitrale Echec de plastie aortique (plicature bord libre des 3 cuspidés et commissuroplastie), remplacement mécanique 21mm	Recul clinique : 8 ans et 7 mois, NYHA I Dernière ETT : FEVG 65%, VG non dilaté, IM minime, bon fonctionnement prothèse aortique, gradients 22/10mmHg sans fuite sur l'homogreffe, bon VD
2 (2003)	Homme, 19 ans IAo pure sur bicuspidie. Diamètres 26/25/26, homogreffe 28 + wrapping Mutation facteur V Leiden	Masse intra-atriale gauche suspecte de thrombose A 9 mois	Invagination irréductible de l'auricule gauche	Résection endocavitaire ETT de sortie : FEVG 65%, IAo centrale de grade 2	PM monochambre pour dysfonction sinusale en 2013, ablation de flutter atrial droit en 2020 et 2021 Recul clinique 8 ans et 2 mois, NYHA 1
		IAo sévère symptomatique A 11 ans et 10 mois	Fuite centrale + prolapsus cuspidé D	Echec de plastie aortique (plicature bord libre cuspidé D, plastie 3 triangles inter-commissuraux), remplacement mécanique 23mm	Dernière ETT : FEVG 63%, bon fonctionnement prothèse aortique, Vmax 3,1m/s et Gmoy 22mmHg sur l'homogreffe, bon VD
7 (2005)	Homme, 35 ans IAo pure sur bicuspidie, EI active à Staphylococcus aureus Diamètres 35/32/34, Shelhigh 27, reclampage pour élargissement infundibulaire	IAo grade 4 pauci- symptomatique + sténose modérée de la voie droite A 15 ans et 9 mois	Fuite centrale et prolapsus cuspidé D Bioprothèse Shelhigh et patch infundibulaire massivement calcifiés	Remplacement aortique mécanique 25mm, tube sus-coronaire 32mm, remplacement pulmonaire par Freestyle 29mm. Fuite à travers l'ancienne prothèse Valsalva pendant la cardioplégie : conversion en Bentall mécanique 27mm Suites simples hormis une pneumopathie	FA permanente, pose de DAI devant FEVG altérée et salves de tachycardie ventriculaire non soutenue au Holter-ECG Recul clinique : 2 ans et 6 mois, NYHA 1. Dernière ETT : FEVG 35% avec asynchronisme ventriculaire, DTDVG 66mm, bon fonctionnement des prothèses valvulaires, bon VD
8 (2005)	Homme, 31 ans IAo pure sur bicuspidie Diamètres 30/27/30, homogreffe 29 Reprise à JO pour saignement	Faux-anévrisme aortique et IAo dans un contexte d'AEG, suspicion d'EI associée A 7 mois	Faux-anévrisme proximal en regard de la commissure G-D, végétations suspectées en ETO mais non retrouvées	Fermeture du faux-anévrisme par voie interne et externe, commissuroplastie G-D et G-NC ETO jugée satisfaisante (IAo de grade 2) Prélèvements per-op négatifs Suites simples hormis bactériémie à Enterobacter cloacae traitée	Recul clinique : 14 ans et 2 mois, NYHA 1 Dernière ETT : FEVG 59%, DTDVG 68mm, IAo de grade 3 (2 jets, mécanisme difficile à décrire), Gmoy 15mmHg et Vmax 2,4m/s sur l'homogreffe, bon VD : paramètres stables depuis 2015

DENISSELLE Thomas – Intervention de Ross avec inclusion prothétique de l'autogreffe : résultats à long terme

Patient Année	Contexte primo-intervention Geste(s) *	Indication de reprise Délai	Mécanisme ETO et examen per-opératoire	Geste réalisé Suites post-op	Commentaires Recul après dernière reprise Dernières nouvelles
20 (2010)	Homme, 28 ans MAo avec insuffisance prédominante sur bicuspidie Diamètres 30/26/30, homogreffe 28 + cure de CIV sous-aortique	Plaie du trigone mitro-aortique per-op, IM de grade 3 à la sortie Aggravation de la fuite mitrale A 4 mois	Désinsertion A1 iatrogène	Plastie mitrale : réinsertion directe de A1 ETT de sortie : IM de grade 2, 2 jets (central minime, et à la base de A2)	Recul clinique : 8 ans et 8 mois Dernière ETT : FEVG 65%, DTDVG 53mm, IAo grade 2 et IM de grade 2 stable (mécanismes non décrits), Gmoy pulm 15mmHg, bon VD
33 (2011)	Homme, 41 ans IAo pure sur bicuspidie Diamètres 28/23/26, homogreffe 26 + tube sus-coronaire	IAo sévère A 3 ans et 2 mois	Prolapsus de la cuspidé G, petite élévation du bord libre de la cuspidé D	Plastie aortique (plicature bord libre cuspidé G et commissuroplastie G-D). Fuite de grade 1 sur léger prolapsus de la cuspidé G en ETO/ETT	
		Récidive d'IAo sévère A 5 ans et 4 mois	Atrophie et prolapsus complet de la cuspidé NC, plastie de la cuspidé G semblant efficace	Remplacement mécanique 23mm	Recul clinique : 6 ans et 6 mois Dernière ETT : FEVG préservée, bon fonctionnement prothèse aortique, homogreffe et VD non décrits
35 (2011)	Homme, 39 ans Maladie aortique avec sténose prédominante sur bicuspidie Diamètres 30/30/30, homogreffe 26	IAo sévère symptomatique. A 5 ans et 8 mois.	Prolapsus cuspidés D et NC	Remplacement mécanique (27mm)	Recul clinique : 12 ans, NYHA I Dernière ETT : FEVG 65%, DTDVG 51mm, bon fonctionnement de la prothèse aortique comme de l'homogreffe, bon VD
73 (2012)	Homme, 38 ans IAo pure sur bicuspidie Diamètres 27/25/28, homogreffe 26 Bentall mécanique pour faux-anévrisme septique proximal (J26)	Dégénérescence sténosante de l'homogreffe pulmonaire, symptomatique A 1 an et 10 mois	Aspect de plicature de l'anastomose distale Dilatation percutanée à 19 mois puis stenting AP (45mm sur ballon 24) à 20 mois inefficaces sur la symptomatologie	TAVI pulmonaire (Sapien 26mm)	FA paroxystique Recul clinique : 9 ans, NYHA II Dernière ETT : FEVG 63%, DTDVG 62mm, bon fonctionnement de la prothèse aortique, gradients pulmonaires 29/17mmHg sans fuite, IT de grade 2

DENISSELLE Thomas – Intervention de Ross avec inclusion prothétique de l'autogreffe : résultats à long terme

Patient Année	Contexte primo- intervention Geste(s) *	Indication de reprise Délai	Mécanisme ETO et examen per-opératoire	Geste réalisé Suites post-op	Commentaires Recul après dernière reprise Dernières nouvelles
92 (2014)	Homme, 40 ans IAo pure sur bicuspidie Diamètres 30/27/30, homogreffe 28 + wrapping et fermeture de canal artériel persistant	IAo sévère A 4 ans	Prolapsus et rétraction de la cuspidie D, léger prolapsus de la cuspidie NC	Remplacement mécanique 23mm	Péricardite drainée à 7 mois, récurrence en 2021 et 2023. Recul clinique : 5 ans et 2 mois, NYHA II Dernière ETT : anévrisme postéro-basal VG (ETT antérieures non récupérées), bon fonctionnement prothèse aortique, gradients homogreffe 15/8mmHg sans fuite
93 (2014)	Homme, 22 ans. RAO pur sur bicuspidie Diamètres 26/23/26, homogreffe 29	Dégénérescence sténosante de l'homogreffe pulmonaire, symptomatique A 2 ans et 1 mois	Dilatation percutanée à 24 mois inefficace sur la symptomatologie	Fuite de produit de contraste après prédilatation, stenting AP (45mm sur ballon 22) puis TAVI (Sapien XT 23mm) TDM de contrôle : absence de faux- anévrisme et d'épanchement	Recul clinique 7 ans et 5 mois Dernière ETT : FEVG 64%, fuite aortique minime, gradients pulm 31/23mmHg avec fuite de grade 2, bon VD
99 (2014)	Homme, 27 ans. IAo pure sur bicuspidie. Diamètres 30/26/30, homogreffe 26 + wrapping	IAo sévère symptomatique. A 4 ans.	Prolapsus cuspidés G et NC, perforation cuspidie NC	Remplacement mécanique (25mm) Suites simples	Recul clinique : 4 ans et 7 mois. NYHA I Dernière ETT : FEVG 60%, bon fonctionnement de la prothèse aortique, valve pulmonaire non décrite, bon VD
142 (2017)	Homme, 34 ans. Maladie aortique avec fuite prédominante sur bicuspidie et anévrisme Diamètres 28/27/30, homogreffe 27 + tube sus-coronaire Reprise à 7 mois pour pseudarthrose sternale	IAo sévère symptomatique. Indication de TAVI retenue après discussion (FEVG altérée à 35%, contexte "tridux"). A 3 ans et 8 mois.	Plusieurs jets d'IAo, prolapsus d'une des cuspidés (mécanisme difficile à préciser)	Tentative de TAVI (Sapiens 3 29mm) avec migration de la valve dans le VG et ACR. ECMO périphérique et chirurgie de sauvetage : remplacement mécanique (23mm) et PM triple chambre. Sortie sous ECMO avec décharge gauche centrale, explantée à J5.	DAI en 2022, réhabilitation respiratoire en 2023, paralysie diaphragmatique droite en attente de phréno-plicature Recul clinique 2 ans et 5 mois, NYHA III Dernière ETT : FEVG 30%, DTDVG 63mm, bon fonctionnement de la prothèse aortique, VD dilaté hypokinétique, homogreffe non vue
168 (2018)	Homme, 16 ans. IAo pure sur bicuspidie Diamètres 29/26/30, homogreffe 29	IAo sévère symptomatique, FEVG 50%. IM grade 2 A 4 ans et 8 mois	Prolapsus de la cuspidie G, panus fibreux marqué (orifice calibré à 19mm) Réévaluation de l'IM au bloc : fuite sévère sur Barlow	Annuloplastie mitrale, remplacement ao mécanique 21mm sur patch d'élargissement. Reclapage pour hémostase anastomose distale (tube sus-coronaire). Sortie sous ECMO, hyperlactatémie peropératoire non expliquée	Choc cardiogénique réfractaire avec vasoplégie marquée Décès à J3 sous ECMO + BCPIA (défaillance multi-viscérale, mort encéphalique)

VIII. Références

1. Agathos EA, Starr A. Aortic valve replacement. *Curr Probl Surg*. 1993 Jul;30(7):601–710.
2. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022 Feb 12;43(7):561–632.
3. Hufnagel CA, Harvey WP, Rabil PJ, McDERMOTT TF. Surgical correction of aortic insufficiency. *Surgery*. 1954 May;35(5):673–83.
4. Harken DE, Soroff HS, Taylor WJ, Lefemine AA, Gupta SK, Lunzer S. Partial and complete prostheses in aortic insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1960 Dec;40:744–62.
5. Gott VL, Alejo DE, Cameron DE. Mechanical heart valves: 50 years of evolution. *Ann Thorac Surg*. 2003 Dec;76(6):S2230-2239.
6. DeWall RA, Qasim N, Carr L. Evolution of mechanical heart valves. *Ann Thorac Surg*. 2000 May 1;69(5):1612–21.
7. Björk VO. The central flow tilting disc valve prosthesis (Björk-Shiley) for mitral valve replacement. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg*. 1970;4(1):15–23.
8. Gott VL, Daggett RL, Whiffen JD, Koepke DE, Rowe GG, Young WP. A hinged-leaflet valve for total replacement of the human aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1964 Nov;48:713–25.
9. Emery RW, Anderson RW, Lindsay WG, Jorgensen CR, Wang Y, Nicoloff DM. Clinical and hemodynamic results with the St. Jude medical aortic valve prosthesis. *Surg Forum*. 1979;30:235-8.
10. Bouhout I, Stevens LM, Mazine A, Poirier N, Cartier R, Demers P, et al. Long-term outcomes after elective isolated mechanical aortic valve replacement in young adults. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014 Oct;148(4):1341-1346.e1.
11. Puskas JD, Gerdisch M, Nichols D, Fermin L, Rhenman B, Kapoor D, et al. Anticoagulation and Antiplatelet Strategies After On-X Mechanical Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Jun 19;71(24):2717–26.
12. Chen Q lin, Dong L, Dong Y jun, Zhao S lin, Fu B, Wang Y qing, et al. Security and cost comparison of INR self-testing and conventional hospital INR testing in patients with mechanical heart valve replacement. *J Cardiothorac Surg*. 2015 Jan 16;10:4.
13. Binet JP, Carpentier A, Langlois J, Duran C, Colvez P. [Implantation of heterogenic valves in the treatment of aortic cardiopathies]. *Comptes Rendus Hebd Seances Acad Sci Ser Sci Nat*. 1965 Dec 20;261(25):5733–4.
14. Vesely I. The evolution of bioprosthetic heart valve design and its impact on durability. *Cardiovasc Pathol*. 2003 Sep 1;12(5):277–86.
15. Kostyunin AE, Yuzhalin AE, Rezvova MA, Ovcharenko EA, Glushkova TV, Kutikhin AG. Degeneration of Bioprosthetic Heart Valves: Update 2020. *J Am Heart Assoc Cardiovasc Cerebrovasc Dis*. 2020 Sep 21;9(19):e018506.

16. Anselmi A, Flecher E, Chabanne C, Ruggieri VG, Langanay T, Corbineau H, et al. Long-term follow-up of bioprosthetic aortic valve replacement in patients aged ≤ 60 years. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017 Nov;154(5):1534-1541.e4.
17. Jamieson WR, Miyagishima RT, Burr LH, Lichtenstein SV, Fradet GJ, Janusz MT. Carpentier-Edwards porcine bioprostheses: clinical performance assessed by actual analysis. *J Heart Valve Dis*. 2000 Jul;9(4):530–5.
18. Fatima B, Mohananeey D, Khan FW, Jobanputra Y, Tummala R, Banerjee K, et al. Durability Data for Bioprosthetic Surgical Aortic Valve: A Systematic Review. *JAMA Cardiol*. 2019 Jan 1;4(1):71–80.
19. Etnel JRG, Huygens SA, Grashuis P, Pekbay B, Papageorgiou G, Roos Hesselink JW, et al. Bioprosthetic Aortic Valve Replacement in Nonelderly Adults: A Systematic Review, Meta-Analysis, Microsimulation. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2019 Feb;12(2):e005481.
20. Carrel T, Vogt PR, Obrist D, Schaff H. Evolving technology: the TRIFLO tri-leaflet mechanical valve without oral anticoagulation: a potential major innovation in valve surgery. *Front Cardiovasc Med*. 2023 Sep 29;10:1220633.
21. Mahboubi R, Kakavand M, Soltesz EG, Rajeswaran J, Blackstone EH, Svensson LG, et al. The decreasing risk of reoperative aortic valve replacement: Implications for valve choice and transcatheter therapy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2023 Oct;166(4):1043-1053.e7.
22. Tamagnini G, Bourguignon T, Rega F, Verbrugghe P, Lamberigts M, Langenaeken T, et al. Device profile of the Inspiris Resilia valve for aortic valve replacement: overview of its safety and efficacy. *Expert Rev Med Devices*. 2021 Mar;18(3):239–44.
23. Tam DY, Rocha RV, Wijeyesundera HC, Austin PC, Dvir D, Fremes SE. Surgical valve selection in the era of transcatheter aortic valve replacement in the Society of Thoracic Surgeons Database. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020 Feb 1;159(2):416-427.e8.
24. Wang A, Athan E, Pappas PA, Fowler VG, Olaison L, Paré C, et al. Contemporary Clinical Profile and Outcome of Prosthetic Valve Endocarditis. *JAMA*. 2007 Mar 28;297(12):1354–61.
25. Rahimtoola SH. The problem of valve prosthesis-patient mismatch. *Circulation*. 1978 Jul;58(1):20-4.
26. Head SJ, Mokhles MM, Osnabrugge RLJ, Pibarot P, Mack MJ, Takkenberg JJM, et al. The impact of prosthesis-patient mismatch on long-term survival after aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis of 34 observational studies comprising 27 186 patients with 133 141 patient-years. *Eur Heart J*. 2012 Jun;33(12):1518–29.
27. Blais C, Dumesnil JG, Baillot R, Simard S, Doyle D, Pibarot P. Impact of valve prosthesis-patient mismatch on short-term mortality after aortic valve replacement. *Circulation*. 2003 Aug 26;108(8):983–8.
28. Bilkhu R, Jahangiri M, Otto CM. Patient-prosthesis mismatch following aortic valve replacement. *Heart Br Card Soc*. 2019 Mar;105(Suppl 2):s28–33.
29. El-Hamamsy I, Toyoda N, Itagaki S, Stelzer P, Varghese R, Williams EE, et al. Propensity-Matched Comparison of the Ross Procedure and Prosthetic Aortic Valve Replacement in Adults. *J Am Coll Cardiol*. 2022 Mar 1;79(8):805–15.

30. Gökalp AL, Heer F de, Etnel JRG, Kluin J, Takkenberg JJM. Clinical and quality of life outcomes after aortic valve replacement and aortic root surgery in adult patients <65 years old. *Ann Cardiothorac Surg.* 2019 May;8(3):37282–382.
31. Glaser N, Persson M, Jackson V, Holzmann MJ, Franco-Cereceda A, Sartipy U. Loss in Life Expectancy After Surgical Aortic Valve Replacement: SWEDEHEART Study. *J Am Coll Cardiol.* 2019 Jul 9;74(1):26-33.
32. Davies JE, Parker KH, Francis DP, Hughes AD, Mayet J. What is the role of the aorta in directing coronary blood flow? *Heart Br Card Soc.* 2008 Dec;94(12):1545–7.
33. Katayama S, Umetani N, Sugiura S, Hisada T. The sinus of Valsalva relieves abnormal stress on aortic valve leaflets by facilitating smooth closure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008 Dec;136(6):1528–35, 1535.e1.
34. Suchá D, Tuncay V, Prakken NHJ, Leiner T, van Ooijen PMA, Oudkerk M, et al. Does the aortic annulus undergo conformational change throughout the cardiac cycle? A systematic review. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015 Dec;16(12):1307–17.
35. El-Hamamsy I, Chester AH, Yacoub MH. Cellular regulation of the structure and function of aortic valves. *J Adv Res.* 2010 Jan 1;1(1):5–12.
36. Chauvette V, Lefebvre L, Chamberland MÈ, Williams EE, El-Hamamsy I. Contemporary Review of the Ross Procedure. *Struct Heart.* 2021 Jan 1;5(1):11–23.
37. Ross DN. Homograft replacement of the aortic valve. *Lancet Lond Engl.* 1962 Sep 8;2(7254):487.
38. Barratt-Boyes BG. Homograft aortic valve replacement in aortic incompetence and stenosis. *Thorax.* 1964 Mar;19(2):131–50.
39. Barratt-Boyes BG, Roche AH, Brandt PW, Smith JC, Lowe JB. Aortic homograft valve replacement. A long-term follow-up of an initial series of 101 patient. *Circulation.* 1969 Dec;40(6):763–75.
40. Solari S, Mastrobuoni S, De Kerchove L, Navarra E, Astarci P, Noirhomme P, et al. Over 20 years experience with aortic homograft in aortic valve replacement during acute infective endocarditis. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* 2016 Dec;50(6):1158–64.
41. Ross DN. Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft. *Lancet Lond Engl.* 1967 Nov 4;2(7523):956–8.
42. Ross D, Jackson M, Davies J. Pulmonary autograft aortic valve replacement: long-term results. *J Card Surg.* 1991 Dec;6(4 Suppl):529–33.
43. Stelzer P, Jones DJ, Elkins RC. Aortic root replacement with pulmonary autograft. *Circulation.* 1989 Nov 1;80(5 Pt 2):III209-13.
44. Ross D. Replacement of the aortic valve with a pulmonary autograft: The “Switch” operation. *Ann Thorac Surg.* 1991 Dec;52(6):1346–50.
45. Chambers JC, Somerville J, Stone S, Ross DN. Pulmonary autograft procedure for aortic valve disease: long-term results of the pioneer series. *Circulation.* 1997 Oct 7;96(7):2206–14.

46. Reece TB, Welke KF, O'Brien S, Grau-Sepulveda MV, Grover FL, Gammie JS. Rethinking the ross procedure in adults. *Ann Thorac Surg.* 2014 Jan;97(1):175–81.
47. Klieverik LMA, Takkenberg JJM, Bekkers JA, Roos-Hesselink JW, Witsenburg M, Bogers AJJC. The Ross operation: a Trojan horse? *Eur Heart J.* 2007 Aug;28(16):1993–2000.
48. Kouchoukos NT, Masetti P, Nickerson NJ, Castner CF, Shannon WD, Dávila-Román VG. The Ross procedure: Long-term clinical and echocardiographic follow-up. *Ann Thorac Surg.* 2004 Sep 1;78(3):773–81.
49. Luciani GB, Favaro A, Casali G, Santini F, Mazzucco A. Reoperations for aortic aneurysm after the Ross procedure. *J Heart Valve Dis.* 2005 Nov;14(6):766–72; discussion 772-773.
50. Brown JW, Ruzmetov M, Rodefeld MD, Mahomed Y, Turrentine MW. Incidence of and risk factors for pulmonary autograft dilation after Ross aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg.* 2007 May;83(5):1781–7; discussion 1787-1789.
51. David TE, Omran A, Ivanov J, Armstrong S, de Sa MP, Sonnenberg B, et al. Dilation of the pulmonary autograft after the Ross procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000 Feb;119(2):210–20.
52. Frigiola A, Ranucci M, Carlucci C, Giamberti A, Abella R, Donato MD. The Ross Procedure in Adults: Long-Term Follow-Up and Echocardiographic Changes Leading to Pulmonary Autograft Reoperation. *Ann Thorac Surg.* 2008 Aug 1;86(2):482–9.
53. Simon-Kupilik N, Bialy J, Moidl R, Kasimir MT, MittlböckMittlböck M, Seebacher G, et al. Dilatation of the autograft root after the Ross operation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002 Mar 1;21(3):470–3.
54. Rabkin DG, Reid BB, Doty JR. Acute on chronic pulmonary autograft dissection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015 Apr 1;20(4):563–4.
55. Richey S, Fiore AC, Huddleston CB. Type A Aortic Dissection After the Ross Procedure. *Ann Thorac Surg.* 2018 Aug;106(2):e105–6.
56. Charitos EI, Takkenberg JJM, Hanke T, Gorski A, Botha C, Franke U, et al. Reoperations on the pulmonary autograft and pulmonary homograft after the Ross procedure: An update on the German Dutch Ross Registry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Oct 1;144(4):813–23.
57. Mokhles MM, Rizopoulos D, Andrinopoulou ER, Bekkers JA, Roos-Hesselink JW, Lesaffre E, et al. Autograft and pulmonary allograft performance in the second post-operative decade after the Ross procedure: insights from the Rotterdam Prospective Cohort Study. *Eur Heart J.* 2012 Sep 1;33(17):2213–24.
58. Sievers HH, Hanke T, Stierle U, Bechtel MF, Graf B, Robinson DR, et al. A critical reappraisal of the Ross operation: renaissance of the subcoronary implantation technique? *Circulation.* 2006 Jul 4;114(1 Suppl):I504-511.
59. Sievers HH, Stierle U, Petersen M, Klotz S, Richardt D, Diwok M, et al. Valve performance classification in 630 subcoronary Ross patients over 22 years. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018 Jul 1;156(1):79-86.e2.
60. Chauvette V, Chamberland MÈ, El-Hamamsy I. A review of pulmonary autograft external support in the Ross procedure. *Expert Rev Med Devices.* 2019 Nov;16(11):981–8.

61. Bouhout I, Ghoneim A, Tusch M, Stevens LM, Semplonius T, Tarabzoni M, et al. Impact of a tailored surgical approach on autograft root dimensions in patients undergoing the Ross procedure for aortic regurgitation†. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2019 Nov 1;56(5):959–67.
62. David TE, David C, Woo A, Manlhiot C. The Ross procedure: Outcomes at 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014 Jan 1;147(1):85–94.
63. Brown JW, Ruzmetov M, Shahriari AP, Rodefeld MD, Mahomed Y, Turrentine MW. Modification of the Ross aortic valve replacement to prevent late autograft dilatation. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2010 May;37(5):1002–7.
64. Liebrich M, Charitos EI, Dingemann C, Roser D, Seeburger J, Hemmer W, et al. The reinforced full-root technique for the Ross operation: surgical considerations and operative insights. *Ann Cardiothorac Surg*. 2021 Jul;10(4):485–90.
65. Abeln KB, Schäfers S, Ehrlich T, Federspiel JM, Schäfers HJ. Ross Operation With Autologous External Autograft Stabilization-Long-term Results. *Ann Thorac Surg*. 2022 Aug;114(2):502–9.
66. Skillington PD, Mokhles MM, Takkenberg JJM, Larobina M, O'Keefe M, Wynne R, et al. The Ross procedure using autologous support of the pulmonary autograft: techniques and late results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015 Feb;149(2 Suppl):S46-52.
67. Slater M, Shen I, Welke K, Komanapalli C, Ungerleider R. Modification to the Ross procedure to prevent autograft dilatation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*. 2005;181–4.
68. Ungerleider RM, Ootaki Y, Shen I, Welke KF. Modified Ross procedure to prevent autograft dilatation. *Ann Thorac Surg*. 2010 Sep;90(3):1035–7; discussion 1037.
69. Al Rashidi F, Bhat M, Höglund P, Meurling C, Roijer A, Koul B. The modified Ross operation using a Dacron prosthetic vascular jacket does prevent pulmonary autograft dilatation at 4.5-year follow-up. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2010 Apr;37(4):928–33.
70. Ashfaq A, Leeds H, Shen I, Muralidaran A. Reinforced Ross operation and intermediate to long term follow up. *J Thorac Dis*. 2020 Mar;12(3):1219–23.
71. Guirgis L, Hascoet S, Van Aerschot I, Radojevic J, Ly M, Cohen S, et al. Outcomes after the Ross procedure with pulmonary autograft reinforcement by reimplantation. *JTCVS Tech*. 2023 Feb;17:121–8.
72. Starnes VA, Elsayed RS, Cohen RG, Olds AP, Bojko MM, Mack WJ, et al. Long-term outcomes with the pulmonary autograft inclusion technique in adults with bicuspid aortic valves undergoing the Ross procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2023 Jan 1;165(1):43-52.e2.
73. Carrel T, Schwerzmann M, Eckstein F, Aymard T, Kadner A. Preliminary results following reinforcement of the pulmonary autograft to prevent dilatation after the Ross procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2008 Aug;136(2):472–5.
74. Gebauer R, Cerny S. A modification of the Ross procedure to prevent pulmonary autograft dilatation. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 2009 Jul;36(1):195–7.
75. Jacobsen RM, Earing MG, Hill GD, Barnes M, Mitchell ME, Woods RK, et al. The Externally Supported Ross Operation: Early Outcomes and Intermediate Follow-Up. *Ann Thorac Surg*. 2015 Aug 1;100(2):631–8.

76. Jahanyar J, Muñoz DE, Tamer S, El Khoury G, De Kerchove L. The Ross inclusion Dacron graft. *Ann Cardiothorac Surg.* 2021 Jul;10(4):549–51.
77. Carrel T, Kadner A. Long-Term Clinical and Imaging Follow-Up After Reinforced Pulmonary Autograft Ross Procedure. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2016 Jan 1;19(1):59–62.
78. Juthier F, Banfi C, Vincentelli A, Ennezat PV, Le Tourneau T, Pinçon C, et al. Modified Ross operation with reinforcement of the pulmonary autograft: Six-year results. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 Jun;139(6):1420–3.
79. Vincentelli A, Juthier F, Letourneau T, Tribouilloy C, Prat A. An inverted left atrial appendage mimicking an intraatrial thrombus after a ross operation. *J Heart Valve Dis.* 2005 Nov;14(6):780–2.
80. Stelzer P, Mejia J, Varghese R. Operative risks of the Ross procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021 Mar;161(3):905-915.e3.
81. Notenboom ML, Melina G, Veen KM, De Robertis F, Coppola G, De Siena P, et al. Long-Term Clinical and Echocardiographic Outcomes Following the Ross Procedure: A Post Hoc Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol.* 2024 Jan 1;9(1):6–14.
82. da Costa FDA, Takkenberg JJM, Fornazari D, Balbi Filho EM, Colatusso C, Mokhles MM, et al. Long-term results of the Ross operation: an 18-year single institutional experience†. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014 Sep 1;46(3):415–22.
83. Aboud A, Charitos EI, Fujita B, Stierle U, Reil JC, Voth V, et al. Long-Term Outcomes of Patients Undergoing the Ross Procedure. *J Am Coll Cardiol.* 2021 Mar 23;77(11):1412–22.
84. Prat A, Fabre OH, Vincentelli A, Doisy V, Shaaban G. Ross operation and mitral homograft for aortic and tricuspid valve endocarditis. *Ann Thorac Surg.* 1998 May;65(5):1450–2.
85. Prat A, Saez de Ibarra JI, Vincentelli A, Decoene C, Fabre OH, Jegou B, et al. Ross operation for active culture-positive aortic valve endocarditis with extensive paravalvular involvement. *Ann Thorac Surg.* 2001 Nov;72(5):1492–5; discussion 1495-1496.
86. Ringle A, Richardson M, Juthier F, Rousse N, Polge AS, Coisne A, et al. Ross procedure is a safe treatment option for aortic valve endocarditis: Long-term follow-up of 42 patients. *Int J Cardiol.* 2016 Jan 15;203:62–8.
87. Loobuyck V, Soquet J, Moussa MD, Coisne A, Pinçon C, Richardson M, et al. Active Aortic Endocarditis in Young Adults: Long-term Results of the Ross Procedure. *Ann Thorac Surg.* 2020 Sep;110(3):856–61.
88. Monier A. Réinterventions et dysfonctions valvulaires à distance de l'intervention de Ross chez l'enfant : étude bicentrique rétrospective [Internet]. Université de Lille; 2020 [cited 2024 Feb 29]. Available from: <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-33093>
89. Ootaki Y, Walsh MJ, Shen I, Ungerleider RM. Ross Procedure for Patient With Marfan Syndrome. *Ann Thorac Surg.* 2014 Jun 1;97(6):2186–8.
90. Williams E, El-Hamamsy I. Commentary: The Ross procedure in a graft: A word of caution. *JTCVS Tech.* 2021 Dec;10:377–8.

91. Starnes VA, Bowdish ME, Cohen RG, Baker CJ, Elsayed RS. The Ross procedure utilizing the pulmonary autograft inclusion technique in adults. *JTCVS Tech.* 2021 Dec;10:372–6.

AUTEUR : DENISSELLE Thomas

Date de soutenance : 29 mars 2024

Titre de la thèse : Intervention de Ross avec inclusion prothétique de l'autogreffe : résultats à long terme

Thèse - Médecine - Lille 2024

Cadre de classement : Chirurgie cardiaque

DES : Chirurgie Thoracique et CardioVasculaire

Mots-clés : Ross, autogreffe pulmonaire, inclusion prothétique, réintervention

Contexte : Chez les patients jeunes, le remplacement valvulaire aortique par une autogreffe pulmonaire (intervention de Ross) constitue une alternative remarquable au remplacement mécanique. L'objectif de cette étude était d'évaluer les résultats à long terme de la technique d'inclusion dans une prothèse Valsalva, modification pratiquée en vue de prévenir l'apparition d'une dilatation de l'autogreffe.

Méthodes : Une cohorte rétrospective monocentrique incluant tous les patients opérés selon cette technique entre mars 2003 et décembre 2020 a été constituée.

Résultats : 189 patients, avec un âge médian de 31 ans (11-52 ans, 20 mineurs), en majorité de sexe masculin (74,1%) et présentant une bicuspidie aortique (90,5%), ont été inclus. L'indication opératoire principale était une insuffisance aortique pure pour 40,2%, un rétrécissement aortique pur pour 30,7%, une maladie aortique pour 26,5% et une dégénérescence de prothèse pour 2,7%. 11,6% avaient un antécédent de sternotomie, 3,2% présentaient une endocardite aigüe.

Le suivi médian était de 8,6 ans (maximal 20 ans) ; la survie globale à 5 et 10 ans était estimée à 96,6%.

La survie sans réintervention valvulaire était estimée à 94,4% à 10 ans ; la survie sans réintervention sur l'autogreffe à 95,0%. La principale cause de réintervention était l'apparition d'une dégénérescence fuyante de l'autogreffe par prolapsus de sigmoïde.

L'insuffisance aortique pure préopératoire (HR 4,9, p=0,04) et l'existence d'un anneau aortique dilaté (HR 1,2/mm, p=0,04) étaient des facteurs de risque de réintervention.

Conclusion : L'intervention de Ross avec inclusion prothétique de l'autogreffe présente une faible morbi-mortalité précoce et des résultats satisfaisants à long terme. Sa diffusion pourrait permettre de limiter le taux de réintervention pour dilatation de l'autogreffe.

Composition du Jury :

Président : Pr André VINCENTELLI

Assesseurs : Dr Olivier FABRE, Dr Marjorie RICHARDSON, Dr Olivia DOMANSKI-CHATILLON

Directeur de thèse : Pr Francis JUTHIER