

Université de Montréal

**Évolution de la chirurgie cardiaque chez les patients à risque élevé:
Évaluation d'une nouvelle prothèse et d'une ancienne procédure**

Par

Mariam Ellouze M.D

Sciences Biomédicales

Faculté de Médecine

Mémoire présenté à La Faculté des Études supérieures

en vue de l'obtention du grade de Maîtrise

en Sciences Biomédicales

Option Cardiovasculaire

Avril 2021

© Mariam Ellouze, 2021

Ce mémoire intitulé

**Évolution de la chirurgie cardiaque chez les patients à risque élevé :
Évaluation d'une nouvelle prothèse et d'une ancienne procédure**

Présenté par

Mariam Ellouze M.D

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes

Louis Normandin

Président-rapporteur

Denis Bouchard

Directeur de recherche

Michel Carrier

Codirecteur de recherche

Nicolas Dürrleman

Membre du jury

Résumé

À l'heure actuelle, plusieurs centres de chirurgie cardiaque ont noté une augmentation du nombre de patients âgés orientés pour une chirurgie. Les baisses majeures de la natalité et de la mortalité dans tous les groupes d'âge ont contribué au vieillissement progressif des populations des pays industrialisés. Il est bien connu que la prévalence des pathologies cardiovasculaires augmente avec l'âge et fait en sorte que ce groupe de patients âgés soit à haut risque opératoire.

Trois études ont été réalisées dans le cadre de ce travail dédié aux deux types de chirurgie les plus fréquemment pratiquées pour ce groupe de population : la chirurgie de la valve aortique et la chirurgie de revascularisation coronarienne.

Le substitut valvulaire aortique idéal pour une personne âgée considérée à risque opératoire élevé suscite toujours un débat. Depuis quelques années, avec les progrès technologiques en chirurgie cardiaque, les valves sans suture (V-SS) en général et la Perceval en particulier, constituent une excellente alternative à la prothèse standard chez ce sous-groupe de patients. Tout en diminuant le temps opératoire, la Perceval ne compromet ni la qualité ni la sécurité de l'acte chirurgical et elle présente des bénéfices cliniques et hémodynamiques aussi bien à court et à long terme. Pour le démontrer nous vous présentons les résultats d'une étude de cohorte regroupant 215 patients consécutifs qui a permis d'évaluer l'efficacité et la durabilité de la Perceval. Notre étude se veut l'appui qui soutiendra la place et l'apport de la Perceval dans l'arsenal thérapeutique du remplacement valvulaire aortique (RVA). Comme toutes les bioprothèses, la Perceval est soumise à un risque faible, mais constant à long terme de dégénérescence structurale et qui pourrait éventuellement nécessiter une réintervention. Pour clarifier cette problématique, nous vous présentons une étude descriptive rapportant notre expérience dans la prise en charge de la détérioration structurale de la prothèse Perceval. De plus, cette étude a permis de mettre en lumière la complémentarité parfois inattendue (dans des conditions urgentes) de ces approches thérapeutiques (TAVI et Perceval) chez les patients à risque élevé.

De nos jours, un certain pourcentage des malades orientés vers une revascularisation chirurgicale présente une pathologie coronarienne assez diffuse et complexe qui peut compromettre la revascularisation coronarienne souhaitable. A cet effet, l'endartériectomie coronarienne (EC), une ancienne technique largement utilisée auparavant, puis délaissée par la suite, mérite d'être reconsidérée chez ces patients. La troisième étude présentée dans ce mémoire rapporte les résultats d'une cohorte de 147 patients atteints de maladie coronarienne diffuse. En plus d'être sécuritaire, notre étude documente la perméabilité à court et à moyen terme d'un sous groupe de patient étudié avec un angioscanner coronaire.

Mots-clés : Chirurgie cardiaque, Valve Aortique, Bioprothèse, Perceval , Chirurgie Coronarienne, Endartériectomie Coronarienne.

Abstract

Currently, several cardiac surgery centers have noted an increase in the number of elderly patients referred for surgery. The major decline in birth rates and deaths in all age groups has contributed to the gradual aging of populations in industrialized countries. It is well known that the prevalence of cardiovascular pathologies increases with age and puts this group of elderly patients at high risk for surgery.

Three studies were carried out as part of this work dedicated to the two types of surgery most frequently performed for this population group: aortic valve surgery and coronary revascularization surgery.

The ideal aortic valve substitute for an elderly person considered to be at high operative risk is still a subject of debate. In recent years, with technological advances in cardiac surgery, sutureless valves (V-SS) in general and the Perceval in particular have been an excellent alternative to the standard prosthesis in this subgroup of patients. While reducing operating time, Perceval does not compromise the quality or safety of the surgical procedure and it offers clinical and hemodynamic benefits both in the short and long term. To demonstrate this, we present to you the results of a cohort study involving 215 consecutive patients which made it possible to evaluate the effectiveness and durability of Perceval. Our study is intended to support the place and contribution of Perceval in the therapeutic arsenal of aortic valve replacement (AVR). Like all bioprostheses, Perceval is subject to a low, but constant long-term risk of structural degeneration which may eventually require reoperation. To clarify this problem, we present to you a descriptive study reporting our experience in the management of structural deterioration of the Perceval prosthesis. In addition, this study shed light on the sometimes unexpected complementarity (in urgent conditions) of these therapeutic approaches (TAVI and Perceval) in high-risk patients.

Nowadays, a certain percentage of patients referred for surgical revascularization present a fairly diffuse and complex coronary pathology which can compromise the desirable coronary revascularization. To this end, coronary endarterectomy (CE), an old technique widely used before, then abandoned thereafter, deserves to be reconsidered in these patients. The third study

presented in this thesis reports the results of a cohort of 147 patients with diffuse coronary artery disease. In addition to being safe, our study documents the short- and medium-term patency of a subgroup of patients studied with a coronary CT angiography.

Keywords: Cardiac surgery, Aortic valve, Bioprosthesis, Perceval, Coronary surgery, Coronary endarterectomy..

Table des matières

Table des matières	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste des sigles et abréviations.....	
Remerciements	
Introduction.....	1
Chapitre 1 — Pathologie valvulaire aortique	3
1.1 Anatomie de valve aortique	3
1.2 Les maladies valvulaires aortiques.....	6
1.2.1 Sténose Aortique :.....	7
1.2.1.1 Définition :.....	7
1.2.1.2 Étiologies	7
- Accumulation de calcium	7
- Malformations congénitales	7
- Rhumatisme articulaire aigu	8
- Radiothérapie.....	8
1.2.1.3 Physiopathologie.....	9
1.2.2 L’Insuffisance Aortique :.....	10
1.3 Remplacement valvulaire aortique.....	11
1.3.1 Historique et évolution	11
1.3.2 Types de prothèses en chirurgie	12

1.3.2.1 Les valves mécaniques :	12
1.3.2.2 Les valves biologiques	13
- Les bioprothèses standards :	13
- Les Xénogreffes :	13
- Les Homogreffes :	13
- Les prothèses sans sutures :	14
1.3.2.3 Phénomène de dégénérescence structurale	15
1.3.3 Indications et recommandations de la chirurgie.	15
1.3.4 La Valve Perceval dans RVA.....	18
1.3.5 Approche mini invasive et V-SS.....	19
Chapitre 2 — Pathologie coronarienne.....	21
2.1 Anatomie des artères coronaires	22
2.2 Place respective de la chirurgie et de l'intervention coronarienne percutanée	25
2.3 Historique et Indication de la revascularisation coronarienne.....	26
2.3.1 Historique.....	26
2.3.2 La revascularisation coronarienne chirurgicale	27
2.4 Choix de greffons.....	28
2.4.1 Greffon saphène interne	28
2.4.2 Artère mammaire interne (AMI)	28
2.4.3 Doubles mammaires	29
2.4.4 Autres conduits utilisés	29
2.5 Technique chirurgicale	30
2.6 Endartériectomie Coronarienne	32
2.7 Pontage à cœur battant	34

2.8 Problématique de la chirurgie cardiaque chez les personnes à risque élevé et objectifs de ce mémoire.	35
Chapitre 3 — Présentation des articles.....	39
Long Term Clinical and Hemodynamic Outcomes with the Perceval S Sutureless Aortic Valve	40
Sutureless and Transcatheter aortic valve replacement: When rivals become allies	65
Coronary Endarterectomy in Patients with Diffuse Coronary Artery Disease. Assessment of graft patency with Computed Tomography Angiography	76
Chapitre 4 — Discussion.....	97
Première étude : Résultats cliniques et hémodynamiques à court et à long terme de la valve sans suture Perceval.....	100
Deuxième étude : Dégénérescence de la bioprothèse Perceval, Les rivaux deviennent des alliés !.....	105
Troisième étude : Endartériectomie Coronarienne à l'ère actuelle	108
Conclusion et perspectives.....	115
Références bibliographiques.....	117
Annexe 1 Article publié	133

Liste des tableaux

Tableau I : Classification de la sténose valvulaire aortique	16
Tableau II : Recommandations pour SA : indication opératoire	17
Tableau III : Choix technique de la revascularisation angioplastie versus pontage coronaire	26
Tableau IV : Aspect technique de la revascularisation par pontage coronaire	31

Liste des figures

Figure 1 A : Racine aortique ouverte avec expositions des feuillets de la valve aortique.	4
Figure 1 B : Valve aortique ouverte in situ, avec exposition des feuillets	4
Figure 2 : Base des ventricules exposée par l'ablation des oreillettes.	6
Figure 3 : Les principales étiologies de la sténose aortique	9
Figure 4 : Valve sans Suture type Perceval	18
Figure 5 : Surface sterno-costale du cœur.....	22
Figure 6 : Représentation schématique des artères coronaires.....	23
Figure 7 : Distribution coronaire, notion de dominance	24
Figure 8 : Étape de l'endartériectomie coronarienne.....	33
Figure 9 : Plaque d'athérome retirée à travers une endartériectomie coronarienne droite	34

Liste des sigles et abréviations

AMI : Artère mammaire interne

Angio-TDM : Angiographie par tomodensitométrie

AVC : Accident vasculaire cérébral

BAV : Bloc auriculo-ventriculaire

CAD : Coronaropathie artérielle diffuse

CD : Coronaire droite

CEC : Circulation extra corporelle

CG : Coronaire gauche

CMI : Chirurgie mini invasive

CX : Circonflexe

EC : Endartériectomie coronarienne

FPV : Fuite parvalvulaire

ICP : Intervention coronarienne percutanée

IVA: Interventriculaire antérieure

IVP : interventriculaire postérieure

MCV: Maladie cardio-vasculaire

NC : Non coronarien

NYHA : New York Heart Association

PAC: Pontage aorto-coronarien

RVA : Remplacement valvulaire aortique

RVA - C : Remplacement valvulaire aortique conventionnel

RVA-SS : Remplacement valvulaire aortique sans suture

SA : Sténose aortique

TAVI : Transcatheter Aortic Valve Implantation

TC : Tronc commun

VG : Ventricule gauche

V-SS : Valve sans suture

« La rigueur vient toujours à bout de l'obstacle » Léonard de Vinci

Remerciements

Je désire d'abord témoigner mon appréciation aux membres du jury le Dr Louis Normandin et le Dr Nicolas Dürrleman pour avoir évalué ce mémoire.

A tout seigneur, tout honneur, mes remerciements vont à mon directeur Dr Denis Bouchard et à mon co-directeur Dr Michel Carrier, merci de m'avoir transmis vos curiosités intellectuelles et vos rigueurs scientifiques. Merci pour vos disponibilités, vos motivations, vos professionnalismes et vos travaux acharnés. J'exprime également une immense gratitude quant à vos soutiens dans la rédaction des articles et de ce mémoire. Vous m'avez encouragé à atteindre mes objectifs et à réaliser mes aspirations les plus chères.

Merci de m'avoir accueilli à l'Institut de Cardiologie de Montréal pendant mon fellowship en chirurgie cardiaque et de m'avoir impliqué à la recherche clinique. Merci pour les conseils judicieux que vous m'avez donnés tant dans la recherche que pour ma profession future.

Ce mémoire a été pour moi un gros défi et une belle réalisation en même temps. Je n'aurais certainement pas fait aussi bien sans l'appui de personnes chères à mes côtés.

Je dédie ce mémoire à mon mari Anis Loukil et à mes deux anges Shahd et Ahmed qui ont été les personnes les plus présentes dans ma vie, m'ont aimé et m'ont aidé à toujours vouloir me surpasser dans tous les aspects de ma vie en ne cessant jamais de croire en moi.

Je remercie mes parents et mon frère qui ont été là pour m'encourager malgré la distance. Ils ont toujours cru en moi et m'ont supporté dans tous mes projets.

Je remercie également mes beaux-parents qui me supportaient et m'encourageaient à poursuivre mes buts.

Un merci tout à fait particulier à Dre Magli Pham pour son aide, les conseils judicieux pour la réalisation de notre projet de recherche. Un gros merci à Pierre Emmanuel Noly, aux infirmières de recherche en chirurgie et à Élisabeth qui ont contribué grandement à la réalisation de ces projets de recherche.

Introduction

Ce mémoire porte sur l'évolution de la chirurgie cardiaque chez les personnes à haut risque chirurgical. Avec le vieillissement de la population, deux pathologies cardiaques voient leurs incidences augmentées : la valvulopathie aortique dans sa forme sténosante et la maladie coronarienne dans sa forme diffuse. Les progrès récents dans la prise en charge péri- per et post opératoire de ces patients ont amélioré les résultats dans ce sous-groupe considéré à risque moyen ou élevé, de par la fréquence de leurs comorbidités, qu'elles soient cardiovasculaires ou autres.

Dans le cadre de ce travail, la place des valves sans sutures (V-SS) type Perceval dans l'arsenal thérapeutique du remplacement valvulaire aortique (RVA) sera retracée. Son évaluation clinique et hémodynamique à court et à long terme seront rapportées. Une attention particulière sera portée au phénomène de dégénérescence structurelle de ces bioprothèses et à leurs prises en charge.

L'incidence croissante de la maladie coronarienne diffuse chez la personne âgée peut compromettre l'atteinte de l'objectif d'une revascularisation complète. L'endartériectomie coronarienne (EC), une ancienne technique chirurgicale, représente un outil utile permettant d'obtenir des résultats plus qu'acceptables.

Le chapitre 1 présente une revue de l'anatomie de la valve aortique et les aspects physiopathologiques : on traitera de deux pathologies qui sont la sténose aortique et l'insuffisance aortique. De brèves descriptions tant des différents types de prothèses disponibles sur le marché à l'heure actuelle, que du phénomène de dégénérescence spécifique des bioprothèses seront aussi incluses dans ce chapitre. Le chapitre 2 porte sur l'anatomie coronarienne, les indications opératoires, une courte description du choix de greffons, la place du pontage à cœur battant et une brève revue de l'historique et de la place de l'EC. Le chapitre 3 présente les résultats des études constitutives de ce mémoire. Il comporte trois parties, chacune portant sur un article soumis pour publication ou publié.

L'auteure du présent mémoire s'est impliquée significativement dans la réalisation de chacun de ces articles, en menant la collecte des données, des analyses des résultats et la rédaction des manuscrits. Les coauteurs ont contribué à l'élaboration des protocoles de recherche et de l'interprétation des données ainsi qu'à la révision de la rédaction des articles.

Le chapitre 4, présente la discussion sous forme de synthèse des résultats avec une évaluation critique et une revue de littérature.

Enfin, une brève conclusion et de nouvelles perspectives terminent ce mémoire.

Chapitre 1 — Pathologie valvulaire aortique

1.1 Anatomie de valve aortique

La valve aortique est la principale valve du côté gauche du cœur. Elle se situe entre la chambre de chasse du ventricule gauche (VG) et la racine aortique. Son diamètre moyen est de 20 à 25 millimètres ^{1,2}.

La valve aortique fait partie d'un ensemble dynamique qui constitue la racine de l'aorte. Cet ensemble comprend plusieurs éléments :

Les feuillets valvulaires aortiques sont au nombre de trois et entourent l'orifice de l'aorte :

(Figure 1 A)

- Le feuillet coronarien droit (CD)
- Le feuillet coronarien gauche (CG)
- Le feuillet non coronarien (NC)

À mi-chemin du bord libre de chaque feuillet, on retrouve un nodule fibreux triangulaire appelé nodule d'Arantius (**Figure 1 B**). De chaque côté de ce nodule, sur la zone de coaptation des feuillets, se prolonge une zone plus épaisse appelée la lunule. Elle permet une coaptation parfaite des feuillets ^{2,3}.

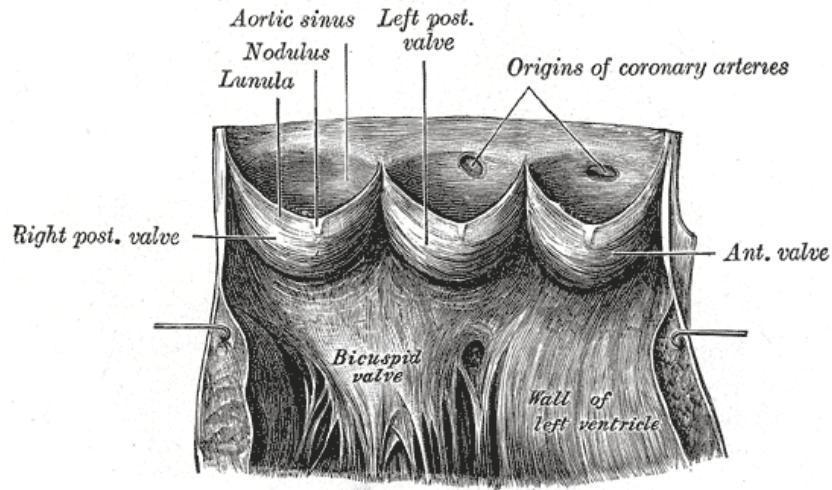


Figure 1 A : Racine aortique ouverte avec expositions des feuillets de la valve aortique.

Figure libre de droit reproduite à partir de : Henry Gray, "The Heart," in Anatomy of the Human Body. Twentieth. L. & FEBIGER, Ed. Philadelphia: Philadelphia, 1918.

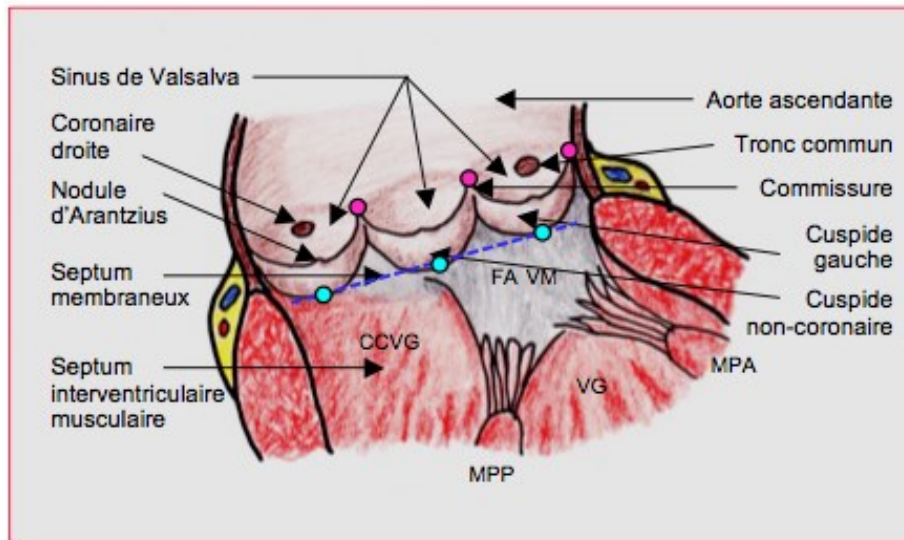


Figure 1 B : Valve aortique ouverte in situ, avec exposition des feuillets

Figure reproduite avec la permission de Dr Chassot à partir de : Le Précis d'Anesthésie Cardiaque 5, Lausanne, Novembre 2019.

Le site d'insertion des lunules de deux feuillets à cet anneau en regard de la jonction sinotubulaire forme une commissure. Les commissures sont des structures fibreuses qui suspendent les feuillets dans l'orifice aortique ⁴⁻⁵.

Il y a 3 commissures (**Figure 2**) :

- La commissure entre le feuillet CD et CG en antérieur.
- La commissure entre le feuillet CD et NC en antérieur droit.
- La commissure entre le feuillet CG et NC en postérieur droit.

Ces feuillets sont de forme semi-lunaire et leur concavité est orientée vers le flux sanguin (vers l'aorte). Chaque feuillet s'attache à un anneau fibromusculaire en forme de couronne réalisant ainsi l'anneau aortique. Face aux valves, l'aorte présente de légères dilatations, les sinus aortiques (sinus de Valsalva). Les artères coronaires gauche et droite prennent origine respectivement des sinus en relation avec le feuillet coronarien gauche et droit. (**Figure 2**)

La valve aortique est l'élément central dans l'anatomie du cœur. Elle entretient des rapports anatomiques avec les chambres cardiaques grâce à sa charpente fibreuse

formée par ^{2,3} :

- Le trigone fibreux droit : en forme triangulaire avec trois angles : un angle postérieur entre l'anneau mitral et tricuspide, un angle antérieur droit entre l'anneau aortique et l'anneau tricuspide et un angle antérieur gauche entre l'anneau mitral et l'anneau aortique. (**Figure 2**).
- Le trigone fibreux gauche : est une continuité du trigone fibreux droit au niveau de la commissure entre CG et NC et le feuillet antérieur mitral, formant ainsi la continuité mitro-aortique.

Au niveau du triangle entre les sinus NC et CD se retrouve une structure importante dans la conduction électrique auriculo-ventriculaire : le faisceau de HISS ⁴.

La partie du ventricule située immédiatement au-dessous de l'orifice aortique est appelée le vestibule aortique et possède des parois fibreuses au lieu de parois musculaires ⁵.

La valve aortique constitue la dernière « porte » que le flot sanguin doit traverser avant d'atteindre la circulation sanguine systémique via l'aorte. Elle fait partie de la racine aortique qui est l'unité structurelle qui lui sert de support. La valve aortique permet un flot laminaire durant la systole, tout en empêchant le sang de couler à rebours dans le VG lors de la phase diastolique du cycle cardiaque.

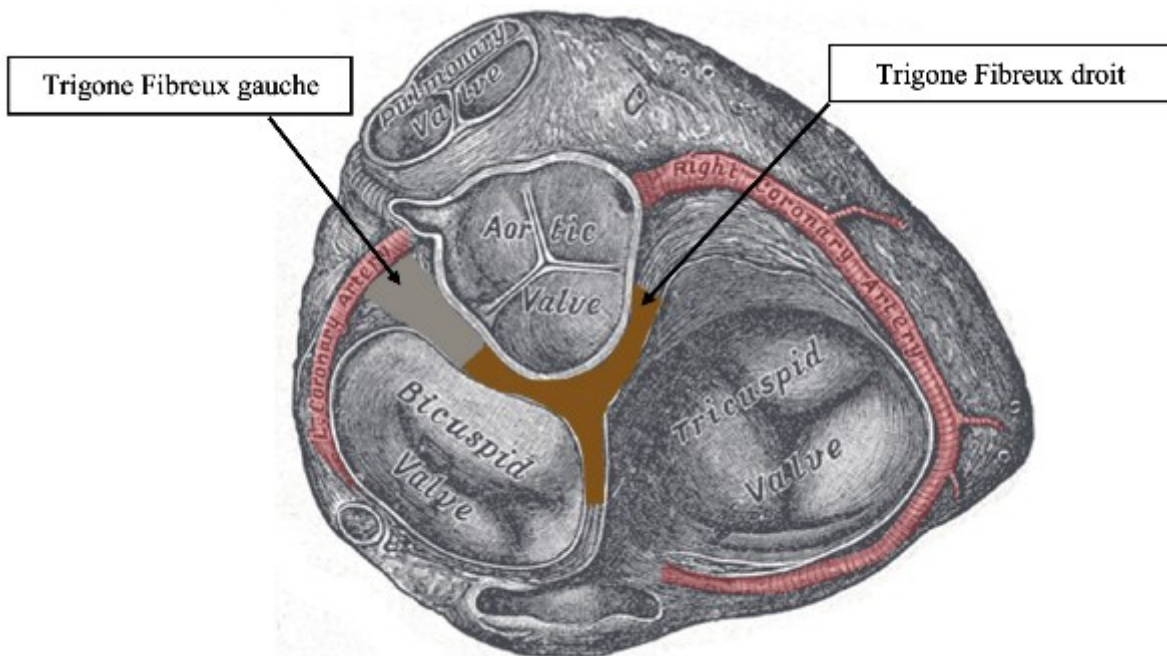


Figure 2 : Base des ventricules exposée par l'ablation des oreillettes.

Figure libre de droit reproduite et modifiée à partir de : Henry Gray, "The Heart," in Anatomy of the Human Body. Twentieth. L. & FEBIGER, Ed. Philadelphia: Philadelphia, 1918

1.2 Les maladies valvulaires aortiques

La valve aortique est essentielle pour une circulation sanguine efficace. De nos jours, les maladies valvulaires aortiques sont au 3^{ème} rang dans les maladies cardiovasculaires dans les pays industrialisés, après l'hypertension et la maladie coronarienne. Présentant des étiologies variées,

les maladies de la valve aortique sont représentées par la sténose aortique et l'insuffisance aortique.

1.2.1 Sténose Aortique :

1.2.1.1 Définition :

La sténose aortique (SA) ou rétrécissement aortique est la valvulopathie la plus courante de l'adulte ; sa prévalence est d'environ 5 % à partir de 65 ans. En Amérique du Nord, la SA touche plus de 2,5 millions de personnes âgées de plus de 75 ans et son incidence augmente avec l'âge. La SA représente aussi la seconde indication en fréquence en chirurgie cardiaque, après la chirurgie coronarienne et compte 10-20 % de toutes les procédures sur le cœur^{6,7}.

1.2.1.2 Étiologies

Les causes de la SA sont diverses. Les plus fréquentes sont dystrophiques et dégénératives formant des valvulopathies acquises dans les pays développés. Il y a 4 principales étiologies de SA⁸⁻¹¹. (**Figure 3**)

- *Accumulation de calcium*

C'est un phénomène qui survient surtout chez les adultes âgés, la SA est causée par une accumulation de calcium sur les feuillets valvulaires. Avec le temps, ces feuillets épaissis et remodelés contenant d'importants dépôts fibrocalciques conduisent à la perte de leurs mobilités et à la restriction de l'ouverture de la valve qui se fibrose perdant ainsi sa souplesse et devient raide. De nos jours, la calcification dégénérative constitue la principale étiologie dans les pays industrialisés. Cette constatation peut être liée à l'accroissement de l'espérance de vie de la population.

- *Malformations congénitales*

La bicuspidie aortique constitue la malformation congénitale cardiaque la plus fréquente avec une prévalence de 1 à 2 % de la population¹². Elle résulte d'une formation anormale des feuillets

de la valve aortique durant la valvulogenèse embryonnaire ce qui conduit à la formation d'une valve aortique à deux feuillets au lieu de trois. Rarement, la fusion de deux commissures peut résulter en une unicuspidie aortique. Dans les deux cas (unicuspidie ou bicuspidie), ces valves sont associées à un risque plus élevé de dysfonction conduisant ainsi le patient à une chirurgie précoce habituellement entre 30-60 ans ¹²⁻¹⁴.

- *Rhumatisme articulaire aigu*

L'angine streptococcique peut provoquer la fièvre rhumatismale, ce qui peut entraîner la formation de tissu cicatriciel dans le cœur. L'altération de la structure de la valve aortique par l'entremise d'une attaque auto-immune suite à une infection à streptococcus est souvent rapportée. La SA d'origine rhumatismale se caractérise par une fusion des commissures de la valve aortique. Lorsque cela se produit, la valve aortique risque de ne pas pouvoir s'ouvrir et se fermer normalement. Cette maladie est devenue beaucoup plus rare dans les pays industrialisés grâce à l'amélioration des soins et de la prise en charge des patients souffrant de fièvre rhumatismale, mais elle demeure surtout prévalente dans les pays en développement ¹³.

- *Radiothérapie*

Certaines personnes peuvent développer une inflammation et des cicatrices après avoir reçu une radiothérapie au niveau du thorax. Cela peut rendre la valve aortique rigide et incapable de fonctionner correctement.

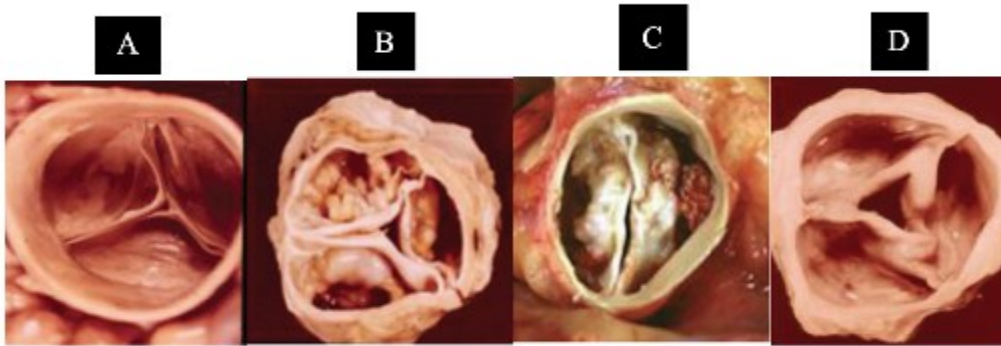


Figure 3 : Les principales étiologies de la sténose aortique

A : valve aortique normale. **B** : sténose aortique calcifiante.

C : sténose aortique sur bicuspidie aortique. **D** : sténose aortique d'origine rhumatismale

Figure reproduite avec la permission de Methodist DeBakey Cardiovascular Journal à partir de : Role of Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI) Versus Conventional Aortic Valve Replacement in the Treatment of Aortic Valve Disease. Gerald M. Lawrie, Methodist DeBakey Cardiovasc J. 2012 .

1.2.1.3 Physiopathologie

La SA est une pathologie progressive qui se développe sur plusieurs années. Elle survient plus fréquemment chez les patients présentant des facteurs de risque. Les symptômes ne se manifestent qu'à un stade avancé de la maladie. Dans la SA, le premier stade de l'atteinte se nomme « sclérose aortique », il se caractérise par un léger processus d'épaississement de la valve, sans présence d'obstruction significative à l'éjection du sang. La sclérose aortique devient une sténose lorsqu'une obstruction, légère, modérée ou sévère est objectivable. À mesure que le processus pathologique se poursuit, le rétrécissement progressif de l'ouverture de la valve se poursuit provoquant une résistance à l'éjection du flot sanguin entre le VG et l'aorte. Il en résulte une accélération du flot sanguin et une augmentation des gradients de pression à travers la valve. Le VG doit alors faire face à une élévation des pressions et s'accommoder à une surcharge de pression. Pour répondre à cette surcharge de pression, le VG va devoir se contracter plus fort pour éjecter la même quantité de sang nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme, ce qui conduit à l'hypertrophie des cardiomyocytes, à l'épaississement des parois cardiaques et

ultimement à l'hypertrophie du VG qui s'accompagne, lorsqu'elle est concentrique, d'une diminution de la cavité ventriculaire. Cette hypertrophie du VG conduira à un développement progressif de fibrose interstitielle et d'une augmentation de la masse cardiaque. Il s'agit en premier lieu d'un mécanisme de compensation pour maintenir un stress pariétal normal, cependant, cette hypertrophie peut devenir délétère à long terme avec la formation de fibrose myocardique irréversible, une décompensation vers l'insuffisance cardiaque et le décès ^{10,14}. C'est ainsi à un stade sévère et symptomatique de la SA, la survie des patients est franchement menacée en absence d'une prise en charge adéquate.

1.2.2 L'Insuffisance Aortique :

Elle se caractérise par un reflux sanguin depuis l'aorte vers le VG en raison d'une mauvaise coaptation des feuillets de la valve aortique. C'est une fuite au sein de la valve. Elle peut survenir de façon aiguë ou chronique. Le profil étiologique d'insuffisance aortique s'est modifié ces dernières années dans les pays développés : les maladies dystrophiques sont actuellement les plus fréquents alors que l'atteinte rhumatismale est devenue plus rare ^{13,15}.

Les causes habituelles sont :

- Une destruction structurelle de la valve suite à une endocardite infectieuse, un traumatisme, une dissection aortique, ou à une rupture d'un feuillet valvulaire.
- Un élargissement de la racine aortique empêchant la coaptation efficace suite aux maladies annuloectasiantes de l'aorte telle que la maladie de Marfan.
- Une déformation des feuillets suite à une dégénérescence myxomateuse, une fièvre rhumatismale...

L'indication chirurgicale doit être posée dès que la fonction ventriculaire gauche systolique se dégrade ou quand apparaissent les symptômes cliniques (dyspnée d'effort, lipothymie...). Parmi ce large éventail de pathologie, les insuffisances aortiques survenant de façon aiguë, deviennent une urgence opératoire ^{16,17}.

1.3 Remplacement valvulaire aortique

1.3.1 Historique et évolution

La chirurgie valvulaire aortique est une opération très pratiquée de nos jours du fait du vieillissement de la population. La prévalence de la SA augmente rapidement avec l'âge après 70 ans, et il est probable que le nombre de cas continuera à augmenter avec le vieillissement de la population avec la prédominance des causes dégénératives et dystrophiques dans les pays industrialisés¹⁸⁻²⁰. Chaque année, plus de 14 000 chirurgies valvulaires aortiques ont lieu au Canada. Les maladies valvulaires aortiques représentent la troisième affection cardiovasculaire la plus prévalente et la seconde indication la plus commune de chirurgie cardiaque.

Malgré des avancées médicales majeures, aucun traitement pharmacologique ne permet de prévenir ni de ralentir la progression de la maladie valvulaire aortique. Le traitement médical est destiné uniquement pour la prise en charge des facteurs de risques. Le seul moyen ayant démontré une diminution significative de la morbi-mortalité est le remplacement valvulaire aortique (RVA). Le RVA a considérablement modifié l'histoire naturelle des valvulopathies aortiques.

Le RVA conventionnel (RVA-C) est une opération maintenant bien codifiée, elle est effectuée avec un taux de mortalité faible (moins de 3 %) et apporte des résultats satisfaisants marqués par une amélioration de la qualité de vie et de la survie²¹⁻²⁴.

Au fil des années, le développement des prothèses mécaniques et biologiques a permis de mettre à la disposition du chirurgien cardiaque un large éventail d'alternatives pour remplacer la valve dysfonctionnelle. La personne âgée (plus de 65 ans) avec maladie valvulaire aortique symptomatique demeure une indication chirurgicale et constitue un enjeu majeur en chirurgie cardiaque. En effet, ce groupe de patient, avec une comorbidité élevée, court un risque plus élevé en termes de mortalité, et de complications reliées à la chirurgie et aux types de prothèses choisies. La prothèse mécanique a traditionnellement constitué le substitut aortique de choix à cause de sa durabilité. Cependant, elle expose le patient aux risques et inconvénients d'une anticoagulation à vie, d'événements thromboemboliques et/ou hémorragiques. Les bioprothèses

évitent cette anticoagulation. Elles sont associées à un risque faible à court terme, mais progressive et significative de dégénérescence structurale à long terme.

Pendant plusieurs années, le remplacement de la valve aortique par voie percutanée (TAVI) a été l'alternative de choix pour le RVA-C chez les patients à haut risque chirurgical. Le TAVI, qui implante une bioprothèse introduite par cathétérisme d'une artère périphérique ou de la pointe du VG, (délaissée actuellement), permet d'éliminer les complications liées au temps d'ischémie du cœur. Cette technique, maintenant bien établie et en plein essor, reste une procédure coûteuse qui justifie la sélection des cas ²⁵⁻²⁷.

Avec le progrès technique actuelle dans le domaine de la chirurgie cardiaque, les V-SS apparues sur le marché depuis quelques années ont enrichi l'arsenal thérapeutique offert pour cette valvulopathie. Les V-SS se situent à mi-chemin entre les valves conventionnelles et le TAVI en termes de risque chirurgical et de coût, d'où la pertinence actuelle de bien choisir l'option thérapeutique pour les patients à risque élevé.

Le TAVI, de son côté, présente depuis quelques années l'alternative idéale pour les patients inopérables. Les V-SS, par contre, semblent être un choix prometteur pour les patients qui se situent, en termes de risque chirurgical, entre le RVA-C et le TAVI ²⁸⁻³⁰.

1.3.2 Types de prothèses en chirurgie

1.3.2.1 Les valves mécaniques :

Elles sont les plus anciennes, depuis la première valve à bille mise par Starr en 1961 en position mitrale. On dispose ainsi d'un recul de soixante ans. C'est une prothèse synthétique composée d'une structure en alliage de carbone pyrolytique ou de titane, montée sur un anneau métallique recouvert de DacronTM, ou de TeflonTM permettant de mettre des sutures.

L'avantage majeur de ces prothèses réside dans leurs grandes longévité et durabilités. Également ces dispositifs offrent souvent de meilleurs profils hémodynamiques. Ces prothèses sont à haut risque thrombogénique, nécessitent un traitement anticoagulant permanent rigoureux afin d'éviter les complications thrombo-emboliques, types embolies artérielles périphériques ou cérébrales et les thromboses aiguës de la prothèse³¹⁻³³.

Leurs indications demeurent pour les sujets jeunes, à l'exception de ceux qui présentent des contre-indications immédiates ou prévisibles à un traitement anticoagulant, type insuffisance hépatocellulaire, désireuses de grossesses ou une pathologie psychiatrique sous-jacente.

1.3.2.2 Les valves biologiques

- *Les bioprothèses standards :*

Elles englobent toutes les prothèses constituées de tissus biologiques (porcine ou bovine). Les bioprothèses les plus couramment utilisées sont porcines, constituées de feuillets des feuilles de valve aortique porcine, qui sont traités par du glutaraldéhyde afin d'éliminer le risque d'immunogénicité. Les bioprothèses bovines sont faites à partir du tissu du péricarde.

Plusieurs prothèses biologiques disponibles sur le marché comportent un « stent » ou une armature, mais dans l'optique d'accroître les performances hémodynamiques et la durabilité des prothèses, des modèles sans armatures « stentless » ont été développés³³⁻³⁵.

- *Les Xénogreffes :*

Les premières hétérogreffes d'origines animales ont été réalisées en position aortique en 1965 par Binet, Carpentier et Duran. Le premier inconvénient était la durée de vie réduite due au phénomène de dégénérescence. La durée de vie moyenne est de cinq à dix ans, cette durée étant plus courte chez les sujets jeunes. D'où l'intérêt de préconiser cette alternative pour la personne âgée. Son principal avantage est l'absence de traitement anti thrombotique à vie, hormis la prise des antiagrégants plaquettaires pendant au moins 6 mois à un an après l'intervention^{36,37}.

- *Les Homogreffes :*

Elles sont issues de cœur humain, utilisées essentiellement en position aortique, trouvent son indication en cas d'endocardite infectieuse.

La procédure de Ross est une intervention chirurgicale qui consiste à remplacer la valve aortique malade par la valve pulmonaire du patient (autogreffe) et à remplacer la valve pulmonaire qui est maintenant en position aortique par une homogreffe (valve aortique issue d'un cadavre). Il s'agit d'une intervention qui est souvent effectuée chez des patients jeunes ou des patients qui ne veulent pas avoir d'anticoagulation. La procédure de Ross permet le remplacement de la valve

aortique malade par une valve vivante et donc une hémodynamie proche de la valve native ainsi qu'un faible risque de calcification et de déchirure de la valve³⁸. Leurs avantages sont les suivants : un temps d'anticoagulation diminué, l'absence de matériel prothétique diminuant ainsi le taux de récurrence infectieuse, des gradients post opératoires faibles en cas d'utilisation dans des anneaux aortiques petits (inférieurs à 21 mm) et enfin, une dégénérescence plus lente que pour les bioprothèses (15 % à 10 ans, 50 % à 20 ans). Toutefois, on note les faits suivants : une technique chirurgicale plus difficile avec un temps de clampage plus long, des taux de fuite centrale plus élevés et un risque de calcifications importantes du greffon, rendant une réintervention souvent difficile^{38,39}. La détérioration structurelle de l'autogreffe aortique sous forme d'insuffisance aortique demeure toutefois une préoccupation majeure de ces prothèses malgré leur excellent profil hémodynamique.

- *Les prothèses sans sutures :*

Plusieurs années après les trouvailles de Magovern et Cormie, les V-SS refont à nouveau partie de l'arsenal thérapeutique de la SA sévère. Contrairement à la valve Magovern-Cormie qui était mécanique, les nouvelles V-SS sont de nature biologique avec un mécanisme et une procédure d'implantation qui ont nettement évolués au fil des années⁴⁰. Leurs avantages sont d'être composées de tissu cardiaque d'origine animale, ayant plusieurs tailles disponibles permettant de s'adapter mieux à l'anatomie de l'anneau du patient. La particularité de ces valves est l'absence de suture ce qui contribuera à la réduction du temps d'ischémie myocardique et de celui de l'intervention. Leur utilisation permettra l'implantation d'une bioprothèse de plus grande taille réduisant ainsi le risque de déchirures et de perforations.

Et enfin, leur implantation est certes plus facile que les homogreffes, ce qui est à considérer dans le cas d'endocardite infectieuse^{41,42}.

1.3.2.3 Phénomène de dégénérescence structurale

Au total, toutes les bioprothèses décrites ci-dessus, comportent des inconvénients majeurs du fait de leur nature biologique avec un risque inévitable de dégénérescence structurale progressive au fil du temps et le résultat en sera soit une fuite ou une sténose de la prothèse . Les taux de détérioration augmentent avec les années, particulièrement après les huit premières années d'implantation ⁴¹⁻⁴⁴.

En effet, deux mécanismes ont pour conséquence une dégénérescence structurale de la bioprothèse. Le premier mécanisme est la calcification des feuillets de la prothèse à la suite d'une accumulation de calcium d'une part, et d'autre part, à la suite à la réaction systémique causée par l'aldéhyde (utilisé pour la préparation des bioprothèses). Il en résulte alors une perte de la mobilité des feuillets. Le deuxième mécanisme est la détérioration graduelle de la matrice extracellulaire des tissus de la prothèse. Combiné avec l'incapacité de la prothèse à se régénérer comme une valve native, ceci peut aboutir à une déchirure des feuillets valvulaires. Ces différents mécanismes expliquent pourquoi le risque de dysfonction de la bioprothèse et le risque de réintervention sont significativement plus élevés avec les bioprothèses comparativement aux prothèses mécaniques.

Malgré tout, la valve biologique présente un net avantage qui est un faible risque thrombogénique même en absence d'anticoagulation. En effet, le traitement anticoagulant (si débuté) peut être arrêté en général à trois mois post opératoire, le temps que l'endothélialisation physiologique de la bioprothèse soit complétée.

En conclusion, en raison de l'hétérogénéité clinique retrouvée chez les patients, le choix de la prothèse optimale pour chaque candidat constitue un facteur crucial, de même qu'un défi majeur.

1.3.3 Indications et recommandations de la chirurgie.

La SA est une maladie qui se développe graduellement sur plusieurs années et en général les symptômes ne sont manifestes qu'à un stade avancé de la pathologie. Les personnes à ce stade de la maladie ont une espérance de vie très faible, environ deux ans si l'atteinte n'est pas traitée ^{20,22}. Dans la plupart des cas, la maladie passe d'abord par une phase asymptomatique

longue ou brève en fonction de plusieurs critères variant d'un patient à l'autre. Chez les malades symptomatiques, les signes observés souvent à l'effort sont, l'essoufflement anormal, les douleurs thoraciques, la fatigue extrême, les évanouissements et/ou vertiges²². À l'apparition de ces symptômes au repos, la maladie est considérée à un stade sévère et le RVA est impératif, sans quoi la survie est compromise. Toutefois, que les signes cliniques soient manifestes ou non, des paramètres échocardiographiques et hémodynamiques, notamment la vitesse maximale du jet transvalvulaire, l'aire de la valve aortique et le gradient de pression transvalvulaire moyen permettent eux aussi de déterminer le stade de sévérité de la maladie et de poser l'indication de RVA (**Tableau I**)⁴⁵.

Tableau I : Classification de la sténose valvulaire aortique

	SA Légère	SA Modérée	SA Sévère
Gradient de pression transvalvulaire moyen (mmHg)	< 25	25 — 40	> 40
Aire de la valve aortique (cm ²)	> 1,5	1.0 - 1,5	< 1,0
Aire valvulaire indexée (cm ² /m ²)	> 0,9	0.6 - 0,9	< 0,6
Vitesse maximale du jet Trans valvulaire (m/sec)	2.6 - 3,0	3 — 4	> 4

Ainsi les critères d'indications pour le RVA sont un ensemble de plusieurs considérations qui varient d'un patient à l'autre, d'où la nécessité fortement recommandée d'une évaluation préalable minutieuse de l'état de santé du patient par une équipe multidisciplinaire. Selon les plus récentes recommandations, une référence en chirurgie devrait être posée lorsqu'un patient souffrant d'une SA sévère présente également une symptomatologie objectivée de la maladie, une FEVG abaissée ou s'il présente une autre pathologie de chirurgie cardiaque concomitante.

Toutes ces situations représentent une indication dite de classe I, soit la classe de recommandation la plus forte. Les patients souffrant d'une sténose aortique très sévère, d'une baisse de la tolérance à l'effort ou d'une sténose seulement modérée, mais avec une seconde indication chirurgicale présentent alors une classe IIa de recommandation (**Tableau II**)³².

Tableau II : Recommandations pour SA : indication opératoire

Recommandations	Classe
RVA est recommandé chez les patients symptomatiques avec SA à haut gradient, qui présentent des symptômes spontanés ou suites à un test d'effort (stade D1)	I
RVA est recommandé chez les patients asymptomatiques avec SA sévère (stade C2) et une FEVG < 50 %	I
RVA est indiqué chez les patients avec SA sévère (stade C ou D) devant subir une autre chirurgie cardiaque	I
RVA est raisonnable chez les patients asymptomatiques avec SA très sévère (stade C1, $V_{max} > 5,0$ m/s) et un faible risque chirurgical	IIa
RVA est raisonnable chez les patients asymptomatiques (stade C1) avec SA sévère, avec réduction de la tolérance de l'effort ou une baisse de pression artérielle à l'effort.	IIa
RVA est raisonnable chez les patients symptomatiques avec SA sévère à bas débit-bas gradient et une réduction FEVG < 50 % (stade D2) avec un test de provocation à faible dose de dobutamine montrant une $V_{max} > 4,0$ m/s, (gradient moyen > 40 mmHg) et une AVA < 1,0 cm ²	IIa
RVA est raisonnable chez les patients symptomatiques présentant une SA sévère bas débit-bas gradient (stade D3) normotensifs et présentant une FEVG ≥ 50 % si les données cliniques, hémodynamiques et anatomiques supportent l'obstruction valvulaire comme la cause la plus probable des symptômes	IIa
RVA est raisonnable chez les patients présentant une SA modérée (stade B, V_{max} 3,0-3,9 m/s) devant subir une autre chirurgie cardiaque	IIa
RVA peut être considéré chez les patients asymptomatiques présentant une SA sévère (stade C1) et une progression rapide de la maladie, un faible risque chirurgical	IIb

1.3.4 La Valve Perceval dans RVA

Au Canada, seule la valve V-SS type Perceval a été homologuée par Santé Canada depuis 2015. Cette valve est composée de tissu cardiaque d'origine animale, montée sur un support en Nitinol ou en acier inoxydable auto-expansible. Tout comme la valve aortique native, elle possède trois feuillets qui s'ouvrent et se referment au passage unidirectionnel du sang du VG à l'aorte. Étant donné l'absence des sutures pour maintenir la prothèse en position, elle est dotée d'un système d'ancrage semblable à celui des valves percutanées pour le TAVI. Ce système leur permet de s'accrocher à l'anneau aortique. (**Figure 4**)

Les V-SS type Perceval sont fabriquées en diverses tailles leurs permettant de mieux s'adapter à l'anatomie de l'anneau aortique du patient.

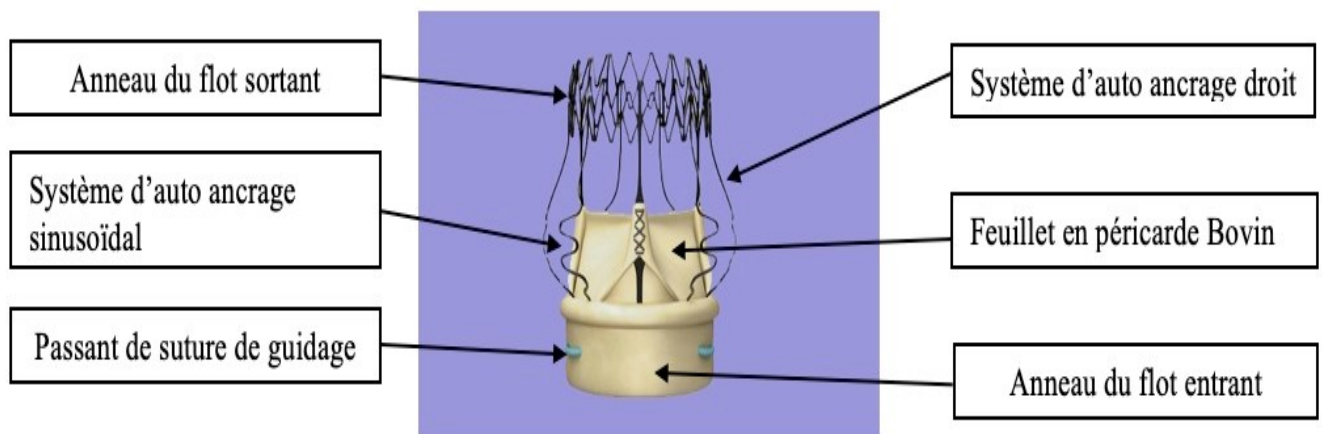


Figure 4 : Valve sans Suture type Perceval

Figure reproduite avec modification sous permission de Dr M. Carrier

1.3.5 Approche mini invasive et V-SS

Tout comme la valve conventionnelle, l'implantation de V-SS a souvent été pratiquée à l'aide d'une sternotomie complète. Afin de minimiser le traumatisme causé par la taille des incisions cutanées et l'effet pro inflammatoire de la sternotomie complète, plusieurs chirurgiens s'orientent de plus en plus vers les chirurgies mini invasives (CMI) telles que la mini-sternotomie et la mini-thoracotomie droite pour RVA. Comparées à la chirurgie conventionnelle par sternotomie, les CMI présentent d'excellents résultats en termes de mortalité et de morbidité. La CMI permet une réduction de la durée de séjour à l'hôpital et de la période de convalescence ce qui aboutit à une récupération rapide chez les patients avec de meilleurs résultats esthétiques qui ont été rapportés ²⁸. En effet, la nécessité de mise en place des sutures pour la valve conventionnelle et la réduction de l'espace de travail lors d'une procédure par CMI rendraient l'implantation de la prothèse en particulier et l'intervention en général plus complexe. L'absence de suture pour V-SS facilite le geste lors de CMI.

Ainsi, la V-SS associée à l'approche miniinvasive est non seulement efficace et sécuritaire, elle est aussi associée à la réduction du temps d'ischémie myocardique, du temps opératoire et des complications postopératoires ^{46, 47}. La V-SS par CMI pourrait être une alternative de première ligne pour les patients à risque chirurgical élevé situé dans la zone grise entre le TAVI et le RVA-C.

Chapitre 2 — Pathologie coronarienne

Les maladies cardiovasculaires (MCV) ont une incidence importante dans les pays industrialisés et représentent la deuxième cause de mortalité en Amérique du Nord. On estime le nombre d'infarctus du myocarde à 75 000 cas par année au Canada, ce qui correspond à un événement toutes les sept minutes. La prévalence des MCV est plus élevée après 75 ans et peut atteindre 20 %⁴⁸.

L'athérosclérose représente la première cause des MCV, elle est considérée comme étant une maladie chronique multifactorielle évoluant de manière progressive tout au long de la vie. Il est estimé que 80 % de la population canadienne présente au moins un facteur de risque de MCV (tabagisme quotidien, hypertension artérielle, diabète, sédentarité et excès de poids...). Les artères atteintes par l'athérosclérose sont les artères coronaires qui irriguent le cœur, les artères qui sont destinées au cerveau ainsi que celles qui irriguent les organes abdominaux et les membres inférieurs.

La prise en charge de la maladie coronarienne est multidisciplinaire et en nette évolution ces dernières décennies. En effet, les interventions coronariennes percutanées (ICP) ont dépassé, il y a maintenant quelques années, la revascularisation coronarienne chirurgicale. Cependant, celle-ci reste encore aujourd'hui la seule alternative thérapeutique valable en présence d'une athérosclérose diffuse. Environ 15 % des patients adressés vers la chirurgie présentent des lésions coronariennes diffuses, complexes ou d'occlusions coronariennes^{49,50}. La revascularisation coronarienne est à l'heure actuelle une des opérations de chirurgie cardiaque la plus pratiquée au monde et en Amérique Nord. La prévalence de patients adressés en chirurgie ne cesse d'augmenter ces dernières décennies avec la complexité des maladies cardiovasculaires et le vieillissement de la population.

2.1 Anatomie des artères coronaires

Les deux troncs coronariens émergent de l'aorte dans les sinus de Valsalva de l'aorte ascendante. Les troncs principaux des artères coronaires cheminent dans les sillons atrio-ventriculaires réalisant ainsi une couronne autour du cœur.

La vascularisation artérielle cardiaque est de type terminal, aucune anastomose ne permet de suppléer l'occlusion d'une des artères. Le calibre des artères coronaires est de 4 à 5 mm à leur origine, puis il diminue jusqu'à atteindre 3 à 4 mm^{1,2,5}. (Figure 5)

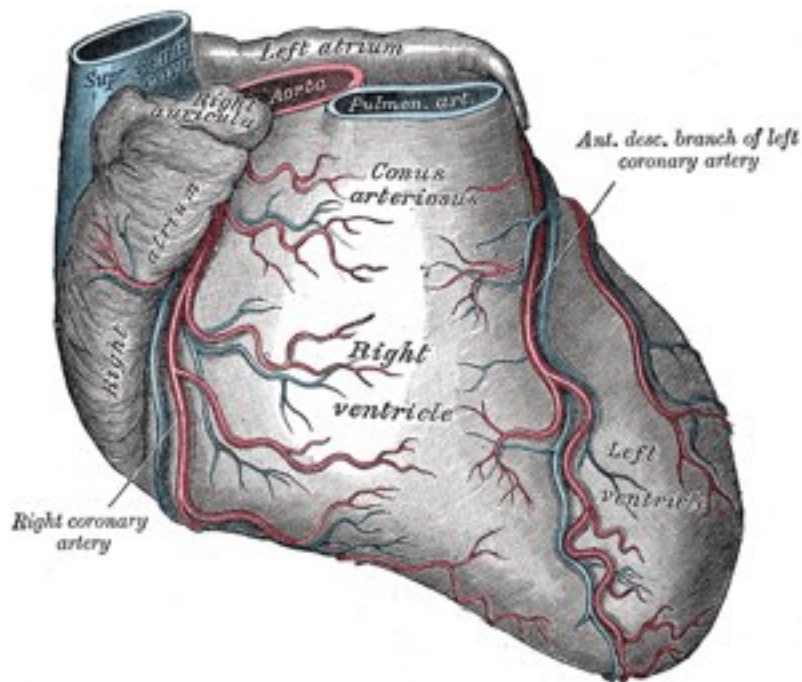


Figure 5 : Surface sterno-costale du cœur.

Figure libre de droit reproduite à partir de : Henry Gray, "The Heart," in Anatomy of the Human Body. Twentieth. L. & FEBIGER, Ed. Philadelphia: Philadelphia, 1918.

L'artère coronaire gauche (nommer le tronc commun (TC)) se divise rapidement en artère circonflexe (CX) et interventriculaire antérieure (IVA). Dans un tiers des cas, il s'agit d'une trifurcation en donnant l'artère bissectrice ou la première diagonale.

L'IVA se dirige superficiellement vers le sillon interventriculaire antérieur, fournissant des branches diagonales à la paroi antérieure. La bissectrice se situe entre l'IVA et la Cx et peut souvent être identifiée près de la base de l'appendice auriculaire gauche.

La Cx, branche du TC, fournit des branches marginales obtuses qui alimentent le myocarde latéral et inférolatéral, se terminant près du bord latéral du ventricule gauche.

L'artère coronaire droite (CD) prend naissance antérieurement à partir de la racine aortique, elle chemine dans la graisse sous épigardique et se loge dans le sillon auriculo-ventriculaire droit et bifurque en artère interventriculaire postérieure (IVP) et en artère postéro-latérale ^{4, 5, 51}.

(Figure 6)

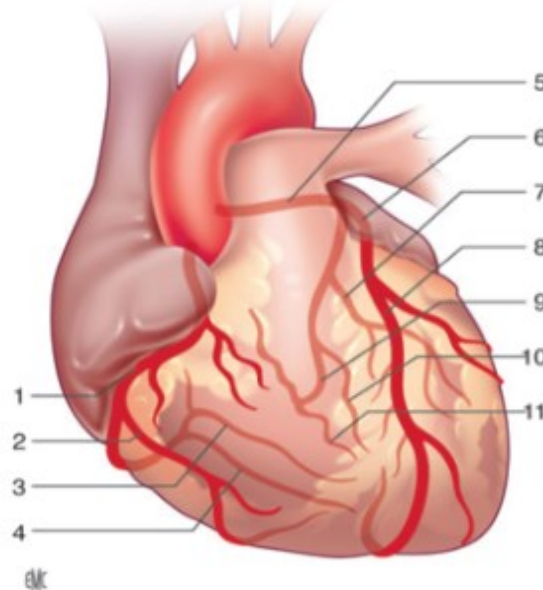


Figure 6 : Représentation schématique des artères coronaires.

1. Coronaire droit moyenne ; 2. Marginale droite ; rétroventriculaire (diaphragmatique, postéro-latérale droite) ; 4. Interventriculaire postérieure ; 5. Tronc commun gauche ; 6. Interventriculaire antérieure proximale ; 7. Première marginale ; 8. Interventriculaire antérieure moyenne ; 9. Circonflexe distale ; 10. Deuxième marginale ; 11. Postéro-latérale gauche.

Figure reproduite avec la permission de Dr S. Rubin à partir de : Chirurgie des lésions acquises des artères coronaires. EMC Techniques chirurgicales -Thorax 2015 ; 10 (1) : 1-26

La dominance coronaire droite ou gauche fait référence à l'artère coronaire qui vascularise la paroi diaphragmatique et la partie inférieure du septum interventriculaire. Ainsi l'artère coronaire qui va donner l'artère IVP et les branches diaphragmatiques est l'artère dominante. Il s'agit le plus souvent de l'artère CD (dominance droite : 80 %), mais parfois du rameau circonflexe (dominance gauche : 10 %), les autres cas correspondant à un partage entre les deux artères coronaires (circulation équilibrée : 10 %) ^{2, 5, 51}. (**Figure 7**)

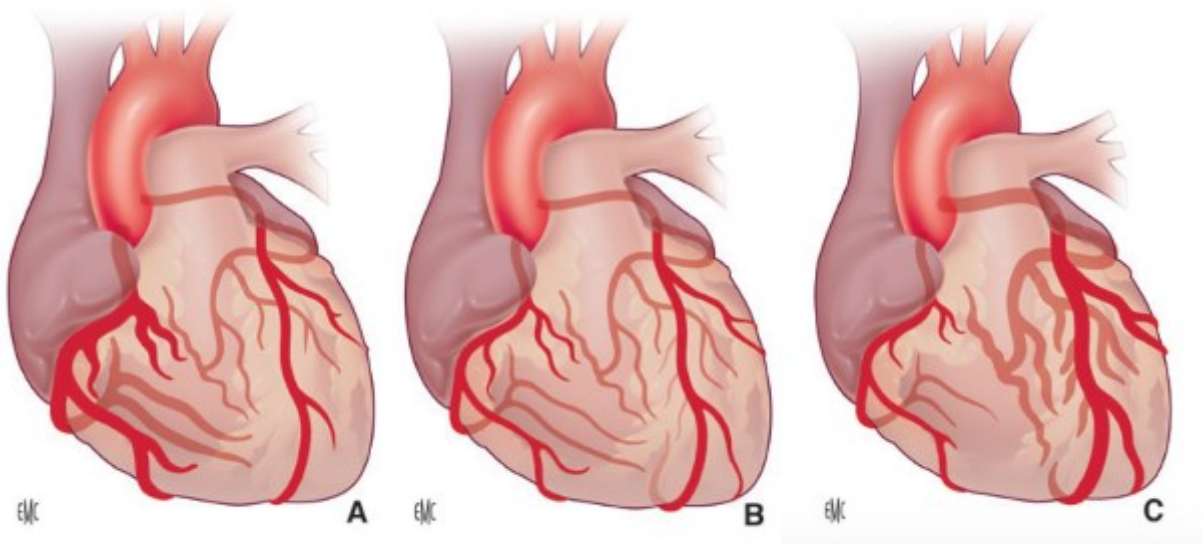


Figure 7 : Distribution coronaire, notion de dominance

A. Coronaire droite dominante. **B.** Disposition équilibrée. **C.** Coronaire gauche dominante

Figure reproduite avec la permission de Dr S.Rubin à partir de : Chirurgie des lésions acquises des artères coronaires. EMC - Techniques chirurgicales - Thorax 2015 ; 10 (1) : 1-26.

Les artères coronaires épicaudiques sont la cible des anastomoses distales pour le pontage aorto-coronarien (PAC). Elles peuvent être le plus souvent situées juste au fond de la graisse épicaudique et donc superficielle au myocarde. Les artères du réseau gauche sont parfois intramyocardiennes. Un trajet droit sur l'angiographie coronaire peut suggérer une localisation intramyocardienne de l'artère correspondante. C'est principalement le cas IVA proximale (15 %), des branches marginales gauches et de l'artère bissectrice.

2.2 Place respective de la chirurgie et de l'intervention coronarienne percutanée

Le traitement invasif de l'ischémie myocardique peut être réalisé par l'ICP ou la chirurgie. Longtemps ces deux modes de revascularisation se sont opposés.

Les recommandations insistent sur l'intérêt d'une prise en charge pluridisciplinaire cardio-chirurgicale, afin de proposer la meilleure thérapie pour chaque patient. Dans la pratique courante, les tendances sont actuellement de favoriser l'angioplastie chez les patients mono tronculaires ou à risque chirurgical plus élevé que la moyenne, et de privilégier la chirurgie dans les cas de sténoses du tronc commun ou équivalent quelle que soit la symptomatologie, dans les sténoses tri tronculaires avec fonction VG altérée et chez les patients tri tronculaires sévères dont la fonction VG est conservée (**Tableau III**)^{49,50}.

De nombreuses études comparant directement la chirurgie et l'ICP, ne mettent pas en évidence de différence en termes de survie entre ces deux choix. Les principales différences étaient moins de durée d'hospitalisation moins de médicaments anti angineux, au prix d'un coût élevé, ces différences ont tendance à estomper au fil de temps⁵¹⁻⁵³.

À l'heure actuelle, avec le vieillissement de la population et l'augmentation de l'espérance de vie, de nombreux centres de chirurgie cardiaque ont observé une augmentation significative du nombre de patients âgés adressés pour chirurgie coronarienne dans sa forme complexe diffuse en particulier.

Tableau III : Choix technique de la revascularisation angioplastie versus pontage coronaire

Evaluation du risque chirurgical		
Il est recommandé de calculer le score STS pour évaluer le risque de mortalité hospitalière et à 30 jours et le risque de complications	I	B
On peut envisager l'utilisation du score EuroSCORE 2 pour estimer le risque de mortalité hospitalière	IIb	B
Evaluation de la complexité des lésions coronaires		
Chez les patients multitrunculaires ou avec atteinte du tronc commun, il est recommandé de calculer le score SYNTAX pour évaluer la complexité des lésions et le risque de mortalité et morbidité à long terme	I	B
Pour choisir entre chirurgie et angioplastie, la possibilité d'une revascularisation complète doit être envisagée en priorité	IIa	B

SELON ÉTENDUE DE LA MALADIE CORONAIRE	PAC		PCI	
Monotrunculaire				
Sans atteinte de l'IVA proximale	IIb	C	I	C
Avec atteinte de l'IVA proximale	I	A	I	A
Bitrunculaire				
Sans atteinte de l'IVA proximale	IIb	C	I	C
Avec atteinte de l'IVA proximale	I	B	I	C
Tronc commun de la coronaire gauche				
SYNTAX score bas (0-22)	I	A	I	A
SYNTAX score intermédiaire (23-32)	I	A	IIa	A
SYNTAX score élevé (≥ 33)	I	A	III	B
Tritrunculaire sans diabète				
SYNTAX score bas (0-22)	I	A	I	A
SYNTAX score intermédiaire ou élevé (> 22)	I	A	III	A
Tritrunculaire avec diabète				
SYNTAX score bas (0-22)	I	A	IIb	A

2.3 Historique et Indication de la revascularisation coronarienne

2.3.1 Historique

La revascularisation chirurgicale des coronaires fut une étape historique. Les travaux ont débuté au XX^e siècle. Les premières trouvailles aboutissent au concept de dénervation du cœur. Les deuxièmes portant sur la possibilité de revascularisation indirecte du myocarde. Les troisièmes initient l'aire moderne de la chirurgie directe des artères coronaires, associé à la découverte de la circulation extra corporelle (CEC) (Gibbon en1953) ⁵¹.

C'est en 1967 fut réalisé le premier pontage veineux aorto-coronarien par Effler et Favaleo. Le PAC a pour but d'apporter un débit sanguin suffisant au-delà des sténoses de plus de 50 % dans des vaisseaux jusqu'à 1 mm de diamètre. Il garantit un flux distal normal malgré la progression de la maladie dans la zone sténosée proximale.

L'adoption du pontage mammaire par Green en 1968 offre une durabilité excellente et confirme la qualité de perméabilité à long terme et depuis les PAC sont devenus des opérations assez classiques efficaces dans le traitement des cardiopathies artérielles ischémiques.

Avec l'expérience et les travaux de recherche clinique, le chirurgien a développé des bases théoriques solides et aussi pratiques pour adapter sa technique en temps réel aux situations inattendues en per procédure.

2.3.2 La revascularisation coronarienne chirurgicale

Les indications actuelles sont ^{50, 54} :

- Coronaropathie tritronculaire sévère ;
- Tronc commun ou l'IVA proximale avec anatomie complexe (score SYNTAX élevé) ;
- Anatomie impropre à la PCI ;
- Coronaropathie étendue et dysfonction ventriculaire (FE < 35 %) ou diabète ;
- Revascularisation simultanée à une autre intervention chirurgicale cardiaque (remplacement ou plastie valvulaire, résection d'anévrisme, correction de CIV...).

Les Avantages du PAC sont :

- Revascularisation complète
- Meilleur contrôle de la symptomatologie surtout l'angine
- Moins de procédures de revascularisation ultérieures
- Bénéfice établi en termes de survie en cas de sténose du tronc commun ou d'atteinte tri tronculaire avec altération de la fonction VG
- Bénéfice en termes de survie au long cours en cas de lésions tri tronculaires et chez les patients diabétiques.

Les Inconvénients du PAC sont :

- Morbidité et mortalité péri- opératoire immédiate.
- Durée et coûts d'hospitalisation initiaux élevés.

2.4 Choix de greffons

Le choix des greffons dépend des artères coronaires à revasculariser (nombre et situation anatomique), de la qualité des greffons artériels et veineux appréciée par écho-doppler et des caractéristiques du patient selon son âge, son espérance de vie, et de ces comorbidités (s'il est ou non diabétique, s'il présente une broncho-pneumopathie chronique obstructive, une insuffisance rénale...) ^{55,56}.

2.4.1 Greffon saphène interne

Il continue à être le greffon de référence du fait de son accessibilité, et de sa maniabilité. Sa longévité est liée à la qualité de la veine, l'absence de varice, et à la technique de prélèvement qui vise à éviter tout traumatisme de l'intima. Son principal inconvénient reste sa durée de vie modérée puisqu'à dix ans, 50 % des greffons sont athéromateux et occlus. Il existe des thromboses précoces, généralement liées à des facteurs mécaniques (tel que la technique de prélèvement chirurgicale) et à des facteurs hémodynamiques (tel que la qualité du greffon saphène, le lit d'aval de l'artère pontée, l'incongruence de taille entre le diamètre important d'un greffon saphène et celui de la coronaire). Il existe des phénomènes survenant à plus long terme, comme l'hyperplasie intimale au cours de la première année post opératoire (liée à l'agrégation plaquettaire provoquée par la désendothélialisation du greffon veineux lors de son prélèvement) et l'athérosclérose qui débute après la première année post opératoire et peut conduire à l'occlusion du greffon au fil du temps ⁵⁷⁻⁵⁹.

2.4.2 Artère mammaire interne (AMI)

C'est le greffon d'excellence pour la revascularisation coronarienne. Plus de cinquante ans se sont écoulés depuis la première anastomose d'AMI gauche sur l'IVA par Green aux USA. Grâce à ses caractéristiques anatomohistologiques et son trajet intramusculaire, l'AMI est une artère peu exposée à l'athérome, à la calcification (surtout chez les patients diabétiques et les insuffisants rénaux chroniques). C'est le conduit de choix de fait de sa longévité. De multiples études ont démontré la supériorité de ce conduit par rapport au conduit veineux. Les études à long terme avec un recul de 15 ans permettent de vérifier que le conduit mammaire conserve sa supériorité avec un taux de perméabilité de 82 % et une survie de l'ordre 58 à 72 %. Toutes les

études confirment une diminution des récurrences angineuses, du nombre d'infarctus post opératoire et des réinterventions.

Le pontage utilisant AMI sur IVA est un moyen d'améliorer la survie à long terme des patients coronariens seul ou associés une chirurgie valvulaire ^{57,60}.

2.4.3 Doubles mammaires

Il existe actuellement des données prouvant la bonne perméabilité à long terme des 2 AMIS. Le bénéfice de l'utilisation des deux AMIS est d'offrir une meilleure survie à long terme par rapport à l'utilisation d'une seule AMI. Cette augmentation de survie se fait aux dépens d'un taux plus important de survenue de médiastinites et de saignements périopératoires. Ce bénéfice de double mammaire apparaît plus nettement chez le jeune, de même chez les patients diabétiques et chez les patients présentant une dysfonction VG, deux populations considérées à risque pour une revascularisation artérielle ^{57,61-63}.

2.4.4 Autres conduits utilisés

- *Greffon radial* ⁶⁴⁻⁶⁶ : prélevé sur la face antérieure du bras, utilisé souvent comme un greffon libre. Il pose parfois des problèmes de spasmes artériels périopératoires. Il a une perméabilité intermédiaire entre celle des artères mammaires et celle des veines saphènes.
- *Greffon gastro-épiploïque* ^{67,68} : prélevé par incision abdominale, tunnelisé à travers le diaphragme. Il s'agit d'un greffon pédiculé. Rarement utilisé actuellement.
- *Greffon épigastrique* : prélevé par incision abdominale respectant le péritoine, il s'agit d'un greffon libre. Il pose aussi des problèmes de spasmes artériels. Ce greffon était utilisé auparavant.

2.5 Technique chirurgicale

Le principe de l'intervention chirurgicale n'a pas changé depuis René Favalaro à Cleveland en 1967. Il consiste à utiliser un greffon libéré d'une seule extrémité « greffon pédiculé » ou des conduits libres à leurs deux extrémités « greffon libre ».

La chirurgie conventionnelle comporte plusieurs étapes qui sont l'ouverture du sternum, les prélèvements des conduits, la mise en place de la CEC et la réalisation des pontages. Le risque opératoire est habituellement de 1 à 2 %^{57,59}.

Pratiquement dans tous les cas l'AMI gauche est utilisée pour revasculariser l'artère coronaire principale du cœur, l'IVA. Le plus souvent l'artère coronaire Cx est revascularisée par l'AMI droite. La CD est revascularisée par l'artère radiale ou par un greffon veineux saphène. Les artères mammaires sont utilisées le plus souvent en greffon pédiculé, parfois, elles sont utilisées en greffon libre, ou un greffon dit en « Y ». La qualité des greffons (longueur, veines saphènes variqueuses, artères radiales non suppléées par les artères cubitales au niveau de l'arcade palmaire...) fait que pour chaque patient le chirurgien choisit la stratégie de revascularisation la plus appropriée^{58,59}.

L'artériotomie longitudinale est pratiquée dans l'artère coronaire distale. Cette artériotomie doit rester courte, car elle peut s'allonger lors du retrait de la plaque d'athérome réalisant ainsi un geste supplémentaire dit l'Endartériectomie Coronarienne (EC). La coronaire est ouverte en aval de la sténose, sur une distance de 1-1,5 cm puis l'extrémité distale du conduit est suturée avec un surjet de fil monobrin très fin.

Ensuite on réalise les anastomoses proximales, pour les greffons libres, une pastille de 5 mm de diamètre est enlevée de l'aorte ascendante afin de suturer l'extrémité proximale du greffon avec un fil légèrement plus épais.

Il est important de bien mesurer la longueur des greffons, de façon à ce que les courbures épousent le contour cardiaque (**Tableau IV**)⁵⁰.

Tableau IV : Aspect technique de la revascularisation par pontage coronaire

Généralités		
Une revascularisation complète est recommandée	I	B
Une manipulation minimale de l'aorte est recommandée	I	B
Une mesure systématique du flux des greffons doit être envisagée	Ila	B
Un scanner de l'aorte ascendante doit être envisagé chez les patients de plus de 70 ans et/ou avec une athérosclérose généralisée	Ila	C
Avant de manipuler l'aorte une échographie épi-aortique doit être envisagée à la recherche de plaques aortiques et pour guider le geste chirurgical	Ila	C
Choix du greffon		
Un greffon artériel mammaire sur l'IVA est recommandé	I	B
Un second greffon artériel doit être envisagé chez les patients appropriés	Ila	B
Chez les patients ayant des sténoses coronaires sévères (> 70 %), l'utilisation de la radiale plutôt que d'un greffon saphène est recommandée	I	B
Un pontage utilisant les 2 artères mammaires doit être envisagé chez les patients n'ayant pas un risque particulier d'infection sternale	Ila	B
Prélèvement des greffons		
Une dissection mammaire squelettisée est recommandée pour les patients ayant un risque élevé d'infection sternale	I	B
Les techniques endoscopiques de prélèvement saphène doivent être envisagées, si les chirurgiens en ont l'habitude	Ila	A
Les techniques de prélèvement saphènes "no touch" doivent être envisagées lors des prélèvements classiques	Ila	B
Techniques mini-invasives		
Chez les patients ayant une athérosclérose aortique avancée, les techniques de pontage sans CEC et les techniques "no-touch" de l'aorte sont recommandées	I	B
Les techniques de pontage sans CEC doivent être envisagées chez les patients à haut risque, si les équipes chirurgicales y sont habituées	Ila	B
Dans les équipes formées, les abords chirurgicaux mini-invasifs doivent être envisagés chez les patients avec lésion IVA isolée ou techniques de revascularisation hybride	Ila	B
Les techniques hybrides (pontage et angioplastie consécutifs ou en un seul temps) peuvent être envisagées pour certains patients, si les équipes en ont l'habitude	Ilb	B

2.6 Endartériectomie Coronarienne

L'EC est une ancienne procédure chirurgicale, décrite pour la première fois par Baily et Coll en 1957 comme un traitement de la coronaropathie sans recours au PAC. Le principe est de désobstruer le lit de l'artère coronaire qui est soit occluse ou multi sténosée, permettant ainsi la réalisation d'un pontage à son niveau ^{49, 51, 69, 70}.

Le geste d'EC consiste : **(Figure 8)** ⁵¹

- La dissection de la plaque d'athérome débute dans le plan situé entre l'adventice et la média de l'artère.
- Une spatule est l'instrument polyvalent à utiliser en raison de sa forme, de la longueur de sa lame et de sa malléabilité, et qui va aider à cliver le séquestre athéromateux de l'intima et de la partie interne de la média
- La plaque est soigneusement séparée des extrémités de l'artériotomie pour minimiser l'étirement de l'incision lors de la manipulation.
- La partie distale de l'athérome est disséquée avec la spatule en passant délicatement l'instrument dans le plan situé entre la plaque et l'adventice et en le faisant avancer au-delà de tous les points de résistance tout en rétractant doucement la plaque avec une pince. Le retrait de la plaque doit être fait d'un seul morceau, ce qui permet au séquestre d'avant de se terminer en pente douce.
- Souvent le geste d'EC est fait en une seule artériotomie notamment au niveau de IVA, rarement on recourt à des artériotomies étagées qui nécessitent souvent une refermeture sur « patch » (une pièce de la veine saphène).

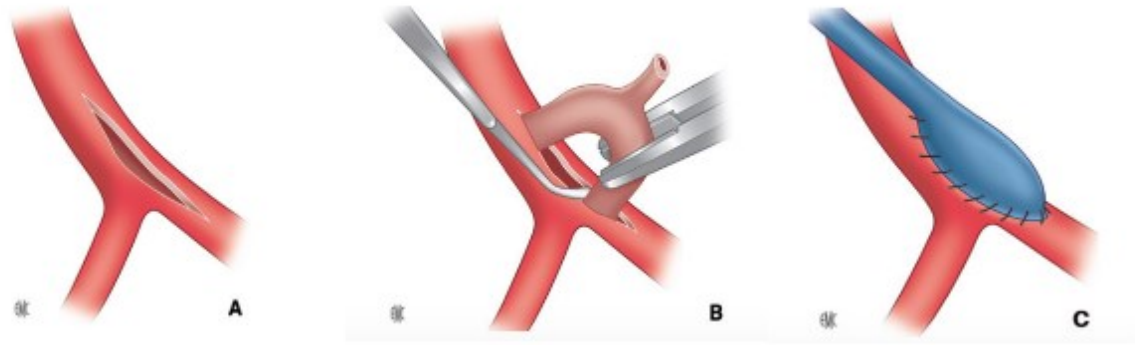


Figure 8 : Étape de l'endartériectomie coronarienne

- A.** Artériotomie transversale longue ; **B.** Endartériectomie au dissecteur.
- C.** Pontage long à l'aide d'un greffon veineux.

Figure reproduite avec la permission de Dr S.Rubin : Chirurgie des lésions acquises des artères coronaires, EMC — Techniques chirurgicales — Thorax, 2015 ; 10 (1) : 1-26.

Les cibles de l'EC sont essentiellement la CD et l'IVA (**Figure 9**). Les premiers résultats rapportés d'EC, qui étaient décevants, ont limité l'utilisation de cette technique. Elle servira que dans les cas où la réalisation du pontage de façon conventionnelle est impossible. En effet, les risques d'infarctus et de mortalité rapportés sont plus importants et les taux de perméabilité à long terme des pontages au site d' EC sont inférieurs aux pontages ordinaires.

Actuellement, jusqu'à 25 % des patients adressés en chirurgie présentent une coronaropathie artérielle diffuse (CAD), ces patients sont souvent des personnes âgées avec plusieurs facteurs de comorbidités. Le geste d'EC, généralement non planifié avant la chirurgie, servira d'outil fort utile pour le chirurgien en per procédure lui permettant d'offrir une revascularisation coronarienne la plus complète possible, aboutissant ainsi à un résultat optimal pour son patient.



Figure 9 : Plaque d'athérome retirée à travers une endartériectomie coronarienne droite

Figure reproduite avec modification sous permission de Dr M.Carrier

2.7 Pontage à cœur battant

Cette technique a été initialement développée pour des raisons économiques surtout dans les pays en voie de développement. Le pontage à cœur battant connaît actuellement un regain parallèlement à l'apparition de la vidéo chirurgie permettant d'offrir une CMI. Les pontages à cœur battant peuvent se faire par sternotomie médiane avec un prélèvement classique d'AMI, permettant d'aborder l'IVA et ses branches diagonales ou la CD, ou par thoracotomie gauche permettant l'accès aux branches de la Cx⁷¹.

Les avantages de cette technique sont une diminution de saignement per et post opératoire, une extubation plus précoce et des suites opératoires simplifiées.

Les inconvénients sont la difficulté technique de l'anastomose coronarienne et le caractère parfois incomplet de la revascularisation fournie.

Bien qu'elle soit économique en matériel, elle ne doit pas être en concurrence avec la chirurgie conventionnelle sous CEC, elle doit être une alternative pour le chirurgien qui doit la maîtriser. Elle nécessite une sélection de bons candidats et une pratique régulière.

Le pontage à cœur battant reste une alternative fort intéressante pour les patients monotronculaire de IVA, les patients présentant des contre-indications à la CEC, ainsi que les patients à haut risque chirurgical ⁷².

2.8 Problématique de la chirurgie cardiaque chez les personnes à risque élevé et objectifs de ce mémoire.

La chirurgie cardiaque est une chirurgie majeure présentant des risques pour tous ces candidats. Les personnes âgées constituent une sous-population particulière classée à risque pour ce type de chirurgie. Le risque est attribué à l'âge, au vieillissement et aux comorbidités associées. La chirurgie valvulaire aortique dans sa forme sténosante représente la chirurgie prédominante chez ce groupe de patient. En effet, l'espérance de vie anticipée est de plus en plus longue chez ce groupe de patients. Le risque à vie de survenue de complications liées à la nature de la prothèse est donc plus élevé. Le substitut valvulaire aortique idéal doit permettre :

- d'éviter le risque de complications liées à la prothèse et d'améliorer la survie.
- d'éviter la réintervention.
- d'assurer une bonne qualité vie.

Toutes les options thérapeutiques disponibles: prothèse mécanique, bioprothèse et TAVI, doivent être considérées chaque fois qu'une indication chirurgicale est retenue chez cette population. Les avantages et inconvénients de chacune de ces prothèses ont été discutés dans le chapitre 1. Dans le présent mémoire, nous avons choisi de définir la personne âgée comme un patient de plus de 65 ans et la personne à risque celle présentant des comorbidités cardiovasculaires ou autres. Le choix d'un type de substitut aortique a donc un impact majeur dans le devenir de ces patients. C'est ainsi que la bioprothèse demeure la première option chez cette population, car elle permet de minimiser le risque lié à l'anticoagulation à vie, mais expose le patient aux risques de réintervention liés au phénomène de dégénérescence structurale spécifique à ce type de prothèse. Associé à ça, il est bien établi à l'heure actuelle que les risques

liés à la chirurgie cardiaque, présentés principalement par la durée de procédure et le temps d'ischémie myocardique, augmenteraient certainement la morbi-mortalité chez cette population.

Le premier objectif de ce mémoire est donc de rapporter la place des nouvelles prothèses sans sutures représentées ici par la Perceval et de décrire les résultats à court et long terme après son implantation lors d'un RVA. Notre travail consistera d'abord à l'évaluation de la survie chez cette population. Nous décrirons ensuite les complications observées avec ce type de prothèse, réintervention, dégénérescence, fuite paravalvulaire et nécessité d'implantation de stimulateur cardiaque permanent. Ce travail permettra d'évaluer aussi bien l'efficacité clinique que hémodynamique par un suivi échocardiographique de cette prothèse dédiée à ce sous-groupe de patients.

Par le fait même de la mise en marché récente des V-SS, peu de données portant sur leurs détériorations structurales au fil des années sont disponibles. La deuxième étude présentée dans ce mémoire s'adresse à cette question spécifique. Il s'agit d'une étude rétrospective rapportant l'expertise de l'Institut de Cardiologie de Montréal dans la prise en charge de ces premiers cas de dégénérescence de la Perceval. Cette même étude a permis de montrer la complémentarité inattendue entre les deux techniques (TAVI & V-SS), longtemps considérées comme ennemi dans plusieurs centres de chirurgie cardiaque.

Les patients atteints de coronaropathie avancée sont de mauvais candidats à la revascularisation coronarienne. Une artère coronaire infiltrée de manière diffuse avec un faible flot distal ne se prête généralement pas à une IPC et le PAC reste une option marginale. Dans de tels cas, une revascularisation complète peut ne pas être obtenue chez une proportion significative de patients. En conséquence, un grand nombre de patients souffriront d'angor post-revascularisation, d'une qualité de vie sous-optimale et d'un pronostic limité. L'endartériectomie chirurgicale de l'artère coronaire a servi d'outil utile dans la prise en charge de ces patients. Son rôle exact et son impact en tant que complément au PAC restent contestés à ce jour. Les premières expériences avec la EC ont rapporté une morbidité et une mortalité périopératoires élevées, mais des données récentes suggèrent qu'elle peut être réalisée en toute sécurité avec de bons résultats cliniques.

La troisième étude présentée dans le cadre de ce mémoire fournit une évaluation clinique et angioscannographique de l'utilisation de l'EC à l'ère actuelle de la chirurgie des PAC. Bien que l'évaluation postopératoire de la perméabilité des PAC soit traditionnellement réalisée par angiographie par cathéter, cette technique n'est pas sans risques. De plus, les progrès récents dans la technologie de tomodensitométrie ont fait en sorte que cette technique d'imagerie permet actuellement l'évaluation précise de la maladie coronarienne et de l'évaluation de la perméabilité des pontages coronariens. L'angiographie par tomodensitométrie (angio-TDM) a été utilisée en post opératoire dans notre cohorte pour évaluer la perméabilité du greffon, du site d'EC et des artères coronaires natives.

Chapitre 3 — Présentation des articles

Les trois articles présentés dans ce chapitre répondent aux objectifs présentés à la fin du chapitre 2.

Le premier article « Long Term Clinical and Hemodynamic Outcomes with the Perceval S sutureless aortic valve » a été soumis en Mars 2021 au journal *The Annals of Thoracic Surgery*. Le second article a été publié en Juillet 2019 dans le journal *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, il s'intitule « Sutureless and Transcatheter Aortic Valve Replacement: When Rivals Becomes Allies ». Le dernier article intitulé « Coronary Endarterectomy in Patients with Diffuse Coronary Artery Disease. Assessment of graft patency with Computed Tomography Angiography » a été soumis en Mars 2021 au journal *The Annals of Thoracic Surgery*.

La version intégrale des manuscrits soumis est présentée dans les prochaines pages avec l'accord des co-auteurs. Les épreuves PDF du second article sont également disponibles en annexe.

(Annexe 1)

Long Term Clinical and Hemodynamic Outcomes with the Perceval S Sutureless Aortic Valve

Mariam Ellouze, MD, Michel Carrier, MD, MBA, Louis P. Perrault, MD, PhD, Philippe Demers, MD, Yoan Lamarche, MD, Michel Pellerin, MD, Bianca Petri, BSc, Émilie Daigle, BSc, Denis Bouchard, MD, PhD,

From the Department of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute and *Université de Montréal*, Montreal, Canada

Short title: Long term outcomes with the Perceval S

Classifications: Aortic valve, replacement. Heart valve prosthesis. Outcomes

Word Count: 4172 words

Conflict of Interest: Dr. Bouchard declared to be a proctor for Perceval in Canada and in the USA. All other authors have reported that they have no relationships relevant to the contents of this paper to disclose.

Source of funding: None

Corresponding author: Denis Bouchard, MD, Department of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute, 5000 Belanger Street, Montreal, QC, Canada H1T 1C8

Tel: 514-376-3330 Fax: 514-376-1355 Email: denis.bouchard@icm-mhi.org

Abstract

Background: The aim of this study is to report the safety, effectiveness and durability of the Perceval S in our initial cohort of patients undergoing AVR using this prosthesis.

Methods: A retrospective cohort of 215 consecutive patients who underwent AVR with Perceval S from Jun 2011 to December 2013 were selected for this study. Our objective is to obtain a more comprehensive understanding of the long-term data.

Results: Mean age was 78 ± 6 years. Concomitant procedures were performed in 97 patients (45%) and minimally invasive approaches were used in 67 patients (57%) (67/118). The EuroSCORE II was $5.8 \pm 5.7\%$. The 30 day mortality averaged 7% (15/215), 5.9% (7/118) for isolated AVR and 8.2% (8/97) in combined interventions. Post-operative complications included 49 (49/215, 23%) patients requiring permanent pacemaker (PPM) implantation and sixteen patients showing clinical evidence of stroke (16/215, 7%).

The NYHA class was improved in 84% of patients. Postoperative mean and peak pressure gradients decreased from 45 and 70 mmHg to 15 and 27 mmHg respectively, whereas the mean effective orifice area (EOA) improved from 0.8 to 1.6 cm². Two patients (2/215, 0.9%) underwent reoperation, both were diagnosed with structural valve deterioration, one of them was complicated by endocarditis. At the last echocardiography follow-up, done in 38 patients eight years after surgery, the mean gradient was 13 ± 8 mmHg, and the EOA was 1.8 ± 0.5 cm².

Conclusion: Clinical and hemodynamic performances were durable and comparable to other contemporary bioprosthesis at eight-year follow-up.

Keywords: Aortic valve replacement; Sutureless bioprosthesis; Perceval S Valve. Long term follow-up.

Introduction

Aortic valve replacement (AVR) is the treatment of choice for patients with severe aortic stenosis. The biological prosthesis is especially recommended for patients older than 65 years of age.¹ Open surgery for AVR with the use of cardioplegic arrest under cardiopulmonary bypass (CPB) remains the standard treatment. The Perceval S sutureless valve is a biologic prosthesis designed to facilitate implantation in aortic position with modern deployment technique.^{2,3} This particular valve has gained wide popularity in both minimally invasive and conventional aortic valve replacement. It has done so by reducing the aortic cross-clamp time and maximizing the effective valve orifice area by complete resection of the calcified aortic valve. Several studies have demonstrated the safety and efficacy of the sutureless valve prosthesis in both isolated and combined procedures.^{2,4,5} However, to date, only short-term results have been published. In the present study, we report eight years of surgical experience with the Perceval valve, along with clinical and echocardiographic long-term outcomes.

Materials and Methods

Between June 2011 and December 2013, 215 consecutive patients with symptomatic aortic valve disease underwent elective AVR using the Perceval sutureless aortic bioprosthesis at the Montreal Heart Institute. During this same period, in our institution, an average of 1200 patients underwent regular AVR procedures and 160 patients received TAVI. Choice of valves for AVR was at the discretion of the surgeon.

This study was approved by the in-house Institutional Research Ethics Board and written consent was obtained from each individual patient. This study is retrospective from a single centre. The patients were evaluated preoperatively, at device implantation, at discharge from hospital. Yearly follow-up was conducted when possible including a clinical evaluation, along with a transthoracic echocardiography (TTE).

The main end points of the study were aortic prosthesis valve-related mortality, stroke, reoperation on the aortic valve, prosthesis endocarditis and structural valve deterioration. The

effectiveness was assessed by the NYHA class and echocardiographic data, such as mean and maximum gradient as well as EOA.

Preoperative and perioperative data were obtained from a review of the patients' hospital charts. All patients underwent a clinical evaluation, and TTE at each follow-up visit. Complete follow up was obtained in 92% (197/215). The baseline patient characteristics were recorded.

Clinical outcomes were assessed in terms of all-cause mortality and post-operative valve-related complications. Valve-related events were defined as valve thrombosis, embolism, and bleeding events according to the American Association for Thoracic Surgery guidelines for reporting morbidity and mortality after cardiac valve interventions.⁶

Sizing and Surgical Procedure

The Perceval valve is a surgical bioprosthesis heart valve, composed of bovine pericardium leaflets and the stent is made of an elastic nickel-titanium alloy covered by a thin coating of carbofilm stent to improve biocompatibility (Figure 1). The features of two ring segments were designed to support the valve and allow the prosthesis to anchor without any permanent suture. The valve then collapses using a traumatic device compression without damaging the prosthesis leaflets.

Two surgical approaches were used at implants at the discretion of the surgeon: classic sternotomy or a minimally invasive cardiac surgery. Extracorporeal circulation and cross-clamping were used in both approaches, while a transverse aortotomy was performed 2 cm above the commissures (1 cm higher than classic aortotomy).⁷ After the calcified aortic valve was excised, the aortic annulus was decalcified, and dedicated sizers were used to establish precise implant size. The implantation technique including several steps was previously described.^{2,3} Once the procedure was completed, the most appropriate anticoagulation treatment was determined according to each patient's clinical condition.

Statistical Analysis

Continuous variables are presented as mean \pm SD or the median value, and categorical variables are presented as frequency (percent). Statistical analyses were performed using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 26 (Chicago, IL USA). Survival, freedom from reoperation, degeneration and heart failure were obtained with the Kaplan- Meier method using the SAS software (Version 9.4; SAS institute INC, Cary, NC).

Results

Early Outcomes

Patient's Demographics and Procedural Outcomes

Preoperative data are detailed in Table 1. The mean age of the 215 patients was 78 ± 6 (range, 56–88 years) years old; 43.7% whom of which were older than 80 years of age. At the time of surgery, most patients 67% (143/215) were classified as a functional class 3 and 4 of the New York Heart Association (NYHA). Valve stenosis due to degenerative disease was diagnosed in the vast majority (193/90%), whereas a total of 191 patients (191/215, 89%) had calcified and tricuspid aortic valves. The Perceval prosthesis was implanted in 23 patients with congenital bicuspid valves.

The mean European System for cardiac Operative Risk score (EuroSCORE II) was 5.9 ± 5.7 , and the mean Society of Thoracic Surgeons score was 5.7 ± 4.1 . Twenty-nine (29/215, 13.5%) patients had previously undergone cardiac surgical procedure. The preoperative aortic mean gradient averaged 45 ± 18 mmHg, the average peak gradient was 70 ± 27 mmHg, the EOA was 0.8 ± 0.3 cm², the LVEF was 58 ± 8 and the LV mass was 109 ± 31 (g). Ninety-seven patients underwent concomitant surgery: CABG (n = 80), mitral valve surgery (n = 9), tricuspid valve repair (n= 3), ascending aorta replacement (n= 4) and others in one case. Of 215 patients, 148 patients (69%) underwent median sternotomy, whereas the remaining 67 patients (31%) underwent a minimally surgical approach. (32 mini-sternotomies, 35 mini-thoracotomies). Prostheses sizes used are described in Table 1.

CBP time averaged 73 ± 33 minutes and aortic cross-clamp was 55 ± 24 minutes for the entirety of the cohort. Operative data are summarized in Table 2

Early Mortality, Morbidity and Functional status

Early mortality (≤ 30 days) from all causes was noted in 7% (15/215) of patients. Five patients died from congestive heart failure, four patients from multiorgan failure, and the others from arrhythmia and sepsis. Early mortality in isolated AVR averaged 5.9% (7/118) and 8.3% (8/97) in patients who underwent combined procedures.

The mean length of stay in the intensive care unit was recorded at 4.8 ± 5.4 (median 3, range 1–35) in isolated AVR while being at 5.8 ± 8.3 days (median 3 days, range 1–64 days,) in combined cases. The Hospital stay was 11.5 ± 7.8 days (median 9, range 4–36 days) for isolated cases while it was and 12.5 ± 11 days (median 10 days, 4–80) for combined cases.

Adverse events were reported according to current guidelines in Table 3. Fifteen (7%) patients developed renal failure requiring short term dialysis. Sixteen (7.4%) patients had postoperative stroke with clinical sequela and confirmed with CT imaging. Mild paravalvular leak (PVL) was detected in 34 patients (15.8%) and no severe PVL noticed.

A total of 31 (14.4%) patients had new onset postoperative third degree atrio-ventricular block (AVB), though 56 (26%) patients had a new postoperative left bundle branch bloc. Notably, 23% (49/215) of the patients required PPM implantation during their hospital stay. No cases of valve thrombosis, valve-related hemolytic anemia, structural valve deterioration or valve migration after surgery were reported in this early experience.

TTEs at hospital discharge show a mean gradient averaging 15 ± 6 mmHg and a mean EOA of 1.6 ± 1 cm². LV mass decreased from 109 ± 31 preoperative to 99 ± 28 post-surgery ($P=0.02$). Moderate PVL occurred in 3.3% (7/215) of patients who did not require any treatment, the leak remained stable in five of the seven patients and decreased in two patients at follow-up echocardiography. Furthermore, 27 patients with trivial PVL remained stable at follow-up. A central mild regurgitation was confirmed in 40 patients (40/215, 19%), while only 3 cases (1.4%)

had moderate central regurgitation. Bacterial endocarditis occurred in one patient at the follow-up.

When we compared the early outcomes of patients who underwent AVR by sternotomy versus minimally invasive surgery, there was no statistical difference between the two procedures for early mortality, stroke, AVB, the need of PPM and the PVL.

Late Outcomes

Clinical and Hemodynamic

Echocardiography imaging at follow-up showed good hemodynamic performance of the prosthetic valve: the mean gradient was 13.2 ± 6 mmHg at 1 year and 12.7 ± 8 mmHg at 8 years, the EOA was 1.6 ± 0.5 cm² at one year and 1.8 ± 0.5 cm² at 8 years. LV mass regressed, from 107 ± 31 g pre-operative to 84 ± 21 g at eight years follow up ($P = 0.02$). Table 4 shows the hemodynamic performance as evaluated by TTE.

During the follow up, no worsening in the rate of PVL was noted, with 11.3% (19/169) of patients with trivial PVL and 0.6% (1/169) with mild to moderate PVL.

Functional results are given as post-operative NYHA class in Table 5. Taking into account that 60% of patients were classified as NYHA class III and 7% as NYHA class IV preoperatively, most remained as NYHA class I and II during the follow-up period.

The Kaplan-Meier survival curve is shown in Figure 2. Patient survival averaged $84.5 \pm 1\%$, $79 \pm 2\%$, $40 \pm 2\%$ and $22 \pm 3\%$ at 1, 2, 5 and 8 years following surgery respectively.

During extended follow-up, the rate of freedom from reoperation was 99% (Figure 3). Prosthetic valve degeneration occurred in 2 patients with the Perceval bioprosthesis. Both patients presented with worsening dyspnea on exertion and were diagnosed with moderate intervalvular aortic regurgitation and elevated trans aortic gradients. This finding was at 28 months in the first patient after the implantation of a X large-sized Perceval (27mm) and at 36 months in the second patient after the implantation of a large-sized Perceval (25mm). These patients underwent

reoperation with sutured aortic bioprosthesis. Figure 4 shows the survival -free from prosthetic valve structural valve degeneration.

Discussion

Aortic stenosis is the most common valvular heart disease in adults. Aortic valve replacement using stented valves is the conventional standard approach in the treatment of symptomatic aortic valve disease. In addition to that, the mean age patients referred for AVR has been increasing along with demographic changes. With that, the operative risk increases with age and comorbidities. To avoid lengthy ischemia times as well as long periods of extracorporeal circulation, the sutureless technology recently has been developed as an alternative to stented valves in high-risk patients to simplify and reduce operative times.^{1,8,9}

The purpose of this study is to report the long-term experience with the Perceval S prosthesis. The present study demonstrates that the prosthesis is safe and performs well in patients with advanced age and coexisting morbidities. In our cohort of patients, up to 44% of the patients were 80 years older.

The sutureless valves have been developed to make valve implantation faster, safer and less invasive. Ranucci and colleagues reported that the aortic cross clamp time is an independent predictor of severe cardiovascular morbidity, with an increased risk of 1.4% per minute.¹⁰ This finding was confirmed by the CAVALIER study, the procedural times were shortened 40% compared with traditional AVR.¹¹

The Perceval valve had adaptability to various surgical approaches. The use of sutureless technology can facilitate the implantation either via full sternotomy or minimally invasive approach (ministernotomy or right anterior minithoracotomy) as shown in our study and many others.¹²⁻¹⁴ The Perceval was designed to lead to native valve removal and decalcifications of the annulus, making it more beneficial than the transcatheter procedure,^{9,15} by reducing inconvenience due to the inability to remove the stenotic aortic valve.

The valve has now been implanted in more than 50,000 patients worldwide.¹⁶ Several studies have reported excellent results in terms of short-term outcomes, hemodynamic performances, and structural valve deterioration and freedom from reoperation at 1-year follow-up.^{4,5} However, there is little data on long-term hemodynamic outcomes.

Szcecl D and colleagues reported that the long-term clinical data among patients implanted with the Perceval valve are promising with low rates of leak, and of valve deterioration or thrombosis.¹⁶

Our centre started using the Perceval S in June 2011. The present study was designed to evaluate the clinical and hemodynamic performance of the Perceval S with short and long term follow-up. Our clinical and hemodynamic results at 30 days are similar to reports from the CAVALIER trial; ^{11,17} low complications rates and favorable hemodynamic results. At the short term, events rates were: 6.9% for mortality, 2.8% stroke, 0.9% valve reoperation, 0.46% for endocarditis, and no major paravalvular leak. Two cases of structural valve deterioration at 3 and 5 years from implantation were documented. There were no cases of valve thrombosis and no prosthesis migration were identified in the present study. Minor paravalvular leakage occurred in 34 patients and 7 cases of moderate leakage was noted. The majority regress at follow-up without specific intervention.

Several studies reported high rates of postoperative pacemaker implantation in 6 to 10% of patients.^{11,18} However, the pacemaker implantation rate reported in the present study was 23%. This high rate is attributed to our very elderly patient population (44% over 80 of age) and the presence of a multitude of comorbidities such as many preoperative chronic arrhythmia. In addition to this, our electrophysiologist team considers that a new LBBB acquired after AVR significantly increases the risk of subsequent arrhythmic events, essentially in the first year of follow up. They believe to be most effective by implantation of prophylactic pace maker in the immediate post-operative period and before the patient's discharge.¹⁹ This finding should also be interpreted in the light of the learning curve effect with this new device, the sizing technique and the use of a balloon-expandable device.²⁰

Meuris and colleagues²¹ reported 5 years of experience with Perceval S with good hemodynamic function at the final follow-up, as well as low trans-valvular pressure gradients (mean, 12 mm Hg

and peak, 23 mm Hg). The stable hemodynamic results support the effectiveness and safety of the sutureless valve in high-risk populations. The present study showed similar echocardiographic performance of this prosthesis over time with large aortic effective orifice area and low trans aortic gradient.

At 8-year follow-up, the event rates related to the prosthesis remain low with 0, 9% of patients needing valve reoperation for structural valve deterioration. No late endocarditis and no major paravalvular leak were identified.

Some limitations of this study include its retrospective nature, the absence of a control group, as well as the patient and prosthesis selection by the surgeon.

The COVID19 pandemic has gravely affected the aging population around the world, and the local impact on our surgical population was significant. The increase in the number of deaths in Quebec in 2020 were notably elevated between the end of March 2020 and the beginning of June 2020. Unfortunately, a total of 20 patient deaths were caused by the complication of COVID during this period. This partly explains the abrupt change in the survival curve of our cohort of elderly patients.

Conclusion

The Perceval S sutureless valve presents clinical and hemodynamic performances that is similar to contemporary bioprosthesis at 8-year follow up. These encouraging results indicate that the sutureless technology is a promising alternative to the standard biological valves and facilitate minimally invasive technique, especially in elderly and high-risk patients.

References

1. McClure RS, Narayanasamy N, Wiegerinck E, et al. Late outcomes for aortic valve replacement with the Carpentier-Edwards pericardial bioprosthesis: up to 17 years follow-up in 1,000 patients. *Ann Thorac Surg.* 2010; 89:1410-1416.
2. Shrestha M, Timm R, Höffler K, Nurbol K, Khaladj N, Hagl C, Haverich A. Minimally invasive aortic valve replacement with self-anchoring Perceval valve. *J Heart Valve Dis.* 2013; 22:230-235
3. Flameng W, Herregods MC, Hermans H, et al. Effect of sutureless implantation of Perceval S aortic valve bioprosthesis on intraoperative and early post-operative outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011; 142:1453-1457
4. Rubino AS, Santarpino G, De Praeter H, et al. Early and intermediate outcome after aortic valve replacement with a sutureless bioprosthesis: results of a multicenter study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014; 148:865-871.
5. Phan K, Tsai YC, Niranjana N, et al. Sutureless aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis. *Ann Cardiothorac Surg.* 2015; 150:84-88
6. Akins CW, Miller DC, Turina MI, et al. STS; AATS; EACTS. Guidelines for reporting mortality and morbidity after cardiac valve interventions. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008; 33:523-8
7. Gersak B, Fischlein T, Folliguet TA, et al. Sutureless, rapid deployment valves and stented bioprosthesis in aortic valve replacement: recommendations of an International Expert Consensus Panel. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016; 49:709-718.
8. Schwarz F, Baumann P, Manthey J, et al. The effect of aortic valve replacement on survival. *Circulation.* 1982; 66:1105-1110
9. Powell R, Pelletier MP, Chu MWA, Bouchard D, Melvin KN, Adams C. The Perceval Sutureless Aortic Valve: Review of Outcomes Complications, and Future Direction. *Innovations (Phila).* 2017; 12:155-173.

10. Ranucci M, Frigiola A, Menicanti L, et al. Aortic cross clamp time, new prostheses, and outcomes in aortic valve replacement. *J Heart Valve Dis.* 2012; 21:732-739.
11. Laborde F, Fischlein T, Hakim- Meibodi K, et al. Clinical and Haemodynamic outcomes in 658 patients receiving the Perceval suturless aortic valve: early results from a prospective European multicenter study (The CAVALIER Trial). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016; 49:978-986.
12. Santarpino G, Pfeiffer S, Schmidt J, Concistrè G, Fischlein T. Sutureless aortic valve replacement: First -year-single centre experience. *Ann Thorac Surg.* 2011; 94:504-509.
13. Gilmanvo D, Farneti P, Miceli A, Bevilacqua S, Glauber M. Perceval S sutureless aortic valve prothesis implantation via right anterior minithoracotomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2013; 2013:mmt012.
14. Brown ML, McKellar SH, Sundt TM, Schaff HV. Ministernotomy versus conventional sternotomy for aortic valve replacement: a systemic review and meta-analysis. *J Thoracic Cardiovasc Surg.* 2009; 137:670-679.
15. D'Onofrio A, Salizzoni S, Rubino AS, Besola L, Filippini C, Alfieri O, et al. The rise of new technologies for aortic valve stenosis: A comparison of sutureless and transcatheter aortic valve implantation. *J Thorac Cardio Vasc Surg.* 2016; 152:99-109.e2.
16. Szecel D, Meuris B. Long term outcome with sutureless valves: 12 years of perceval experience. *Ann Cardio thorac Surg.* 2020; 9:322-324.
17. Fischlein T, Meuris B, Hakim- Meibodi K, et al. The sutureless aortic valve at 1 year: A large multicenter cohort study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016; 151:1617-1626.e4.
18. Vogt F, Pfeiffer S, Dell' Aquila AM, Fischlein T, Santarpino G. Sutureless aortic valve replacement with Perceval bioprosthesis: are the predicting factors for post operative pace maker implantation? *Interact CardioVasc Thorac Surg.* 2016; 22:253-258.

19. El-Khally Z, Thibault B, Staniloae C, et al. Prognostic significance of newly acquired bundle branch block after aortic valve replacement. *Am J Cardiol.* 2004; 94:1008-1011.
20. Chauvette V, Mazine A, Bouchard D. Ten year experience with the Perceval S sutureless prosthesis: lessons learned and future perspectives. *J Vis Surg.* 2018; 4:87.
21. Meuris B, Flameng W, Laborde F, Folliguet T, Haverich A, Shrestha M. Five-year results of the pilot trial of a sutureless valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015; 150:84-88.

Table 1. Baseline Preoperative Data

Patients	N =215 (%)
Mean Age (Years; mean +/- SD)	78 ± 6 Range (56–88)
≥ 80	94 (43.7)
Sex	
Female	106 (49.3)
Male	109 (50.7)
Mean BMI	28 ± 4.3
Risk Factors	
Hypertension	181 (84.2)
diabetes	87 (40.5)
hyperlipidemia	174 (81)
smoking	71 (33)
COPD	42 (19.6)
Coronary artery disease	125 (58)
Renal insufficiency	47 (22)
PAD	37 (17)
Stroke TIA	32 (15)
Previous cardiac surgery	29 (13)
Mean Euroscore II +/- SD	5.9 ±5.7
Mean STS score +/-SD	5.7 ±4.1
 Echocardiography data	
Mean gradient (mmHg)	45 ± 18
Peak gradient (mmHg)	70 ± 27
Effective orifice area (cm 2)	0.8 ±0.3
LV EF %	58 ± 8

LV mass (g)	109 ± 31
Type of the valve lesion	
Stenosis	193 (90)
Stenosis/insufficiency	16 (7)
Insufficiency	6 (3)
NYHA	
I	13 (6)
II	59 (28)
III	128 (60)
IV	15 (7)
Rhythm disorders	
Previous atrial fibrillation	63 (29)
Previous heart block	10 (5)

BMI, Body Mass index; COPD, Chronic Obstructive Pulmonary Disease; LV mass, left ventricular mass; LVEF, Left ventricular ejection fraction; NYHA, New York heart association Functional class; PAD, Peripheral artery disease; STS, Society of Thoracic Surgeons' score; TIA, Transient ischemic attack.

Table 2. Operative Data/Procedure Timing

Patients	N = 215 (%)
<i>Surgical approach</i>	
Sternotomy	148 (69)
Mini Sternotomy	32 (15)
Mini Thoracotomy	35 (16)
Aortic Valve Condition	
Tricuspid	191 (89)
Bicuspid	23 (10.7)
Unicuspid	1 (0.3)
Prostheses Size	
Small/21	48 (32)
Medium/23	71 (33)
Large/25	36(36)
X Large/27	28 (13)
Concomitant procedures	
CABG	80 (37)
Others cardiac procedures	17 (8)
MVS	9
TVR	3
As Ao R	4
others	1

CABG, Coronary Artery Bypass Grafting; CPB, cardiopulmonary bypass; AsAoR, ascending Aorta replacement; MVS, Mitral valve surgery (replacement or repair); TVR, Tricuspid valve repair.

Table 3. Post-Operative Data and Adverse Events

Patients	N = 215 (%)
Death	15 (7)
Stroke	16 (7)
Renal Insufficiency	15 (7)
Endocarditis	1
Structural Prosthesis Deterioration	2
New Arrhythmia (without preoperative cardiac abnormalities)	
AF	106 (49)
AVB III	31 (14)
LBBB	56 (26)
Permanent pacemaker	49 (23)
Echocardiography data	
Mean gradient (mmHg)	15 ± 6
Peak gradient (mmHg)	27 ± 11
EAO (cm²)	1.7 ± 1
LV mass (g)	99 ± 28
EF (%)	57 ± 8
Intraprosthetic regurgitation	
Mild	40 (19)
Major (≥ 2)	3 (1.4)

Paravalvular Leak

Mild	27 (12)
Moderate	7 (3)
Severe (≥ 2)	0

AF, Atrial Fibrillation; AVB III, Atrio ventricular block; LBBB, left bundle branch block; LV mass, left ventricular mass; EAO, Effective orifice area; EF, ejection fraction.

Table 4. Hemodynamic performance from preoperative to last follow-up.

Variable	Preoperative	At discharge	1 year	3–6 years	7–9 years
	N = 215	N = 200	N = 169	N =130	N = 38
Mean gradient (mmHg)	45 ± 18	15 ± 6	13.2 ±6	14 ± 9	12.7 ±8
Peak gradient (mmHg)	70 ± 27	27 ± 11	24 ± 9	23 ± 14	21 ± 11
EAO (cm 2)	0.8 ±0.3	1.6 ±1	1.6 ±0.5	1.7 ±0.5	1.8 ±0.5
LV mass (g)	109 ± 31	99 ± 28	97 ± 26	98 ± 27	84 ± 21
EF (%)	58 ± 8	57 ± 8	57 ± 8	58 ± 7	57 ± 6
Paravalvular leakage					
Trivial	-	27	19	27	0
Mild-Moderate	-	7	1	1	0
Central regurgitation					
Trivial	-	40	26	27	9
Mild -Moderate	-	3	7	7	3

N, number of patients studied; EAO, Effective orifice area; LV mass, left ventricular mass; EF, ejection fraction.

Table 5. Post-Operative Symptoms According to NYHA Class

NYHA Class	Preoperative	At discharge	1 year	7–9 years
	N = 215	N = 200	N = 169	N = 78
I	13	109	97	46
II	59	61	60	22
III	128	20	8	10
IV	15	10	4	0

N, number of patients studied; NYHA, New York Association.

Figure Legends

Figure 1. The Perceval Bioprosthesis



Figure 2. The Kaplan -Meier Survival Curve

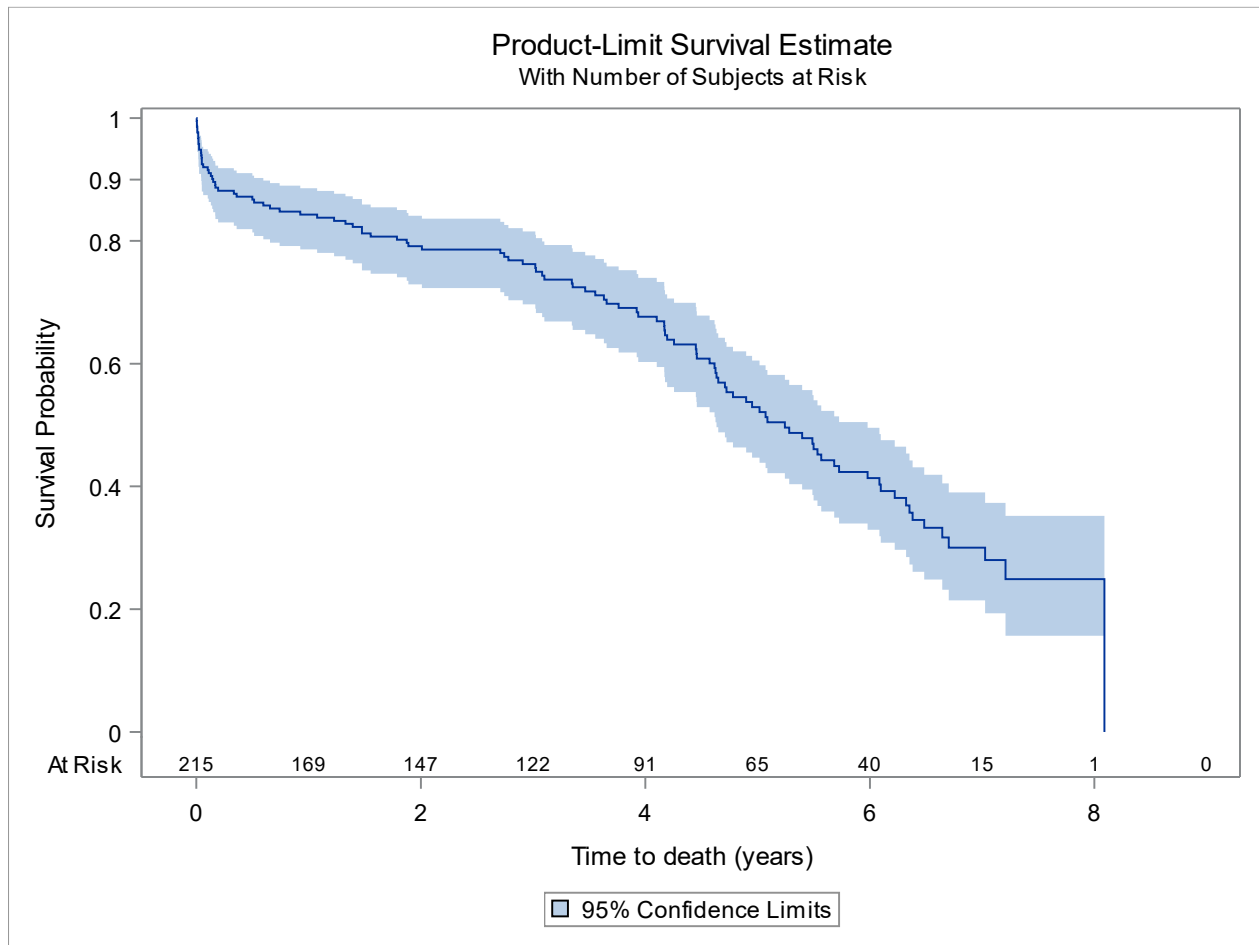


Figure 3. The Kaplan -Meier Survival Curve without Reoperation

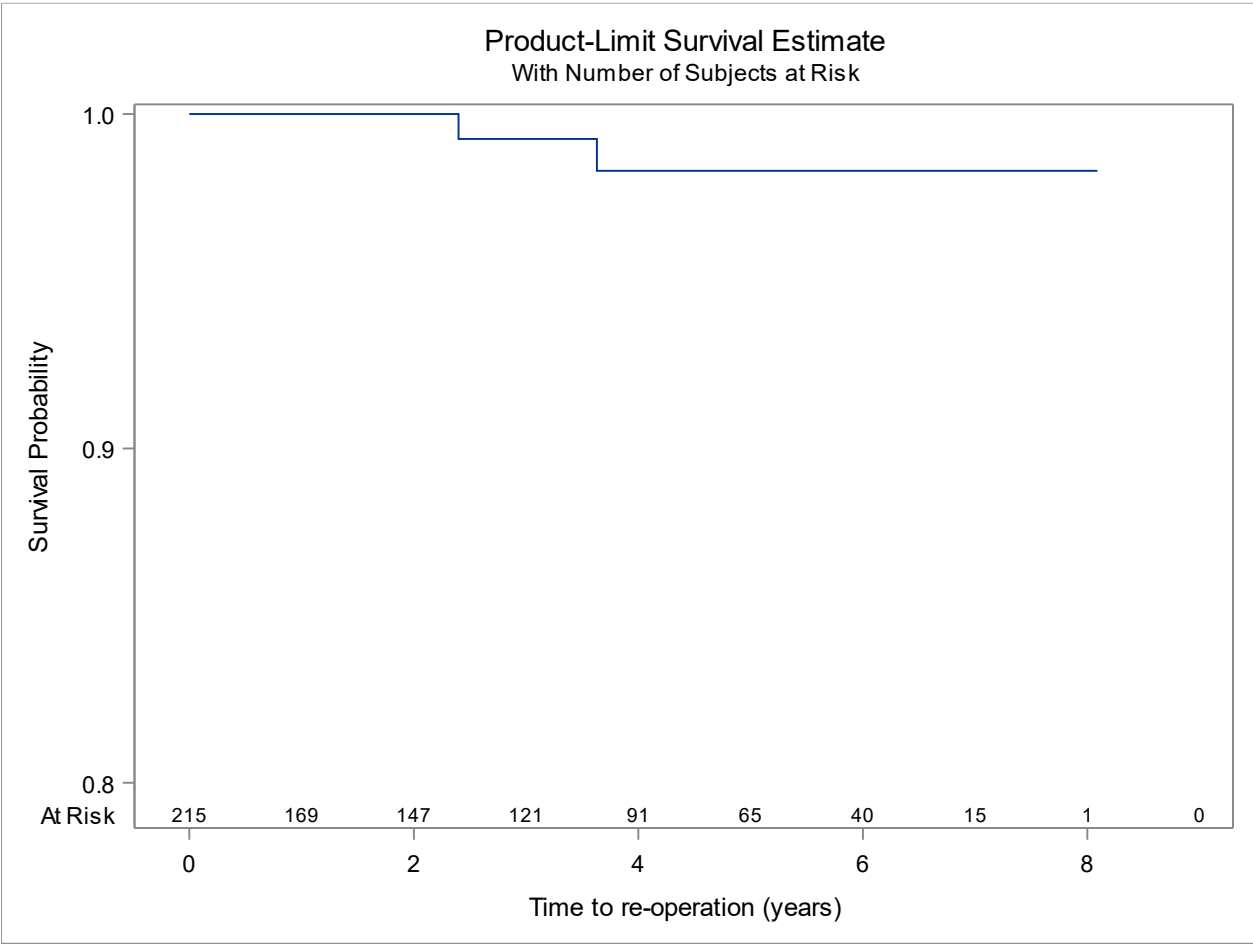
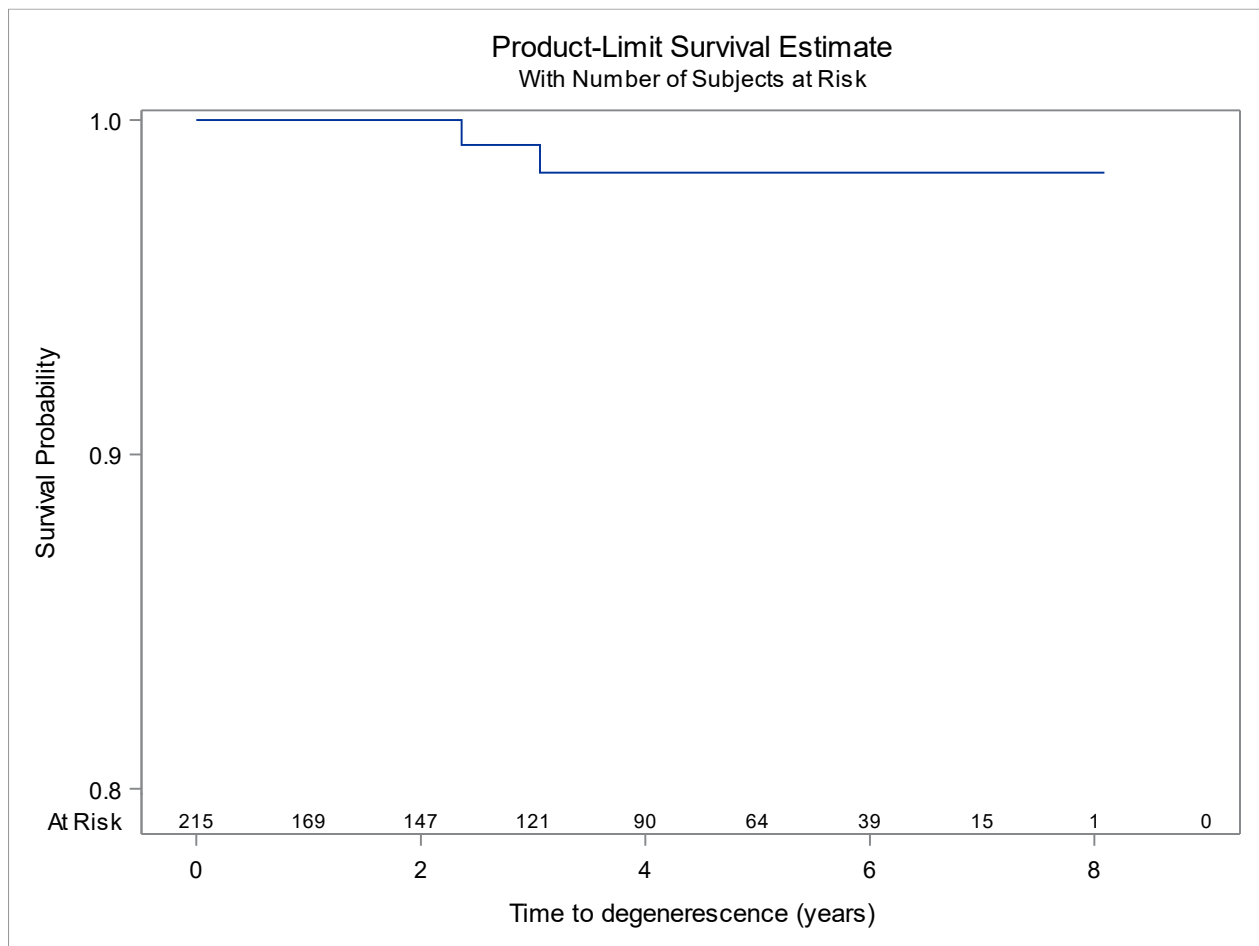


Figure 4. The Kaplan -Meier Survival Curve without Degeneration



Sutureless and Transcatheter aortic valve replacement: When rivals become allies

Mariam Ellouze, MD, ^a Amine mazine MD, Msc, ^a Michel Carrier, MD, MBA, ^a Denis Bouchard, MD, PhD^a

From the ^aDepartment of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute and *Université de Montréal*, Montreal, Canada

Word Count: 4172 words

Conflict of Interest: M.C. and D.B. disclose that they have received proctorship fees from Sorin Canada.

Source of funding: None

World count: 2826 (all included)

Corresponding author: Denis Bouchard, MD, Department of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute, 5000 Belanger Street, Montreal, QC, Canada H1T 1C8

Tel: 514-376-3330 Fax: 514-376-1355 Email: denis.bouchard@icm-mhi.org

ABSTRACT

Objective: In recent years, sutureless aortic valve replacement (SU-AVR) and transcatheter aortic valve replacement (TAVR) have emerged as viable alternatives to standard surgical aortic valve replacement (AVR) in higher-risk patients. We report seven cases in which SU-AVR and TAVR were used as bailout procedures for each other.

Methods and Results: Between June 2011 and August 2018, 626 patients underwent SU-AVR with the Perceval S prosthesis, and 588 patients underwent TAVR at the Montreal Heart Institute. Herein, we report the cases of seven patients who underwent both procedures within a short time frame: three patients who underwent SU-AVR with a Perceval prosthesis after a failed TAVR procedure, three patients who underwent TAVR after degeneration of a surgically implanted Perceval sutureless prosthesis, and one patient who was scheduled for multiple percutaneous interventions—including TAVR, right coronary angioplasty, atrial fibrillation ablation with left atrial appendage occlusion—who suffered a peri-procedural complication requiring an emergent surgery, during which a Perceval sutureless prosthesis was deployed. All patients were discharged home alive. Two patients suffered a complete heart block requiring permanent pacemaker implantation.

Conclusion: We demonstrate that SU-AVR with the Perceval S prosthesis and TAVR are complementary procedures within the therapeutic armamentarium to treat aortic valve disease in higher-risk patients. Specifically, valve-in-valve TAVR is an attractive option in the setting of Perceval prosthesis degeneration, whereas SU-AVR is a useful bailout option in the context of peri-procedural failure of a TAVR.

Key Word: sutureless bioprosthesis; transcatheter valve replacement; structural valve degeneration

INTRODUCTION

Aortic valve replacement (AVR) is the only therapy that has been shown to alter the natural history of aortic stenosis.¹ While surgical AVR is the gold standard, transcatheter aortic valve replacement (TAVR) has emerged as the treatment of choice for inoperable and high-risk patients,² as well as a viable alternative to surgical AVR for intermediate risk patients. More recently, sutureless aortic valve replacement (SU-AVR) has been introduced as yet another alternative to standard surgical AVR.³ The Perceval S aortic bioprosthesis (Sorin Biomedica, Sallugia, Italy) is the most commonly used sutureless bioprosthesis, and has been shown to reduce operative times and potentially improve early outcomes.⁴ In particular, patients who undergo SU-AVR have lower rates of paravalvular leakage (PVL) compared with patients undergoing TAVR⁵. This is likely due to the fact that SU-AVR allows for removal of the diseased valve/degenerated prosthesis, whereas TAVR does not.

Between June 2011 and August 2018 at the Montreal Heart Institute, 626 patients underwent SU-AVR with the Perceval S prosthesis and 588 patients underwent TAVR. While SU-AVR and TAVR are often viewed as competing therapies,⁶ our group considers them to be complementary tools within the therapeutic armamentarium to treat aortic valve disease in higher-risk patients. To illustrate this concept, we report seven cases in which SU-AVR and TAVR were used as bailouts for each other.

CASE PRESENTATIONS

Case 1:

A 79-year-old woman presented with severe symptomatic aortic regurgitation and stenosis three years after implantation of a medium-sized (23 mm) Perceval sutureless prosthesis. The patient was in New York Heart Association (NYHA) functional class III. Her medical history was significant for type 2 diabetes, obesity, hypothyroidism, hypercholesterolemia, and end-stage renal disease. The case was reviewed by our Heart Team, and a decision was made to proceed with TAVR rather than reoperation, given the patient's high surgical risk. The procedure was carried out under mild sedation and via a transfemoral approach. Using rapid pacing and

transesophageal echocardiographic (TEE) guidance, a 26 mm CoreValve (Medtronic Inc, Minneapolis, Minnesota) was successfully deployed inside the degenerated Perceval prosthesis with excellent result, and an angioplasty of the left anterior descending artery was concomitantly performed. The mean transaortic gradient decreased from 40 mmHg to 9 mmHg. A pre-discharge echocardiogram showed an aortic valve area (AVA) of 1.4 cm², with trivial regurgitation. The patient was asymptomatic at follow-up 8 months after TAVR.

Case 2:

An 84-year old woman was diagnosed with severe symptomatic aortic stenosis and underwent SU-AVR with a small (21 mm) Perceval sutureless prosthesis, as well as coronary bypass grafts to the left anterior descending and obtuse marginal arteries. Four years later, she presented with worsening dyspnea on exertion, and was diagnosed with severe intra-valvular aortic regurgitation and elevated trans-aortic gradients. Her medical history was significant for type 2 diabetes and hypercholesterolemia. Given the patient's age, and the presence of patent coronary bypass grafts, our Heart Team decided to proceed with TAVR. The procedure was carried out under mild sedation and via a transfemoral approach. Using rapid pacing and TEE guidance, a 23 mm Sapien valve was successfully deployed with excellent results. The mean transaortic gradient decreased from 34 mmHg to 7 mmHg. A pre-discharge echocardiogram showed an AVA of 1.9 cm², with no residual regurgitation. The patient was asymptomatic at follow-up 6 months after TAVR.

Case 3:

An 86-year old man was diagnosed with severe symptomatic aortic stenosis and underwent SU-AVR with a large (25 mm) Perceval sutureless prosthesis, as well as coronary bypass grafts to the left anterior descending and posterior interventricular arteries. Four years later, he presented with worsening dyspnea on exertion, and was diagnosed with left ventricular dysfunction and elevated trans-aortic gradients. His medical history was significant for type 2 diabetes and hypercholesterolemia. Given the patient's age, and the presence of patent coronary bypass

grafts, our Heart Team decided to proceed with TAVR. The procedure was carried out under mild sedation and via a transfemoral approach. Using rapid pacing and TEE guidance, a 26 mm Sapien valve was successfully deployed with excellent results. The mean transaortic gradient decreased from 60 mmHg to 10 mmHg. Post-procedurally, the patient developed complete AV block which prompted implantation of a permanent pacemaker 8 days post-TAVR. A pre-discharge echocardiogram showed an AVA of 1.6 cm², with no residual regurgitation. The patient was asymptomatic at follow-up 1 month after TAVR.

Case 4:

An 85-year old woman was diagnosed with severe symptomatic aortic stenosis. The patient was in NYHA class III. Her medical history was significant for hypercholesterolemia, multiple sclerosis, left hemiplegia and end-stage renal disease. After review by our Heart Team, it was decided to proceed with TAVR. Deployment of a 31 mm CoreValve prosthesis was attempted, but resulted in procedural failure due to migration into the left ventricle. The patient underwent emergency surgery, and a 23 mm Perceval prosthesis was used to replace the aortic valve. A iatrogenic injury to the coronary sinus was repaired using a pericardial patch. The postoperative course was uneventful. A pre-discharge echocardiogram showed a mean gradient of 12 mmHg and an AVA of 1.3 cm². The patient remained asymptomatic during the follow-up, and died of non-cardiac causes 18 months after surgery.

Case 5:

An 84-year old woman was diagnosed with severe symptomatic bicuspid aortic stenosis. The patient was in NYHA class III. Her medical history was significant for hypertension and hypercholesterolemia. After review by our Heart Team, it was decided to proceed with TAVR. Deployment of a 26 mm CoreValve prosthesis was attempted, but precise positioning of the device could not be achieved. During the procedure, the patient developed a complete heart block and required urgent intubation. The patient underwent emergency surgery, and a 23 mm Perceval prosthesis was implanted through a mini-sternotomy. The procedure was well tolerated and the postoperative course was uneventful. A pre-discharge echocardiogram showed a mean

gradient of 10 mmHg and an AVA of 1.2 cm². The patient was asymptomatic at follow-up 18 months after surgery.

Case 6:

An 86-year old man was diagnosed with severe symptomatic aortic regurgitation. The patient was in NYHA class III. His medical history was significant for moderate mitral regurgitation with calcified annulus, myelodysplastic syndrome, COPD, hypertension and hypothyroidism. The patient was considered to be at high surgical risk by our Heart Team, and a TAVR procedure was favored. Deployment of a 31 mm CoreValve prosthesis was attempted, but resulted in severe paravalvular regurgitation. The patient underwent emergency surgery, which consisted of a double valve replacement, with a 25 mm Perceval prosthesis implanted in the aortic position, a 29 mm Perimount-Edwards Magna Ease prosthesis in the mitral position and one venous bypass on post lateral artery. The procedure was well tolerated and the postoperative course was uneventful. A pre-discharge echocardiogram showed a competent mitral prosthesis, a mean transaortic gradient of 8 mmHg, and an AVA of 2.2 cm². The patient was asymptomatic at follow-up 30 months after surgery.

Case 7:

A 72-year old woman was scheduled for multiple concomitant percutaneous procedures, including a right coronary angioplasty, atrial fibrillation ablation with left atrial appendage occlusion, and TAVR. The patient's medical history was significant for hypertension, hypercholesterolemia and obesity. Right coronary angioplasty was performed first, successfully. Next, atrial fibrillation ablation and left atrial appendage occlusion were attempted, but the procedure was complicated by a left atrial tear causing tamponade and shock, prompting emergent surgery. A 23 mm Perceval prosthesis was successfully deployed in the aortic position, and the atrial tear was repaired primarily. The postoperative course was marked by persistent dyspnea, secondary to a right pleural effusion which required percutaneous drainage. The remainder of the hospital stay was uneventful. A pre-discharge echocardiogram showed a mean

transaortic gradient of 23 mmHg, and an AVA of 1.0 cm². The patient was nonetheless asymptomatic at follow-up 2 months after surgery.

DISCUSSION

Herein, we report seven cases in which SU-AVR and TAVR were used as “bailout” procedures for each other. This case series demonstrates that valve-in-valve TAVR is feasible in the setting of a degenerated Perceval sutureless bioprosthesis, and that SU-AVR is a useful strategy in the setting of a failed TAVR requiring urgent surgery.

The Perceval S sutureless bioprosthesis (**Figure 1A**) is a self-expanding prosthesis made from bovine pericardium mounted on a nitinol stent. This device was introduced to clinical practice 10 years ago, and has so far shown excellent durability.⁷ Nonetheless, a handful of cases of early failure have been reported, as early as one week postoperatively.⁸ Furthermore, despite encouraging early results, the Perceval prosthesis will—like all other bioprostheses—undoubtedly be subject to increasing rates of structural valve deterioration in the second decade of follow-up. The standard therapy for bioprosthetic valve failure is redo surgery. However, this approach may be associated with a prohibitively high surgical risk in this patient population, making valve-in-valve TAVR an appealing alternative for the treatment of bioprosthetic dysfunction.^{9,10} The feasibility of valve-in-valve TAVR in a degenerated sutureless prosthesis was initially questioned by some. It was felt that the absence of sutures may theoretically pose a risk of valve instability when deploying a transcatheter valve inside a sutureless valve, thus increasing the risk of paravalvular leak and/or valve migration. However, several groups have demonstrated that valve-in-valve TAVR is safe and feasible in the setting of a degenerated sutureless bioprosthesis.^{11,12} Our study provides further reassurance, by demonstrating excellent early clinical outcomes with this approach. Of note, as with any valve-in-valve TAVR procedure, careful sizing by computed tomography and proper echocardiographic guidance are of paramount importance in ensuring proper annular fit.

In recent years, TAVR has evolved into a standard therapy for aortic stenosis in elderly patients who are poor surgical candidates.^{13,14} The two most commonly used transcatheter aortic valve devices are the Sapien (Edwards Lifesciences) (**Figure 1B**) and the CoreValve (Medtronic

Inc). The Sapien valve is a balloon expandable prosthesis, composed of a metal stent frame with bovine pericardial leaflets crimped onto a balloon catheter. The CoreValve system is composed of a self-expandable nitinol multilevel frame with porcine pericardial leaflets. While TAVR is by and large a safe procedure, it bears a small risk of rare but serious complications that occasionally require urgent conversion to surgery. These complications include device malposition (i.e. a device that is implanted too deep or too shallowly in the left ventricular outflow tract), severe paravalvular leak, valve migration and/or embolization, and prosthesis dislocation. Severe annular calcification, bicuspid aortic valve, and annulus-prosthesis size mismatch are significant risk factors for these complications, due to under-expansion of the TAVR prosthesis stent frame.^{15,16} When these complications occur, they are generally accompanied by clinical and hemodynamic instability, and time is of the essence when converting these patients to surgery. As such, the use of a sutureless prosthesis is particularly appealing in this setting. By alleviating the need for suturing, SU-AVR allows for a significant reduction in cardiopulmonary bypass and aortic cross-clamp times, which is critical in these fragile patients.

In recent years, the therapeutic armamentarium to treat aortic valve disease has increased drastically. The two most significant innovations have been SU-AVR and TAVR. The introduction of these new technologies has led to challenges in refining indications and identifying patients who stand to benefit the most from one therapy versus the other. While SU-AVR and TAVR are often perceived as competitors, we demonstrate that these two procedures can in fact be complementary. Centers of excellence in the treatment of aortic valve disease should therefore acquire expertise in both of these therapies.

CONCLUSION

Herein, we demonstrate that valve-in-valve TAVR is an attractive option in the setting of Perceval prosthesis degeneration, whereas SU-AVR is a useful bailout option in the context of peri-procedural failure of a TAVR. These two therapies are complementary, and their judicious use can lead to improved outcomes in higher-risk patients with aortic valve disease. These decisions should be made in the context of an integrated Heart Team.

REFERENCES

1. Lindman BR, Bonow RO, Otto CM. Current Management of Calcific Aortic Stenosis. *Circ Res*. 2013; 113:223–237
2. Smith CR, Leon MB, Mack MJ, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med*. 2011; 364:2187-98.
3. Phan K, Tsai YC, Niranjana N, Bouchard D, Carrel TP, Dapunt CE, et al. Sutureless aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis. *Ann Cardiothorac Surg*. 2015; 4:100-11.
4. Santarpino G, Pfeiffer S, Concistre G, Grossmann I, Hinzmann M, Fischlein T. The Perceval S aortic valve has the potential of shortening surgical time: Does it also result in improved outcome? *Ann Thorac Surg*. 2013; 96:77–81.
5. D'Onofrio A, Salizzoni S, Rubino AS, Besola L, Filippini C, Alfieri O, et al. The rise of new technologies for aortic valve stenosis: A comparison of sutureless and transcatheter aortic valve implantation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016; 152:99-109.
6. Shinn SH, Altarabsheh SE, Deo SV, Sabik JH, Markowitz AH, Park SJ. A Systemic Review and Meta-Analysis of Sutureless Aortic Valve Replacement Versus Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Ann Thorac Surg*. 2018; 106:924-9.
7. Chauvette V, Mazine A, Bouchard D. Ten-year experience with the Perceval S sutureless prosthesis: lessons learned and future perspectives. *J Vis Surg*. 2018; 4:87.
8. Bouhout I, Noly PE, Parisi A, Bouchard D. First case of Perceval S prosthesis early structural valve deterioration: Not an easy reoperation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016; 152:e71-3.
9. Dvir D, Webb JG, Bleiziffer S, Pasic M, Waksman R, Kodali S, et al. Transcatheter aortic valve implantation in failed bioprosthetic surgical valves. *JAMA*. 2014; 312:162–70.
10. Di Eusanio M, Saia F, Pellicciari G, Phan K, Ferlito M, Dall'Ara G, et al. In the era of the valve-in-valve: is transcatheter aortic valve implantation (TAVI) in sutureless valves feasible? *Ann Cardiothorac Surg*. 2015; 4:214–7.

11. Sun X, Song Z, Soffer D, Pirris JP. Transcatheter aortic valve-in-valve implantation for early failure of sutureless aortic bioprosthesis. *J Card Surg.* 2018; 33:172-5.
12. Andreas M, Coti I, Laufer G, Kastner J. Valve-in-valve transcatheter aortic valve implantation into a novel, sutureless bioprosthesis: technical considerations. *EuroIntervention.* 2018; 13:1902-3
13. Himbert D, Pontnau F, Messika-Zeitoun D, Descoutures F, Détaint D, Cueff C, et al. Feasibility and outcomes of transcatheter aortic valve implantation in high-risk patients with stenotic bicuspid aortic valves. *Am J Cardiol.* 2012; 110:877-83.
14. Pilgrim T, Kalesan B, Wenaweser P, Huber C, Stortecky S, Buellesfeld L et al. Predictors of clinical outcomes in patients with severe aortic stenosis undergoing TAVI: a multistate analysis. *Circ Cardiovasc Interv.* 2012; 5:856–61.
15. Neragi-Miandoab S, Michler RE. A Review of Most Relevant Complications of Transcatheter Aortic Valve Implantation. *ISRN Cardiol.* 2013; 2013:956252.
16. Tarantini G, Gasparetto V, Napodano M, Fraccaro C, Gerosa G, Isabella G. Valvular leak after transcatheter aortic valve implantation: a clinician update on epidemiology, pathophysiology and clinical implications. *Am J Cardiovasc Dis.* 2011; 1:312-20.

FIGURE LEGEND

Figure 1. Sutureless and transcatheter aortic bioprostheses. Perceval S sutureless bioprosthesis (*Panel A*) and Sapien XT transcatheter valve (*Panel B*).



Coronary Endarterectomy in Patients with Diffuse Coronary Artery Disease. Assessment of graft patency with Computed Tomography Angiography

Mariam Ellouze, MD, ¹ Denis Bouchard, MD, PhD, ¹ Magali Pham, MD, ² Pierre Emanuel Noly, MD, PhD, ¹ Louis P. Perrault, MD, PhD, ¹ Raymond Cartier, MD, ¹ Michel Carrier, MD, MBA¹

From the ¹Department of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute and *Université de Montréal*, Montreal, Canada and ²Department of Imaging, Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine, Montreal Heart Institute, Montreal, Canada

Short title: Assessment of Coronary Endarterectomy

Word count: 4065

This paper was presented as an oral communication at the 5TH International Coronary Congress in New York, USA 2019.

Conflict of interest: The authors report no conflicts.

Source of funding: None

Corresponding author: Dr. Michel Carrier, Department of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute, 5000 Belanger Street, Montreal, Qc, Canada H1T 1C8 Tel: 514-376-3330 Fax: 514-376-1355 E-mail: michel.carrier@icm-mhi.org

Abstract

Background. With the growing population of patients with advanced coronary artery disease (CAD) many with prior percutaneous coronary intervention (PCI), coronary endarterectomy (CE) allows extension of revascularization in patients with otherwise limited options. Whether adjunctive CE associated with standard surgery, combined with contemporary anti-platelet therapy, improves outcomes remains largely unknown.

Methods: We studied 147 consecutive patients who underwent 154 CE for advanced CAD between January 2015 and January 2018. A prospective subgroup of 32 consecutive patients who underwent CE during CABG surgery after June 2016 had a computed tomography angiography (CTA) to assess graft and coronary patency.

Results: Patients aged 67 ± 10 year-old underwent CE of the right, the left anterior descending (LAD) and the circumflex coronary arteries in 102, 22 and 17 patients, respectively. There was no peri-operative mortality and 7 patients (7/147, 5%) experienced a procedural myocardial infarction. Patency of the endarterectomized coronary arteries and of the bypass grafts averaged (29/32, 90%) and (28/32, 88%) -3 months after surgery. All 6 arterial grafts on the LAD artery were patent. Patient survival and the freedom rate from major adverse cardiovascular events (MACE) averaged $95 \pm 2\%$ and $95\% \pm 6$, respectively. At three year follow up, in the evaluable patients, the patency rate was 100%.

Conclusion: CE offers a surgical option for patients with diffuse CAD unsuitable for coronary bypass alone. Grafts and endarterectomies coronary artery patency remain adequate and explains the excellent patient survival and the freedom rate from MACE.

Word count abstract: 242

Key words: Coronary Artery Bypass Grafting; Coronary Endarterectomy; Computed tomography angiography

Introduction

Patients with advanced coronary artery disease (CAD) are poor candidates for coronary revascularization. A diffusely infiltrated coronary artery with poor distal runoff is typically not amenable to percutaneous coronary intervention (PCI) and coronary artery bypass grafting (CABG) remains a marginal option.¹ In such instances, complete revascularization may not be achieved in a significant proportion of these patients.² As a result, a large contingent of patients may experience post-revascularization angina and a suboptimal quality of life and limited prognosis.

Surgical coronary artery endarterectomy (CE) was initially introduced as an isolated procedure for myocardial revascularization in the late 1950s.³ Its exact role and impact as an adjunctive to CABG remains disputed to this day. Early experiences with CE reported a high perioperative morbidity and mortality, but recent data suggest that it can be performed safely with good early clinical results.^{4,5}

To ensure optimal and complete myocardial revascularization in some patients with diffuse CAD, surgeons have reconsidered the use of adjunct coronary endarterectomy combined with conventional CABG surgery. The present study provides an evaluation of the use of CE in the current era of CABG surgery. Although postoperative assessment of the cardiac surgery patient is traditionally performed with catheter angiography, the risk of this technique (stroke, hemorrhage, and technical difficulties in accessing surgical grafts) qualify its clinical usefulness. Advances in computed tomography technology have enabled imaging of coronary artery disease and evaluation of coronary artery bypass grafts with this modality of imagery. Computed tomographic angiography (CTA) was used in our cohort to assess graft and target coronary artery patency after surgery.

Methods

Patient population

Between January 2015 and January 2018, 147 patients underwent 154 adjunctive CE for advanced CAD in our institution. Patients were either symptomatic (angina, dyspnea or both) or showed objective evidence of myocardial ischemia (positive imaging with or without depressed left ventricular function) and deemed candidates for surgical coronary revascularization. The decision to perform CE was mainly based on the results of preoperative coronary angiography and intraoperative findings of the target coronary artery. CE was chosen selectively for all diffusely diseased major coronary arteries or their major branches with an external diameter of at least 1.5 mm. Practically, CE was only performed when the atheromatous plaques were severe and circumferential and could not be excluded by extensive reconstruction without CE. On some occasions, CE was the only solution because needles could not penetrate the severely calcified plaques and vessel walls to insure a proper surgical anastomosis. Furthermore, CE was also performed along with stent removal for long-segment in some patients with intra-stent restenosis (8/147, 5.44%). CE was not attempted if the diseased vessel supplied a myocardial territory that was fibrotic, akinetic, or with a fixed perfusion defect on angiography or in scintigraphy.

All patients were informed of the procedural risks and options of CABG surgery and signed the informed consent for the intervention. The present study was approved by the Institutional Review Board. The institutional review board and ethics committee of our Centre approved this study and waived the patients' consent.

Data collection and follow-up

Baseline demographic characteristics, medical history, cardiac catheterization data, and peri-operative data were retrospectively abstracted from medical electronic records and dedicated databases. Surgical risk was stratified using the logistic EuroSCORE. The estimated operative risk was 1.74% (0.55-10). Follow-up data were obtained by the institutional. Follow up was obtained

at regular intervals in the outpatient clinics 3–6 months after CABG surgery. The follow-up was completed in 99% of patients.

Clinical definitions

Operative death was defined as death occurring during the same hospitalization or after discharge from the hospital but within 30 days of surgery. Major adverse cardiac and cerebrovascular events were defined as all-cause death, cerebrovascular accidents, nonfatal MI, and repeat revascularization. Perioperative myocardial infarction (MI) was defined as a positive result for new Q waves, an evolutionary ST-segment elevation in two continuous ECG leads, a new left bundle branch block, or as a CK-MB level ≥ 5 times the upper limit of normal or new wall motion abnormality at echocardiogram. Respiratory failure was defined as the requirement for prolonged mechanical ventilation (>48 hours) or the presence of pneumonia. Postoperative stroke was defined as the occurrence of a new neurological deficit and confirmation by computed tomography. In patients with preoperative stroke, postoperative stroke was defined as worsening neurologic deficit with new radiologic findings.

Coronary endarterectomy and CABG surgery

All procedures were performed through a median sternotomy. Of the 147 patients, the majority (136/147, 93%) underwent on-pump CABG surgery, while 11 (11/147, 7%) were operate off-pump CABG surgery.

Internal mammary arteries (IMA) and Greater saphenous veins (GSV) were used for grafts. CE was performed when the target vessel to revascularize was severely calcified and anastomosis was not technically possible. All vessels undergoing endarterectomy were judged to be poor candidates for a distal coronary anastomosis.

Direct-vision endarterectomy was performed consistently for diffusely diseased coronary artery. After coronary arteriotomy, an endarterectomy spatula was used to identify the plane of dissection between the plaque and the artery and then to mobilize the plaque proximally and

distally. A 1-mm probe was advanced gently through the plane of dissection to break away adhesions. A combination of gentle traction on the plaque and counter traction on the adventitia of the coronary artery was used to extract the plaque distally and proximally to a long coronary arteriotomy of 8 to 10 mm.

The distal end of a spatulated saphenous vein graft or of the internal thoracic artery was used for revascularization and arteriotomy closure. Patch closure of the arteriotomy with a saphenous vein or with an ITA grafted to the patch was used when necessary.

Computed tomography angiography Protocol

Patency of grafts and native coronary arteries was assessed by CTA in 32 patients who were prospectively studied from June 2016 to January 2018. The exam was performed three months after CABG surgery.

All studies were performed with a dual source dual energy 384-slice (2 × 192 slices) Siemens Somatom Force CT (Erlangen, Germany) scanner using helical prospective cardiac ECG-gating high-pitch technique. Patients received 70 mL or 77 mL of Iopamidol 370mg/mL intravenous contrast media, according to BMI, with injection rates of 5 mL/sec and 5.5 mL/sec, respectively. Patients were also administered 0.8mg of sublingual nitroglycerine prior to the scan. Intravenous metoprolol was given on a case-by-case basis at the discretion of the attending radiologist to slow the patient heart rate (FC 60–70 beats/mn). Patients were monitored for the duration of the scan. Images were acquired in arterial phase from lung apices to the base of the heart to ensure complete coverage of the coronary grafts with a selected slice thickness of 0.6 × 0.4 mm. Evaluation of grafts and native coronaries was performed by trained radiologists on multiplanar reformats using dedicated 3D reconstruction software (Syno.via, Siemens).

Statistical Analysis

All analysis was performed using IBM SPSS statistics version 25.0 (IBM Corp, Armonk, NY). Continuous data are presented as a mean ± SD and skewed continuous variables are expressed

as the median with the range. Categorical variables are presented as a frequency/proportion. A bivariable logistic correlation was conducted to examine the interaction between graft patency and anticoagulation antiplatelet regimen.

Actuarial analysis was performed to study patient survival. Cumulative survival rate and the MACCE (major adverse cardiac and cerebrovascular events)-free rate were estimated using the Kaplan-Meier method.

Results

Clinical Results

Patient demographics and preoperative characteristics are presented in Table 1. Patients averaged 67 ± 10 years of age and the majority were male ($n = 120, 81\%$). Thirty-two (32/147, 22%) patients had undergone PCI prior to surgery and 4 (3%) patients underwent redo CABG surgery.

Triple coronary artery bypass surgery was performed in 91 patients (91/147, 62%) and quadruple bypasses in 33 (32/147, 22%) patients (Table 2). Coronary endarterectomy was performed on RCD in 108 patients (108/147, 70%), a marginal branch of the circumflex coronary artery in 22 patients (22/147, 14%), the LAD coronary artery in 21 patients (21/147, 14%), and diagonal branches in 3 patients (2%). The arteriotomy was closed with saphenous vein patches prior to bypass grafting with an IMA graft in 13 (9%) patients. Revascularization was complete with the adjunction of the endarterectomy in 128 patients (128/147, 87%).

There was no hospital mortality after CABG surgery. Seven patients (5%) experienced a perioperative MI. Post cardiectomy, intra-aortic balloon pump (IABP) support was required in 5 patients (Table 3).

Patency of the grafts and of the endarterectomized coronary arteries

In the 32 patients who underwent a prospective control CTA 3 months after surgery, the endarterectomized coronary artery and the corresponding graft were patent in 29 (29/32, 90%)

and 28 (28/32, 88%) patients, respectively (Table 4). All arterial grafts remained patent and four occlusions (4/32, 12%) occurred in venous conduits anastomosed to the right coronary artery (RCD) or posterior descending artery (PDA).

A CTA 3 years after surgery was only performed on nine evaluable patients in this prospective group (COVID restriction) the endarterectomized coronary artery (2 LAD and 7 RCD) and the corresponding graft were permeable in all cases.

Patient survival and survival free from reintervention

Patient survival averaged $95\% \pm 2$ two years after CABG surgery (Figure 1). The freedom rate from angina, MI, congestive heart failure and hospital readmission averaged $97\% \pm 2$ of patients at 1 year and $95\% \pm 6$ at 2 years, respectively (Figure 2). All patients with bypass occlusion identified on the CTA were alive at the last follow up and free from angina.

Antiplatelet Agents

All patients were treated postoperatively with aspirin and/or Clopidogrel at the discretion of the attending surgeon (Table 5). Thirty-seven (37/147, 25%) patients were treated with a single antiplatelet agent and 107 (107/147, 73%) patients received dual antiplatelet treatment (Clopidogrel in 80 cases and ticagrelor in 27 cases). There was no difference in graft patency according to the different anti-platelet regimens used in the bivariate correlation analyses, there were no correlation between the variations in postoperative antiplatelet regimen (dual versus single antiplatelet agent) and graft patency (R coefficient 0.16).

Discussion

Coronary artery bypass graft (CABG) surgery remains the standard of care in the treatment of advanced coronary artery disease. Although, adjunctive coronary endarterectomy is occasionally used in few patients, favorable clinical results have not been consistently reported.^{6,7,8} The

present study reports satisfactory clinical results in a group of patients with diffuse coronary artery disease who underwent CABG associated with adjunctive coronary endarterectomy. Complete myocardial revascularization was achieved in 87% of patients. Angiographic assessment in a prospective performance showed at three months that surgical patency of grafts and endarterectomized coronary arteries averaged 88% and 90%, respectively.

Coronary endarterectomy (CE) was first described by Bailey and colleagues³ in 1957 and was shown to benefit patients with advanced coronary artery disease by allowing complete myocardial revascularization. The reported frequency rate for performing CE in association with CABG in the literature varies between 3.7% and 42%.⁹⁻¹⁰ Adjunctive CE is an appropriate technique to revascularize, especially the right coronary artery and the left anterior descending artery when wall calcification or extensive atherosclerotic changes prevent a good quality anastomosis.¹¹⁻¹² Moreover, CE remains an option to address a severely diseased and calcified coronary arteries and that is rarely planned before surgery.

The main purpose of the endarterectomy is to extract the complete intima and the media containing calcification and atherosclerotic changes at the site of the arteriotomy and in the distal coronary artery bed not only to perform an anastomosis but also to insure a better distal coronary blood flow. The quality of the distal endarterectomized vessel influences graft and artery patency.¹³ The results of CE in terms of symptomatic relief, perioperative MI and mortality, are improving in line with the improvement in the result of CABG. With the increasing of diffuse CAD, CE is a useful tool to achieve complete revascularization.

To evaluate the early, mid and long-term patency, CTA offers an accurate assessment of the coronary arteries, grafts and EC. The improvement accuracy and safety of CTA may reduce the need for the invasive coronary angiography.¹⁴⁻¹⁵

In 2007, Schwann and colleagues reported excellent graft patency, averaging 91% in patients who underwent CE of the left anterior descending artery and IMA grafting.¹⁶ All our 6 IMA arterial grafts on the LAD artery with endarterectomy were patent 3 months after surgery. Schwann results showed much lower patency rate with saphenous vein grafts of only 59% after CABG surgery, whereas the use of the radial artery achieved a superior patency rate of 81%.

Stavrou and colleagues¹⁷ suggest that thromboprophylaxis plays a central role in the medical management of patients after coronary endarterectomy. Although, some authors recommend a dual antiplatelet regimen with or without coumadin, there is no clear recommendation from guideline reviews of clinical practice.¹⁸

The CASCADE TRIAL was a double-blind phase II trial study. It was undertaken to evaluate whether the addition of clopidogrel (75 mg) to aspirin (162 mg) daily inhibits saphenous vein graft disease after CABG, as assessed at 1 year by intravascular ultrasound. The study concluded that there was no benefit to the addition of clopidogrel to aspirin regarding saphenous vein graft patency.¹⁸ Although the present study was not randomized, there was no correlation between the use of a double antiplatelet regimen and graft patency. It remains possible that a more aggressive antiplatelet therapy with newer and more potent agents could improve graft and target coronary artery patency after CE. The damages caused by the endarterectomy on the vessel wall leads to the exposure of the medial layer of the artery to circulating blood cells, a major stimulus for acute graft and coronary artery thrombosis.¹⁹

In the experience of several authors,²⁰⁻²¹⁻²²⁻²³ the mortality and the morbidity associated with CABG surgery is higher in patients who undergo an adjunctive coronary endarterectomy. Livesay and al,¹⁰ in an analysis of 3,369 patients who underwent CABG combined with CE concluded that there was a small increase in surgical risk after endarterectomy. The 30-day mortality for bypass alone was 2.6% versus 4.4% for coronary endarterectomy ($P < 0.01$). In 2005, Tiruvoipati and al,²⁰ concluded that there were a higher mortality rate and a greater incidence of postoperative renal impairment in the group of patients who had CABG and CE. In 2014, Soylu and al,²² underwent a meta-analysis of twenty studies including 54,440 patients (7366 CABG + CE; 47,074 CABG only) and concluded that adjunctive CE significantly increased 30-day mortality, perioperative and postoperative myocardial infarction.

The present study suggest that adjunctive CE can be performed safely without mortality after surgery. The incidence of postoperative myocardial infarction reported in the literature ranges from 5% to 25%¹⁷ and was low and acceptable in the present experience, but higher than in CABG alone.

Limitations

The present retrospective study reports the result of adjunctive CE associated with CABG surgery in a cohort of patients. The number of angiographic controls remain relatively small although it was performed systematically during the study period.

Conclusion

Coronary endarterectomy is an acceptable adjunctive technique to CABG surgery for patients with extensive coronary artery disease to achieve complete myocardial revascularization. Careful surgical technique at the site of endarterectomy, proper selection of bypass grafts, specially using arterial grafts and the optimal use of antiplatelet agents insure high patency rates and appropriate clinical results in patients with extensive coronary artery disease.

References

1. LaPar DJ, Anvari F, Irvine J, et al. The Impact of Coronary Artery Endarterectomy on Outcomes During Coronary Artery Bypass Grafting. *J Card Surg.* 2011; 26:247–253.
2. Benedetto U, Gaudino M, Di Franco A, et al. Incomplete revascularization and long-term survival after coronary artery bypass surgery. *Int J Cardiol.* 2018; 254:59–63.
3. Bailey CP, May A, Lemmon WM. Survival after coronary endarterectomy in man. *J Am Med Assoc.* 1957; 164:641–646.
4. Chi LQ, Zhang JQ, Kong QY, Xiao W, Liang L, Chen XL. Early Results of Coronary Endarterectomy Combined with Coronary Artery Bypass Grafting in Patients with Diffused Coronary Artery Disease. *Chin Med J.* 2015; 128:1460-1464.
5. Shapira OM, Akopian G, Hussain A, et al. Improved clinical outcomes in patients undergoing coronary artery bypass grafting with coronary endarterectomy. *Ann Thorac Surg.* 1999; 68:2273–2278.
6. Gegouskov V, Tochtermann U, Badowski-Zyla D, Thomas G, Hagl S, Osswald B. Long-term results after coronary artery reconstructive surgery. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2007; 55:293-297.
7. Asimakopoulos G, Taylor KM, Ratnatunga CP. Outcome of coronary endarterectomy: a case-control study. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:989-993.
8. Jones EL, Weintraub W S. The importance of completeness of revascularization during long-term follow-up after coronary artery operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1996; 112:227-237.
9. Atik FA, Dallan LA, de Oliveira SA, et al. Myocardial revascularization with coronary endarterectomy. Stratification of risk factors for early mortality. *Arq Bras Cardiol.* 2000 ; 75:269-280.
10. Livesay JJ, Cooley DA, Hallman GL, et al. Early and late results of coronary endarterectomy. Analysis of 3,369 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1986; 92:649–660.

11. Qureshi SA, Halim MA, Pillai R, Smith P, Yacoub MH. Endarterectomy of the left coronary system. Analysis of a 10 year experience. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1985; 89:852-859.
12. Sachweh JS, Messmer BJ, Groetzner J, Vom Dahl J, Fausten B, Daebritz SH. Left anterior descending coronary artery: Long-term angiographic results of CABG with endarterectomy. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2007; 48:633-640.
13. Ferraris VA, Harrah JD, Moritz DM, Striz M, Striz D, Ferraris SP. Long-term angiographic results of coronary endarterectomy. *Ann Thorac Surg.* 2000;69:1737-1743.
14. Nakazono T, Suzuki M, White CS. Computed Tomography Angiography of Coronary Artery Bypass Grafts. *Semin Roentgenol.* 2012;47:240-252.
15. Gabriela J, Klimacha S, Langb P, Hildick SD. Should computed tomography angiography supersede invasive coronary angiography for the evaluation of graft patency following coronary artery bypass graft surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015; 21:231–239.
16. Schwann TA, Zacharias A, Riordan CJ, Durham SJ, Shah AS, Habib RH. Survival and Graft Patency After Coronary Artery Bypass Grafting With Coronary Endarterectomy: Role of Arterial Versus Vein Conduits. *Ann Thorac Surg.* 2007; 84:25-31.
17. Stavrou A, Gkiousias V, Kyprianou K, Dimitrakaki IA, Challoumas D, Dimitrakakis G. Coronary endarterectomy: The current state of knowledge. *Atherosclerosis.* 2016; 249:88-98.
18. Piepoli MF, Corra U, Adamopoulos S, et al. Secondary prevention in the clinical management of patients with cardiovascular diseases. Core components, standards and outcome measures for referral and delivery: a policy statement from the cardiac rehabilitation section of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation. Endorsed by the Committee for Practice Guidelines of the European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol.* 2014; 21; 664–681.
19. Kulik A, Le May MR, Voisine P, et al. Aspirin plus clopidogrel versus aspirin alone after coronary artery bypass grafting: the clopidogrel after surgery for coronary artery disease (CASCADE) trial. *Circulation.* 2010; 122:22680-22687

20. Tiruvoipati R, Loubani M, Lencioni M, Ghosh S, Jones PW, Patel RL. Coronary endarterectomy: Impact on morbidity and mortality when combined with coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg.* 2005; 79:1999-2003.
21. Brenowitz JB, Kayser KL, Johnson WD. Results of coronary artery endarterectomy and reconstruction. *J Thorac Cardio vasc Surg.* 1988; 95:1-10.
22. Soylu L, Harling L, Ashrafian H, Casula R, Kokotsakis J, Athanasiou T. Adjunct coronary endarterectomy increases myocardial infarction and early mortality after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014; 19:462-473.
23. Marinelli G, Chiappini B, Di Eusanio M, et al. Bypass grafting with coronary endarterectomy: immediate and long-term results. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002; 124:553-560.

Table 1. Preoperative Patient Characteristics

Characteristics	N (%), Mean±SD, Median (Range) (N=147)
Age (years)	
Mean	67 ± 10
Range	41–85
Female sex (%)	27 (19%)
Cardiac Risk Factors	
BMI (kg/m ²)	29.6 ±5.2
Hypertension	126 (86%)
Diabetes Mellitus	76 (52%)
Hypercholesteromia	139 (95%)
History of smoking	89 (61%)
Stage IV renal failure	4 (2.7%)
Angina Class	
CCS I	30 (21%)
CCS II	50 (34%)
CCS III	52 (35%)
CCS IV	15 (10%)
Functional class	
NYHA I	30 (20%)
NYHA II	67 (46%)
NYHA III	35 (24%)
NYHA IV	15 (10%)
Previous PCI (n)	32 (22%)
Euroscore II	1.74 (0.55-10)
Previous Cardiac surgery (n)	4 (3%)

Peri Operative status (n)

Elective	94 (64%)
Urgent	46 (31%)
Emergency	7 (5%)

BMI, body mass index; CCS, Canadian Cardiovascular Society; NYHA, New York Heart Association; PCI, percutaneous coronary intervention. EuroSCORE II European System for Cardiac Operative Risk Evaluation

Table 2. Operative Data

Number of Grafts (Venous and arterial)		
	ON PUMP	OFF PUMP
* 1	2 (1%)	0
* 2	15 (10%)	2 (1%)
* 3	86 (59%)	5 (4%)
* 4	29 (20%)	4 (3%)
* 5	4 (3%)	0
Site of Endarterectomy		
RCA	108 (70%)	
LAD	21 (14%)	
Diagonal	3 (2%)	
LCx (M1-M2)	22 (14%)	
Number of Endarterectomy		
* 1 vessel	141 (96%)	
* 2 vessels	5 (3%)	
* 3 vessels	1 (1%)	
Cardiopulmonary bypass time (min)	79.8 ±32.1	
Aortic cross-clamp time (min)	56.1 ±26.5	
Total intraoperative Blood Loss (ml)	390 ± 170	
Concomitant procedures (n)		
AVR	11	
MVR	2	
LV Aneurysmectomy	1	

RCA, right coronary artery; PDA, posterior descending artery; LAD, left anterior descending; L Cx, Left circumflex; M1, first marginal artery; M2, second marginal artery; AVR, aortic valve replacement; MVR mitral valve repair; LV, left ventricle.

Table 3. Peri-operative Data

Outcomes	N (%)
Post operative IABP (n)	5 (3.4%)
Intensive care unit stay (days)	2.8 ±2
Postoperative hospital stay (days)	7 ± 4
Lactate level max. (mmol/L)	1.72 ±1.2
CK MB level max. (IU/L)	28.67 ±29 (6–226)
Temporary hemodialysis	3 (2%)
Postoperative AF (n)	42 (29%)
Postoperative bleeding requiring reoperations (n)	8 (5%)
Postoperative myocardial infarction	7 (5%)
Post operative stroke (n)	5 (3%)
Postoperative delirium (n)	13 (9%)
Heart failure (n)	9 (6%)
Mortality (n)	
30 days	0

IABP, intra aortic balloon pump; AF, Atrial fibrillation; Max, maximum level; CK MB, creatine kinase-myocardial band.

Table 4. Three Months CT Angiographic Data from 32 Patients.

Type of Grafts	N
IMA (n)	6
SV (n)	26
Site of Endarterectomy	
RCA (n)	25
LAD (n)	6
L Cx (n)	1
Graft patency (n)	32
IMA	6/6 (100%)
SV	22/26 (85%)
Target coronary artery patency	
Patent	29 (90%)
Occluded	3

RCA, right coronary artery; PDA, posterior descending artery; LAD, left anterior descending; L Cx, Left circumflex; M1, first marginal artery; M2, second marginal artery; AVR, aortic valve replacement; MVR mitral valve repair; LV, left ventricle.

Table 5. Used of Antiplatelet Agents after Surgery

Antiplatelet agents	n
Single Dose (ASA)	37
Dual	107
ASA +Clopidogrel	80
ASA + others	27
Three	3

ASA, acetylsalicylic acid; Others (ticagrelor, coumadin)

Figure Legend

Figure 1. Kaplan–Meier plot of actuarial survival for all patients after CE

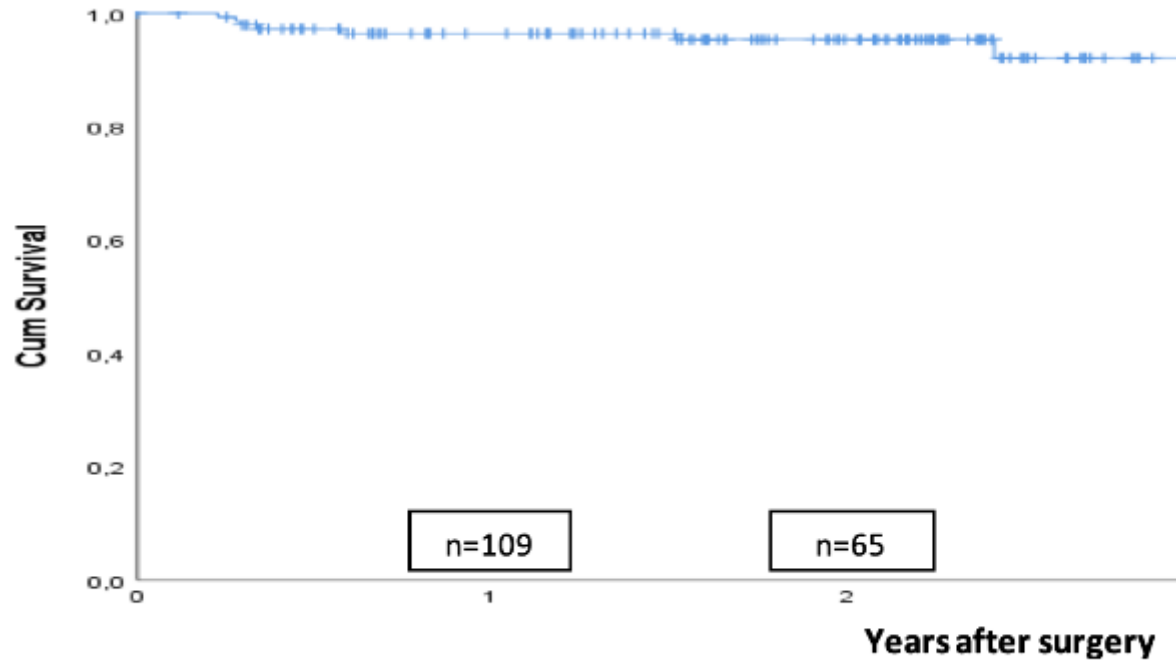
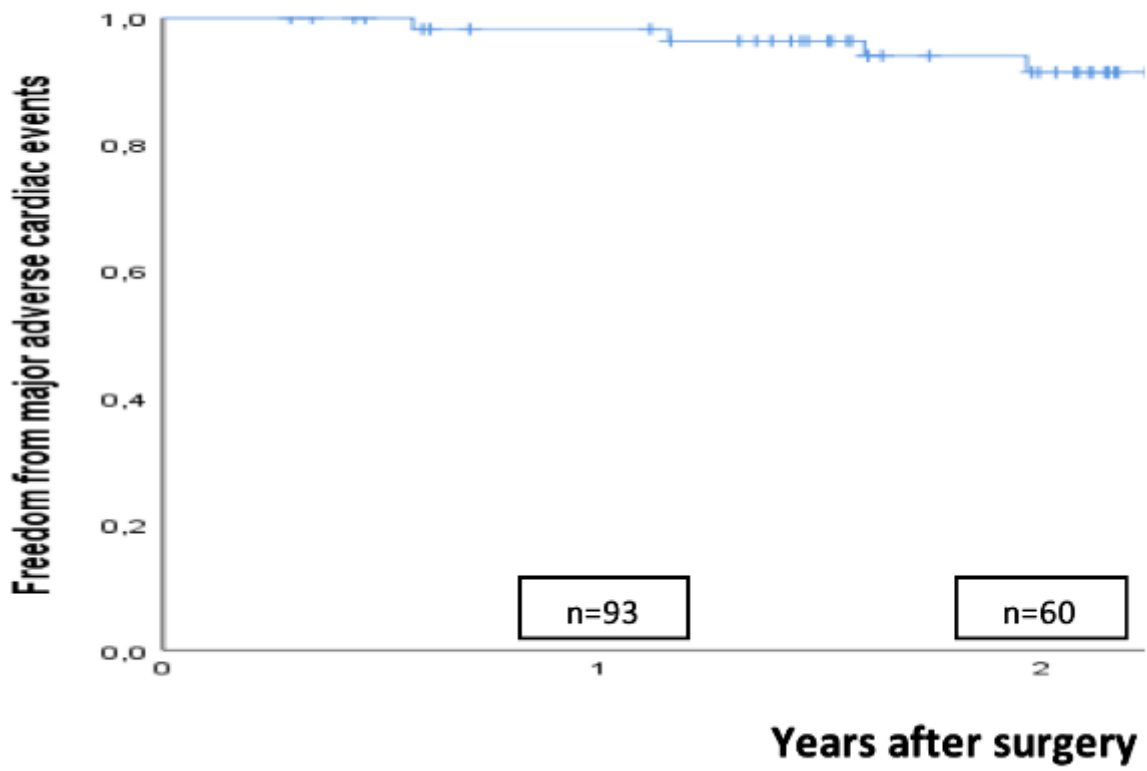


Figure 2. Kaplan Meier estimates major adverse cardiac events



Chapitre 4 — Discussion

Les trois études constitutives du présent mémoire présentent les données actuelles de la recherche clinique dans le domaine cardiovasculaire dédiées à une population classée à risque élevé. Notre intérêt portera sur les chirurgies les plus pratiquées à l'heure actuelle chez ces patients : la chirurgie valvulaire aortique et la chirurgie de pontage coronarien.

En raison de l'augmentation de l'espérance de vie moyenne et de l'incidence des maladies cardiovasculaires avec l'âge, plus de personnes âgées se présentent aujourd'hui pour une chirurgie cardiaque. Les progrès des soins pré et postopératoires ont fait en sorte que ces personnes d'âge avancé, à risque (moyen ou élevé) puissent être opérées en toute sécurité et avec des résultats acceptables. Actuellement, le RVA et le PAC destiné pour une coronaropathie avancée, représentent les opérations prédominantes chez ce sous-groupe de patients à risque élevé. Le risque est associé aussi bien à leur âge avancé au moment de leur chirurgie, mais aussi à leurs comorbidités concomitantes ^{11, 19, 73}.

La sténose aortique (SA) est la maladie valvulaire cardiaque la plus courante dans les pays occidentaux et survient assez fréquemment chez les personnes âgées, car la prévalence de la SA est liée à l'âge. Le RVA représente le traitement classique pour cette pathologie, mais qui reste associé à une mortalité et une morbidité peropératoire élevée chez les patients à haut risque. Plusieurs études ont montré que l'augmentation de la durée du clampage est corrélée significativement avec une morbidité et une mortalité majeures chez ces malades ⁷⁴⁻⁷⁶.

Comme de nombreux centres de chirurgie cardiaque, nous avons observé cette dernière décennie, une hausse significative du nombre de patients âgés adressés pour chirurgie. Entre temps, l'implantation valvulaire aortique transcathéter (TAVI) a connu un essor fulgurant . Le nombre de ces procédures, ainsi que les centres qui l'exécute, ne cesse d'augmenter de nos jours. Pendant plusieurs années, le TAVI a été l'alternative de choix pour le RVA-C chez les patients à haut risque chirurgical, en démontrant de bons résultats cliniques et hémodynamiques ⁷⁷.

À mi-chemin entre le RVA-C et le TAVI, le développement du concept de la V-SS a gagné un intérêt au cours de la dernière décennie. Les V-SS sont rendus des nouveaux outils disponibles en chirurgie cardiaque. Elles sont devenues de plus en plus populaires dans le traitement de la SA chez ces malades.

Ces V-SS ont montré de bons résultats à court et à moyen terme. Toutefois, la performance clinique, hémodynamique et la durabilité à long terme de ces nouvelles valves étaient inconnues. La première étude réalisée dans le cadre de ce mémoire s'est intéressée à ce sujet en rapportant l'expérience de l'Institut de Cardiologie de Montréal, premier centre au Canada adoptant ce nouveau dispositif pour ces patients.

Étant donnée sa nature biologique, la Perceval est exposée comme ces homologues au phénomène de dégénérescence structurale au fil des années suivant son implantation. Bien que de rares cas de détérioration de la Perceval ont été rapportés dans la littérature, leur prise en charge présente un sujet de discussion chez ces patients à risque élevé. C'est ce manque de données dans la littérature qui a motivé la réalisation de la deuxième étude du présent mémoire. Cette étude rapporte la prise en charge des premiers cas de dégénérescence de la Perceval, en la mettant face à son concurrent direct le TAVI. Cette étude a révélé la complémentarité des V-SS (Perceval) et du TAVI dans la bonne prise de décision pour offrir un traitement optimal pour les patients à haut risque, enrichissant ensemble ainsi l'arsenal thérapeutique du RVA à l'heure actuelle.

La CAD demeure un défi aux chirurgiens en empêchant une revascularisation complète chez certains patients ou en rendant d'autres inopérables. Comme la population référée en chirurgie est de plus en plus caractérisée par un âge avancé et des comorbidités coexistantes, il est prévisible que l'incidence de cette problématique augmente.

L'EC, une ancienne technique bien connue, représente un moyen complémentaire acceptable à la chirurgie de PAC pour ces patients.

Cette technique est généralement considérée avec un risque peropératoire plus élevé et des résultats à long terme plus décevants que le pontage seul. Dans le 3^{ème} travail présenté dans ce mémoire, nous avons choisi d'examiner notre propre expérience avec des patients présentant

une CAD afin de réévaluer cet ancien outil chirurgical qui a permis une revascularisation chirurgicale coronarienne dans des conditions difficiles, et de rapporter l'impact de cette approche traditionnelle, en termes de mortalité et morbidité. Nos conclusions suggèrent que les mesures suivantes : une technique chirurgicale minutieuse sur le site de l'endartériectomie, une sélection appropriée des greffons de pontage (l'utilisation de greffes artérielles) et l'emploi optimal d'agents antiplaquettaires, favorisent l'obtention des taux de perméabilité élevés et des résultats cliniques favorables chez ces patients. Afin d'établir angiographiquement l'efficacité clinique de l'EC de nos patients, nous avons mené une étude prospective en utilisant l'angiographie par tomographie à densité axiale (Angio-TDM) comme moyen d'évaluation à 3 mois et 3 ans de suivi. Les résultats étaient encourageants, appuyant la faisabilité et la sécurité de l'EC comme outil adjuvant au PAC dans le traitement de la CAD.

Première étude : Résultats cliniques et hémodynamiques à court et à long terme de la valve sans suture Perceval

La principale trouvaille de cette étude est que les V-SS (Perceval) représentent un progrès technique majeur dans la prise en charge des patients nécessitant un RVA. Elles sont devenues une alternative efficace et sécuritaire pour les malades à risque élevé pour la chirurgie.

L'âge moyen des patients référés pour RVA a augmenté parallèlement aux changements démographiques dans les pays développés, ces patients ayant plus de comorbidités, leurs risques opératoires sont plus élevés lors de la chirurgie. D'ici 2026, les personnes âgées représenteront 21 % de la population canadienne ⁶.

La Perceval est une prothèse biologique conçue pour faciliter son implantation en position aortique avec une technique de déploiement moderne ⁷⁸. Cette prothèse a acquis une grande popularité à la fois dans le RVA par voie classique, mais aussi par voie mini-invasive ⁷⁹. Plusieurs études ont démontré la sécurité et l'efficacité de la Perceval dans les procédures isolées et combinées ⁷⁹⁻¹, aussi bien à court ou à moyen terme. Dans la présente étude de ce mémoire, nous rapportons les résultats cliniques (en termes d'efficacité et de sécurité) et les résultats échographiques (en termes des gradients et des fuites para valvulaires (FPV)) à court et à long terme après implantation de la Perceval chez notre cohorte initiale de patients.

L'efficacité a été évaluée par l'amélioration de la classe New York Heart Association (NYHA), la réduction du gradient tranvalvulaire moyen et maximal, la réduction de la masse VG, l'amélioration de l'aire valvulaire aortique, l'absence de FPV, la dégénérescence structurale de la prothèse, la mortalité à court, moyen et à long terme et le taux de survie à court et à long terme.

La sécurité a été évaluée par le taux de succès d'implantation de la valve, et par l'incidence des événements majeurs post interventions suivants : infarctus, accident vasculaire cérébral (AVC), endocardite, Bloc auriculo-ventriculaire (BAV), mise en place de stimulateur cardiaque permanent et la mortalité liée à la procédure ou à la prothèse.

Résultats à court terme

La Perceval a fait ses preuves chez les malades ayant un âge avancé et des morbidités concomitantes. Dans notre cohorte, 44 % des patients avaient plus de 80 ans. La conception de la Perceval a été développée pour rendre l'ancrage valvulaire plus rapide et moins invasif. La Perceval était donc adaptable à diverses approches chirurgicales. En effet, avec sa nouvelle technologie elle permet de faciliter l'implantation soit par sternotomie complète, soit par approche mini-invasive (mini-sternotomie ou mini-thoracotomie antérieure droite) comme le montrent notre étude (57 % de nos RVA seuls ont été réalisés avec succès par cette approche) et bien d'autres⁸²⁻⁸⁴. L'avantage significatif des V-SS par rapport au RVA-C lors d'un RVA mini-invasif tient au fait que cette technique limite le nombre des sutures annulaires requises dans un espace de travail limité. Les V-SS évitent donc cette difficulté technique, permettant ainsi à la Perceval d'être utilisée comme une option de première intention lors des procédures mini-invasives.

Lorsque nous avons comparé les résultats précoces des patients ayant subi un RVA par sternotomie par rapport à une chirurgie mini-invasive, il n'y avait pas de différence statistique entre les deux procédures pour la mortalité précoce, l'AVC, le BAV, le besoin de PMP et les FPV. L'implantation de la Perceval nécessite le retrait de la valve native et la décalcification de l'anneau, ce qui marque ses avantages par rapport au TAVI en maximisant la surface effective de l'orifice valvulaire et en réduisant les inconvénients liés à la conservation de la valve aortique native en place⁸⁵.

Plusieurs études ont rapporté d'excellents résultats à court terme tant au niveau des performances cliniques et hémodynamiques^{81,82,86}. Le temps de clampage est connu comme un facteur de morbidité en chirurgie cardiaque. Pour éviter de longues périodes d'ischémie ainsi que de longues durées de CEC, l'absence de suture pour la Perceval aidera dans la diminution du temps d'intervention. Le raccourcissement du temps opératoire permet en conséquence la réduction de la mortalité et de la morbidité particulièrement chez les patients à haut risque subissant une chirurgie combinée ou une réintervention^{87,88}. Ce constat a été bien

confirmé par l'étude CAVALIER⁸⁹, ou les durées d'intervention RVA-SS ont été raccourcies de 40 % par rapport au RVA-C.

Comme il n'y a pas d'anneau pour l'ancrage de Perceval, la surface de l'orifice aortique sera plus importante que n'importe quelle taille d'une autre prothèse donnée. La Perceval serait potentiellement bénéfique pour les patients avec de petites racines aortiques où le risque de non-concordance des prothèses avec le patient est plus élevé.

Nos résultats cliniques et hémodynamiques à 30 jours se comparent à ceux de plusieurs études⁸⁹⁻⁹¹, avec de faibles taux de complications et des résultats hémodynamiques favorables. En effet, les taux d'événements étaient : 6,9 % pour la mortalité, 2,8 % pour les AVC, 0,46 % pour l'endocardite, et aucune FPV majeure immédiate ont été notées. Aucun cas de thrombose valvulaire ou de migration de prothèse n'a été identifié dans la présente étude. Une FPV mineure est survenue chez 34 patients et une fuite modérée chez cas ont été notés. La majorité de ces fuites ont régressé au suivi sans aucune intervention spécifique.

Le taux de mortalité rapporté dans notre cohorte est plus élevé que le RVA-C ceci est expliqué par le biais de sélection des patients à qui on a offert cette prothèse au début de son utilisation dans notre institution, ainsi qu'aux lourdes comorbidités de nos patients (hypertension chez 84 %, diabète chez 40 %, coronaropathie associée chez 58 %, insuffisance rénale chez 22 % et une intervention précédente chez 13 %).

Plusieurs études ont rapporté des taux élevés d'implantation de stimulateur cardiaque permanent en post opératoire de la Perceval (entre 6 à 10 %) ⁹²⁻⁹⁴. Cependant, le taux de stimulateur rapporté dans la présente étude était de 23 %. Ce taux élevé est attribué à notre population de patients très âgés (44 % de plus de 80 ans) et à la présence d'une multitude de comorbidités telles que de nombreuses arythmies chroniques préopératoires présentent chez 34 % de nos patients. De plus, notre équipe d'électro physiologiste considère qu'un bloc de branche gauche acquis après RVA augmente significativement le risque d'événements arythmiques ultérieurs, essentiellement au cours de la première année de suivi. Ils croient être plus efficaces par l'implantation d'un stimulateur prophylactique dans la période postopératoire immédiate et avant le congé du patient ⁹⁵. Cette constatation doit également être interprétée à

la lumière de l'effet de la courbe d'apprentissage avec cette nouvelle prothèse, de la technique de mesure de l'anneau et de l'utilisation d'un dispositif qui permet le déploiement par ballon ⁹⁶.

Résultats à long terme

Bien que les données à court terme soient encourageantes concernant la Perceval , il existe peu de données sur les résultats cliniques et hémodynamiques à long terme.

Meuris et coll. ⁹⁷ ont rapporté 5 ans d'expérience avec la Perceval avec une bonne fonction hémodynamique, ainsi que de faibles gradients de pression trans-valvulaire (moyenne à 12 mm Hg et pic à 23 mm Hg).

Szcecl D et coll. ⁹³ ont rapporté que la Perceval implantée chez plus de 50 000 patients dans le monde, montre des résultats cliniques prometteurs à long terme avec de faibles taux de thrombose, de FPV et de détérioration valvulaire structurale. Les résultats hémodynamiques stables lors du suivi soutiennent l'efficacité de la Perceval destinée chez la population à risque élevé.

La présente étude a montré que les performances cliniques et hémodynamiques étaient durables et comparables à d'autres bioprothèses contemporaines à huit ans de suivi. Une amélioration significative de la maladie a été observée chez tous les patients tout au long du suivi avec une baisse de la classe fonctionnelle NYHA. En effet, la plupart des patients qui étaient en classe III et IV sont devenus en classe I et II en quelques mois de l'opération et sont demeurés stables au cours de leurs années de suivi. Une réduction du gradient trans valvulaire moyenne de 45 à 12,7 mmHg, une réduction de la masse VG moyenne de 107 à 82 g et une amélioration de de la surface d'orifice aortique de 0,8 à 1,8 cm² ont été également rapportées.

À 8 ans de suivi, nous avons rapporté que les taux d'événements liés à la prothèse restent faibles avec 0,9 % des patients nécessitant une réopération pour détérioration structurale de la valve. Aucun cas d'endocardite tardive n'a été noté et aucune FPV majeure n'a été identifiée.

La pandémie de la COVID-19 a gravement affecté la population vieillissante dans le monde et au Québec notamment entre la fin mars 2020 le début juin 2020. L'impact local sur notre population chirurgicale a été aussi important, un total de 20 décès de nos patients ont été causés

par la complication de la COVID -19 au cours de cette période. Ceci explique en partie le changement brutal de la courbe de survie de notre cohorte.

Deuxième étude : Dégénérescence de la bioprothèse Perceval, Les rivaux deviennent des alliés !

La principale trouvaille de cette étude est de prouver la complémentarité entre les V-SS et le TAVI, deux technologies qui sont souvent considérées comme des concurrents en termes de traitement de SA. En effet, le TAVI est une attrayante option dans le cadre de la dégénérescence structurale de la bioprothèse Perceval, alors que V-SS est un outil de sauvetage utile dans le contexte d'échec d'une procédure de TAVI.

Au cours de ces dernières années, l'arsenal thérapeutique pour traiter la SA chez les personnes à risque élevé s'est considérablement élargi. Les plus significatives innovations ont été la V-SS et le TAVI. L'introduction de ces nouvelles technologies a redéfini les indications et a permis d'identifier les patients susceptibles de bénéficier le plus d'une thérapie par rapport à l'autre.

Décider la stratégie optimale pour le RVA chez la personne à risque est un défi. Le TAVI est apparu comme une alternative au RVA-C chez ces patients ⁷⁷, ainsi qu'une alternative au RVA chirurgicale pour les patients à risque intermédiaire. Récemment, RVA-SS a été introduit comme une autre alternative à la chirurgie standard ⁸¹. La Perceval est la bioprothèse la plus couramment utilisée dans le monde et dans notre institution, il a été démontré qu'elle réduisait le temps d'ischémie, la durée opératoire et potentiellement améliorer les résultats précoces ⁸², particulièrement en termes de FPV. En effet, les patients qui subissent un RVA-SS ont des taux inférieurs de FPV par rapport aux patients subissant un TAVI. Ceci est expliqué par le fait que RVA-SS permet le retrait de la valve native dégénérée, contrairement au TAVI qui la garderait en place ⁸⁵.

Alors que le RVA-SS et le TAVI sont souvent jugés comme deux thérapies concurrentes ⁹⁸, notre équipe les considère comme des outils complémentaires au sein de l'arsenal thérapeutique disponible pour le RVA des patients à risque. Pour illustrer ce concept, nous rapportons nos cas de patients pour lesquels la V-SS et le TAVI ont été utilisés comme procédures de « sauvetage »

les uns pour les autres en cas de dégénérescence pour les bioprothèses et en cas d'échec de procédure pour le TAVI.

La Perceval a été introduite dans la pratique clinique il y a 10 ans et jusqu'à présent elle a montré une excellente durabilité ⁹⁶. Néanmoins, quelques cas d'échec précoce ont été rapportés, après l'opération ⁹⁹. Comme toutes les autres bioprothèses, la Perceval est indubitablement soumise à des taux croissants de détérioration de la valve au cours de la deuxième décennie de suivi. Le traitement standard de la dégénérescence de la bioprothèse consiste à refaire la chirurgie. Réintervenir est sans doute associé à un risque chirurgical plus élevé, ce qui rend la procédure valve-in-valve via le TAVI une alternative intéressante pour le traitement de cette complication de prothèse ^{100,101}.

La faisabilité du TAVI dans la V-SS a d'abord été remise en question par certains. Il a été estimé que l'absence de sutures peut théoriquement poser un risque d'instabilité de la valve lors du déploiement de la valve transcathéter à l'intérieur d'un V-SS, augmentant ainsi le risque de FPV et/ou migration de valve. Cependant, plusieurs groupes ont démontré que le TAVI est une technique sûre et réalisable dans le cadre d'une V-SS dégénérée ^{102,103}.

À la lumière de cette étude, nous fournissons plus de réconfort et de sécurité, en démontrant d'excellents résultats cliniques précoces avec cette approche de valve in valve pour la Perceval. Comme avec n'importe quelle procédure de TAVI, afin de garantir les meilleures chances de la réussite, des mesures rigoureuses par une tomodensitométrie en pré-procédure et une imagerie approfondie par échographie trans-œsophagienne per opératoire sont d'une importance capitale pour assurer un positionnement annulaire approprié, menant au succès de l'intervention.

L'autre volet thérapeutique présenté dans cette même étude implique le TAVI. Ces dernières années, le TAVI est devenu une thérapie standard pour la SA chez les patients âgés à risque élevé qui sont souvent considérés de mauvais candidats à la chirurgie ^{104,105}. Les deux types de prothèses les plus couramment utilisées sont le Sapien (Edwards Lifesciences) et CoreValve (Medtronic Inc). Tandis que le TAVI est dans l'ensemble une procédure sûre, il comporte un risque de complications rares, mais graves qui nécessitent parfois la conversion immédiate à la chirurgie. Ces complications incluent la malposition de la prothèse (un dispositif implanté trop haut ou trop

bas dans la chambre de chasse du VG), les FPV sévères, la migration de la valve, l'embolisation et la luxation de la prothèse. En effet, les calcifications annulaires sévères, la valve aortique bicuspide et la taille inadéquate entre l'anneau et la valve sont considérées des facteurs de risque importants pour ces complications ^{106,107}. Lorsque ces complications se produisent, elles sont généralement accompagnées de signes cliniques et surtout d'instabilité hémodynamique, et le manque de temps pour la conversion de ces patients à la chirurgie. Dans ce contexte, l'utilisation d'une V-SS est particulièrement attrayante. Vu l'absence de besoin de suture, le RVA-SS permet une réduction significative du temps de clampage aortique et de la durée totale de la chirurgie, paramètres déterminants chez ces malades critiques au moment de l'intervention.

Ainsi, l'utilisation judicieuse de ces deux thérapies relève le défi et peut conduire à de meilleurs résultats chez les patients présentant un risque chirurgical élevé pour le RVA. Ces décisions devraient être prises dans le contexte d'une équipe cardiaque « Heart Team ».

Un centre d'excellence dans le traitement de la valvulopathie aortique doit donc acquérir, tout comme l'Institut de Cardiologie de Montréal, une expertise pour ces deux thérapies.

Troisième étude : Endartériectomie Coronarienne à l'ère actuelle

La troisième étude présentée dans le cadre de ce mémoire démontre que l'EC est un outil efficace dans la prise en charge des patients ayant une coronaropathie artérielle diffuse (CAD). Les résultats cliniques et angioscannographiques rapportés sont encourageants et comparables avec le pontage coronarien conventionnel. L'EC peut être considérée comme une technique chirurgicale d'appoint, acceptable pour ces patients afin d'obtenir une revascularisation myocardique la plus complète.

Bien que l'EC soit utilisée avec des résultats encourageants dans plusieurs institutions, il reste toujours une certaine controverse quant à son utilité.

Place actuelle et résultats

Avec l'augmentation de l'incidence de la CAD chez les patients adressés en chirurgie à l'heure actuelle, ainsi que la coexistence de nombreux facteurs de risque et de lourdes comorbidités chez ces patients, il est fondamental pour les chirurgiens d'avoir l'EC dans leur arsenal thérapeutique dédié à ces malades, leur permettant d'offrir le traitement optimal, soit une revascularisation complète.

Les patients ayant une CAD avancée sont de mauvais candidats à la revascularisation coronarienne invasive. En effet, une artère coronaire infiltrée de manière diffuse avec un faible flot distal ne se prête généralement pas à une ICP et le PAC reste une option marginale. Cependant, jusqu'à 25 % des patients atteints de CAD ne peuvent pas être traités de façon complète avec PAC standard¹⁰⁸. En conséquence, un certain nombre de patients vont souffrir d'angor post-revascularisation, d'une qualité de vie sous-optimale et d'un pronostic limité.

L'EC chirurgicale a été initialement introduite comme une procédure isolée de revascularisation myocardique à la fin des années 1950⁶⁹. Son rôle exact et son impact en tant que complément au PAC restent contestés à ce jour. Les premières expériences avec la EC ont

rapporté une morbidité et une mortalité périopératoires élevées ¹⁰⁹⁻¹¹⁰, d'où la réticence de plusieurs équipes à l'utiliser de façon systématique.

Durant les deux dernières décennies, la procédure d'EC a connu un regain de popularité en raison de l'augmentation de la CAD chez les patients adressés en chirurgie. Des données récentes suggèrent qu'elle peut être réalisée en toute sécurité avec de bons résultats cliniques précoces ^{112,113}. La présente étude rapporte aussi des résultats cliniques similaires satisfaisants. Une revascularisation myocardique complète a été réalisée chez 87 % des patients.

Le taux rapporté de l'association d'EC avec un PAC dans la littérature varie entre 3,7 % et 42 % ^{114,115}. L'EC est rarement prévue avant la chirurgie, son but principal étant d'extraire l'intima et les calcifications au site de l'artériotomie et dans le lit de l'artère coronaire distale. Ce qui permet non seulement d'effectuer une anastomose de qualité, mais aussi d'assurer un meilleur flux sanguin coronaire distal. En effet, la qualité du vaisseau endartériectomisé distal influence la perméabilité du greffon et de l'artère coronaire sous-jacente. L'EC est un outil approprié pour revasculariser en particulier la CD et l'IVA ^{115,116}. Sur nos 157 EC réalisées, 102 ont été réalisées sur la CD et 22 sur l'IVA.

Pour mieux qualifier la réussite du geste de l'EC, l'étude de la perméabilité des greffons et du site d'EC, devenait nécessaire. Schwann et ses collègues¹¹⁷ ont rapporté une excellente perméabilité du greffon, en moyenne 91 % chez les patients ayant subi une EC sur l'IVA et un pontage par AMI. Tous nos greffons artériels utilisant l'AMI, leurs artères coronaires ainsi que le site d'EC sur IVA étaient perméables au suivi à court et à moyen terme. Les résultats de Schwann ont montré un taux de perméabilité beaucoup plus faible avec les greffons de veine saphène à seulement 59 %, tandis que l'utilisation de l'artère radiale a permis d'obtenir un taux de perméabilité supérieur de 81 %. La perméabilité précoce de nos greffons veineux était à 88 %.

Mortalité et Morbidité

Un nombre important d'études ont rapporté que la morbi-mortalité est plus élevée chez les patients ayant nécessité un geste d'EC en peropératoire de leur chirurgie coronarienne ^{109, 118, 119}. Livesay et al¹⁰⁹ dans une étude portant sur 3 369 patients ont conclu que le risque chirurgical lié à l'EC est légèrement augmenté. La mortalité à 30 jours pour le PAC seul était de 2,6 % contre 4,4 % pour les cas EC associés ($p < 0,01$). Tiruvoipati et coll¹¹⁸ ont conclu à un taux de mortalité plus élevé chez le groupe de patient ayant EC et une incidence d'insuffisance rénale postopératoire plus marquée chez ce même groupe. Soylu et coll. ¹¹⁹, dans une méta-analyse de vingt études ont conclu que le geste d'EC augmentait significativement la mortalité à 30 jours, l'infarctus du myocarde périopératoire et postopératoire.

Dans ces mêmes études qui ont conclu à une mortalité plus élevée chaque fois qu'un geste d'EC est réalisé, ils ont constaté que l'augmentation de la mortalité était due entre autres aux comorbidités et aux facteurs de risques associés à ce groupe de patients plutôt qu'au geste d'EC en soi ^{109, 118}.

Aucune mortalité dans les 30 jours n'a été rapportée dans notre étude. L'apport de l'EC en termes de soulagement de l'angine, de survenue d'IDM per et post opératoire a été étudié. Ces résultats sont comparables aux PAC isolés ^{121, 122, 125}. Un taux de 5 % d'infarctus de myocarde et un taux de 2 % d'insuffisance rénale ont été documentés chez nos patients. L'absence d'événements cardiovasculaires majeurs a été notée chez 95 % de nos patients au suivi.

L'incidence d'IDM varie de 1,5 à 13 % ¹¹⁸, ceci est attribué à la privation d'endothélium dans les vaisseaux endartériectomisés. Ainsi, l'exposition de la média à la circulation sanguine entraîne le déclenchement de cascade de coagulation et la formation de thrombus au niveau du site de l'EC¹¹⁴. Associées à ces facteurs, l'élimination incomplète de l'athérome et/ou la survenue d'une dissection au niveau de l'artère coronaire favorisent aussi la survenue de thrombose.

Les résultats cliniques rapportés de cette étude dans le présent mémoire indiquent la faisabilité et la sécurité de l'EC. L'incidence de l'infarctus du myocarde postopératoire était acceptable (5 %), mais certainement ce taux est plus élevé que dans le PAC seul. Les résultats

obtenus pour la survie, le soulagement de l'angine post opératoire et l'absence de réintervention sont aussi acceptables.

Place d'anticoagulation

Comme expliqué dans le paragraphe précédent, les dommages causés par l'EC sur la paroi du vaisseau conduisent à l'exposition de la couche médiale de l'artère aux cellules sanguines circulantes, ce qui représente un stimulus majeur pour la thrombose aiguë du greffon et de l'artère coronarienne. Par conséquent, la prescription stricte d'un traitement antiplaquettaire et/ou d'un traitement anticoagulant est fortement recommandée. Certains auteurs recommandent un double régime antiagrégant plaquettaire avec ou sans anticoagulant. Cependant, aucune norme ou protocole n'a été défini¹²³.

Stavrou et coll¹²⁴ dans une large méta-analyse approuvent que la thromboprophylaxie joue un rôle central en post EC pour garantir les résultats à court et à long terme sans pouvoir identifier un protocole clair sur l'anticoagulation.

L'étude CASCADE ¹²⁶ a été entreprise pour évaluer si l'ajout de Clopidogrel (75 mg) à l'aspirine (162 mg) par jour inhibe la maladie du greffon de la veine saphène après un PAC, tel qu'évalué à 1 an par échographie intravasculaire. L'étude a conclu qu'il n'y avait aucun avantage à l'association de Clopidogrel à l'Aspirine en ce qui concerne la perméabilité du greffon de la veine saphène.

Le schéma d'anticoagulation après EC était laissé à la discrétion du chirurgien selon le profil du patient. Bien que la présente étude n'ait pas été randomisée, on n'a pas montré de corrélation entre l'utilisation d'un double traitement antiplaquettaire et la perméabilité du greffon. Il reste possible qu'une thérapie antiplaquettaire plus agressive avec des agents plus récents et plus puissants puisse améliorer la perméabilité des artères coronaires et des greffons après EC.

Place de l'angiographie par tomодensitométrie (angio-TDM) dans l'étude de la perméabilité.

Pour soutenir la place de l'EC en tant qu'option légitime chez les patients appropriés présentant une CAD, une étude prospective a été effectuée dans le but d'étudier la perméabilité des greffons, du site d'EC et des coronaires natives dans un suivi à court et à moyen terme.

Notre choix pour l'angio-TDM comme outil d'évaluation est dû à la constante amélioration en termes de technologie des scanners et à son caractère non invasif ¹²⁷⁻¹²⁹.

Au cours des dernières années, l'angio-TDM s'est révélée prometteuse dans l'évaluation des artères coronaires natives, dans l'analyse de resténose après PCI et PAC. L'exactitude et la sécurité de l'angio-TDM permettent de limiter la nécessité de procéder à la coronarographie conventionnelle ¹³⁰⁻¹³⁴. Bien que l'évaluation des coronaires soit traditionnellement réalisée avec une angiographie par cathéter, les risques associés à cette technique tel que (un accident vasculaire cérébral, une hémorragie et des difficultés techniques d'accès aux greffons chirurgicaux) limitent parfois son utilité clinique. Ainsi, l'angio-TDM est devenue de plus en plus performante pour l'évaluation de la sténose coronarienne chez les patients revascularisés et non revascularisés. Néanmoins, des recherches complémentaires sur le scanner doivent viser à améliorer la précision du diagnostic dans diverses populations de patients, en particulier ceux qui souffrent d'arythmies, l'exposition aux radiations et aux produits de contrastes utilisés ¹³⁵.

L'interprétation d'une angio-TDM post chirurgie constitue un défi pour le radiologiste. En effet, l'étude des artères natives ainsi que les greffons peut être difficile en présence des calcifications, des PAC simples ou complexes, et des artéfacts des clips métalliques tout le long des greffons surtout l'AMI. Une bonne collaboration entre le chirurgien et le radiologiste est essentielle pour arriver à une bonne analyse de l'angio-TDM.

Notre évaluation par angio-TDM, trois mois après la chirurgie a montré une perméabilité des greffons et des artères coronaires endartériectomisées de 88 % et 90 %, respectivement. La perméabilité à trois ans était de 100 % chez les patients réévalués.

À la lumière des résultats de cette étude, l'EC est une procédure opératoire complémentaire acceptable à la chirurgie PAC pour les patients atteints d'une CAD permettant

d'obtenir une revascularisation myocardique complète. Une technique chirurgicale minutieuse sur le site de l'endartériectomie, une sélection appropriée des greffons de pontage, en particulier le choix de greffons artériel et l'utilisation optimale d'agents antiplaquettaires garantissent des taux de perméabilité élevés et des résultats cliniques appropriés chez ces patients. La perméabilité des greffons et des sites EC reste adéquate à court et à moyens terme et explique en partie l'excellente survie des patients et le taux de libre des événements cardiaques majeurs.

Conclusion et perspectives

Ce mémoire s'est intéressé aux deux principaux volets de la chirurgie cardiaque chez une population à risque élevé à savoir la chirurgie aortique et la chirurgie coronarienne.

La chirurgie cardiaque en général, et la chirurgie aortique en particulier, constitue un domaine en pleine transformation. Les progrès technologiques des dernières années ont permis pour le chirurgien cardiaque d'élargir son arsenal thérapeutique par de nouveaux outils tels que les V-SS. Les V-SS en général et la Perceval en particulier sont des bioprothèses très prometteuses dans le RVA. L'objectif est de diminuer le traumatisme chirurgical sans compromettre la qualité de l'acte chez des patients à risques. Parce qu'un nombre considérable de patients âgés présentant des comorbidités importantes sont actuellement adressés en chirurgie pour une SA symptomatique, la Perceval serait particulièrement utile aussi bien en chirurgie conventionnelle que mini-invasive en raison de la facilité d'implantation et de la rapidité d'insertion. Les résultats cliniques à court et à long terme sont encourageants. Jusqu'à présent, les résultats indiquent une mortalité et des taux de complications similaires associés à des performances hémodynamiques satisfaisantes à court et à long terme semblables à celles obtenues avec les bioprothèses conventionnelles. Il est également important de mettre l'accent sur une complication majeure connue des bioprothèses, soit la dégénérescence structurale de la valve qui a limité l'utilisation de ces nouvelles prothèses. Afin de résoudre cette énigme, la deuxième étude présentée dans ce mémoire souligne la prise en charge de nos premiers cas de dégénérescence de la Perceval. Il est plausible que le TAVI prête main forte dans le traitement de cette complication et que ces deux techniques récentes dans le domaine du RVA soient complémentaires.

Ce mémoire s'est penché sur la chirurgie coronarienne des patients présentant une CAD, et chez qui, la revascularisation représente un défi en raison de la qualité des artères coronaires. L'EC, une ancienne procédure chirurgicale bien connue, voit ses indications et son efficacité mise en doute au fil des années. Elle constitue actuellement un outil dont l'efficacité a été démontré tant dans la revue de littérature présentée ici, qu'à travers les résultats de la troisième étude de

ce mémoire. Ce qui permet de conclure que l'EC est une approche sécuritaire et efficace. Les perméabilités à court et à moyen terme, prouvées par un angio scanner sont acceptables.

En conclusion, les résultats des études présentées dans le cadre de ce mémoire encouragent d'un côté l'utilisation des V-SS comme alternative chez les patients à risque opératoire avec un coût abordable et des efficacités cliniques et hémodynamiques à court et à long terme satisfaisantes. Dans les années à venir, des études prospectives, randomisées, portant sur des données à long terme comparant la Perceval avec des bioprothèses aortiques « stentées » bien connues détermineront le rôle de V-SS dans l'arsenal chirurgical. Aussi les efforts de recherche futurs devraient également tenter de fournir des données prospectives, randomisées comparant le TAVI et la V-SS en chirurgie mini-invasive nous permettant de mettre la lumière sur l'apport relatif d'une technologie par rapport à l'autre, en particulier pour les patients à risque intermédiaire.

En raison de l'augmentation de l'espérance de vie de la population générale, et de la prévalence des patients atteints de CAD adressés en chirurgie coronarienne, l'EC se révèle une alternative efficace pour favoriser une revascularisation complète. Et ce, en attendant les résultats du développement des technologies modernes telles que l'injection locale des facteurs de croissance angiogéniques, nouvelle thérapie en pleine évolution dans le domaine de l'athérosclérose.

Références bibliographiques

1. Anderson RH, Spicer DE, Hlavacek AM, Cook AC, Backer CL. Approches chirurgicales du cœur. Anatomie chirurgicale du cœur de Wilcox. 4 ème éd. Cambridge University Press; 2013.p1-12.
2. Kamina P. Cœur et péricarde. Anatomie clinique : Tome 3, Thorax, abdomen. 3e édition. Paris : Maloine; p. 95–126.
3. Chan K-L, Veinot JP. General anatomy of the heart in the chest. Anatomic Basis of Echocardiographic Diagnosis. New York: Springer; p. 1–26.
4. Mill MR, Wilcox BR, Anderson RH. Surgical Anatomy of the Heart. Cardiac Surgery in the Adult. New York: McGraw-Hill,; p. 29–50.
5. Henry Gray. The Heart,” in Anatomy of the Human Body. Twentieth, L. & FEBIGER, Ed. Philadelphia: Philadelphia, 1918.
6. Léonard A. Canada’s aging population and public policy: 1. Statistical overview [Internet]. Ottawa (ON): Library of Parliament; 2012 Feb 28. (Publication No. 2011-63-E). <http://www.parl.gc.ca/content/lop/researchpublications/2011-63-e.pdf>
7. Maganti K, Rigolin VH, Sarano ME and Bonow RO. Valvular heart disease: diagnosis and management. Mayo Clin Proc. 2010; 85:483-500.
8. McGraw-Hill. Valvular Heart Disease. Harrison’s Principles of Internal Medicine, 18th Edition.; p. 1929–50.
9. Carabello BA, Paulus W J. Aortic stenosis. Lancet. 373 (9667):956– 66.
10. Paul A laizzo, Hand Book of cardiac anatomy, physiology an device. Spring 2011.
11. Soler-Soler J. Galve E. Worldwide perspective of valve disease. Heart 2000; 83:721-5.

12. Braverman AC, Güven H, Beardslee MA, Makan M, Kates AM, Moon MR. The bicuspid aortic valve. *Curr Probl Cardiol*. 2005 Sep; 30(9):470–522.
13. Acar J, Michel PL, Dorent R et al. Évolution des étiologies des valvulopathies opérées en France sur une période de 20 ans. *Arch Mal Cœur* 1992 ; 85 : 411-5.
14. Matthias Bechtel JF, Noack F, Sayk F, Erasmi A, Bartels C, Sivers HH. Histopathological grading of ascending aortic aneurysm: comparison of patient with bicuspid versus tricuspid aortic valve. *J Heart Valve Dis* 2003; 12:54-9.
15. Michel PL, Acar J, Lung B, Chomette G. Degenerative aortic regurgitation. *Eur Heart J* 1991; 12: 875-82.
16. Bonow R, Carabello B, DeLeon A, Edmunds LH, Fedderly BJ, Freed MD et al. ACC/AHA guidelines for the management of patients with valvular heart disease. Executive Summary. *Circulation* 1998; 98: 1949-84.
17. Tribouilloy C, Goissen T, Levy F. Quand opérer une insuffisance aortique chronique asymptomatique ? *Arch Mal Coeur* 2003 ; 96 : 607-14.
18. Katz NM and Chase GA. Risks of Cardiac Operations for Elderly Patients: Reduction of the Age Factor. *Ann Thorac Surg* 1997; 63:1309-14.
19. Assey M. Heart disease in the elderly. *Heart Dis Stroke*. 1993 Jul-Aug; 2(4):330-4.
20. Katz NM, Hannan RL, Hopkins RA, Wallace R B. Cardiac operations in patients aged 70 years and over: mortality, length of stay and hospital charge. *Ann Thoarc Surg* 1995; 60:96-101.
21. Lindroos M, Kupari M, Heikkila J, Tilvis R. Prevalence of aortic valve abnormalities in the elderly: an echocardiographic study of a random population sample. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 1220-5.
22. Bouma BJ, van Den Brink RB, van Der Meulen JH , Verheul H, Cheriex E, Hamer H et al. To operate or not on elderly patients with aortic stenosis: the decision and its consequences. *Heart* 1999; 82: 143-8.

23. Hannan EL, Racz MJ, Jones RH, Gold JP, Ryan TJ, Hafner JP et al. Predictors of mortality for patients undergoing cardiac valve replacements in New York State. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 1212-8.
24. Astor BC, Kaczmarek RG, Hefflin B, Daley WR. Mortality after aortic valve replacement: results from a nationally representative database. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 1939-45.
25. Jameison WR, Edwards FH, Schwartz M, Bero JW, Clark RE, Grover FL. Risk stratification for cardiac valve replacement. National Cardiac Surgery Database. Database Committee of the Society of Thoracic Surgeons. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 943-51.
26. Cribier A, Eltchaninoff H, Tron C, Bauer F, Agatiello C, Sebah L et al. Early experience with percutaneous transcatheter implantation of heart valve prosthesis for the treatment of end-stage inoperable patients with calcific aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43 :698–703.
27. Ho C, Cimon K, Rabb D. Transcatheter aortic valve replacement in severe aortic stenosis: a review of comparative durability and clinical effectiveness beyond 12 months.
28. Abdelgawad A, Hussein MA, Naeem H, Abuellata R, Alghamdy S. A Comparative Study of TAVR versus SAVR in Moderate and High-Risk Surgical Patients: Hospital Outcome and Midterm Results. *The Heart Surgery Forum* #2019-2243 22 (5), 2019.
29. Topfer LA. Valves sans suture pour le traitement de la sténose aortique (Notes sur les technologies de la santé en émergence, Numéro 137). Ottawa : L'agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé : 2015.
30. Concistrè G, Chiaromonte F, Bianchi G, Cerillo A, Murzi M, Margaryan R, et al. Aortic Valve Replacement With Perceval Bioprosthesis: Single-Center Experience With 617 Implants. *Ann Thorac Surg* 2018;105:40–6.
31. Lindman BR, Bonow RO, Otto CM. Current management of calcific aortic stenosis. *Circ Res* 113:223–237, 2013.

32. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, III, Guyton RA, O’Gara PT, Ruiz CE, Skubas NJ, Sorajja P, Sundt TM, III, Thomas JD and Members AATF. 2014 AHA/ACC Guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American heart association task force on practice guidelines. *Circulation*. 2014; 129:e521-e643.
33. Pibarot P, Dumesnil JG. Prosthetic heart valves: selection of the optimal prosthesis and long-term management. *Circulation*. 2009 Feb 24; 119 (7):1034–48.
34. Ikonomidis JS, Kratz JM, Crumbley AJ, Stroud MR, Bradley SM, Sade RM, et al. Twenty-year experience with the St Jude Medical mechanical valve prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003 Dec; 126 (6):2022–31.
35. Hammermeister K, Sethi GK, Henderson WG, Grover FL, Oprian C, Rahimtoola SH. Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: final report of the Veterans Affairs randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2000 Oct; 36(4):1152–8.
36. Bloomfield P, Wheatley DJ, Prescott RJ, Miller HC. Twelve-year comparison of a Bjork-Shiley mechanical heart valve with porcine bioprostheses. *N Engl J Med*. 1991 Mar 28; 324 (9):573–9.
37. Khan SS, Trento a, DeRobertis M, Kass RM, Sandhu M, Czer LS, et al. Twenty-year comparison of tissue and mechanical valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001 Aug; 122 (2):257–69.
38. Ross D. Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft. *Lancet*. 1967; 956–8.
39. Takkenberg JJM, Klieverik LM, Schoof PH, van Suylen R-J, van Herwerden L a, Zondervan PE, et al. The Ross procedure: a systematic review and meta-analysis. *Circulation*. 2009 Jan 20; 119 (2):222–8.

40. Zlotnick AY, Shiran A, Lewis BS, Aravot D. A Perfectly Functioning Magovern-Cromie Sutureless Prosthetic Aortic Valve 42 Years After Implantation. *Circulation*. 2008; 117: e1-e2
41. Michael Kosasih M, Almeida A, Smith JA. Early Outcomes of Sutureless Aortic Valve Replacement With the Perceval S Bioprosthesis. *Heart, Lung and Circulation* (2019) 28, 970–976.
42. Shrestha M, Fischlein T, Meuris B, Flameng W, Carrel T, Madonna F et al. European multicentre experience with the sutureless Perceval valve: clinical and haemodynamic outcomes up to 5 years in over 700 patients. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 2014.
43. Biancari F, Barbanti M, Santaroino G, Deste W, Tamburino C, Gulino S et al. Immediate outcome after sutureless versus transcatheter aortic valve replacement. *Heart Vessels*, 2016 Mar; 31(3):427-33.
44. Meuris B, Rega F, Verbrugghe P. Perceval Sutureless Valve and Structural Valve Deterioration. *Ann Thorac Surg* 2021;112:1378-87.
45. Lahlou I, Sekkali N, El Marjani H, Elkorbi N, Ouaha L, Akoudad H. Évaluation écho-Doppler d'une sténose aortique. *Le journal marocain de cardiologie* V, 2011.
46. Dalén M, Biancari F, Rubino A, Santarpino G, De Prater H, Kasma K et al. Ministernotomy Versus Full Sternotomy Aortic Valve Replacement With a Sutureless Bioprosthesis: A Multicenter Study. *Ann Thorac Surg* 2015; 99:524–31.
47. Glauber M et Miceli A. Minimally invasive aortic valve replacement with sutureless valve is the appropriate treatment option for high-risk patients and the real alternative to transcatheter aortic valve implantation. *J. Thorac Cardiovasc Surg*, 2015.
48. Yusuf S, Reddy S, Ounpuu S, Anand S. Global burden of cardiovascular disease: Part II. Variations in cardiovascular disease by specific ethnic groups and geographic regions and prevention strategies. *Circulation* 2001; 104:2855–64.

49. Windecker S, Kolh P, Alfonso F, Collet JP, Cremer J, Falk V et al. 2014 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J*. 2014; 35: 2541e2619.
50. Danchin N: Les recommandations ESC 2018 sur la revascularisation myocardique, E-Cordiam, Novembre 2018.
51. Rubin S. Chirurgie des lésions acquises des artères coronaires EMC — Technique chirurgicales — Thorax Volume 10. 2015.
52. Fihn SD, Gardin JM, Abrams J, Berra k, Blankenship JC, Dallas AP et al. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines, and the American College of Physicians, American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *Circulation*. vol. 126. 2012 Dec 18. pp. e354-471
53. Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, Colombo A, Holmes DR, Mack MJ et al. SYNTAX Investigators. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. *N Engl J Med*. 2009; 360:961e972.
54. Rihal CS, Raco DL, Gersh BJ, Yusef S. Indications for coronary artery bypass surgery and percutaneous coronary intervention in chronic stable angina: review of the evidence and methodological considerations. *Circulation*. 2003; 108:2439-2445.
55. Hoffman SN, TenBrook JA, Wolf MP, Pauker SG, Salem DN, Wong JB. A meta-analysis of randomized controlled trials comparing coronary artery bypass graft with percutaneous transluminal coronary angioplasty: one to eight-year outcomes. *J Am Coll Cardiol*. 2003; 41:1293-1304.

56. Hillis LD, Smith PK, Anderson JL, Bittl JA, Bridges CR, Byrne JG et al. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Developed in collaboration with the American Association for Thoracic Surgery, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and Society of Thoracic Surgeon. *J Am Coll Cardiol*. vol. 58. 2011. pp. e123-210.
57. Kappetein P. Optimal revascularization strategy in patients with three-vessel disease and/or left main disease: the 3 years outcomes of the SYNTAX trial. 12 septembre 2010, 24e congrès de l'European Association for Cardiothoracic Surgery (Genève, 11-15 septembre 2010).
58. Rankin JS, Harrell FE. Measuring the therapeutic efficacy of coronary revascularization: Implications for future management. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 131:944-8.
59. Brenda MG, Cynthia Guadalupe RH , Alejandro QG, Victor E. RR, Claudia N. EH , Rodrigo E. et al. Conduits Used in Coronary Artery Bypass Grafting: A Review of Morphological Studie. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 23:55–65
60. Gou-Wei H. Arterial grafting for coronary artery bypass surgery. Considerations in the choice of arterial grafts. 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006; p 81–6.
61. Amaya H, Villarreal-Silva JM, ElizondoOmaña EE, Gutierrez de la O RE, Canales JD, Gonzalez R et al. Conduits for myocardial revascularization grafts: The importance of morphology and imaging. *Med Univ* 2010; 12: 115-9.
62. Pevni D, Mohr R, Lev-Ran O, Paz Y, Kramer A, Frolkis I, et al. Technical Aspects of Composite Arterial Grafting With Double Skeletonized Internal Thoracic Arteries. *Chest* 2003; 123; 1348–1354.
63. Kelly R, Buth KJ, Légaré JF. Bilateral internal thoracic artery grafting is superior to other forms of multiple arterial grafting in providing survival benefit after coronary bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012; 144: 1408-15.

64. Gaudino M, Crea F, Cammertoni F, Mazza A, Toesca A, Massetti M. Morpho-functional features of the radial artery: implications for use as a coronary bypass conduit. *Ann Thorac Surg* 2014; 98: 1875-9.
65. Nasr AY. The radial artery and its variations: anatomical study and clinical implications. *Folia Morphol (Warsz)* 2012; 71: 252-62.
66. Baikoussis NG, Papakonstantinou NA, Apostolakis E. Radial artery as graft for coronary artery bypass surgery: Advantages and disadvantages for its usage focused on structural and biological characteristics. *J Cardiol* 2014; 63: 321-8.
67. Malvindi PG, Jacob S, Kallikourdis A, Vitale N. What is the patency of the gastroepiploic artery when used for coronary artery bypass grafting? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2007; 6:397–402.
68. Pym J. Right gastroepiploic artery grafting: history and operative techniques. In: He GW, editor. *Arterial grafting for coronary artery bypass surgery*. 2nd ed. Springer Berlin Heidelberg, 2006; p 181–92.
69. Bailey CP, May A and Lemmon WM. Survival after coronary endarterectomy in man. *J Am Med Assoc* 1957; 164:641–646.
70. Zimarino M, Ricci F, Romanello M, Di Nicola M, Corazzini A, De Caterina R. Complete myocardial revascularization confers a larger clinical benefit when performed with state-of-the-art techniques in high-risk patients with multivessel coronary artery disease: a meta-analysis of randomized and observational studies. *Catheter Cardiovasc Interv* 2016; 87:3–12.
71. Vohra HA, Kanwar R, Khan T, and Dimitri WR. Early and Late Outcome After Off-Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery With Coronary Endarterectomy: A Single-Center 10-Year Experience. *Ann Thorac Surg* 2006;81:1691– 6.
72. Chauvette V, Noly PE, Cartier R. Off-Pump coronary artery bypass grafting: 1500 patients and more than 20 years of follow. *Canadian Journal of Cardiology*, Vol 37, Issue 10, Supplement, Octobre 2021, page S97.

73. Lung B, Vahanian A. Epidemiology of acquired valvular heart disease. *Can J Cardiol.* 30 sept. 2014 (9) : 962-70.
74. Al- Sarraf N, Thalib L, Hughes A, Houlihan M, Tolan M, Young V, et al. Cross clamp time is an independent predictor of mortality and morbidity in low and high-risk cardiac patients. *Int J Surg* 2011; 9(1): 104-9.
75. Brown JM, O'Brien SM, Wu C, Sikora JAH, Griffith BP, Gammie JS. Isolated aortic valve replacement in North America comprising 108,687 patients in 10 years: changes in risks, valve types, and outcomes in the Society of Thoracic Surgeons National Database. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 137, no. 1, pp. 82–90, 2009.
76. Lee R, Li S, Rankin JS, O'Brien S, Gammie JS, Peterson ED, et al. Fifteen-year outcome trends for valve surgery in North America. *Annals of Thoracic Surgery* vol. 91, no. 3, pp. 677–684, 2011.
77. Abdel-Wahab M, Fujita B, Frerker C, Bauer T, Beckmann A, Bekeredjian R, et al. Transcatheter Versus Rapid-Deployment Aortic Valve Replacement. A Propensity-Matched Analysis From the German Aortic Valve Registry. *J Am Coll Cardiol Interv* 2020;13:2642–54.
78. Vasanthan V, Kent W, Alexander Gregory A, Andrew Maitland A, Charles Cutrara C, Denis Bouchard D, et al. Perceval Valve Implantation: Technical Details and Echocardiographic Assessment. *Ann Thorac Surg* 2019;107:e223–5.
79. Shrestha M, Timm R, Höffler K, Nurbol K, Khaladj N, Hagl C, et al. Minimally invasive aortic valve replacement with self-anchoring Perceval valve. *J Heart Valve Dis.* 2013; 22:230-5.
80. Rubino AS, Santarpino G, De Praeter H, Kasama K, Dalen M, Sartipy U, et al. Early and intermediate outcome after aortic valve replacement with a sutureless bioprosthesis: results of a multicenter study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014; 148:865-71.
81. Phan K, Tsai YC, Niranjana N, Bouchard D, Carrel TP, Dapunt CE, et al. Sutureless aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis. *Ann Cardiothorac Surg* 2015;4(2):100-111.

82. Choi JW, Kim HJ, Kim BJ, Lee S, Lim C, Chang BC, , and al. Early and Two-year Outcomes after Sutureless and Conventional Aortic Valve Replacement: a Nationwide Population-based Study. *J Korean Med Sci.* 2021 Mar 8;36(9):e57.
83. Gilmanvo D, Farneti P, Miceli A, Bevilacqua S, Glauber M. Perceval S sutureless aortic valve prosthesis implantation via right anterior minithoracotomy. *Multimed Man CardioThorac Surg* 2013.
84. Brown ML, McKellar SH, Sundt TM, Schaff HV. Ministernotomy versus conventional sternotomy for aortic valve replacement: a systemic review and meta-analysis. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 2009; 137: 670-9.
85. D’Onofrio A, Salizzoni S, Rubino AS, Besola L, Filippine C, Alfieri O et al. The rise of new technologies for aortic valve stenosis: A comparison of sutureless and transcatheter aortic valve implantation. *J Thorac Cardio Vasc Surg* 2016; 152:99–109. e2.
86. Amer M, Abd Al Jawad M, Omar A, Metwaly H. Safety and Haemodynamic Outcomes of Currently Available Suture-less Aortic Valves in Patients With Aortic Stenosis: A Meta-Analysis. *Heart, Lung and Circulation* (2020) 29, 1301–1309.
87. Schwarz F, Baumann P, Manthey J, Hoffmann M, Schuler G, Mehmel HC et al. The effect of aortic valve replacement on survival. *Circulation*1982; 66:1105-10.
88. Sohn SH, Jang MJ, Hwang HY, and Kim KH. Rapid deployment or sutureless versus conventional. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;155:2402-12.
89. Laborde F, Fischlein T, Meibodi KH, Misfeld M, Carrel T, Zembala M, et al. Clinical and Haemodynamic outcomes in 658 patients receiving the Perceval sutureless aortic valve: early results from a prospective European multicenter study (The CAVALIER Trial). *European Journal of Cardio- Thoracic Surgery* 49 (2016) 978–986.
90. Szeceł D, Eurlings R, , Rega F, Verbrugghe P, and Meuris B. Perceval Sutureless Aortic Valve Implantation: Midterm Outcomes. *Ann Thorac Surg* 2021;111:1331-7.

91. Steffen Pfeiffer S, Fischlein T and Santarpino G. Sutureless Sorin Perceval Aortic Valve Implantation. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, Volume 29, Issue 1, Spring 2017, Page 1-7. <http://dx.doi.org/10.1053/j.semtcvs.2016.02.013>.
92. Vogt F, Pfeiffer S, Dell'Aquila AM, Fischlein T, Santarpino G. Sutureless aortic valve replacement with Perceval bioprosthesis: are the predicting factors for post operative pace maker implantation? *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2016; 22:253-8.
93. Szeceł D, Meuris B. Long term outcome with sutureless valves: 12 years of perceval experience. *Ann Cardio thorac Surg* 2020; 9:322-324.
94. Vogt F, Moscarelli M, Nicoletti A, Gregorini R, Pollari F, Kalisnik JM, et al. Sutureless Aortic Valve and Pacemaker Rate: From Surgical Tricks to Clinical Outcomes. *Ann Thorac Surg* 2019;108:99–106.
95. El-Khally Z, Thibault B, Staniloae C, Theroux P, Dubuc M, Roy D, et al. Prognostic significance of newly acquired bundle branch block after aortic valve replacement. *Am J Cardiol* 2004 Oct 15; 94(8):1008-11.
96. Chauvette V, Mazine A, Bouchard D. Ten year experience with the Perceval S sutureless prosthesis: lessons learned and future perspectives. *Journal of Visualised Surgery*. 2018; 4:87.
97. Meuris B, Flameng W, Laborde F, Folliguet T, Haverich A, Shrestha M. Five-year results of the pilot trial of a sutureless valve. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* July 2015.
98. Shinn SH, Altarabsheh SE, Deo SV : A systemic review and meta-analysis of sutureless aortic valve replacement versus transcatheter aortic valve implantation. *Ann Thorac Surg* 106:924–929, 2018.
99. Bouhout I, Noly PE, Parisi A, Bouchard D. First case of Perceval S prosthesis early structural valve deterioration: Not an easy reoperation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 152:e71–e73, 2016.

100. Dvir D, Webb JG, Bleiziffer S, Pasic M, Waksman R, Kodali S, et al. Transcatheter aortic valve implantation in failed bioprosthetic surgical valves. *JAMA* 312:162–170, 2014.
101. Di Eusanio M, Saia F, Pellicciari G, Phan k, Ferlito M, Dall’Ara G, et al. In the era of the valve-in-valve: Is transcatheter aortic valve implantation (TAVI) in sutureless valves feasible? *Ann Cardiothorac Surg* 4:214–217, 2015.
102. Sun X, Song Z, Soffer D, Pirris J. Transcatheter aortic valve-in-valve implantation for early failure of sutureless aortic bioprosthesis. *J Card Surg* 33:172–175, 2018.
103. Andreas M, Coti I, Laufer G, Kas. Tner J. Valve-in-valve transcatheter aortic valve implantation into a novel, sutureless bioprosthesis: Technical considerations. *EuroIntervention* 13:1902–1903, 2018.
104. Himbert D, Pontnau F, Messika-Zeitoun, Descoutures F, Détaint D, Cueff C, et al. Feasibility and outcomes of transcatheter aortic valve implantation in high-risk patients with stenotic bicuspid aortic valves. *Am J Cardiol* 110:877–883, 2012.
105. Pilgrim T, Kalesan B, Wenaweser P, Huber C, Stortecky S, Buellesfeld L, et al: Predictors of clinical outcomes in patients with severe aortic stenosis undergoing TAVI: A multistate analysis. *Circ Cardiovasc Interv* 5:856–861, 2012.
106. Neragi-Miandoab S, Michler RE. A review of most relevant complications of transcatheter aortic valve implantation. *ISRN Cardiol* 2013:956252, 2013.
107. Tarantini G, Gasparetto V, Napodano M, Fraccaro C, Gerasa G, Isabella G. Valvular leak after transcatheter aortic valve implantation: A clinician update on epidemiology, pathophysiology and clinical implications. *Am J Cardiovasc Dis* 1:312–320, 2011.
108. Elbardissi AW, Balaguer JM, Byrne JG, Aranki SA. Surgical therapy for complex coronary artery disease. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2009 ; 21:199–206.
109. Livesay JJ, Cooley DA, Hallman GL, Reul GJ, Ott DA, Duncan JM, et al. Early and late results of coronary endarterectomy. Analysis of 3,369 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1986; 92:649–60.

110. Gegouskov V, Tochtermann U, Badowski-Zyla D, Thomas G, Hagl S, Osswald B. Long-term results after coronary artery reconstructive surgery. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2007; 55:293-297.
111. Jones EL, Weintraub W S. The importance of completeness of revascularization during long-term follow-up after coronary artery operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1996; 112:227-37.
112. Chi LQ, Zhang JQ, Kong QY, Xiao W, Liang L, Chen XL. Early Results of Coronary Endarterectomy Combined with Coronary Artery Bypass Grafting in Patients with Diffused Coronary Artery Disease. *Chin Med J.* 2015; 128:1460-4.
113. Shapira OM, Akopian G, Hussain A, Adelstein M, Lazar HL, Aldea GS, et al. Improved clinical outcomes in patients undergoing coronary artery bypass grafting with coronary endarterectomy. *Ann Thorac Surg.* 1999; 68:2273–8.
114. Atik FA, Dallan LA, Oliveira SA, Lisboa LA, Platania F, Cabral RH, et al. Myocardial revascularization with coronary endarterectomy. Stratification of risk factors for early mortality. *Arq Bras Cardiol.* 2000 ; 75:269-80.
115. Kosaku Nishigawa K, Fukui T, Yamazaki M, and Takanashi S. Ten-Year Experience of Coronary Endarterectomy for the Diffusely Diseased Left Anterior Descending Artery. *Ann Thorac Surg* 2017;103:710–6.
116. Ferraris VA, Harrah JD, Moritz DM, Striz M, Striz D, Ferraris SP. Long-term angiographic results of coronary endarterectomy. *Ann Thorac Surg.* 2000;69:1737-43.
117. Schwann TA, Zacharias A, Riordan CJ, Durham SJ, Shah AS, Habib RH. Survival and Graft Patency After Coronary Artery Bypass Grafting With Coronary Endarterectomy: Role of Arterial Versus Vein Conduits. *Ann Thorac Surg.* 2007; 84:25-31.
118. Tiruvoipati R, Loubani M, Lencioni M, Ghosh S, Jones PW, Patel RL. Coronary endarterectomy: Impact on morbidity and mortality when combined with coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg.* 2005; 79:1999-2003.

119. Soyly L, Harling L, Ashrafian H, Casula R, Kokotsakis J, Athanasiou T. Adjunct coronary endarterectomy increases myocardial infarction and early mortality after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 19 (2014) 462–473.
120. Nishigawa K, Toshihiro Fukui T, Takaki J, and Takanashi S. Coronary endarterectomy for diffusely diseased coronary artery: An ace in the hole in coronary artery surgery. *JTCVS Techniques*. Online 21 March 2021. <https://doi.org/10.1016/j.xjtc.2021.03.018>.
121. Byrne JG, Karavas AN, Gudbjartson T, Leacche M, Rawn JD, Couper GS et al. Left anterior descending coronary endarterectomy: early and late results in 196 consecutive patients. *Ann Thorac Surg* 2004; 78:867—873.
122. Marinelli G, Chiappini B, Di Eusanio M, Di Bartolomeo R, Caldarera I, Marrozzini C, et al. Bypass grafting with coronary endarterectomy: immediate and long-term results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 124:553-60.
123. Tiruvoipati R, Loubani M, Peek G. Coronary endarterectomy in the current era. *Curr Opin Cardiol* 2005; 20:517–20.
124. Stavrou A, Gkiousias V, Kyprianou K, Dimitrakaki IA, Challoumas D, Dimitrakakis G. Coronary endarterectomy: The current state of knowledge. *Atherosclerosis*. 2016; 249:88-98.
125. Shehada SE, Mourad F, Balaj I, El Gabry M, Wendt D, Thielmann M, et al. Long-Term Outcomes of Coronary Endarterectomy in Patients With Complete Imaging Follow-Up. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2019 ; Volume 32 : 730-737, Number 4.
126. Kulik A, Le May MR, Voisine P, Tardif JC, Delarocheliere R, Naidoo S, et al. Aspirin plus clopidogrel versus aspirin alone after coronary artery bypass grafting: the clopidogrel after surgery for coronary artery disease (CASCADE) trial. *Circulation*. 2010; 122:22680-7.
127. Jabara R, Chronos N, Klein L, Eisenberg S, Allen R, Bradford S et al. Comparison of Multidetector 64-Slice Computed Tomographic Angiography to Coronary Angiography to Assess the Patency of Coronary Artery Bypass Grafts. *Am J Cardiol* 2007; 99:1529 -1534.

128. Jones CM, Chin KY, Yang GZ, Hamady M, Darzi A, Athanasiou T. Coronary artery bypass graft imaging with 64-slice multislice computed tomography: literature review. *Semin Ultrasound CT MRI* 2008; 29:204–13.
129. Khan R, Rawal S, Eisenberg MJ. Transitioning from 16-slice to 64-slice multidetector computed tomography for the assessment of coronary artery disease: Are we really making progress? *Can J Cardiol* 2009; 25(9):533–542.
130. Jungmann F, Emrich T, Midenberger P, Emrich AL, Duber C, Kreitner KF. Multidetector Computed Tomography Angiography (MD-CTA) of Coronary Artery Bypass Grafts—Update 2017. *Fortschr Röntgenstr* 2018; 190: 237–249.
131. Di Lazzaro D, Crusco F. CT angio for the evaluation of graft patency. *J Thorac dis.* 2017 Apr; 9 (suppl 4): S283-288.
132. Nieman K, Pattynama PM, Rensing BJ, Geuns RJ, Feyter PJ. Evaluation of Patients after Coronary Artery Bypass Surgery: CT Angiographic Assessment of Grafts and Coronary Arteries. *Radiology* 2003, 229:749-756.
133. Gabriel J, Klimach S, Lang P, Hildick-smith D. Should computed tomography angiography supersede invasive coronary angiography for the evaluation of graft patency following coronary artery bypass graft surgery?. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 21 (2015) 231–239.
134. Weustink AC, Nieman K, Pugliese F, Mollet NR, Meijboom WB, Meighem CV et al. Diagnostic accuracy of computed tomography angiography in patients after bypass grafting: comparison with invasive coronary angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2:816–24.
135. Zanzonico P, Rothenberg LN, Strauss HW. Radiation exposure of computed tomography and direct intracoronary angiography: Risk has its reward. *J Am Coll Cardio* 2006; 47:1846-9.

Annexe 1 Article publié



Sutureless and Transcatheter Aortic Valve Replacement: When Rivals Become Allies

Mariam Ellouze, MD, Amine Mazine, MD, MSc, Michel Carrier, MD, MBA, and Denis Bouchard, MD, PhD

In recent years, sutureless aortic valve replacement (SU-AVR) and transcatheter aortic valve replacement (TAVR) have emerged as viable alternatives to standard surgical aortic valve replacement (AVR) in higher risk patients. We report 7 cases in which SU-AVR and TAVR were used as bailout procedures for each other. Between June 2011 and August 2018, 626 patients underwent SU-AVR with the Perceval S prosthesis, and 588 patients underwent TAVR at the Montreal Heart Institute. Herein, we report the cases of 7 patients who underwent both procedures within a short time frame: 3 patients who underwent SU-AVR with a Perceval prosthesis after a failed TAVR procedure, 3 patients who underwent TAVR after degeneration of a surgically implanted Perceval sutureless prosthesis, and 1 patient who was scheduled for multiple percutaneous interventions—including TAVR, right coronary angioplasty, atrial fibrillation ablation with left atrial appendage occlusion—who suffered a periprocedural complication requiring an emergent surgery, during which a Perceval sutureless prosthesis was deployed. All patients were discharged home alive. Two patients suffered a complete heart block requiring permanent pacemaker implantation. We demonstrate that SU-AVR with the Perceval S prosthesis and TAVR are complementary procedures within the therapeutic armamentarium to treat aortic valve disease in higher risk patients. Specifically, valve-in-valve TAVR is an attractive option in the setting of Perceval prosthesis degeneration, whereas SU-AVR is a useful bailout option in the context of periprocedural failure of a TAVR.

Semin Thoracic Surg 32:427–430 © 2019 Published by Elsevier Inc.

Keywords: Sutureless bioprosthesis, Transcatheter valve replacement, Structural valve degeneration

INTRODUCTION

Aortic valve replacement (AVR) is the only therapy that has been shown to alter the natural history of aortic stenosis.¹ While surgical AVR is the gold standard, transcatheter aortic valve replacement (TAVR) has emerged as the treatment of

Abbreviations: AVR, aortic valve replacement; SU-AVR, sutureless aortic valve replacement; TAVR, transcatheter aortic valve replacement; TEE, transesophageal echocardiographic

Department of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute and Université de Montréal, Montreal, Québec, Canada

Funding: None.

Declaration of Competing Interest: MC and DB disclose that they have received proctorship fees from Sorin Canada.

Address reprint requests to Denis Bouchard, MD, PhD, Department of Cardiac Surgery, Montreal Heart Institute, 5000 Belanger Street, Montreal, QC, Canada, H1T 1C8. E-mail: denis.bouchard@icm-mhi.org



Perceval S sutureless bioprosthesis (Panel A) and Sapien XT transcatheter valve (Panel B).

Central Message

SU-AVR and TAVR have emerged as viable alternatives to standard surgical AVR in higher risk patients. We report 7 cases in which SU-AVR and TAVR were used as bailout procedures for each other.

Perspective Statement

The Perceval S prosthesis and TAVR are complementary procedures within the therapeutic armamentarium to treat aortic valve disease in higher risk patients. Specifically, valve-in-valve TAVR is an attractive option in the setting of Perceval prosthesis degeneration, whereas SU-AVR is a useful bailout option in the context of periprocedural failure of a TAVR.

choice for inoperable and high-risk patients,² as well as a viable alternative to surgical AVR for intermediate-risk patients. More recently, sutureless aortic valve replacement (SU-AVR) has been introduced as yet another alternative to standard surgical AVR.³ The Perceval S aortic bioprosthesis (Sorin Biomedica, Sallugia, Italy) is the most commonly used sutureless

bioprosthesis and has been shown to reduce operative times and potentially improve early outcomes.⁴ In particular, patients who undergo SU-AVR have lower rates of paravalvular leakage compared with patients undergoing TAVR.⁵ This is likely due to the fact that SU-AVR allows for removal of the diseased valve/degenerated prosthesis, whereas TAVR does not.

Between June 2011 and August 2018 at the Montreal Heart Institute, 626 patients underwent SU-AVR with the Perceval S prosthesis and 588 patients underwent TAVR. While SU-AVR and TAVR are often viewed as competing therapies,⁶ our group considers them to be complementary tools within the therapeutic armamentarium to treat aortic valve disease in higher risk patients. To illustrate this concept, we report 7 cases in which SU-AVR and TAVR were used as bailouts for each other.

CASE PRESENTATIONS

Case 1

A 79-year-old woman presented with severe symptomatic aortic regurgitation and stenosis 3 years after implantation of a medium-sized (23 mm) Perceval sutureless prosthesis. The patient was in New York Heart Association (NYHA) functional class III. Her medical history was significant for type 2 diabetes, obesity, hypothyroidism, hypercholesterolemia, and end-stage renal disease. The case was reviewed by our Heart Team, and a decision was made to proceed with TAVR rather than reoperation, given the patient's high surgical risk. The procedure was carried out under mild sedation and via a transfemoral approach. Using rapid pacing and transesophageal echocardiographic (TEE) guidance, a 26-mm CoreValve (Medtronic Inc, Minneapolis, MN) was successfully deployed inside the degenerated Perceval prosthesis with excellent result, and an angioplasty of the left anterior descending artery was concomitantly performed. The mean transaortic gradient decreased from 40 mm Hg to 9 mm Hg. A predischarge echocardiogram showed an aortic valve area (AVA) of 1.4 cm², with trivial regurgitation. The patient was asymptomatic at follow-up 8 months after TAVR.

Case 2

An 84-year-old woman was diagnosed with severe symptomatic aortic stenosis and underwent SU-AVR with a small (21 mm) Perceval sutureless prosthesis, as well as coronary bypass grafts to the left anterior descending and obtuse marginal arteries. Four years later, she presented with worsening dyspnea on exertion and was diagnosed with severe intravalvular aortic regurgitation and elevated transaortic gradients. Her medical history was significant for type 2 diabetes and hypercholesterolemia. Given the patient's age and the presence of patent coronary bypass grafts, our Heart Team decided to proceed with TAVR. The procedure was carried out under mild sedation and via a transfemoral approach. Using rapid pacing and TEE guidance, a 23-mm Sapien valve was successfully deployed with excellent results. The mean transaortic gradient decreased from 34 mm Hg to 7 mm Hg. A predischarge echocardiogram showed an AVA of 1.9 cm², with no residual

regurgitation. The patient was asymptomatic at follow-up 6 months after TAVR.

Case 3

An 86-year-old man was diagnosed with severe symptomatic aortic stenosis and underwent SU-AVR with a large (25 mm) Perceval sutureless prosthesis, as well as coronary bypass grafts to the left anterior descending and posterior interventricular arteries. Four years later, he presented with worsening dyspnea on exertion, and was diagnosed with left ventricular dysfunction and elevated transaortic gradients. His medical history was significant for type 2 diabetes and hypercholesterolemia. Given the patient's age and the presence of patent coronary bypass grafts, our Heart Team decided to proceed with TAVR. The procedure was carried out under mild sedation and via a transfemoral approach. Using rapid pacing and TEE guidance, a 26-mm Sapien valve was successfully deployed with excellent results. The mean transaortic gradient decreased from 60 mm Hg to 10 mm Hg. Postprocedurally, the patient developed complete AV block which prompted implantation of a permanent pacemaker 8 days post-TAVR. A predischarge echocardiogram showed an AVA of 1.6 cm², with no residual regurgitation. The patient was asymptomatic at follow-up 1 month after TAVR.

Case 4

An 85-year-old woman was diagnosed with severe symptomatic aortic stenosis. The patient was in NYHA class III. Her medical history was significant for hypercholesterolemia, multiple sclerosis, left hemiplegia, and end-stage renal disease. After review by our Heart Team, it was decided to proceed with TAVR. Deployment of a 31-mm CoreValve prosthesis was attempted, but resulted in procedural failure due to migration into the left ventricle. The patient underwent emergency surgery, and a 23-mm Perceval prosthesis was used to replace the aortic valve. A iatrogenic injury to the coronary sinus was repaired using a pericardial patch. The postoperative course was uneventful. A predischarge echocardiogram showed a mean gradient of 12 mm Hg and an AVA of 1.3 cm². The patient remained asymptomatic during follow-up and died of noncardiac causes 18 months after surgery.

Case 5

An 84-year-old woman was diagnosed with severe symptomatic bicuspid aortic stenosis. The patient was in NYHA class III. Her medical history was significant for hypertension and hypercholesterolemia. After review by our Heart Team, it was decided to proceed with TAVR. Deployment of a 26-mm CoreValve prosthesis was attempted, but precise positioning of the device could not be achieved. During the procedure, the patient developed a complete heart block and required urgent intubation. The patient underwent emergency surgery, and a 23-mm Perceval prosthesis was implanted through a ministernotomy. The procedure was well tolerated and the postoperative course was uneventful. A predischarge echocardiogram showed a mean gradient of

10 mm Hg and an AVA of 1.2 cm². The patient was asymptomatic at follow-up 18 months after surgery.

Case 6

An 86-year-old man was diagnosed with severe symptomatic aortic regurgitation. The patient was in NYHA class III. His medical history was significant for moderate mitral regurgitation with calcified annulus, myelodysplastic syndrome, COPD, hypertension, and hypothyroidism. The patient was considered to be at high surgical risk by our Heart Team, and a TAVR procedure was favored. Deployment of a 31-mm CoreValve prosthesis was attempted, but resulted in severe paravalvular regurgitation. The patient underwent emergency surgery, which consisted of a double-valve replacement, with a 25-mm Perceval prosthesis implanted in the aortic position, a 29-mm Perimount-Edwards Magna Ease prosthesis in the mitral position and one venous bypass on postlateral artery. The procedure was well tolerated and the postoperative course was uneventful. A pre-discharge echocardiogram showed a competent mitral prosthesis, a mean transaortic gradient of 8 mm Hg, and an AVA of 2.2 cm². The patient was asymptomatic at follow-up 30 months after surgery.

Case 7

A 72-year-old woman was scheduled for multiple concomitant percutaneous procedures, including a right coronary angioplasty, atrial fibrillation ablation with left atrial appendage occlusion, and TAVR. The patient's medical history was significant for hypertension, hypercholesterolemia, and obesity. Right coronary angioplasty was performed first, successfully. Next, atrial fibrillation ablation and left atrial appendage occlusion were attempted, but the procedure was complicated by a left atrial tear causing tamponade and shock, prompting emergent surgery. A 23-mm Perceval prosthesis was successfully deployed in the aortic position, and the atrial tear was repaired primarily. The postoperative course was marked by persistent dyspnea, secondary to a right pleural effusion which required percutaneous drainage. The remainder of the hospital stay was uneventful. A pre-discharge echocardiogram showed a mean transaortic gradient of 23 mm Hg and an AVA of 1.0 cm². The patient was nonetheless asymptomatic at follow-up 2 months after surgery.

DISCUSSION

Herein, we report 7 cases in which SU-AVR and TAVR were used as “bailout” procedures for each other. This case series demonstrates that valve-in-valve TAVR is feasible in the setting of a degenerated Perceval sutureless bioprosthesis, and that SU-AVR is a useful strategy in the setting of a failed TAVR requiring urgent surgery.

The Perceval S sutureless bioprosthesis (Fig. 1A) is a self-expanding prosthesis made from bovine pericardium mounted on a nitinol stent. This device was introduced to clinical practice 10 years ago and has so far shown excellent durability.⁷ Nonetheless, a handful of cases of early failure have been reported, as early as 1 week postoperatively.⁸ Furthermore, despite encouraging

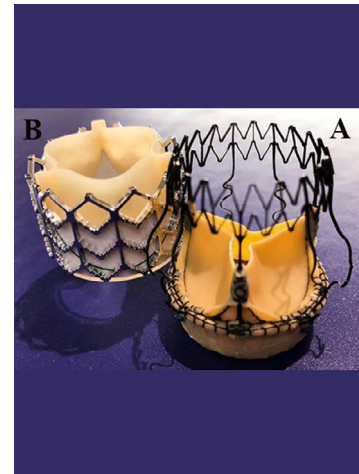


Figure 1. Sutureless and transcatheter aortic bioprostheses. Perceval S sutureless bioprosthesis (Panel A) and Sapien XT transcatheter valve (Panel B).

early results, the Perceval prosthesis will—like all other bioprostheses—undoubtedly be subject to increasing rates of structural valve deterioration in the second decade of follow-up. The standard therapy for bioprosthetic valve failure is redo surgery. However, this approach may be associated with a prohibitively high surgical risk in this patient population, making valve-in-valve TAVR an appealing alternative for the treatment of bioprosthetic dysfunction.^{9,10} The feasibility of valve-in-valve TAVR in a degenerated sutureless prosthesis was initially questioned by some. It was felt that the absence of sutures may theoretically pose a risk of valve instability when deploying a transcatheter valve inside a sutureless valve, thus increasing the risk of paravalvular leak and/or valve migration. However, several groups have demonstrated that valve-in-valve TAVR is safe and feasible in the setting of a degenerated sutureless bioprosthesis.^{11,12} Our study provides further reassurance, by demonstrating excellent early clinical outcomes with this approach. Of note, as with any valve-in-valve TAVR procedure, careful sizing by computed tomography and proper echocardiographic guidance are of paramount importance in ensuring proper annular fit.

In recent years, TAVR has evolved into a standard therapy for aortic stenosis in elderly patients who are poor surgical candidates.^{13,14} The 2 most commonly used transcatheter aortic valve devices are the Sapien (Edwards Lifesciences) (Fig. 1B) and the CoreValve (Medtronic Inc). The Sapien valve is a balloon expandable prosthesis, composed of a metal stent frame with bovine pericardial leaflets crimped onto a balloon catheter. The CoreValve system is composed of a self-expandable nitinol multilevel frame with porcine pericardial leaflets. While TAVR is by and large a safe procedure, it bears a small risk of rare but serious complications that occasionally require urgent conversion to surgery. These complications include device malposition (ie, a device that is implanted too deep or too shallowly in the left ventricular outflow tract), severe paravalvular leak, valve migration and/or embolization, and prosthesis dislocation. Severe annular calcification, bicuspid aortic valve,

and annulus-prosthesis size mismatch are significant risk factors for these complications, due to underexpansion of the TAVR prosthesis stent frame.^{15,16} When these complications occur, they are generally accompanied by clinical and hemodynamic instability, and time is of the essence when converting these patients to surgery. As such, the use of a sutureless prosthesis is particularly appealing in this setting. By alleviating the need for suturing, SU-AVR allows for a significant reduction in cardiopulmonary bypass and aortic cross-clamp times, which is critical in these fragile patients.

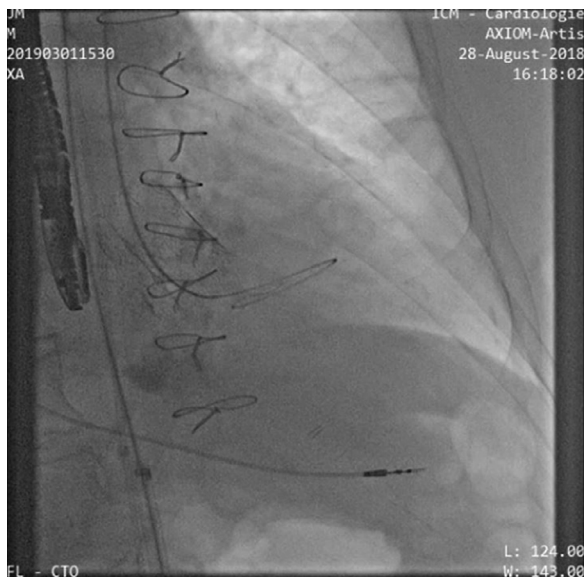
In recent years, the therapeutic armamentarium to treat aortic valve disease has increased drastically. The 2 most significant innovations have been SU-AVR and TAVR. The introduction of these new technologies has led to challenges in refining indications and identifying patients who stand to benefit the most from one therapy vs the other. While SU-AVR and TAVR are often perceived as competitors, we demonstrate that these 2 procedures can in fact be complementary. Centers of excellence in the treatment of aortic valve disease should therefore acquire expertise in both of these therapies.

CONCLUSION

Herein, we demonstrate that valve-in-valve TAVR is an attractive option in the setting of Perceval prosthesis degeneration, whereas SU-AVR is a useful bailout option in the context of peri-procedural failure of a TAVR. These 2 therapies are complementary, and their judicious use can lead to improved outcomes in higher risk patients with aortic valve disease. These decisions should be made in the context of an integrated Heart Team.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

The following is the supplementary data to this article:



Video 1. Valve-in-valve therapy.

REFERENCES

1. Lindman BR, Bonow RO, Otto CM: Current management of calcific aortic stenosis. *Circ Res* 113:223–237, 2013
2. Smith CR, Leon MB, Mack MJ, et al: Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med* 364:2187–2198, 2011
3. Phan K, Tsai YC, Niranjan N, et al: Sutureless aortic valve replacement: A systematic review and meta-analysis. *Ann Cardiothorac Surg* 4:100–111, 2015
4. Santarpino G, Pfeiffer S, Concistre G, et al: The Perceval S aortic valve has the potential of shortening surgical time: Does it also result in improved outcome? *Ann Thorac Surg* 96:77–81, 2013
5. D'Onofrio A, Salizzoni S, Rubino AS, et al: The rise of new technologies for aortic valve stenosis: A comparison of sutureless and transcatheter aortic valve implantation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 152:99–109, 2016
6. Shinn SH, Altarabsheh SE, Deo SV: A systemic review and meta-analysis of sutureless aortic valve replacement versus transcatheter aortic valve implantation. *Ann Thorac Surg* 106:924–929, 2018
7. Chauvette V, Mazine A, Bouchard D: Ten-year experience with the Perceval S sutureless prosthesis: Lessons learned and future perspectives. *J Vis Surg* 4:87, 2018
8. Bouhout I, Noly PE, Parisi A, et al: First case of Perceval S prosthesis early structural valve deterioration: Not an easy reoperation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 152:e71–e73, 2016
9. Dvir D, Webb JG, Bleiziffer S, et al: Transcatheter aortic valve implantation in failed bioprosthetic surgical valves. *JAMA* 312:162–170, 2014
10. Di Eusanio M, Saia F, Pellicciari G, et al: In the era of the valve-in-valve: Is transcatheter aortic valve implantation (TAVI) in sutureless valves feasible? *Ann Cardiothorac Surg* 4:214–217, 2015
11. Sun X, Song Z, Soffer D, et al: Transcatheter aortic valve-in-valve implantation for early failure of sutureless aortic bioprosthesis. *J Card Surg* 33:172–175, 2018
12. Andreas M, Coti I, Laufer G, et al: Valve-in-valve transcatheter aortic valve implantation into a novel, sutureless bioprosthesis: Technical considerations. *EuroIntervention* 13:1902–1903, 2018
13. Himbert D, Pontnau F, Messika-Zeitoun D, et al: Feasibility and outcomes of transcatheter aortic valve implantation in high-risk patients with stenotic bicuspid aortic valves. *Am J Cardiol* 110:877–883, 2012
14. Pilgrim T, Kalesan B, Wenaweser P, et al: Predictors of clinical outcomes in patients with severe aortic stenosis undergoing TAVI: A multistate analysis. *Circ Cardiovasc Interv* 5:856–861, 2012
15. Neragi-Miandoab S, Michler RE: A review of most relevant complications of transcatheter aortic valve implantation. *ISRN Cardiol* 2013:956252, 2013
16. Tarantini G, Gasparetto V, Napodano M, et al: Valvular leak after transcatheter aortic valve implantation: A clinician update on epidemiology, pathophysiology and clinical implications. *Am J Cardiovasc Dis* 1:312–320, 2011