

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement
par

Jérémy LARROCHE

le 22/10/2018

**IMPACT PRONOSTIQUE DU SCORE CALCIQUE VALVULAIRE AORTIQUE
CHEZ LES PATIENTS BENEFICIANT DE L'IMPLANTATION D'UNE
BIOPROTHESE AORTIQUE PAR VOIE TRANS CUTANEE.**

Directeur de thèse : Dr Yoan LAVIE-BADIE

JURY

Monsieur le Professeur Michel GALINIER

Monsieur le Professeur Didier CARRIE

Monsieur le Professeur Olivier LAIREZ

Monsieur le Docteur Thibault LHERMUSIER

Monsieur le Docteur Yoan LAVIE-BADIE

Madame le Docteur Marie-Agnès MARACHET

Monsieur le Docteur Loïc PANH

Président

Assesseur

Assesseur

Assesseur

Suppléant

Invitée

Invité



TABLEAU du PERSONNEL HU
des Facultés de Médecine de l'Université Paul Sabatier
au 1^{er} septembre 2017

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Doyen Honoraire	M. LAZORTHES Yves	Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre
Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. ESQUERRE J.P.
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE Henri	Professeur Honoraire	M. GUITARD Jacques
Professeur Honoraire	M. GEDEON André	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	M. PASQUIE M.	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. RIBAUT Louis	Professeur Honoraire	M. CERENE Alain
Professeur Honoraire	M. ARLET Jacques	Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard
Professeur Honoraire	M. RIBET André	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. MONROZIES M.	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. FAUVEL Jean-Marie
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. LACOMME Yves	Professeur Honoraire	M. BARRET André
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. ROLLAND
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe
Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche	Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges
Professeur Honoraire	M. BERNADET	Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel
Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude	Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique
Professeur Honoraire	M. COMBELLES	Professeur Honoraire	M. DALY-SCHWEITZER Nicolas
Professeur Honoraire	M. REGIS Henri	Professeur Honoraire	M. RAILHAC
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre	Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean
Professeur Honoraire	M. BESOMBES Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. FORTANIER Gilles
Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. BOUNHOUE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. PASCAL J.P.	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard
Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland
Professeur Honoraire	M. CABARROT Etienne	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. CHAP Hugues
Professeur Honoraire	M. ESCANDE Michel	Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques	Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard	Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. BAZEX Jacques	Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
		Professeur Honoraire	M. CLANET Michel

Professeurs Émérites

Professeur ALBAREDE Jean-Louis	Professeur MAZIERES Bernard
Professeur CONTÉ Jean	Professeur ARLET-SUAU Elisabeth
Professeur MURAT	Professeur SIMON Jacques
Professeur MANELFE Claude	Professeur FRAYSSE Bernard
Professeur LOUVET P.	Professeur ARBUS Louis
Professeur SARRAMON Jean-Pierre	Professeur CHAMONTIN Bernard
Professeur CARATERO Claude	Professeur SALVAYRE Robert
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur MAGNAVAL Jean-François
Professeur COSTAGLIOLA Michel	Professeur ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur ADER Jean-Louis	Professeur MOSCOVICI Jacques
Professeur LAZORTHES Yves	Professeur LAGARRIGUE Jacques
Professeur LARENG Louis	Professeur CHAP Hugues
Professeur JOFFRE Francis	Professeur LAURENT Guy
Professeur BONEU Bernard	Professeur MASSIP Patrice
Professeur DABERNAT Henri	
Professeur BOCCALON Henri	

P.U. - P.H.		P.U. - P.H.	
Classe Exceptionnelle et 1ère classe		2ème classe	
M. ADOUE Daniel (C.E)	Médecine Interne, Gériatrie	Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie
M. AMAR Jacques	Thérapeutique	M. BONNEVIALLE Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie	M. BUREAU Christophe	Hépto-Gastro-Entéro
M. AVET-LOISEAU Hervé	Hématologie, transfusion	M. CALVAS Patrick	Génétique
Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne	M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)	M. CHAIX Yves	Pédiatrie
M. BONNEVIALLE Paul	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.	Mme CHARPENTIER Sandrine	Thérapeutique, méd. d'urgence, addict
M. BOSSAVY Jean-Pierre	Chirurgie Vasculaire	M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. BRASSAT David	Neurologie	M. FOURNIE Bernard	Rhumatologie
M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul	M. FOURNIÉ Pierre	Ophtalmologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. GAME Xavier	Urologie
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie	M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	M. LOPEZ Raphael	Anatomie
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque	M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. DEGUINE Olivier	Oto-rhino-laryngologie	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique
M. FERRIERES Jean	Epidémiologie, Santé Publique	M. PAYRASTRE Bernard	Hématologie
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie	M. PERON Jean-Marie	Hépto-Gastro-Entérologie
M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation	M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
Mme LAMANT Laurence	Anatomie Pathologique	Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. LANG Thierry (C.E)	Biostatistiques et Informatique Médicale	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. LANGIN Dominique	Nutrition		
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine Interne		
M. LAUWERS Frédéric	Anatomie		
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie		
M. MALAUAUD Bernard	Urologie		
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique		
M. MARCHOU Bruno (C.E)	Maladies Infectieuses		
M. MAZIERES Julien	Pneumologie		
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique		
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie		
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie		
Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie		
M. OLIVES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie		
M. OSWALD Eric	Bactériologie-Virologie		
M. PARIENTE Jérémie	Neurologie		
M. PARINAUD Jean (C.E)	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.		
M. PAUL Carle	Dermatologie		
M. PAYOUX Pierre	Biophysique		
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie		
M. RASCOL Olivier (C.E)	Pharmacologie		
M. RECHER Christian	Hématologie		
M. RISCHMANN Pascal	Urologie		
M. RIVIERE Daniel (C.E)	Physiologie		
M. SALES DE GAUZY Jérôme	Chirurgie Infantile		
M. SALLES Jean-Pierre	Pédiatrie		
M. SANS Nicolas	Radiologie		
Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques		
M. SERRE Guy (C.E)	Biologie Cellulaire		
M. TELMON Norbert	Médecine Légale		
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépto-Gastro-Entérologie		
P.U. Médecine générale		P.U. Médecine générale	
M. OUSTRIC Stéphane	Médecine Générale	M. MESTHÉ Pierre	Médecine Générale
		P.A Médecine générale	
		POUTRAIN Jean-Christophe	Médecine Générale

P.U. - P.H.		P.U. - P.H.	
Classe Exceptionnelle et 1ère classe		2ème classe	
M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. ACCADBLE Franck	Chirurgie Infantile
M. ALRIC Laurent	Médecine Interne	M. ARBUS Christophe	Psychiatrie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie	M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. ARNAL Jean-François	Physiologie	M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
M. BOUTAULT Franck (C.E)	Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie	Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
M. BUJAN Louis (C. E)	Urologie-Andrologie	M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire
Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire	M. CHAYNES Patrick	Anatomie
M. BUSCAIL Louis (C.E)	Hépto-Gastro-Entérologie	Mme DALENC Florence	Cancérologie
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie	M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. GARRIDO-STÖWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. COURBON Frédéric	Biophysique	Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie	M. HUYGHE Eric	Urologie
M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. DELABESSE Eric	Hématologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Mme DELISLE Marie-Bernadette (C.E)	Anatomie Pathologie	M. MAURY Jean-Philippe	Cardiologie
M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie	M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice	Thérapeutique	M. OTAL Philippe	Radiologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	M. SOLER Vincent	Ophtalmologie
M. GALINIER Michel	Cardiologie	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
M. GALINIER Philippe	Chirurgie Infantile	M. TACK Ivan	Physiologie
M. GLOCK Yves (C.E)	Chirurgie Cardio-Vasculaire	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie	M. YSEBAERT Loic	Hématologie
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prévention		
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis	Chirurgie plastique		
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	P.U. Médecine générale	
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie	Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	Médecine Générale
M. KAMAR Nassim	Néphrologie		
M. LARRUE Vincent	Neurologie		
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie		
M. MALECAZE François (C.E)	Ophtalmologie		
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation		
Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie		
M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation		
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile		
M. RITZ Patrick	Nutrition		
M. ROCHE Henri (C.E)	Cancérologie		
M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie		
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale		
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie		
M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie		
M. SAILLER Laurent	Médecine Interne		
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie		
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie		
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail		
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie		
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie		
Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique		
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique		
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie		

M.C.U. - P.H.

M.C.U. - P.H

M. ABBO Olivier	Chirurgie infantile
M. APOIL Pol Andre	Immunologie
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie
M. BIETH Eric	Génétique
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie
M. CAVAINAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M. CONGY Nicolas	Immunologie
Mme COURBON Christine	Pharmacologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie
Mme DE MAS Véronique	Hématologie
Mme DELMAS Catherine	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DUPUI Philippe	Physiologie
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie
M. GANTET Pierre	Biophysique
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
M. HAMDI Safouane	Biochimie
Mme HITZEL Anne	Biophysique
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie
M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition
Mme MOREAU Marion	Physiologie
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire
M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. TAFANI Jean-André	Biophysique
M. TREINER Emmanuel	Immunologie
Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie
M. VIDAL Fabien	Gynécologie obstétrique

M.C.U. Médecine générale

M. BRILLAC Thierry
Mme DUPOUY Julie

Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie
Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire
M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CAUSSE Elizabeth	Biochimie
M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
M. CHASSAING Nicolas	Génétique
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme COLLIN Laetitia	Cytologie
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques
M. CORRE Jill	Hématologie
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DEDOIT Fabrice	Médecine Légale
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. GASQ David	Physiologie
Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie
Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et Informatique médicale
Mme MAUPAS Françoise	Biochimie
M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme NASR Nathalie	Neurologie
Mme PRADDAUDE Françoise	Physiologie
M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
Mme VALLET Marion	Physiologie
M. VERGEZ François	Hématologie
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie

M.C.U. Médecine générale

M. BISMUTH Michel
Mme ESCOURROU Brigitte

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr ABITTEBOUL Yves
Dr CHICOULAA Bruno
Dr IRI-DELAHAYE Motoko
Dr FREYENS Anne

Dr BOYER Pierre
Dr ANE Serge
Dr BIREBENT Jordan
Dr LATROUS Leila

AVANTS PROPOS ET REMERCIEMENTS

Mr le Professeur Michel GALINIER

Vous me faites l'honneur d'avoir accepté de présider ce jury de thèse et je vous en remercie. Le semestre passé dans votre service restera comme l'un des plus enrichissants de l'ensemble de mon cursus. Votre sens clinique, votre dévouement et votre relation avec les malades resteront pour moi à jamais un exemple. Merci d'avoir accepté de juger ce travail. Voyez par ces mots la reconnaissance de mon plus grand respect.

Mr le Professeur Didier CARRIE

Vous me faites l'honneur d'avoir accepté être dans la composition de ce jury et de juger ce travail. J'ai eu le plaisir de découvrir le CHU de Toulouse en tant que jeune interne dans votre service. Votre dynamisme, votre professionnalisme et votre travail sont bien entendu un exemple pour nous tous. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.

Mr le Professeur Olivier LAIREZ

Tu me fais l'honneur d'avoir accepté de juger ce travail. Ces six mois passés dans ton service pour clôturer mon internat ont été extrêmement enrichissants sur le plan personnel et professionnel. Ton dévouement, tes connaissances médicales, ton travail et ton expertise sont pour moi, sois en assuré, un exemple. Je suis heureux de parfaire ma formation en imagerie cardiaque pendant encore deux ans à tes côtés. Soit certain par ces mots de ma plus profonde admiration et de mon plus grand respect.

Mr le Docteur Yoan LAVIE-BADIE

Tu m'as fais l'immense honneur d'avoir accepté de diriger ce travail. Je ne te remercierai jamais assez pour ta disponibilité, ton dynamisme, ta patience, tes remarques pertinentes, tes heures passées à relire et corriger ce travail avec envie ! Ta rigueur, ta relation avec les malades et tes compétences médicales sont justement reconnues et un exemple pour tous. Ces six mois à tes côtés ont été extrêmement enrichissants sur le plan professionnel et je suis heureux de parfaire ma formation pendant deux nouvelles années à tes côtés. Sur le plan personnel enfin, merci pour ta gentillesse, ta simplicité et ton accessibilité. Ne change rien sur ta passion pour le plus beau département de France, je parle bien entendu de la Gironde ! En espérant te croiser au Cap !

Mr le Docteur Thibault LHERMUSIER

Tu me fais l'honneur d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse et juger ce travail. Tes nombreux conseils, ta grande expertise ainsi que ta disponibilité tout au long de l'élaboration de cette thèse ont été pour moi d'une aide indispensable. Je ne te remercierai jamais assez. Mes premiers pas d'interne dans ton service resteront pour moi un excellent souvenir. Sois assuré de ma plus profonde admiration et de mon plus grand respect.

Mme le Docteur Marie-Agnès MARACHET

Je te remercie grandement pour ta présence au sein de ce jury. Ce travail n'aurait jamais pu aboutir sans ton aide et tes nombreux conseils tout au long de son élaboration. Ton professionnalisme, ta disponibilité, et ta gentillesse tout le long de cette année de travail m'ont été d'une aide extrêmement utile. Tes compétences sont justement reconnues, et j'espère continuer à apprendre à tes côtés. Merci encore !

Mr le Docteur Loïc PANH

Tout part de toi... Merci tout d'abord de nous avoir aidé lors de notre arrivée au CHU en 2015 (au début du semestre au moins !) puis pour tes conseils dans la suite de mon cursus. On aura quand même bien rigolé à Montauban ! Tu es surtout celui qui a eu l'idée de ce travail il ne faut pas l'oublier et je ne t'en remercierai jamais assez. Ta disponibilité au cours de son élaboration ma été d'une aide indispensable. Ta présence aujourd'hui était aussi indispensable pour moi afin de te remercier une dernière fois. Merci avoir accepté après il faut l'avouer, avoir un peu insisté (bon oui c'est vrai je te n'ai pas laissé le choix !).

A mes parents... bien évidemment.

Sans qui tout cela n'aurait pas été possible. Merci pour votre amour, pour l'éducation que vous m'avez donnée, pour les valeurs que vous m'avez transmises qui font de moi ce que je suis aujourd'hui. Merci surtout de m'avoir supporté pendant toutes ces années d'études (ça n'a pas dû être de tout repos !!), de m'avoir encouragé, soutenu. Je ne serai jamais arrivé jusque-là sans vous...

A ma sœur jumelle...

Être jumeaux, c'est quand même unique !! Merci d'avoir été là alors qu'on n'avait pas encore vu le jour. A notre magnifique enfance, nos délires, nos disputes. A nos cabanes sur le canapé ! Merci pour ton soutien tout au long de ces années, je ne l'oublierai jamais. A tous les bons moments passés et à venir. « Papa, papa, l'eau elle est super chaude ! ».

A Windy, tu dois en savoir des choses après avoir passé autant de temps à rouler sur mes cahiers...

A ma famille...

A mamie Thérèse et papi Guy ! Merci pour ces nombreuses vacances à la campagne, pour les nombreux repas de famille ou tout le monde cris, pour le terrain de football à Labretonie, pour toutes ces plantes que j'ai fracassé avec mon ballon, pour le pain perdu... Promis je ne mettrai plus les pieds sur le canapé ! A mamie : merci vraiment d'être là aujourd'hui, je suis extrêmement touché...

A mamie et papi Fauillet ! Aux repas de famille passés et à venir. A nos moments avec Amélie, Laure et Neltie à essayer en vain de jouer du piano... Aux après-midi sudoku, bien évidemment.

A mes cousins : *Geoffrey, Benoit, Sylvain, Elodie, Matthieu, Aude...* A Neltie. A Laure : la famille Larroche ne mourra jamais !

A mes taties et tonton : *Michel, Annie, Bernard, Corinne, Véro, Francis* mon parrain. A ma marraine *Valérie*...

A tous ceux que j'ai oublié...

A Adrien...

Qui de mieux pour faire la liaison entre les amis et la famille ? Tu tombes à pic ! Merci pour ces belles années passées à tes côtés et à celles à venir. Un exemple de mélange de sérieux, de travail, et de déconne. Amélie a vraiment de la chance de t'avoir. Aux nombreux repas de famille où on n'a pas fini de déconner ! Kiss.

A mes amis de Bordeaux...

J'en mets un avant l'autre mais j'ai tiré au sort les gars !

A Damien : La famille ! 22 ans d'amitié... ces quelques mots résument un peu tout. De nos soirées devant Far Cry aux matchs de foot avec ce club mythique de l'Association de la Balle au Pied « les copains d'abord ». A toutes nos soirées. Ne change pas.

A Guigui : pareil, 22 ans d'amitié suffisent à résumer la situation. Tu fais partie de la famille. Aux nombreuses soirées passées ensemble jusqu'à pas d'heure. En espérant vraiment que tu ne fasses pas ta vie sur Londres et que tu rentres vite au pays ! Petite dédicace au fameux bracelet offert à Mme Zohar... Seuls les vrais comprendront !

A Seb Arjona.

Aux amis du collège et lycée : Julien D, Amélie, Vanessa, Mélanie, Arthur, Maxime, GK, Alex Grim, Estelle, Mana, Thibault, Frédo, Alex Canon, et tous ceux que j'ai oublié !

A mes potes d'externat !!

A Margaux : La Béarnaise par excellence !! De magnifiques années passées à tes côtés et encore d'autres à venir je l'espère. Les mêmes délires... Nos internats respectifs nous ont éloignés, j'espère qu'on va réussir à remédier à ça rapidement.

Le Ouanch : Mon dieux j'ai vraiment bien fais de m'asseoir à côté de toi à Accès ce beau matin d'aout 2008 (10 ans déjà..). A nos délires en allant en conf dans cette bonne vieille Saxo bic !! A tous les moments à venir. Vous formez un couple magnifique. J'attends ton mariage avec impatience ! Un petit mot pour ta moitié : il est encore temps de t'enfuir !!!

A Racha : brillante, tout simplement

A Thomas : A toutes les soirées passées ensemble. Une petite pensée pour cette table de camping qui t'a été bien utile un soir d'été... !

A Fanny : Notre rhumato préférée. La spécialiste des corticoïdes ! Brillante.

Adrien : tu as déjà ton paragraphe perso mon petit : va voir page 14 tu veux ?

A tous ceux que j'ai oublié...

Ô Toulouuuuuuuuuuse...

A la fine équipe de Saint Gaudens ! Et aux copainings !

A Brinouse : Notre bon vieux chirurgien du caca ! A cette colocation du 2 rue de la Bûche qui fut simplement aussi courte que parfaite. A nos nombreux verres au Black Lion. A ces petites virées à Raqueira et sa fameuse Calzone picaaaante ! A Maeva : oui Olivier Giroud y arrivera un jour !

A Romumu ! Notre apiculteur préféré ! A cette bien belle colocation avec Aurélie et Pierrot qui fut parfaite. A nos soirées FIFA et ligue des champions (un certain Barcelone PSG notamment hein). A ce poulet du dimanche qui en appellera d'autres je l'espère.

A Aurel : La coloc du début ! Notre ~~gastro-entérologue~~ néphrologue préférée. Tes nombreuses Griiiiiiffonaaaaades resteront, je te le promets.

A Jojo : Viva Portugal ! A ces nombreuses soirées à St Go et Toulouse. A notre brève cohabitation qui fut bien sympathique. Petite pensée au voisin du bas pour ce coup d'aspi à 1h du mat'. *John O* et ce week-end saut en parachute dont on n'a pas fini de reparler...

A Camille XX : A notre petite coloc avec ce cher Aveyronnais. Le stade Malherbe ne vaincra jamais, je suis désolé...

A Catoch la cagoole, j'espère que j'aurais mes résultats biologiques plus rapidement la

prochaine fois ! *Eva* et tes soirées DU Anglais. *Estelle* et ta bonne humeur permanente. *Grégoire* notre croque mort favori ! *Jonh G*, désolé mais ce n'est pas possible entre nous ! *Julie* notre urgentiste préférée, *Kévin* le mécano du groupe ! *Camille XY*, vraiment ça ne va pas on sait plus qui est qui sur WhatsApp. A *Bastien* et *Pierrick*.

A tous ceux que j'ai encore oublié...

A la cardiologie Toulousaine...

La promo tout d'abord !

Kévin : Un vrai Aveyronnais ! Initialement co-interne à tout épreuve, solide sur les appuis, et maintenant je l'espère un ami. A nos nombreux semestres partagés ensemble dans la joie et parfois la douleur ! Vraiment heureux de partager cette soutenance et soirée de thèse avec toi !

Clémence : l'excellence ! A nos après-midi passées au bord de la piscine pendant ce semestre et nos discussions très instructives ! Le TFC ne fera jamais le poids désolé...

Adrien : Brillant tout simplement. L'aventurier de la bande ! Ce semestre à la 13 restera, vraiment. Si vous avez une place pour mois à L'Isle-Jourdain, je prends !

Benoît : Notre syndicaliste ! Petit regret de ne jamais avoir fait de semestre ensemble, je pense qu'on se serait bien marré.

Valoch : Future référente locale de l'hypertension ! Aux nombreuses soirées à l'Atrium. Bravo d'avoir survécu pendant autant de temps au milieu de tous ces mâles.

Francky : Le patron du Brugada, le maestro de la DAVD, le prince de la TV sur cœur sain ! Génial tout simplement.

Clément : Le cerveau. Money money ! Futur brillant cathétériseur d'artères... à PASTEUR bien évidemment !

Stéphanie : A notre semestre aux soins à essayer de trouver la veine... en vain.

Aux autres promotions :

A Jérôme : Le meilleur des colocataires ! A notre année de cohabitation génialissime où j'espère avoir gagné un ami. A ces nombreuses soirées LDC / Deliveroo ! A ces nombreuses parties de PS4 qui en appelleront d'autres. A nos discussions sur un peu à peu près tout... Love.

La promo d'en bas : *Vivi, Daniel, Mahev, Gaétan, Guillaume, Lucas, Slimane, Nicolas, Aénora* : ne changez pas, vous êtes géniaux !

La promo d'en haut : *Thomas* et notre beau semestre en rythmo : que du sale ! *Élisabeth*, ma plus jeune patronne, *Romain, Sophie, Stéphanie, Fathia, Clémence*.

A Lilian : Encore un Aveyronnais ! Le pragmatisme à l'état pur ! Aux points de la 61 où j'étais en sueurs. A ces matinées à Montauban où le match de LDC de la veille nous paraissait plus important que la visite. J'espère que tu viendras quand même nous revoir sur Toulouse tâter la balle ! Prends bien soins du petit Kévin quand même.

A Jérémy et Florent pour ce dernier semestre riche en rigolades. *A Anna Maria* : ton sérieux et ta rigueur t'honorent. Merci pour toutes les fois où tu nous auras bien sauvé la mise au cours de ce dernier semestre.

A Rafy, ce cher radiologue hypocondriaque ! A nos pauses café bien instructives où le sens de

l'observation est essentiel !

A l'ensemble des *équipes paramédicales* avec qui j'ai travaillé, sans lesquelles nous ne sommes rien... Merci à *Brigitte et Isa* pour nos premiers pas à la 61. A l'équipe des SI sans qui j'aurais fait thromboser tous mes patients avec une SEEC ! A l'équipe de la 13 : désolé d'avoir autant eu la poisse ! Mention spéciale à l'équipe de la cardio 63 (et non je ne vous ai pas oublié !) : merci pour ce semestre mémorable. A l'équipe de la 42 et de médecine vasculaire.

Aux patrons :

A tous mes anciens chefs de clinique : *Benoit Monteil, C.Delmas, (Noémie), Cariouuu* grâce à qui j'ai compris ce que c'était qu'un bas débit ! Mention spéciale pour *Ben* et tes explications algorithmiques du mode MVP et ces points à se tordre de rire. A *Marine et Romain* les pro du KT ! A *Guigui* pour ton soutien absolue envers les Girondins en ces temps difficiles...

A tous les patrons de Rangueil : *Pr Elbaz et Pr Roncalli. Philippe, Pierre, Alex, Anne* : merci pour ce semestre. *Nicolas, Francisco, Fred, Pauline, Florence, maman Caro.*

A l'équipe de Montauban : *Élisabeth, Élodie et Noureddine* merci pour ce semestre Montalbanais où la bonne humeur était permanente.

Le meilleur pour la fin...

Merci pour ton soutien inconditionnel tout au long de la préparation de cette thèse. Je n'y serai jamais arrivé sans toi... A notre rencontre qui fut une chance... Aux nombreux merveilleux moments passés et à venir. A tous nos projets...

Je t'aime, tout simplement...

TABLE DES MATIERES :

I/ ABREVIATIONS	p.19
II/ REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	p.20
- Épidémiologie	p.21
- Étiologies	p.21
- Physiopathologie	p.22
- Recommandations ESC : prise en charge du rétrécissement aortique	p.25
- Les différents types de prothèses	p.27
- Les complications potentielles de la procédure	p.27
- Facteurs pronostiques connus	p.28
- Le score calcique valvulaire aortique	p.29
- Justification et objectifs de l'étude	p.30
- Figures et Tableaux	p.31
- Bibliographie	p.33
III/ ARTICLES	
- En Français	p.36
- En Anglais	p.62
IV/ PERSPECTIVES ET CONCLUSION	p.86
SERMENT D'HIPPOCRATE	p.88

I/ ABBREVIATIONS :

BAV :	Bloc Auriculo Ventriculaire
BMI :	Body Mass Index.
Ca ²⁺ :	Ion Calcium.
ECG :	ElectroCardioGramme.
ESC :	European Society of Cardiology.
ETT :	Echographie Trans Thoracique.
LDL :	Low Density Lipoprotein.
MACE :	Major Adverse Cardiac Events.
RA :	Rétrécissement aortique.
TNF :	Tumor Necrosis Factor.
RVAO :	Remplacement valvulaire aortique.
SC :	Scanner cardiaque.
STS score :	Society of Thoracic Surgeons.
TAVI :	Transcatheter Aortic Valve Implantation.
UH:	Unités Hounsfield.
VARC 2 :	The Valve Academic Research Consortium-2.
VG :	Ventricule Gauche.
Vmax :	Vitesse trans-valvulaire maximale.

II/ REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Épidémiologie :

Le rétrécissement aortique (RA) est défini comme étant une diminution de la surface de l'orifice aortique (situé entre le ventricule gauche et la racine aortique) réalisant une résistance à l'éjection ventriculaire avec pour conséquence la survenue d'un gradient de pression ventriculo-aortique, l'apparition d'une hypertrophie pariétale et d'une dysfonction diastolique. Ces anomalies entraînent alors dans un premier temps des symptômes à l'effort (dyspnée, angor et syncope). Une fois ces symptômes apparus, le RA serré symptomatique a un pronostic désastreux avec un taux de mortalité à 5 ans allant jusqu'à 88% si elle n'est pas traitée (1).

Le RA est maintenant la maladie valvulaire la plus fréquente en Europe (2) et en Amérique du Nord (3) et sa prévalence augmente en raison du vieillissement de la population. La fréquence de la sclérose valvulaire aortique est d'environ 25% à 65 ans, atteignant 48% après 75 ans, tandis que la fréquence de la sténose aortique serrée redevable d'une prise en charge curative est de 4 à 5% chez les plus de 65 ans.

Étiologies :

Les principales étiologies du RA sont :

- soit la survenue de calcifications sur une valve tricuspide normale d'une part (sujet âgé)
- soit sur une valve bicuspidie congénitale d'autre part (sujet jeune).
- plus rarement le RA survient sur une maladie rhumatismale. Une fusion commissurale est alors à l'origine de la sténose aortique bien que cette maladie entraîne le plus souvent une sténose mitrale. Le RA post radiothérapie est aussi à citer avec la survenue d'une dégénérescence valvulaire secondaire aux rayonnements ionisants.

Dans des séries chirurgicales, les valves bicuspidies représentent environ 50% des pièces opératoires, les valves tricuspides 30-40% et les valves uni cuspides, rares, moins de 10% (4). Cependant, il faut souligner que cette distribution dépend fortement de l'âge de la population étudiée, le RA serré sur valve tricuspide étant prédominant après 60 ans.

Physiopathologie :

Le RA dégénératif calcifié a longtemps été considéré comme un processus passif et dégénératif (« phénomène d'usure »), mais des données récentes ont remis en question ce concept. Il s'agit en réalité d'un processus biologique actif, complexe et hautement régulé.

Le principal facteur déclenchant semble être le stress mécanique. En effet, une bicuspidie, présente chez environ 0,5 à 0,8% de la population, est l'anatomie sous-jacente anormale la plus retrouvée. La dynamique du flux sanguin semble également jouer un rôle, puisque les lésions précoces sont situées sur la base d'insertion des feuillets, dans les régions à faible contrainte de cisaillement (5).

Par la suite différents mécanismes aboutissent à la lésion valvulaire :

- l'inflammation chronique qui entraîne un dépôt de lipoprotéines, et l'activation du système rénine-angiotensine.
- Cela aboutit à la transformation ostéoblastique des cellules interstitielles valvulaires pour aboutir à une calcification active des valves (Figure 1).

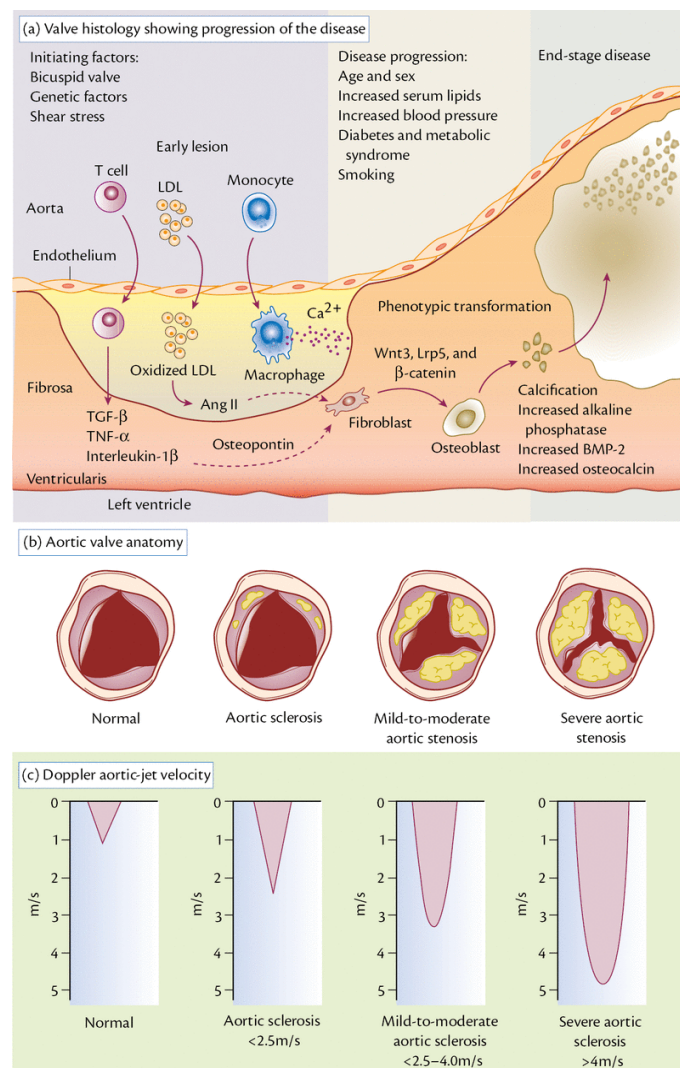


Figure 1 : Physiopathologie de la calcification valvulaire sans le RA (Otto and all.)

L'histologie de la lésion précoce est caractérisée par une accumulation sous-endothéliale de lipoprotéines de basse densité oxydées (LDL), la production d'angiotensine II et une activation des lymphocytes T et des macrophages.

La progression de la maladie se poursuit par la production locale de protéines par les cellules inflammatoires activées, et par l'activation de voies de signalisation inflammatoires (Exemple : TNF alfa). La matrice extra cellulaire est modifiée.

Ainsi, les fibroblastes des feuillets subissent une transformation phénotypique en ostéoblastes. Les accumulations microscopiques de calcification extracellulaire (Ca^{2+}) sont ainsi présentes tôt dans le processus pathologique, avec une calcification progressive à mesure que la maladie progresse avec présence de zones de formation osseuses franches en phase terminale de la maladie.

L'association avec les facteurs de risque cardiovasculaires traditionnels tels que l'hypertension, le tabagisme actif, le diabète, l'hypercholestérolémie ainsi que les similitudes histo pathologiques ont conduit à l'hypothèse que le RA est principalement un processus semblable à l'athérosclérose (6).

Cependant, l'identification de groupes familiaux et la découverte récente de polymorphismes génétiques du récepteur de la vitamine D ainsi que la présence de mutations dans le gène NOTCH (7) au sein des valves aortiques bicuspidées suggèrent que les facteurs génétiques influent également sur la progression de la pathologie et que la survenue du RA ne peut seulement se limiter à des processus acquis.

Conséquences de la calcification valvulaire sur le ventricule gauche (VG) (8).

La surface normale valvulaire aortique est de 3-4 cm^2 . L'obstruction se développe progressivement au fur et à mesure de la progression de la calcification valvulaire. Un gradient au repos entre le VG et l'aorte commence à apparaître dès que la surface valvulaire devient inférieure à 1,5 cm^2 . Le RA est considéré comme grave lorsque la surface est inférieure à 1 cm^2 ou 0,6 cm^2 / m^2 de surface corporelle.

L'obstruction valvulaire entraîne une surcharge de pression sur le VG, entraînant elle-même une hypertrophie concentrique à une vitesse variable selon les individus. Il s'agit d'un mécanisme adaptatif clé pour contrer la surcharge en pression. Cependant, les conséquences à long terme sont néfastes:

- augmentation du volume total en collagène du myocarde (fibrose myocardique).
- réduction de la compliance myocardique conduisant à une diminution de la pré charge
- ischémie myocardique causée par la combinaison de l'augmentation de la demande en oxygène myocardique (hypertrophie) et débit coronarien limité par la sténose.

Si la maladie évolue, la fraction d'éjection VG diminue pour aboutir à une insuffisance cardiaque à fraction d'éjection altérée. Tard dans l'évolution de la maladie, le débit cardiaque, et donc le gradient trans-valvulaire, diminuent, tandis que les pressions dans l'oreillette gauche et l'artère pulmonaire augmentent. Dans les stades avancés de la maladie, l'hypertension pulmonaire post capillaire entraîne une dysfonction ventriculaire droite.

Évolution de la maladie (9), 10, 11).

Le RA serré est une maladie progressive chronique qui évolue donc de la façon suivante :

- Au cours d'une longue période de latence, les patients restent asymptomatiques. La mort subite semble être rare chez ces patients (<1% par an), même avec RA très sévères.
- Par la suite, les symptômes apparaissent (dyspnée, angor et syncope d'effort) pouvant aboutir à des hospitalisations pour œdème pulmonaire.
- Dès que les symptômes apparaissent, le pronostic du RA serré est lamentable avec des taux de survie de seulement 15-20% à 5 ans. L'évolution naturelle se fait vers une dysfonction VG sévère, un bas débit cardiaque allant jusqu'au choc cardiogénique et au décès. La probabilité d'une mort subite est de même plus importante chez les patients symptomatiques.

Recommandations ESC : prise en charge du rétrécissement aortique (12).

1/ La première étape de la prise en charge du RA consiste à apprécier sa sévérité en échographie trans thoracique (ETT). Le RA est considéré comme sévère si :

- Vmax (vitesse trans-valvulaire maximale) > 4 m/s
- Gradient moyen > 40 mmHg
- Surface valvulaire aortique inférieure ou égale à 1 cm carrés.

Les différentes situations cliniques permettant d'apprécier la sévérité du RA sont détaillées dans le tableau 2.

2/ Une fois la sévérité du RA confirmée, un traitement précoce est fortement recommandé chez tous les patients symptomatiques en raison de leur mauvais pronostic spontané. Les seules exceptions sont les patients présentant des comorbidités sévères avec survie inférieure à 1 an ou rendant improbable une amélioration de la qualité de vie.

Chez les patients asymptomatiques présentant une dysfonction VG inférieure à 50%, l'indication est retenue. Sans dysfonction VG, une épreuve d'effort est préconisée et l'indication retenue si la tension artérielle n'augmente pas à l'effort.

Les indications de prise en charge sont détaillées dans le tableau 3.

Deux types de prise en charge curative : la chirurgie conventionnelle et l'implantation d'une bioprothèse aortique par voie trans-cutanée (TAVI) :

Le remplacement valvulaire aortique (RVAO) par méthode conventionnelle chirurgicale sous circulation extracorporelle doit être considéré comme étant la référence.

Des méthodes de cardiologie interventionnelle se sont développées ces dernières années chez les patients à haut risque chirurgical contre indiqués à la chirurgie.

Le TAVI consiste ainsi en l'implantation d'une bioprothèse aortique par voie trans-cutanée, artérielle fémorale le plus souvent. Les autres voies possibles sont trans-aortique, trans-apicales et plus rarement par voie sous-clavière. La bioprothèse est acheminée jusqu'à l'orifice aortique, où elle est déployée. La valve native est conservée, refoulée par la bioprothèse.

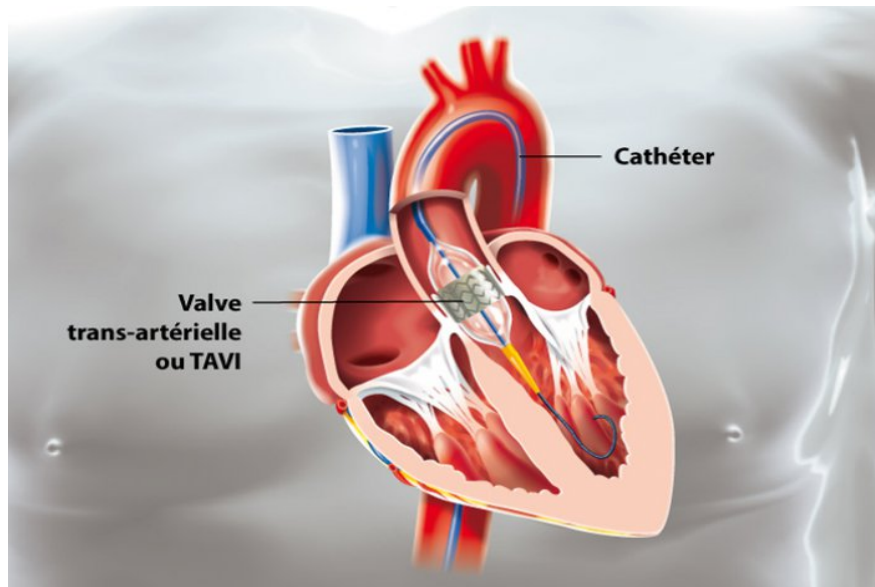


Figure 2 : Schéma de l'implantation d'une bioprothèse aortique par voie trans cutanée : TAVI.

Le choix du mode d'intervention doit prendre en compte les caractéristiques cardiaques et extra cardiaques du patient, du risque individuel chirurgical, évalué par une équipe pluridisciplinaire médico-chirurgicale (HEART TEAM) en plus des scores de risque (STS score (13) et EUROSCORE (14)).

Chez les patients de moins de 75 ans et chez les patients à faible risque chirurgical, le RVAO chirurgical reste la méthode de référence en raison du faible taux de calcifications valvulaires, du plus grand nombre de valves bicuspidées et du manque de données disponibles sur la durabilité à long terme des valves prothétiques implantées par méthode de cathétérisme.

Cependant les données disponibles provenant d'essais contrôlés randomisés et de grands registres chez des patients âgés présentant un risque chirurgical accru montrent que le TAVI est :

- supérieur en terme de mortalité au traitement médical chez les patients à risque chirurgical élevé (15),
- Supérieur à la chirurgie chez les patients à haut risque chirurgical (16, 17).
- et non inférieure à la chirurgie et même supérieure lorsque l'accès trans-fémoral est possible chez les patients à risque intermédiaire (17, 18). Cependant les résultats de ces études sont à interpréter avec prudence en raison de l'âge moyen des patients (supérieur à 80 ans).

Actuellement, il est admis que le TAVI est une technique de choix pour les patients âgés présentant un risque chirurgical important (12).

Le tableau 3 présente les aspects à prendre en compte pour la décision du type de technique.

Les différents types de prothèses :

Deux "familles" de bio-prothèses ont initialement été commercialisées :

- La valve CoreValve est une bioprothèse porcine péricardique à trois feuillets montés sur un stent en Nitinol à mémoire de forme, auto-expansible. Le stent en nitinol possède la propriété de pouvoir être comprimé à basse température (eau glacée) afin d'être placé, juste avant l'implantation, dans un introducteur de 18 French. La particularité du stent est d'être un stent à larges mailles qui s'implante à la fois en bas sur l'anneau aortique et en haut sur l'aorte ascendante au niveau de la jonction sino-tubulaire.

- La valve SAPIEN est une bioprothèse bovine péricardique à trois feuillets montés sur un stent en acier inoxydable radio-opaque. Avant son implantation, la bioprothèse est sertie sur un ballon de dilatation afin d'être positionnée par voie trans fémorale . La valve est positionnée à travers la valve aortique native, préalablement dilatée sous contrôle angiographique. Elle est déployée par gonflement d'un ballon de dilatation sous stimulation cardiaque rapide 150 à 200/min.

Désormais des prothèses de nouvelle génération sont disponibles avec comme nouveautés :

- Evolut R : Issue de la prothèse CoreValve. Elle présente une "jupe" afin de réduire le nombre et la sévérité des fuites para prothétiques et un cadre s'adaptant à la morphologie de l'anneau. L'introducteur est plus petit (14 ou 16 Fr). Différentes tailles de prothèse sont disponibles.

- Valve SAPIEN 3 : présente une "jupe extérieure" afin de réduire le nombre et la sévérité des fuites para prothétiques. L'introducteur est plus petit (14 ou 16 Fr). Différentes tailles de prothèse sont disponibles.

Les complications potentielles de la procédure : (9)

Les principales complications liées à la procédure comprennent :

- La mortalité toutes causes à 30 jours de l'intervention est évaluée entre 5 et 7 % sur les registres récents.
- l'accident vasculaire cérébral ischémique (environ 1-5%),
- Un bloc auriculo-ventriculaire (BAV) de haut degré nécessitant l'implantation d'un stimulateur cardiaque (jusqu'à 13% pour les prothèses "balloon expandable", et jusqu'à 40% pour les systèmes "self expanding"), en diminution avec les prothèses de nouvelle génération.
- les complications vasculaires (jusqu'à 20% initialement) au point de ponction, moins importantes actuellement en raison de la diminution des tailles d'introducteurs.
- La régurgitation para valvulaire, dont la présence d'un grade supérieur ou égal à 2 est corrélée à la mortalité (19).
- la rupture annulaire, l'occlusion coronaire, l'embolisation valvulaire et la perforation ventriculaire sont devenues très rares (<1% pour chaque complication), et environ 1 à 2% des patients bénéficiant d'un TAVI nécessitent une chirurgie cardiaque en urgence.

Facteurs pronostiques connus :

Plusieurs études se sont récemment attachées à évaluer les facteurs prédictifs de la mortalité à court et long terme après la procédure de TAVI.

Les différents facteurs prédictifs de mortalité à 30 jours sont ainsi (20) :

- complication précoce amenant à une chirurgie cardiaque en urgence, tamponnade, hémopéricarde.
- complication grave au point de ponction.
- fraction d'éjection préopératoire inférieure à 40 %.
- Antécédent de valvuloplastie aortique au ballon.
- diabète sucré.
- EUROSCORE supérieur à 40 %.

Les facteurs pronostiques de mortalité à un an sont (20) :

- antécédent d'accident vasculaire cérébral.
- Fuite para prothétique post intervention de grade supérieur ou égal à 2.
- œdème aiguë pulmonaire précédant l'intervention.
- insuffisance rénale chronique.

Des facteurs pronostiques jusqu'à 7 ans après l'intervention sont disponibles dans un registre anglais et seraient (21) :

- la présence d'une fibrillation auriculaire préopératoire.
- Antécédent de broncho-pneumopathie obstructive chronique (BPCO).
- Insuffisance rénale chronique (créatininémie préopératoire supérieure à 200 umol).
- le diabète sucré.
- une coronaropathie préexistante.
- une fuite para prothétique post intervention de grade supérieur ou égal à 2.
- accident vasculaire cérébral post intervention immédiat.

La présence d'une fuite para prothétique de grade supérieur ou égal à 2 apparaît donc comme étant un facteur pronostique important à moyen et long terme.

Or la corrélation entre fuite para prothétique et importance de la calcification valvulaire préimplantatoire selon la méthode AGATSTON est démontrée (22, 23, 24).

Le score calcique valvulaire aortique (25, 26, 27).

Le calcul du score calcique valvulaire selon AGATSTON est un marqueur pronostique puissant dans le rétrécissement aortique. Il est actuellement utilisé en pratique courante selon les recommandations Européennes, avec des seuils spécifiques selon le sexe lorsque les paramètres écho cardiographiques ne permettent pas de déterminer avec certitude le caractère "sévère" de la valvulopathie et identifie les patients à haut risque d'évolution péjorative, et donc redevables d'une prise en charge curative (12).

La mesure de ce score nécessite cependant la réalisation d'un scanner cardiaque multi-coupe sans injection de produit de contraste.

Le score d'AGATSTON dépend de l'étendue et de la densité des calcifications. Il est exprimé en unité arbitraire. La mesure du score calcique est relativement aisée et est effectuée de manière semi-automatique à l'aide de logiciels dédiés. Les zones de calcifications (zones d'au moins 4 pixels adjacents avec une densité > 130 Unités Hounsfield UH) sont détectées et signalées par le logiciel. L'opérateur doit « simplement » décider si ces calcifications appartiennent ou non à la valve.

Score calcique valvulaire aortique et TAVI, ce que l'on sait (28, 29, 30).

L'intérêt pronostique du score calcique valvulaire aortique avant l'implantation d'un TAVI sur les Major Adverse Cardiac Events (MACE) a déjà été démontré dans plusieurs études de faible puissance.

De plus, comme cité plus haut, de nombreuses études démontrent la corrélation entre score calcique valvulaire aortique élevé et présence d'une fuite para prothétique significative dont la présence est directement corrélée à la mortalité.

Une étude récente sur une cohorte de 346 patients a montré que l'impact pronostique du score calcique valvulaire aortique (>6000) sur les MACE était majeur avec les prothèses d'ancienne génération et semblait disparaître avec les prothèses de nouvelle génération en raison entre autres des évolutions techniques. Cependant la corrélation entre score calcique valvulaire aortique élevé et fuites para-prothétiques significatives reste vrai pour la prothèse Evolut R (30).

Justification et objectifs de l'étude :

Il existe encore à l'heure actuelle peu d'études de forte puissance évaluant l'impact pronostique du score calcique valvulaire aortique dans la prise en charge du RA serré symptomatique par méthode de cathétérisme.

Aucune étude récente évalue la corrélation du score calcique sur les chances de succès de la procédure. Les connaissances sur l'impact pronostic du score calcique sur le TAVI sont donc à l'heure actuelle insuffisantes.

Les scores de risque utilisés dans le TAVI (STS score (13) et EUROSCORE II (14)) ont été conçus spécifiquement pour la méthode chirurgicale. Il n'existe aucune méthode spécifique au TAVI permettant d'évaluer les risques de la procédure et d'évaluer les chances de succès.

Comme détaillé plus haut, le score calcique selon AGATSTON nécessite la réalisation d'un scanner cardiaque non injecté spécifique. Une acquisition supplémentaire et donc une irradiation supplémentaire sont donc nécessaires.

Cependant l'ensemble des patients bénéficient dans le cadre du bilan pré opératoire d'un scanner cardiaque injecté afin de définir les diamètres de l'anneau aortique et les rapports anatomiques avec les artères coronaires entre autres.

Or, le calcul du score calcique valvulaire sur scanner injecté selon la méthode AGATSTON est possible et son importance est aussi corrélée à la fuite para valvulaire (31).

Ainsi l'objectif de cette étude est de :

- Évaluer l'impact pronostique du score calcique valvulaire aortique mesuré sur un scanner cardiaque injecté, effectué dans le bilan pré opératoire, sur les chances de succès de la procédure « Device Success » définis par The Valve Academic Research Consortium-2 consensus document (VARC 2) (32).
- Évaluer l'impact pronostique de ce même score calcique sur les MACE à 30 jours définis par VARC 2
- Évaluer sa corrélation avec les fuites para-prothétiques de grade supérieur ou égal à 2.

FIGURES ET TABLEAUX :

FIGURE 1 : Recommandations ESC pour le diagnostic et la prise en charge du rétrécissement aortique

FIGURE 2 : Recommandations ESC : Éléments cliniques, anatomiques et techniques devant être pris en compte pour décision de TAVI ou chirurgie.

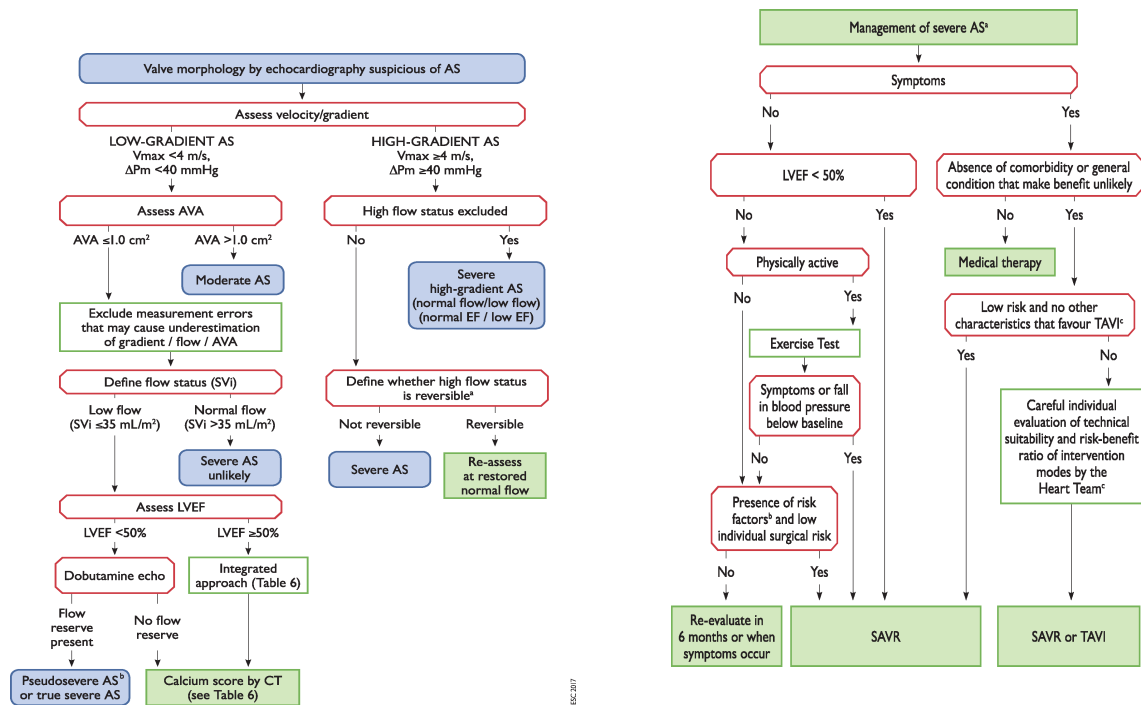


Figure 1 : Recommandations ESC pour le diagnostic et la prise en charge du rétrécissement aortique.

	Favours TAVI	Favours SAVR
Clinical characteristics		
STS/EuroSCORE II <4% (logistic EuroSCORE I <10%) ^a		+
STS/EuroSCORE II ≥4% (logistic EuroSCORE I ≥10%) ^a	+	
Presence of severe comorbidity (not adequately reflected by scores)	+	
Age <75 years		+
Age ≥75 years	+	
Previous cardiac surgery	+	
Frailty ^b	+	
Restricted mobility and conditions that may affect the rehabilitation process after the procedure	+	
Suspicion of endocarditis		+
Anatomical and technical aspects		
Favourable access for transfemoral TAVI	+	
Unfavourable access (any) for TAVI		+
Sequelae of chest radiation	+	
Porcelain aorta	+	
Presence of intact coronary bypass grafts at risk when sternotomy is performed	+	
Expected patient-prosthesis mismatch	+	
Severe chest deformation or scoliosis	+	
Short distance between coronary ostia and aortic valve annulus		+
Size of aortic valve annulus out of range for TAVI		+
Aortic root morphology unfavourable for TAVI		+
Valve morphology (bicuspid, degree of calcification, calcification pattern) unfavourable for TAVI		+
Presence of thrombi in aorta or LV		+
Cardiac conditions in addition to aortic stenosis that require consideration for concomitant intervention		
Severe CAD requiring revascularization by CABG		+
Severe primary mitral valve disease, which could be treated surgically		+
Severe tricuspid valve disease		+
Aneurysm of the ascending aorta		+
Septal hypertrophy requiring myectomy		+

Figure 2 : Recommandations ESC : Éléments cliniques, anatomiques et techniques devant être pris en compte pour décision de TAVI ou chirurgie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Clavel M-A, Pibarot P, Messika-Zeitoun D, Capoulade R, Malouf J, Aggarwal SR, et al. Impact of Aortic Valve Calcification, as Measured by MDCT, on Survival in Patients With Aortic Stenosis. *J Am Coll Cardiol*. sept 2014;64(12):1202-13.
2. Iung B, Baron G, Butchart EG, Delahaye F, Gohlke-Bärwolf C, Levang OW, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. juill 2003;24(13):1231-43.
3. Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, Gottdiener JS, Scott CG, Enriquez-Sarano M. Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *The Lancet*. sept 2006;368(9540):1005-11.
4. Roberts WC, Ko JM. Frequency by Decades of Unicuspid, Bicuspid, and Tricuspid Aortic Valves in Adults Having Isolated Aortic Valve Replacement for Aortic Stenosis, With or Without Associated Aortic Regurgitation. *Circulation*. 22 févr 2005;111(7):920-5.
5. Otto CM. Calcific Aortic Stenosis — Time to Look More Closely at the Valve. *N Engl J Med*. 25 sept 2008;359(13):1395-8.
6. Stewart BF, Siscovick D, Lind BK, Gardin JM, Gottdiener JS, Smith VE, et al. Clinical Factors Associated With Calcific Aortic Valve Disease. *Circulation*. 29(3):5.
7. Garg V, Muth AN, Ransom JF, Schluterman MK, Barnes R, King IN, et al. Mutations in NOTCH1 cause aortic valve disease. *Nature*. sept 2005;437(7056):270-4.
8. Rader F, Sachdev E, Arsanjani R, Siegel RJ. Left Ventricular Hypertrophy in Valvular Aortic Stenosis: Mechanisms and Clinical Implications. *Am J Med*. avr 2015;128(4):344-52.
9. Helmut Baumgartner, and Thomas Walther. *Aortic Stenosis*. 2018;
10. Turina J, Hess O, Sepulcri F, Krayenbuehl HP. Spontaneous course of aortic valve disease. *Eur Heart J*. mai 1987;8(5):471-83.
11. Horstkotte D, Loogen F. The natural history of aortic valve stenosis. *Eur Heart J*. avr 1988;9 Suppl E:57-64.
12. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease. *Rev Esp Cardiol Engl Ed*. févr 2018;71(2):110.
13. Shahian DM, Edwards FH. The Society of Thoracic Surgeons 2008 Cardiac Surgery Risk Models: Introduction. *Ann Thorac Surg*. juill 2009;88(1):S1.
14. Nashef SAM, Roques F, Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, et al. EuroSCORE II. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1 avr 2012;41(4):734-45.

15. Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery. *N Engl J Med*. 21 oct 2010;363(17):1597-607.
16. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Prosthesis. *N Engl J Med*. 4 sept 2014;371(10):967-8.
17. Deeb GM, Reardon MJ, Chetcuti S, Patel HJ, Grossman PM, Yakubov SJ, et al. 3-Year Outcomes in High-Risk Patients Who Underwent Surgical or Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol*. juin 2016;67(22):2565-74.
18. Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, Kleiman NS, Søndergaard L, Mumtaz M, et al. Surgical or Transcatheter Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med*. 6 avr 2017;376(14):1321-31.
19. Zahn R, Gerckens U, Grube E, Linke A, Sievert H, Eggebrecht H, et al. Transcatheter aortic valve implantation: first results from a multi-centre real-world registry. *Eur Heart J*. 2 janv 2011;32(2):198-204.
20. Tamburino C, Capodanno D, Ramondo A, Petronio AS, Ettori F, Santoro G, et al. Incidence and Predictors of Early and Late Mortality After Transcatheter Aortic Valve Implantation in 663 Patients With Severe Aortic Stenosis. *Circulation*. 25 janv 2011;123(3):299-308.
21. Ludman PF, Moat N, de Belder MA, Blackman DJ, Duncan A, Banya W, et al. Transcatheter Aortic Valve Implantation in the United Kingdom CLINICAL PERSPECTIVE: Temporal Trends, Predictors of Outcome, and 6-Year Follow-Up: A Report From the UK Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI) Registry, 2007 to 2012. *Circulation*. 31 mars 2015;131(13):1181-90.
22. Di Martino LFM, Soliman OII, van Gils L, Vletter WB, Van Mieghem NM, Ren B, et al. Relation between calcium burden, echocardiographic stent frame eccentricity and paravalvular leakage after corevalve transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging*. juin 2017;18(6):648-53.
23. Feuchtner G, Plank F, Bartel T, Mueller S, Leipsic J, Schachner T, et al. Prediction of Paravalvular Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Implantation by Computed Tomography: Value of Aortic Valve and Annular Calcification. *Ann Thorac Surg*. nov 2013;96(5):1574-80.
24. Greason KL, Williamson EE, Suri RM, Mathew V. High Agatston aortic valve calcium score predicts transcatheter paravalvular aortic regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. juin 2014;147(6):1991.
25. Messika-Zeitoun D. Evaluation and Clinical Implications of Aortic Valve Calcification Measured by Electron-Beam Computed Tomography. *Circulation*. 28 juin 2004;110(3):356-62.
26. Kizer JR, Geftter WB, deLemos AS, Scoll BJ, Wolfe ML, Mohler ER. Electron beam computed tomography for the quantification of aortic valvular calcification. *J Heart Valve Dis*. mai 2001;10(3):361-6.

27. Pawade T, Clavel M-A, Tribouilloy C, Dreyfus J, Mathieu T, Tastet L, et al. Computed Tomography Aortic Valve Calcium Scoring in Patients With Aortic StenosisCLINICAL PERSPECTIVE. *Circ Cardiovasc Imaging*. mars 2018;11(3):e007146.
28. Koos R, Reinartz S, Mahnken AH, Herpertz R, Lotfi S, Autschbach R, et al. Impact of aortic valve calcification severity and impaired left ventricular function on 3-year results of patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Eur Radiol*. déc 2013;23(12):3253-61.
29. Leber AW, Kasel M, Ischinger T, Ebersberger UH, Antoni D, Schmidt M, et al. Aortic valve calcium score as a predictor for outcome after TAVI using the CoreValve revalving system. *Int J Cardiol*. juill 2013;166(3):652-7.
30. Akodad M, Lattuca B, Agullo A, Macia J-C, Gandet T, Marin G, et al. Prognostic Impact of Calcium Score after Transcatheter Aortic Valve Implantation Performed With New Generation Prosthesis. *Am J Cardiol*. mai 2018;121(10):1225-30.
31. Jilaihawi H, Makkar RR, Kashif M, Okuyama K, Chakravarty T, Shiota T, et al. A revised methodology for aortic-valvar complex calcium quantification for transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging*. 1 déc 2014;15(12):1324-32.
32. Kappetein AP, Head SJ, Généreux P, Piazza N, van Mieghem NM, Blackstone EH, et al. Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: The Valve Academic Research Consortium-2 consensus document*. *J Thorac Cardiovasc Surg*. janv 2013;145(1):6-23.

**III/
ARTICLE EN FRANCAIS**

RESUME :

OBJECTIF : Le score calcique valvulaire aortique (SCVA), évalué par scanner, est devenu un paramètre utilisé en routine pour l'évaluation de la sévérité des sténoses aortiques. Son impact pronostic peut dépasser ce cadre et être intéressant dans l'estimation des résultats attendus d'une procédure de TAVI (Transcatheter Aortic Valve Implantation). Dans le contexte actuel, où chirurgie conventionnelle et TAVI sont considérés comme équivalents, la nécessité d'outils permettant de prédire les chances de réussite, les bénéfices et les risques, des deux procédures, est primordiale. Notre objectif était d'étudier l'impact du SCVA mesuré directement sur le scanner thoracique pré opératoire injecté (SCI), sur les chances de succès d'une procédure de TAVI (Device Success = DS), les Major Adverse Cardiac Events (MACE) à 30 jours et les fuites para-valvulaires significatives (FPV).

MÉTHODES : De mars 2011 à juin 2016, 352 patients ayant bénéficié d'un TAVI avec réalisation préalable d'un SCI au Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse, France, ont été inclus rétrospectivement. Le seuil de détection des calcifications valvulaires a été défini en ajoutant +100 Unités Hounsfield (UH) à l'UH moyenne déterminée par une région d'intérêt placée dans l'aorte ascendante. Le SCVA était indexé et non indexé à la surface de l'anneau aortique (SCVA et SCVAi). Les critères de jugement étaient le DS (absence de mortalité procédurale; positionnement correct d'une seule prothèse dans le bon emplacement anatomique; absence de mismatch prothèse - patient, gradient moyen inférieur à 20 mmHg ou Vmax inférieure à 3 m/s, absence de FPV significative), les MACE à 30 jours (mortalité toutes causes, accidents vasculaires cérébraux, insuffisances rénales aiguës stade 2 ou 3, occlusions coronaires, hémorragies graves, complications vasculaires majeures, bloc auriculo-ventriculaires de haut degré nécessitant un appareillage, nécessité d'une seconde intervention) et les FPV significatives (supérieures ou égal à un grade 2/4).

RESULTATS : 305 patients ont présenté un DS. En analyse multivariée, plus les SCVA et SCVAi étaient élevés, plus les chances de succès de la procédure étaient faibles {OR=0,88, IC

95% (0,81–0,96), $p=0,004$; et $OR=0,94$, IC 95% (0,91–0,98), $p=0,002$ respectivement}. Il n'y avait pas d'association entre MACE et SCVA ($p=0,953$) et SCVAi ($p = 0,757$). La survenue d'une FPV était significativement associée à un SCVA et SCVAi élevés ($p<0,001$).

CONCLUSION: Le SCVA, mesuré par SCI, est négativement associé aux chances de succès d'une procédure de TAVI, et positivement associé à la survenue de FPV. Son utilisation en routine peut être pertinente lors de l'évaluation pré thérapeutique des patients.

ABREVIATIONS :

BAV :	Bloc Auriculo Ventriculaire
BMI :	Body Mass Index.
ECG :	ElectroCardioGramme.
ETT :	Echographie Trans Thoracique.
FEVG :	Fraction d'éjection ventriculaire gauche
FPV :	Fuite Para-Valvulaire
MACE :	Major Adverse Cardiac Events.
MPR :	Multi Planar Reconstruction.
PCI :	Produit de Contraste Iodé.
RA :	Rétrécissement aortique.
ROI :	Region Of Interest.
RVAO :	Remplacement valvulaire aortique.
SC :	Scanner cardiaque.
SCVA :	Score Calcique Valvulaire Aortique.
STS score :	Society of Thoracic Surgeons.
TAVI :	Transcatheter Aortic Valve Implantation.

TF :	Trans Fémorale.
UH:	Unités Hounsfield.
VARC 2 :	The Valve Academic Research Consortium-2.
VG :	Ventricule Gauche.
Vmax :	Vitesse trans-valvulaire maximale.

1- INTRODUCTION

Le remplacement valvulaire aortique par voie transcathéter (TAVI) a été décrit pour la première fois en 2002 comme une alternative thérapeutique chez les patients à très haut risque chirurgical porteurs d'un rétrécissement aortique (RA) sévère symptomatique (1). De nombreuses études ont montré que le TAVI était supérieur au traitement médical chez les patients à très haut risque, non inférieur ou supérieur à la chirurgie chez les patients à haut risque et non inférieur à la chirurgie chez les patients à risque intermédiaire (2, 3, 4, 5).

Les recommandations récentes (6) suggèrent que le choix du mode d'intervention, quand il se porte sur le TAVI, ne doit pas seulement prendre en compte le risque chirurgical individuel, évalué par la Heart TEAM et les scores de risque, mais aussi tenir compte des caractéristiques cardiaques et extracardiaques du patient et la faisabilité de la réalisation de l'intervention.

Si l'évaluation du risque chirurgical est relativement aisée, à l'aide de nombreux scores validés (STS (7), Euroscore 2 (8)), l'évaluation du risque propre au TAVI est moins bien définie.

Le score calcique valvulaire aortique (SCVA) déterminé par la méthode AGATSTON est un marqueur pronostique puissant dans le RA (9, 10, 11) et est actuellement utilisé en routine pour identifier les patients présentant des paramètres écho cardiographiques discordants à haut risque d'évolution péjorative (6).

De nombreuses études ont montré que le SCVA pouvait être utilisé en dehors de ce contexte, par exemple en étant un prédicteur indépendant de fuites para valvulaires (FPV) significatives après un TAVI. La présence d'une FPV significative post intervention étant corrélée à la mortalité (12, 13, 14, 15, 16), son intérêt devient dans ce contexte pertinent.

La réalisation d'un scanner cardiaque (SC) avec injection de produit de contraste iodé (PCI) est essentielle avant l'intervention, afin d'évaluer l'anatomie de la racine aortique, la taille et la forme de l'anneau aortique, la distance qui le sépare des ostia coronaires. Cependant, la mesure du SCVA sur ce scanner est rarement réalisée, car elle doit théoriquement être faite sur une acquisition distincte, sans injection de PCI. Une irradiation supplémentaire serait donc nécessaire. Toutefois, la mesure du SCVA à l'aide d'un scanner cardiaque avec PCI a été validée (17).

Notre objectif était d'étudier l'impact du SCVA, mesuré sur le scanner thoracique avec PCI réalisé dans le bilan pré opératoire d'un TAVI, sur le succès de la procédure « Device Success », les Major Adverse Cardiac Events (MACE) et la survenue de FPV, afin d'évaluer la pertinence de son utilisation lors de l'évaluation pré thérapeutique des sténoses aortiques serrées.

2- MATERIEL ET METHODES

2-1 Population étudiée

Trois cent cinquante-deux patients ayant bénéficié d'un TAVI selon les recommandations de l'ESC, après décision de la Heart Team, à l'Hopital Universitaire de Toulouse, France, de mars 2011 à juin 2016 ont été inclus rétrospectivement. L'ensemble des patients avaient bénéficié d'un scanner cardiaque avec injection de PCI dans le cadre du bilan pré opératoire.

Les critères d'exclusion étaient : scanner cardiaque de mauvaise qualité (mouvements des patients, sondes de stimulateur cardiaque gênant la mesure), calcifications extensives de l'anneau mitral interférant avec la mesure du SCVA, patients implantés pour dégénérescence de bioprothèse valvulaire aortique (technique "valve in valve") et patients implantés de prothèses non usuelles dans le cadre de protocoles de recherche.

Tous les patients ont été informés à l'admission que leurs données pouvaient être utilisées à des fins de recherche et ont donné leur consentement. L'étude a été approuvée par l'autorité française de protection des données (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL).

Les informations de suivi ont été obtenues à partir du dossier médical, des derniers rapports de consultation ou en interrogeant les cardiologues référents, les praticiens généraux ou le patient.

2-2 Scanner cardiaque : protocole d'acquisition et mesure du score calcique valvulaire aortique

Les acquisitions ont été effectuées entre un et trois mois avant l'intervention pendant la réalisation du bilan pré opératoire à l'aide d'un scanner Siemens Définition 64 barrettes (Siemens, Erlangen, Allemagne) et étaient synchronisées à l'électrocardiogramme (ECG) de façon rétrospective, de la crosse de l'aorte ascendante jusqu'au début de l'aorte descendante sous diaphragmatique. L'épaisseur de coupe était de 0,6 mm avec suivi de bolus (Region Of Interest (ROI) situé dans l'aorte descendante) après injection de PCI (Ioméprol 350 mg/ml) à la posologie de 100 à 120 cc selon le morphotype du patient.

Une reconstruction multiphasique était réalisée tous les 10 % de l'espace R-R et l'analyse des images était effectuée sur la meilleure phase télé diastolique.

Les SCVA ont été mesurés en utilisant le logiciel HOROS (version 2.2.0), sous la licence GNU Lesser General Public License, version 3.0. Afin de soustraire la densité apportée par le produit de contraste iodé, une ROI a été placée dans l'aorte ascendante en excluant les calcifications valvulaires afin de déterminer la valeur moyenne d'Unité Hounsfield (UH moyen). Une lésion calcifiée a été définie comme étant plus de 3 pixels contigus avec une valeur UH supérieure à l'UH moyen + 100 UH. La mesure du score calcique a alors été obtenue en sélectionnant les calcifications valvulaires aortiques selon la méthode Agatston sur les coupes transversales (*Figure 1*). Le SCVA a ensuite été indexé à la surface de l'anneau aortique en centimètres carrés. Les valeurs non indexées et indexées ont alors été incluses dans l'analyse (SCVA et SCVAi).

Les dimensions de l'anneau aortique ont été déterminées par planimétrie après Multi Planar Reconstruction (MPR).

2-3 Échographie trans-thoracique :

Une échographie trans thoracique (ETT) a été réalisée avant l'intervention, en post-opératoire précoce et lors du suivi à l'aide d'un échographe de la marque Vivid 9 ultrasound system (General Electric Healthcare, Milwaukee, Wis). Les paramètres échographiques ont été en utilisant les modes M, doppler et deux dimensions conventionnels. La fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) a été mesurée en utilisant la méthode de Simpson Biplan (incidence apicale quatre cavités et apicale deux cavités). La surface valvulaire aortique a été déterminée par l'équation de continuité. Le gradient trans-valvulaire moyen, et la Vmax ont été notées. Les FPV post-opératoires ont été évaluées par une approche intégrative puis catégorisées comme nulles (grade 0), triviales (grade 1), légères (grade 2), modérées (grade 3) et sévères (grade 4).

2-4 Caractéristiques de l'intervention

Le choix de la bioprothèse implantée était laissé à la discrétion de la Heart Team (prothèse auto expansible MEDTRONIC, Minneapolis, Minnesota ou prothèse expansible par dilatation au ballonnet EDWARDS Lifescience, Irvine, California). Les prothèses de nouvelle génération EVOLUT R et SAPIEN 3 ont été implantées à partir de leur date de référencement au sein de la pharmacie de notre hôpital (septembre 2014 pour la valve SAPIEN 3 et janvier 2016 pour la valve EVOLUT R). La taille de la bioprothèse a été choisie conformément aux recommandations du fabricant en fonction des dimensions de l'anneau aortique natif mesuré par le scanner cardiaque injecté préopératoire.

Le choix de la voie d'abord a été décidé en fonction des données du scanner préopératoire. La voie classique trans-fémorale (TF) a été privilégiée lorsque celle-ci était possible, sous anesthésie locale et sédation vigile. Les autres procédures ont été réalisées sous anesthésie générale (trans-aortique, trans-apical, ou sous clavier).

Un contrôle par ETT a été réalisé immédiatement après l'intervention. Aucun dispositif permettant de limiter les embolies artérielles per procédurales n'a été utilisé.

2-5 Définition de Device Success, Major Adverse Cardiac Events et fuites para valvulaires significatives

Le succès de l'intervention (Device Success) était défini selon The VARC 2 consensus (18) par : l'absence de mortalité procédurale; avec un positionnement correct d'une seule bioprothèse dans le bon emplacement anatomique; et critères de performance prévus atteints (absence de mismatch prothèse - patient, gradient moyen inférieur à 20 mmHg ou Vmax inférieure à 3 m/s, absence de FPV significative) (18).

La survenue d'un MACE à 30 jours définie de façon consensuelle par VARC 2 (18) a été relevée comme suit : la mortalité toutes causes à 30 jours, l'ensemble des accidents vasculaires cérébraux avec et sans séquelle, les insuffisances rénales aiguës stade 2 ou 3, les

occlusions coronaires nécessitant une intervention, les hémorragies mettant en jeu le pronostic vital, les complications vasculaires majeures, la survenue d'un bloc auriculo-ventriculaire de haut degré nécessitant un appareillage, la nécessité d'une seconde intervention valvulaire aortique (TAVI ou remplacement valvulaire aortique (RVAO) chirurgical).

Une FPV significative était définie par la présence post opératoire d'une FPV supérieure ou égale à 2.

2-6 Analyse statistique

Les variables continues ont été exprimées en moyenne $\pm$ écart-type. L'ensemble des analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Stata (Stata Statistical Software: Release 10. College Station, TX: StataCorp LP). Le test du χ^2 a été utilisé pour comparer la distribution des variables qualitatives et le test du t de student pour les données continues.

Les analyses multivariées ont été conduites par régression logistique pas à pas descendante, en prenant en considération dans le modèle initial les variables qui avaient été retrouvées associées à la variable dépendante avec $p < 0.25$ dans l'analyse univariée. L'adéquation du modèle final a été testée à l'aide du test de Hosmer & Lemeshow. La courbe ROC et l'aire sous la courbe ROC ont été obtenues à l'aide de la procédure "roctab" du logiciel Stata.

Une valeur de $p < 0,05$ était considérée comme significative.

3- RESULTATS :

3-1 Caractéristiques de la population générale, données scanner et procédure

La population étudiée comprenait 352 patients ayant bénéficié d'un TAVI et éligibles à l'analyse statistique. L'âge moyen était de 84 ± 7 ans, 161 (46%) étaient des hommes. Le BMI moyen (Body Mass Index) était de $26,4 \pm 5,4$. Le STS score moyen était de $6,2 \pm 3,5\%$. La majorité des patients (80%) avaient un STS score inférieur à 8%. La majorité des patients étaient traités avec une mono anti-agrégation plaquettaire ($n = 288$; 81,8%) et 108 (30,7%) étaient sous traitement anticoagulant.

La FEVG moyenne était de $53 \pm 14,1\%$. La surface valvulaire aortique moyenne était de $0,8 \pm 0,2 \text{ cm}^2$. L'UH moyen (ROI) moyen était de 309 ± 64 UH et l'aire moyen de l'anneau aortique était de $4,5 \pm 0,9 \text{ cm}^2$.

La voie trans-fémorale était la principale voie d'abord ($n = 246$; 69,9 %). 246 patients (69,9 %) ont bénéficié de valves d'ancienne génération (COREVALVE $n = 144$, SAPIEN XT $n = 102$) et 106 patients (30,1 %) ont reçu des valves de nouvelle génération (EVOLUT R $n = 7$ SAPIEN 3 $n = 99$). Les caractéristiques de la population étudiée sont présentées dans le *Tableau 1*.

3-2 Device Success

Trois-cent-cinq patients (86,6%) ont présenté un « Device Success » selon les critères VARC 2. En analyse univariée, « Device Success » était statistiquement associé à la présence de prothèses de 29 mm ($p=0,012$). « No Device Success » était statistiquement associé avec un antécédent d'hypertension ($p=0,041$) et un gradient moyen préopératoire élevé ($p=0,047$). (*Tableau 1*)

Il n'existait pas d'association statistique avec le SCVA (5508 ± 3589 vs 6609 ± 4006 , $p = 0.055$). Le SCVAi était cependant plus élevé dans le groupe No Device Success (1537 ± 904 vs 1191 ± 708). Ce résultat était statistiquement significatif ($p = 0,003$). (*Tableau 2*)

En analyse multivariée, il existait une association statistiquement significative pour les deux méthodes de mesure : OR=0.88, IC 95% 0.81 – 0.96, $p=0.004$; et OR = 0.94, IC 95% 0.91 – 0.98, $p = 0.002$, respectivement. Plus le score calcique était élevé, plus les chances de succès de la procédure diminuaient. (*Tableau 3*)

3-3 Major Adverse Cardiac Events

Quatre-vingt-sept patients (24,7%) ont présenté un MACE selon la définition VARC 2. En analyse univariée, nous avons observé une corrélation positive entre MACE et le STS score élevé ($p=0,01$), l'antécédent d'hypertension ($p=0,009$) et une dyspnée NYHA IV ($p=0,049$).

Il n'existait aucune association statistique entre le SCVA le SCVAi et les MACE ($p=0,953$ et $p=0,757$ respectivement). (*Tableau 4*)

3-4 Détail des événements

Pour le critère No Device Success, les événements prédominants étaient la survenue de FPV supérieures ou égales à 2 ($n=23$; 48,9 %) et un gradient moyen post procédural supérieur ou égal à 20 mmHg ($n=12$; 21,4 %). Chez les patients présentant un MACE à 30 jours, les BAV (Blocs Auriculo Ventriculaires) de haut grade nécessitant un appareillage ($n = 35$; 40,2 %) et la mortalité toutes causes confondues ($n = 23$; 26,4%) étaient majoritaires. (*Tableau 5*)

3-5 Fuites para valvulaires significatives

Vingt-trois patients (6,5%) présentaient une FPV supérieure ou égale à 2. Le SCVA et le SCVAi étaient significativement plus élevés chez les patients présentant une FPV supérieure ou égale à 2 (8608 ± 4212 vs 5449 ± 3471 ; $p < 0.001$ et 1999 ± 947 vs 1185 ± 711 ; $p < 0.001$ respectivement). (*Tableau 6*). L'aire sous la courbe ROC était de 0,742 pour le SCVA et de 0,767 pour le SCVAi. (*Figure 2*)

4- DISCUSSION

Notre étude montre ainsi que le SCVA, mesuré à l'aide d'un scanner cardiaque avec injection de PCI réalisé lors du bilan pré opératoire, est indépendamment et significativement associé de façon négative aux chances de succès de la procédure. Le SCVA est de plus un puissant prédicteur de survenue de FPV significatives. En revanche, il n'existe pas de relation avec les MACE à 30 jours.

Les indications du TAVI ont récemment été étendues aux patients à risque intermédiaire (5). Cependant, les outils objectifs disponibles pour guider le choix du clinicien entre TAVI et chirurgie font défaut et sont actuellement basés sur les scores de risque établis pour la technique chirurgicale (STS score et EUROSCORE II (7, 8)). De nouveaux outils pour déterminer le risque inhérent au TAVI sont donc nécessaires et le score calcique valvulaire aortique semble s'intégrer dans cette approche.

Un scanner cardiaque avec injection de PCI est systématiquement réalisé lors de l'évaluation préopératoire afin de déterminer le diamètre de l'anneau aortique et analyser ses relations anatomiques avec les structures avoisinantes (artères coronaires notamment). Nous avons choisi d'effectuer la mesure du SCVA sur un scanner cardiaque avec injection de PCI,

car ces données sont disponibles pour l'ensemble des patients, sans l'irradiation supplémentaire qui aurait été nécessaire pour la mesure conventionnelle du score.

Si la majorité des travaux traitant du SCVA dans la littérature sont réalisés à l'aide d'un scanner cardiaque sans injection de PCI, il est prouvé que la mesure du score calcique sur scanner cardiaque sans injection est fiable, reproductible, et très bien corrélée avec la mesure conventionnelle (19). De plus, la capacité du SCVA, mesuré à l'aide un scanner cardiaque injecté, à prédire la survenue d'une FPV significative est comparable à la méthode conventionnelle dans une étude publiée en 2014 (17). Différentes méthodes, permettant de s'affranchir de la densité de l'iode, pour la mesure du SCVA, ont été décrites : pour la majorité, une région d'intérêt (ROI) a été placée dans l'aorte ascendante pour mesurer la valeur d'UH moyenne. A cette valeur, pouvait être ajouté 2 déviations standard, 50 UH, 100 UH, 1,5 ou 1,25 fois UH moyenne, pour définir le seuil de densité reconnu par logiciel comme du calcaire. Nous avons choisi d'ajouter + 100 UH à la valeur UH moyenne car cette méthode semble être la plus prédictive des FPV significatives (20).

Nous avons choisi des critères de jugement standardisés, définis par le consensus VARC2 (18) afin de permettre une comparaison des résultats notre étude avec les prochaines publications sur le sujet.

Le score calcique semble être un facteur prédictif indépendant du succès de la procédure et pourrait constituer un outil supplémentaire dans l'évaluation préopératoire globale des patients à risque intermédiaire présentant une sténose aortique significative. Une cohorte de 100 patients publiée en 2010 avait montré une corrélation entre la sévérité des calcifications valvulaires et le succès de la procédure chez des patients implantés d'une prothèse COREVALVE (21). Dans notre étude, 4 prothèses différentes ont été utilisées, à l'aide de multiples voies d'abord.

Un score calcique élevé suggère la présence de calcifications valvulaires étendues pouvant gêner l'implantation de la bioprothèse, nécessitant une seconde procédure, générant des FPV importantes et interférant avec les performances hémodynamiques finales de la valve.

Akodad et al. (22) avaient montré qu'un SCVA pré opératoire élevé était prédictif de la survenue de MACE après 30 jours chez des patients implantés de valves d'ancienne génération. Cette corrélation n'existait pas chez les patients implantés de valves de nouvelle génération. Cependant la définition de MACE entre cette étude et la nôtre était différente, rendant les deux résultats non comparables. L'absence de corrélation entre le SCVA et les MACE à 30 jours dans notre étude peut s'expliquer par une durée de suivi postopératoire trop courte entraînant un nombre d'évènements trop faible pour obtenir un effet statistique.

L'association entre SCVA élevé et FPV significatives est connue. Notre étude confirme d'une part les données de la littérature (12, 13, 14) et, d'autre part, la capacité du SCVA mesuré à l'aide d'un scanner cardiaque avec injection de PCI à prédire l'apparition de FPV significatives (17). Cependant, la présence d'importantes FPV post-interventionnelles est un facteur de mortalité indépendant à deux ans rendant difficile l'utilisation du SCVA comme facteur de mortalité immédiat post interventionnel (23).

Notre étude présente des limites. Il s'agit d'une étude mono-centrique rétrospective avec un suivi patient de seulement 30 jours rendant impossible l'interprétation des résultats au-delà.

La majeure partie des patients présents dans notre cohorte ont été implantés de valves d'ancienne génération qui ont été aujourd'hui abandonnées.

La mesure du SCVA à l'aide d'un scanner cardiaque avec injection de PCI est fiable et bien corrélée au succès de la procédure et à la survenue de FPV significatives après un TAVI. Il est particulièrement intéressant de noter qu'il n'est pas nécessaire de procéder à des acquisitions supplémentaires que celles habituellement effectuées dans le cadre du bilan pré

opératoire. Il s'agit donc d'un outil facile à utiliser en routine. Cette étude apporte des informations précieuses pour évaluer le risque procédural et ses complications potentielles en vue de guider le choix entre TAVI et chirurgie conventionnelle chez les patients à risque intermédiaire, notre cohorte étant principalement composée de patients présentant un STS score inférieur à 8 %.

5- CONCLUSION :

Le SCVA, mesuré à l'aide d'un scanner cardiaque avec injection de PCI effectué dans le cadre du bilan pré opératoire, est statistiquement associé de façon négative au succès de la procédure et de façon positive à la survenue de FPV significatives après un TAVI. Il n'existe cependant pas d'association avec les MACE à 30 jours. Son utilisation en routine peut être pertinente pour l'évaluation spécifique du risque de la procédure de TAVI.

6- TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Caractéristiques de la population étudiée.

	TOTAL n=352 (100 %)	Device Success n=305 (86,6%)	No Device Success n=47 (13,4%)	p
Hommes	161 (45,7)	143 (46,9)	18 (38,3)	0,271
Age (années)	84,4±6,7	84,5±6,8	83,3±5,8	0,232
Taille (cm)	163±9	163±9	162±11	0,245
BMI (kg/m²)	26,4±5,4	26,4±5,3	26±6,3	0,603
STS score (%)	6,2±3,5	6,2±3,6	6,3±3,5	0,812
Hypertension	239 (67,9)	201 (79,3)	38 (80,9)	0,041
Dyslipidémie	145 (41,3)	129 (42,4)	16 (34)	0,277
Diabète	91 (25,9)	83 (27,2)	8 (17)	0,137
AOMI	48 (13,6)	44 (14,4)	4 (8,5)	0,271
CMI	153 (43,5)	136 (44,6)	17 (36,2)	0,278
MDRD (ml/min/m2)	59,4±24,3	59,6±24,5	58,1±22,7	0,693
Traitements				
Aspirine	288 (81,8)	249 (81,6)	39 (83)	0,825
Clopidogrel	104 (29,5)	91 (21,8)	13 (27,7)	0,761
Anticoagulants	108 (30,7)	93 (30,5)	15 (31,9)	0,844
NYHA n(%)				0,329
I/II	112 (31,8)	100 (32,8)	12 (25,5)	
III	206 (58,5)	178 (58,4)	28 (59,6)	
IV	34 (9,4)	27 (8,9)	7 (14,9)	
ETT				
Gradient Moyen (mmHg)	42,6±15	42±14,5	46,8±17,9	0,047
Vmax (m/s)	4,1±0,7	4±0,7	4,3±0,9	0,087
Surface (cm2)	0,77±0,2	0,77±0,19	0,75±0,26	0,581
FEVG (%)	52,7±14,1	52,6±14,1	53,1±14,2	0,83
Insuffisance mitrale	175 (49,7)	147 (48,2)	28 (59,6)	0,116
PROCEDURE				
Voie d'abord				
Trans fémorale	246 (69,9)	216 (70,8)	30 (63,8)	0,331
Trans apical	106 (30,1)	10 (3,3)	0 (0)	
Sous clavière	12 (3,4)	8 (2,6)	4 (8,5)	
Trans aortique	84 (24)	71 (23,3)	13 (27,7)	
Prothèses :				
<u>Ancienne generation</u>	246 (69,9)	215 (70,5)	31 (66)	0,528
COREVALVE	144 (40,9)	128 (42)	16 (34)	
SAPIEN XT	102 (29)	87 (28,5)	15 (31,9)	

<u>Nouvelle generation</u>		106 (30,1)	90 (29,5)	16 (34)	0,012
EVOLUT R		7 (2)	5 (1,6)	2 (4,3)	
SAPIEN 3		99 (28,1)	85 (27,9)	14 (29,8)	
Taille de prothèses (mm)	≤ 23	81 (23)	63 (20,7)	18 (38,3)	
	26	146 (41,5)	128 (42)	18 (38,3)	
	29	99 (28,1)	93 (30,5)	6 (12,8)	
	31	26 (7,4)	21 (6,9)	5 (10,6)	
Scanner					
UH moyen (ROI)		309±64	309±64	309±69	0,973
Surface de l'anneau (cm2)		4,5±0,9	4,6±0,9	4,4±1	0,32

AOMI : Artériopathie Oblitérante des Membres Inférieurs ; BMI : Body Mass Index ; CMI : Cardiopathie Ischémique ; ETT : Échographie Trans thoracique ; FEVG : Fraction d'Ejection Ventriculaire Gauche ; NYHA : New York Heart Association; ROI : Region Of Interest ; STS : Society of Thoracic Surgeons ; UH : Unités Hounsfield.

Tableau 2 : Relations entre score calcique et Device Success : analyse univariée.

ANALYSE UNIVARIEE DEVICE SUCCESS. TOTAL n=352			
	Device success		
	OUI n= 305 (86,6%)	NON n=47 (13,4%)	p
SCVA	5508±3589	6609±4006	0,055
SCVAi	1191±718	1537±904	0,003

SCVA : Score calcique valvulaire aortique ; SCVAi : Score calcique valvulaire aortique indexé.

Tableau 3 : Relations entre score calcique et Device Success : analyse multivariée.

ANALYSE MULTIVARIEE DEVICE SUCCESS : TOTAL n=327				
	Modèle initial		Modèle final	
	OR (IC 95%)	p	OR (IC 95%)	p
Age (année)	1,06 (1 - 1,12)	0,058		
Taille (cm)	1,02 (0,98 - 1,07)	0,26		
Hypertension	0,35 (0,13 - 0,92)	0,033	0,34 (0,13 - 0,87)	0,024
Diabète	1,72 (0,68 - 4,34)	0,249		
Gradient Moyen	0,99 (0,97 - 1,02)	0,517		
Insuffisance mitrale	0,6 (0,28 - 1,27)	0,18		
Taille de prothèses				
≤ 23	1 (REF)			
26	1,85 (0,8 - 4,27)	0,152		
29	4,08 (1,32 - 12,59)	0,015	4,72 (1,62 - 13,78)	0,004
31	1,42 (0,32 - 6,38)	0,647		
SCVA (pour une augmentation de 1000 pts)	0,89 (0,81 - 0,98)	0,017	0,88 (0,81 - 0,96)	0,004
SCVAi (pour une augmentation de 100 pts)	0,94 (0,9 - 0,99)	0,013	0,94 (0,91 - 0,98)	0,002

IC : Intervalle de Confiance ; OR : Odds Ratio ; REF : référence ; Score Calcique valvulaire aortique ; SCVAi : Score calcique valvulaire aortique indexé.

Tableau 4 : Relations entre score calcique et MACE.

MACE. TOTAL n=352			
	MACE à 30 jours		
	MACE n=87 (24,7%)	No MACE n=265 (75,3%)	p
STS score (%)	7±3,8	5,9±3,4	0,01
Hypertension	69 (79,3)	170 (64,2)	0,009
NYHA I/II	23 (26,4)	89 (33,6)	ns
III	50 (57,5)	156 (58,9)	ns
IV	14 (16,1)	20 (7,5)	0,049
SCVA	5675±4019	5649±3543	0,953
SCVAi	1215±790	1244±742	0,757

MACE : Major Adverse Cardiac Events ; NYHA : New York Heart Association ; Score Calcique valvulaire aortique ; SCVAi : Score calcique valvulaire aortique indexé ; STS : Society of Thoracic Surgeons.

Tableau 5 : Détail des évènements No Device Success, et MACE à 30 jours.

	n	%
No Device Success : nombre de patients	47	
Détail des évènements :	56	(100)
Décès au cours de la procédure	6	(10,7)
Mise en place d'une seconde valve	6	(10,7)
mismatch prothèse - patient	0	(0)
GM post procédure ≥ 20 mmHg	12	(21,4)
Vmax post procédure ≥ 3 m/s	9	(16,1)
Fuite para-prothétique ≥ 2	23	(48,9)
MACE à 30 jours : nombre de patients	87	
Détail des évènements :	120	(100)
Décès toutes causes	23	(26,4)
AVC avec et sans séquelle	8	(9,2)
IDM nécessitant une intervention	7	(8)
Hémorragies majeures	15	(17,2)
Complications vasculaires majeures	18	(20,7)
IRA stade II ou III	13	(14,9)
BAV de haut degré nécessitant un PM	35	(40,2)
Ré intervention	1	(1,1)

AVC : Accidents vasculaires cérébraux ; BAV : Blocs auriculo ventriculaires ; GM : Gradient moyen ; IDM : Infarctus du Myocarde ; IRA : Insuffisances rénales aiguës ; MACE : Major Adverse Cardiac Events ; n : nombre ; PM : Pace Maker ; Score Calcique valvulaire aortique ; SCVAi : Score calcique valvulaire aortique indexé.

Tableau 6 : Relations entre score calcique et fuites para prothétiques.

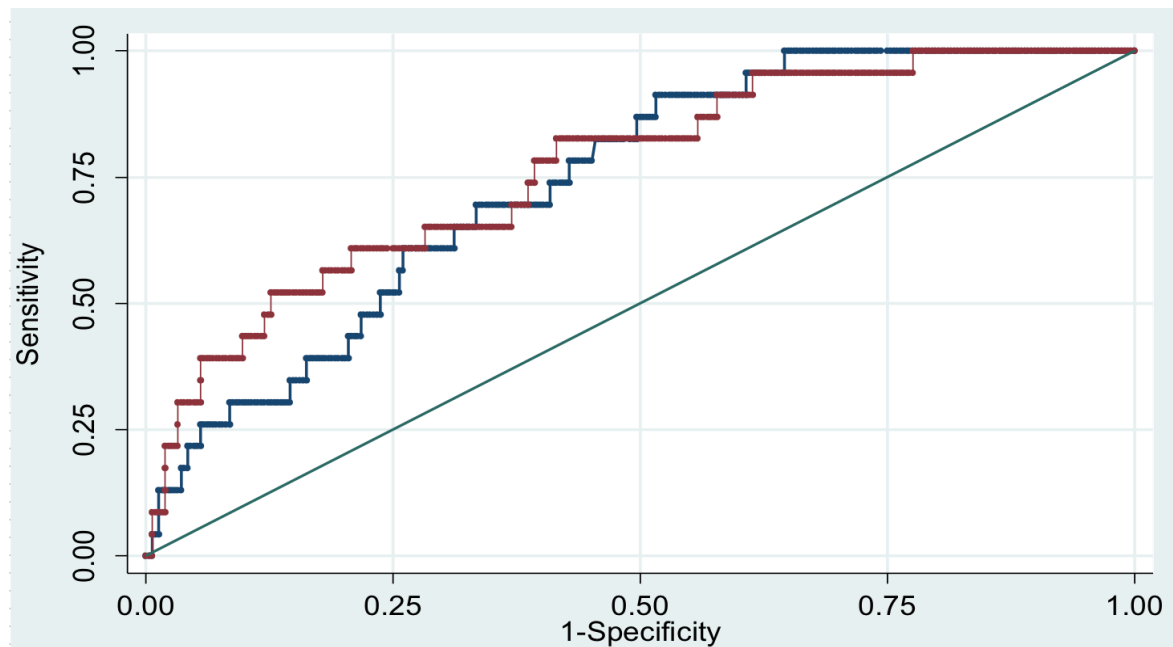
FUITES PARA-PROTHETIQUES. TOTAL n=352			
	Fuites para-prothétiques		
	< II	≥ II	p
	n=308 (87,5%)	n=23 (6,5%)	
SCVA	5449±3471	8608±4212	< 0,001
SCVAi	1185±711	1999±947	< 0,001

SCVA : Score calcique valvulaire aortique ; SCVAi : Score calcique valvulaire aortique indexé.

Figure 1 : Exemple de mesure du SCVA



Figure 2 : Courbe ROC évaluant la sensibilité et la spécificité du score calcique indexé et non indexé à prédire les fuites para valvulaires significatives.



— SCVA : AUC = 0,742

— SCVAi : AUC = 0,767

REFERENCES

1. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, Borenstein N, Tron C, Bauer F, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation*. 10 déc 2002;106(24):3006-8.
2. Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery. *N Engl J Med*. 21 oct 2010;363(17):1597-607.
3. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Prosthesis. *N Engl J Med*. 4 sept 2014;371(10):967-8.
4. Deeb GM, Reardon MJ, Chetcuti S, Patel HJ, Grossman PM, Yakubov SJ, et al. 3-Year Outcomes in High-Risk Patients Who Underwent Surgical or Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol*. juin 2016;67(22):2565-74.
5. Thourani VH, Kodali S, Makkar RR, Herrmann HC, Williams M, Babaliaros V, et al. Transcatheter aortic valve replacement versus surgical valve replacement in intermediate-risk patients: a propensity score analysis. *The Lancet*. mai 2016;387(10034):2218-25.
6. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease. *Rev Esp Cardiol Engl Ed*. févr 2018;71(2):110.
7. Shahian DM, Edwards FH. The Society of Thoracic Surgeons 2008 Cardiac Surgery Risk Models: Introduction. *Ann Thorac Surg*. juill 2009;88(1):S1.
8. Nashef SAM, Roques F, Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, et al. EuroSCORE II. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1 avr 2012;41(4):734-45.
9. Messika-Zeitoun D. Evaluation and Clinical Implications of Aortic Valve Calcification Measured by Electron-Beam Computed Tomography. *Circulation*. 28 juin 2004;110(3):356-62.
10. Kizer JR, Geftter WB, deLemos AS, Scoll BJ, Wolfe ML, Mohler ER. Electron beam computed tomography for the quantification of aortic valvular calcification. *J Heart Valve Dis*. mai 2001;10(3):361-6.
11. Pawade T, Clavel M-A, Tribouilloy C, Dreyfus J, Mathieu T, Tastet L, et al. Computed Tomography Aortic Valve Calcium Scoring in Patients With Aortic StenosisCLINICAL PERSPECTIVE. *Circ Cardiovasc Imaging*. mars 2018;11(3):e007146.
12. Di Martino LFM, Soliman OII, van Gils L, Vletter WB, Van Mieghem NM, Ren B, et al. Relation between calcium burden, echocardiographic stent frame eccentricity and paravalvular leakage after corevalve transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging*. juin 2017;18(6):648-53.
13. Feuchtner G, Plank F, Bartel T, Mueller S, Leipsic J, Schachner T, et al. Prediction of Paravalvular Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Implantation by Computed

Tomography: Value of Aortic Valve and Annular Calcification. *Ann Thorac Surg.* nov 2013;96(5):1574-80.

14. Greason KL, Williamson EE, Suri RM, Mathew V. High Agatston aortic valve calcium score predicts transcatheter paravalvular aortic regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* juin 2014;147(6):1991.
15. Koos R, Reinartz S, Mahnken AH, Herpertz R, Lotfi S, Autschbach R, et al. Impact of aortic valve calcification severity and impaired left ventricular function on 3-year results of patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Eur Radiol.* déc 2013;23(12):3253-61.
16. Leber AW, Kasel M, Ischinger T, Ebersberger UH, Antoni D, Schmidt M, et al. Aortic valve calcium score as a predictor for outcome after TAVI using the CoreValve revalving system. *Int J Cardiol.* juill 2013;166(3):652-7.
17. Jilaihawi H, Makkar RR, Kashif M, Okuyama K, Chakravarty T, Shiota T, et al. A revised methodology for aortic-valvar complex calcium quantification for transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging.* 1 déc 2014;15(12):1324-32.
18. Kappetein AP, Head SJ, Généreux P, Piazza N, van Mieghem NM, Blackstone EH, et al. Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: The Valve Academic Research Consortium-2 consensus document*. *J Thorac Cardiovasc Surg.* janv 2013;145(1):6-23.
19. Alqahtani AM, Boczar KE, Kansal V, Chan K, Dwivedi G, Chow BJW. Quantifying Aortic Valve Calcification using Coronary Computed Tomography Angiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* mars 2017;11(2):99-104.
20. Bettinger N, Khalique OK, Krepp JM, Hamid NB, Bae DJ, Pulerwitz TC, et al. Practical determination of aortic valve calcium volume score on contrast-enhanced computed tomography prior to transcatheter aortic valve replacement and impact on paravalvular regurgitation: Elucidating optimal threshold cutoffs. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* juill 2017;11(4):302-8.
21. John D, Buellesfeld L, Yucel S, Mueller R, Latsios G, Beucher H, et al. Correlation of Device Landing Zone Calcification and Acute Procedural Success in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantations With the Self-Expanding CoreValve Prosthesis. *JACC Cardiovasc Interv.* févr 2010;3(2):233-43.
22. Akodad M, Lattuca B, Agullo A, Macia J-C, Gandet T, Marin G, et al. Prognostic Impact of Calcium Score after Transcatheter Aortic Valve Implantation Performed With New Generation Prosthesis. *Am J Cardiol.* mai 2018;121(10):1225-30.
23. Kodali SK, Williams MR, Smith CR, Svensson LG, Webb JG, Makkar RR, et al. Two-Year Outcomes after Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement. *N Engl J Med.* 3 mai 2012;366(18):1686-95.

**IV/
ARTICLE EN ANGLAIS**

Impact of aortic valve calcification severity on device success after trans
catheter aortic valve replacement

Running title: Aortic valve calcium score is a TAVR device success predictor

Authors and affiliations:

Jeremy Larroche, MD^{1,6}; Loïc Panh, MD^{1,2,6}; Thibault Lhermusier, MD, PhD^{1,4,6}; Olivier Lairez, MD, PhD^{1,2,3,6}; Vincent Bataille¹; Marie-Agnès Marachet MD^{2,7}; Thomas Chollet^{1,4,6}, MD; Antoine Petermann, MD^{2,7}; Frederic Bouisset, MD^{1,6}; Nicolas Boudou, MD^{1,6}; Bertrand Marcheix, MD, PhD^{3,5,6}; Hervé Rousseau MD, PhD^{2,3,7}; Michel Galinier, MD, PhD^{1,3}; Didier Carrié, MD, PhD^{1,2,4} and Yoan Lavie-Badie, MD^{1,2,6}

1 – Department of Cardiology, University Hospital of Rangueil, Toulouse, France

2 – Cardiac Imaging Center, Toulouse University Hospital, France

3 – Medical School of Rangueil, University Paul Sabatier, Toulouse, France

4 – Medical School of Purpan, University Paul Sabatier, Toulouse, France

5 – Department of Cardiac Surgery, University Hospital of Rangueil, Toulouse, France

6 – Heart Valve Center, University Hospital of Rangueil, Toulouse, France

7 – Department of Radiology, University Hospital of Rangueil, Toulouse, France

Corresponding author:

LAVIE-BADIE Yoan, MD

Department of Cardiology, Toulouse University Hospital

1, avenue Jean Poulhès, TSA 50032, 31059 Toulouse Cedex 9 France

Email: lavie-badie.y@chu-toulouse.fr Fax: + 33 5 61 32 22 77

Total word count: 4733

ABSTRACT

BACKGROUND: Aortic valvular calcium score (CS) can identify severe aortic stenosis (AS) and provide powerful prognostic information. In AS, intermediate to high risk patients can be referred for Transcatheter Aortic Valve Replacement (TAVR). Clinical risk scores are well validated for open cardiac surgery risk assessment, however in TAVR, individual risk assessment is less known. The aim of this study was to determine whether CS, measured on the preoperative contrast enhanced multislice computed tomography (MSCT), is associated with Device Success (DS), Major Adverse Cardiac Events (MACE) and paravalvular leaks (PVL) after TAVR.

METHODS: Three hundred and fifty-two consecutive patients who underwent TAVR with a preoperative standardized contrast enhanced MSCT were included in the study. Valvular calcifications detection was defined by adding +100 Hounsfield Unit (HU) to mean HU determined by a Region Of Interest placed in the contrast enhanced ascending aorta. CS was then indexed to the aortic annulus surface (CSi). Endpoints were DS and 30-days MACE according to Valve Academic Research Consortium-2 consensus document, and PVL greater than or equal to grade 2.

RESULTS: DS was obtained for 305 patients. In multivariate analysis, CS and CSi were negatively and independently associated with DS: OR=0.88, 95%CI 0.81–0.96, p=0.004; and OR=0.94, 95%CI 0.91–0.98, p=0.002 respectively. There was no association between MACE and CS (p=0,953) and CSi (p=0,757). PVL was positively associated with CS (p<0.001) and CSi (p<0.001).

CONCLUSION: In TAVR, the aortic valvular CS, measured on preoperative contrast enhanced MSCT, is significantly associated with DS and PVL, but not with 30-days MACE. Its use in routine practice can be relevant to appreciate success chances of TAVR.

ABBREVIATIONS:

BMI : Body Mass Index

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CS: Calcium score

CSi: Indexed Calcium score

CT : Computed Tomography

ECG: Electrocardiogram

ESC: European Society of Cardiology

HU: Hounsfield Unit

LVEF: Left Ventricular Ejection Fraction

MACE: Major Adverse Cardiac Events

MSCT: multislice computed tomography

MPR: Multi Planar Reconstruction

PM : Pace Maker

PVL: ParaValvular Leaks

ROI: Region of interest

SAVR: Surgical aortic valve replacement

TAVR: Transcatheter Aortic Valve Replacement

TF: Transfemoral

TTE: Transthoracic Echocardiography

VARC2: Valve Academic Research Consortium-2 consensus document

1- INTRODUCTION

Transcatheter aortic valve replacement (TAVR), was described for the first time in 2002, as an alternative treatment for non-operable patients suffering from symptomatic severe aortic stenosis (1). Many studies have shown the benefit of TAVR versus medical therapy in case of extreme risk patients, and the non-inferiority of TAVR to surgery in intermediate to high risk patients. (2, 3, 4, 5). Recent guidelines (6) suggest that the choice of TAVR, should consider the individual risk of surgery assessed by heart team and clinical scores, and also the cardiac and extra-cardiac characteristics of the patient, including technical feasibility.

Using validated scores such as STS score (7) or Euroscore 2 (8), and including identified comorbidities, clinician have a reliable surgical risk assessment. However, in TAVR, individual risk assessment is less well defined.

Aortic valve calcium score (CS) determined by Agatston method is a powerful marker of prognosis in aortic stenosis (9, 10, 11) and is currently used to identify high risk patients in case of discordant echocardiography parameters (6). Otherwise, studies have shown that aortic valve CS is an independent predictor of significant paravalvular leaks (PVL) after TAVR, which are correlated to mortality (12, 13, 14, 15, 16).

Technical approach of TAVR requires a contrast enhanced cardiac multislice computed tomography (MSCT), for assessment of aortic root and the position of the coronary ostia, sizing the aortic valve annulus, and choose the access route. CS measurement usually requires a supplemental non-contrast MSCT. However, in order to reduce radiation exposure, CS measurement on contrast enhanced MSCT has been proposed and approved (17).

The aim of this study was to determine whether aortic valve CS, using the preoperative contrast enhanced MSCT, could increase the prediction of Device Success, Major Adverse Cardiac Events (MACE) and paravalvular leaks in order to better define the risk assessment before TAVR.

2- PATIENTS AND METHODS

2-1 Study population

Our study sample included 352 consecutive patients who underwent TAVR, according to the European Society of Cardiology (ESC) guidelines and Heart Team decision, from March 2011 to June 2016, at Toulouse University Hospital, France. All patients had a preoperative standardized contrast enhanced MSCT. The exclusion criteria concerned patients with poor quality of MSCT images (movements, pacemaker leads), extensive mitral annulus calcifications inducing difficulty in CS measurement, degenerative bioprosthesis ("valve in valve" technique), and off label prosthesis. Authorization to use the clinical data was obtained for all patients after information at the admission, in accordance with the French Data Protection Authority (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés, CNIL). Follow-up information were obtained from the medical chart, last consultations reports, or by interviewing referents cardiologists, general practitioners or the patient.

2-2 Cardiac multislice computed tomography acquisition and aortic CS measurement

MSCT were performed within 3 months before the procedure, during the preoperative assessment. All contrast enhanced computed tomography scans were performed with a dual source CT system 64 slices (Siemens Definition; Siemens, Erlangen, Germany). The field of view was defined from the butt of the ascending aorta to the diaphragmatic aorta. Image reconstruction was performed using a retrospective multiphase reconstruction synchronized to the electrocardiogram (ECG) at 70% of the R-R interval. The slice thickness was 0.6 mm with region of interest (ROI) in the descending aorta after injection of iodinated contrast medium (Iomeprol 350 mg / ml) at a dosage of 100 to 120 cc according to the morphotype patient.

The aortic valve CS was measured using HOROS software (version 2.2.0), under the GNU Lesser General Public License, version 3.0. CS measurement were made as follow: in

order to subtract the contrast enhancement, a ROI was placed in the ascending aorta excluding valvular calcifications to determine the mean Hounsfield Unit value (mean HU). A calcified lesion was defined as more than 3 contiguous pixels with a peak of attenuation of the mean HU + 100 HU. The aortic valvular CS was determined using the Agatston method, by summing the lesion score on each slice of the valve (*Figure 1*). Aortic annulus measurements were determined by bi dimensional planimetry after Multi Planar Reconstruction (MPR).

2-3 Transthoracic echocardiography

Transthoracic echocardiography (TTE) was performed before the TAVR, early in post-operative period, and during the follow-up, using the Vivid 9 ultrasound system (General Electric Healthcare, Milwaukee, Wis). TTE parameters were collected by conventional M-mode, Doppler and two-dimensional assessment. Left ventricular ejection fraction (LVEF) was measured using the Simpson method in the two and four-chamber apical 2D view. Valve area was determined on the basis of the continuity equation. Mean trans valvular gradient and maximum velocity were noted. PVL after procedure were evaluated using an integrative approach and then categorized as none (grade 0), trivial (grade 1), mild (grade 2), moderate (grade 3) and severe (grade 4).

2-4 Transcatheter Aortic Valve Replacement intervention

Valve selection was at the discretion of our local Heart Team (MEDTRONIC Self-Expanding Prosthesis, Minneapolis, Minnesota or EDWARDS Lifescience Balloon Expanding Expander, Irvine, California). New generations protheses EVOLUT R and SAPIEN 3 were implanted since their referencing date in our hospital (September 2014 for SAPIEN 3 valve and January 2016 for EVOLUT R valve). Bioprosthesis size was chosen according to the manufacturers' recommendations measuring dimensions of the native aortic annulus by the preoperative cardiac contrast enhanced CT.

The access route was decided according to the preoperative scanner's data. A transfemoral (TF) access was favored as possible, during a local anesthesia and vigilant sedation. Other procedures were performed with general anesthesia (trans-aortic, trans apical, or subclavian). Pre-dilation of native aortic valve was made according to operator's choice. A TTE was made immediately after the intervention to check the prosthesis function. Embolic protection devices were not used during the inclusion period.

2-5 Definition of device success, Major Adverse Cardiac Events, and paravalvular leak

Device success was defined according to the Valve Academic Research Consortium-2 consensus (VARC2) (18) by the absence of procedural mortality, a correct positioning of a single prosthetic heart valve into the proper anatomical location and intended performance of the prosthetic heart valve (no prosthesis - patient mismatch, mean aortic valve gradient < 20 mmHg or pic velocity < 3 m/s and no moderate or severe prosthetic valve regurgitation).

The 30-day Major Adverse Cardiac Events (MACE) was defined by VARC 2 consensus as follow: all-cause mortality, all stroke (disabling and non-disabling), life-threatening bleeding, acute kidney injury (grade 2 or 3 including renal replacement therapy), coronary artery obstruction requiring intervention, major vascular complications, occurrence of a high grade Atrioventricular block requiring pacemaker implantation or second aortic valve intervention needing (TAVR or surgical aortic valve replacement).

Significant PVL was defined by PVL $\geq$ grade 2 during the post-operative TTE.

2-6 Statistical analysis

Continuous variables were expressed as mean $\pm$ standard deviation. All analysis were performed using Stata software (Stata Statistical Software: Release 10. College Station, TX: Stata Corp LP). The Chi² test was used to compare the distribution of qualitative variables and the student t test for continuous variables.

Multivariate analyses were performed using multiple logistic regression, taking into the initial model variables that were found associated with the dependent variable with $p < 0.25$ in the univariate analysis. The adequacy of the final model was tested using the Hosmer & Lemeshow test. ROC curve and the area under ROC curve were obtained using the "roctab" procedure into the Stata software. A p value < 0.05 was considered as significant.

3- RESULTS

3-1 Characteristics of study population, aortic valve calcium score and Transcatheter Aortic Valve Replacement procedures

The study population consisted of 352 patients who underwent TAVR and were included. Mean age was 84 ± 7 years, 161 (46%) were men. The average body mass index (BMI) was 26.4 ± 5.4 . The mean STS score was $6.2 \pm 3.5\%$. Majority of patients (80%) had an STS score less than 8%. Most of the patients were treated with simple antiplatelet therapy ($n = 288$; 81.8%), and 108 (30.7%) patients had an anticoagulant treatment.

Mean LVEF was $53 \pm 14\%$. Mean aortic valve area before TAVR was $0.8 \pm 0.2 \text{ cm}^2$. The mean HU (ROI) was 309 ± 64 and the mean annulus area was $4.5 \pm 0.9 \text{ cm}^2$.

During TAVR procedure, the primary access used was TF ($n = 246$; 69.9%). First generation valve (COREVALVE $n = 144$, SAPIEN XT $n = 102$) were implanted in 246 patients (69.9%), and 106 patients (30.1%) received new generation valves (EVOLUT R $n = 7$, SAPIEN 3 $n = 99$). All characteristics of the study population are summarized in *Table 1*.

3-2 Device success

Majority of patients ($n = 305$; 86.6 %) presented a DS according to the VARC 2 definition. By univariate analysis, DS was significantly associated with 29 mm prostheses

diameter ($p=0.012$). No device success was significantly associated with hypertension ($p = 0.041$), and higher mean preoperative transvalvular gradient ($p = 0.047$; *Table 1*)

DS was not associated with CS (5508 ± 3589 vs 6609 ± 4006 , $p = 0.055$), but with CSi (1537 ± 904 vs 1191 ± 708 , $p=0.003$; *Table 2*).

By multivariate analysis, results remain positive, for CS and CSi: OR=0.88, 95% CI 0.81 – 0.96, $p=0.004$; and OR = 0.94, 95% CI 0.91 – 0.98, $p = 0.002$, respectively, which means that the higher the aortic valve CS was, the lower the risk of Device Success was. (*Table 3*)

3-3 Major Adverse Cardiac Events

A MACE was observed for 87 (24.7%) patients. By univariate analysis, we observed a positive association between MACE and the STS Score ($p=0.01$), hypertension ($p=0.009$) and NYHA stage IV dyspnea ($p=0.049$). There was no association between MACE and aortic CS or CSi ($p=0.953$ and $p=0.757$, respectively; *Table 4*).

3-4 Events details

For no DS endpoint, predominant events were para-valvular leaks $\geq$ grade 2 ($n=23$; 48,9 %) and mean aortic valve gradient > 20 mmHg ($n=12$; 21,4 %). For 30-days MACE endpoint, high grade Atrioventricular block requiring Pace Maker (PM) ($n = 35$; 40,2 %) and all-cause mortality ($n = 23$; 26,4 %) were in the majority (*Table 5*).

3-5 Paravalvular leaks

A paravalvular leak $\geq$ grade 2 was observed in 23 (6.5 %) patients. By univariate analysis, mean aortic valve CS and CSi were higher in patients with significant paravalvular leak (8608 ± 4212 vs 5449 ± 3471 ; $p < 0.001$ and 1999 ± 947 vs 1185 ± 711 ; $p < 0.001$ respectively). (*Table 6*). The area under ROC curve was 0,742 for CS and 0,767 for CSi. (*Figure 2*)

4- DISCUSSION

The major finding of this study was that, in patients who underwent TAVR, the valvular aortic CS assessed on contrast enhanced MSCT is negatively and independently associated with the device success implantation. Indeed, higher the aortic valve CS is, the lower chances of Device Success are. Besides, it is a powerful predictor of paravalvular leaks. On the other hand, its prognosis value is poor, and there is no relation with 30 days MACE.

TAVR indications have recently been extended to intermediate risk patients (5). However, efficient tools available for the clinician to guide his choice between TAVR and Surgical aortic valve replacement (SAVR) are lacking and are currently based on risk scores established for the surgical technique (STS score and EUROSCORE II) (7,8). New tools to determine inherent risk of TAVR procedure are therefore needed and CS seems to integrate into this approach.

Cardiac contrast enhanced MSCT is systematically performed during the preoperative assessment to determine aortic annulus diameter and to analyze its anatomical relations with surrounding structures (coronary arteries especially). We chose to perform CS measurement on contrast enhanced MSCT, because those data are available for all patients, without needing the additional radiation that would have been necessary for the conventional CS measurement, making its use in routine more realistic.

If most of the literature regarding CS refers to measurement made on a non-contrast MSCT, there is evidence that CS measurement on contrast enhanced MSCT is reliable. The quantification of CS using contrast enhanced MSCT is achievable using a systematic approach with good reliability and good accordance with conventional CS (19). Furthermore aortic CS ability, performed by contrast computed tomography (CT) scans, to predict the occurrence of significant PVL is comparable to the conventional Agatston measurement method in a study published in 2014 (17).

Different methods have been described: for all a region of interest (ROI) was placed in the ascending aorta, in order to measure mean HU. Then, it has been proposed to add 2 standard deviations, +50 HU, +100 HU, 1,25 , or 1,5 times mean HU, to define the threshold of valvular calcifications detection. We chose to add + 100 HU to the average HU value (ROI) because this method seems to be the most predictive of significant paravalvular leak (20).

Regarding outcomes, we chose standardized endpoints, according to the VARC2 consensus (18), to improve comparability and interpretability of the study results.

CS appears to be an independent predictor of DS, and could be an additional tool in the overall preoperative evaluation of intermediate risk patients with severe AS. A 2010 cohort of 100 patients showed a correlation between valvular calcifications severity and DS in patients implanted with a COREVALVE prosthesis (21). In our study, 4 different prostheses were used, using various accesses.

A high CS suggests the presence of extensive valvular calcifications that may interfere with bioprosthesis implantation, require a second procedure, generate significant paravalvular leaks, and interfere with final valve hemodynamic performances.

Akodad and *al.* have shown that a high preoperative CS was predictive of the 30-day course of MACE in patients implanted with older-generation valves (22). This correlation did not exist with new generation valves. Actually, MACE definition was different from our study, therefore results are not comparable with our study.

The absence of correlation between CS and MACE at 30 days in our study can be explained by a short postoperative follow-up, resulting in a small number of events to obtain a statistical effect.

The association between high CS and significant paravalvular leakage is known. Our study confirm then the literature's data (12,13,14) and, furthermore, the ability of aortic CS evaluated by contrast CT scan to predict the occurrence of PVL (17).

However, the presence of significant paravalvular post-interventional leaks is an independent two-year mortality factor making difficult to use CS as a prognostic factor for immediate post-interventional mortality (23).

Limitations

Our study has limitations. It is a retrospective monocentric study with a 30-days patient's follow-up making impossible long-term results interpretation. Most of our population was implanted with old-generation valves

Aortic valve calcium scoring measurement on contrast enhanced MSCT is reliable, and well correlated with DS and significant paravalvular leaks after TAVR. It is particularly interesting to note that this tool is easy to use in routine, as it is not necessary to make other MSCT acquisitions than those usually made to plan the procedure. This provides valuable information, especially for assessing the risk of the procedure and these potential complications, in order to make the most relevant choice between SAVR and TAVR in intermediate-risk patients. Indeed our cohort is mainly composed of patients with an STS score less than 8%.

5- CONCLUSION

A high aortic valvular CS, measured on a contrast enhanced MSCT, is negatively associated with DS and positively associated with para-valvular leaks after TAVR, but not with 30-days MACE. Because of the lack of supplemental radiation exposure, the measurement of aortic valvular calcium score on preoperative MSCT could be used in routine practice to evaluate the prognosis of success of the TAVR procedure.

6- TABLES

Table 1 : Baseline characteristics.

	TOTAL n=352 (100 %)	Device Success n=305 (86,6%)	No Device Success n=47 (13,4%)	p
Male, n (%)	161 (45,7)	143 (46,9)	18 (38,3)	0,271
Age (years)	84,4±6,7	84,5±6,8	83,3±5,8	0,232
Size, mm	163±9	163±9	162±11	0,245
BMI, kg/m²	26,4±5,4	26,4±5,3	26±6,3	0,603
STS score, %	6,2±3,5	6,2±3,6	6,3±3,5	0,812
Hypertension, n (%)	239 (67,9)	201 (79,3)	38 (80,9)	0,041
Dyslipidaemia, n (%)	145 (41,3)	129 (42,4)	16 (34)	0,277
Diabetes mellitus, n (%)	91 (25,9)	83 (27,2)	8 (17)	0,137
Peripheral arterial disease, n (%)	48 (13,6)	44 (14,4)	4 (8,5)	0,271
Coronary artery disease, n (%)	153 (43,5)	136 (44,6)	17 (36,2)	0,278
MDRD, ml/min/m²	59,4±24,3	59,6±24,5	58,1±22,7	0,693
Treatments, n (%)				
Aspirin	288 (81,8)	249 (81,6)	39 (83)	0,825
Clopidogrel	104 (29,5)	91 (21,8)	13 (27,7)	0,761
Anticoagulant	108 (30,7)	93 (30,5)	15 (31,9)	0,844
NYHA, n(%)				0,329
I/II	112 (31,8)	100 (32,8)	12 (25,5)	
III	206 (58,5)	178 (58,4)	28 (59,6)	
IV	34 (9,4)	27 (8,9)	7 (14,9)	
TTE				
Mean Gradient, mmHg	42,6±15	42±14,5	46,8±17,9	0,047
Vmax, m/s	4,1±0,7	4±0,7	4,3±0,9	0,087
Surface, cm²	0,77±0,2	0,77±0,19	0,75±0,26	0,581
LVEF, %	52,7±14,1	52,6±14,1	53,1±14,2	0,83
Mitral regurgitation	175 (49,7)	147 (48,2)	28 (59,6)	0,116
PROCEDURE				
Way, n (%)				
Trans femoral	246 (69,9)	216 (70,8)	30 (63,8)	0,331
Transapical	106 (30,1)	10 (3,3)	0 (0)	
Subclavian	12 (3,4)	8 (2,6)	4 (8,5)	
Transaortic	84 (24)	71 (23,3)	13 (27,7)	
Prosthesis, n (%)				
<u>Old generation</u>	246 (69,9)	215 (70,5)	31 (66)	0,528
COREVALVE	144 (40,9)	128 (42)	16 (34)	
SAPIEN XT	102 (29)	87 (28,5)	15 (31,9)	
<u>New generation</u>	106 (30,1)	90 (29,5)	16 (34)	

Valve size, mm	EVOLUT R	7 (2)	5 (1,6)	2 (4,3)	0,012
	SAPIEN 3	99 (28,1)	85 (27,9)	14 (29,8)	
	≤ 23	81 (23)	63 (20,7)	18 (38,3)	
	26	146 (41,5)	128 (42)	18 (38,3)	
	29	99 (28,1)	93 (30,5)	6 (12,8)	
	31	26 (7,4)	21 (6,9)	5 (10,6)	
MSCT					
	ROI: Mean HU	309±64	309±64	309±69	0,973
	annulus area (cm2)	4,5±0,9	4,6±0,9	4,4±1	0,32

BMI : Body Mass Index; HU : Hounsfield Unit ; LVEF : Left Ventricular Ejection Fraction ;

MSCT : Multislice computed tomography ; NYHA : New York Heart Association; ROI :

Region Of Interest ; SD : Standard Derivation; STS : Society of Thoracic Surgeons.

Table 2 : Relations between CS and Device Success : Univariate analysis.

UNIVARIATE ANALYSIS for DEVICE SUCCESS procedure : TOTAL n=352			
	Device success		
	Yes : n=305 (86,6%)	No : n=47 (13,4%)	p
CS	5508±3589	6609±4006	0,055
CSi	1191±718	1537±904	0,003

CS : Calcium Score ; CSi : Indexed Calcium Score.

Table 3 : Relations between CS and Device Success : Multivariate analysis.

MULTIVARIATE ANALYSIS for DEVICE SUCCESS procedure : TOTAL n=327				
	Initial Model		Final Model	
	OR (95%CI)	p	OR (95%CI)	p
Age (years)	1,06 (1 - 1,12)	0,058	0,34 (0,13 - 0,87)	0,024
Size (cm)	1,02 (0,98 - 1,07)	0,26		
Hypertension	0,35 (0,13 - 0,92)	0,033		
Diabete mellitus	1,72 (0,68 - 4,34)	0,249		
Mean Gradient	0,99 (0,97 - 1,02)	0,517		
Mitral Regurgitation	0,6 (0,28 - 1,27)	0,18		
Valve size				
≤ 23	1 (REF)		4,72 (1,62 - 13,78)	0,004
26	1,85 (0,8 - 4,27)	0,152		
29	4,08 (1,32 - 12,59)	0,015		
31	1,42 (0,32 - 6,38)	0,647		
CS (for an increase of 1000 pts)	0,89 (0,81 - 0,98)	0,017	0,88 (0,81 - 0,96)	0,004
CSi (for an increase of 100 pts)	0,94 (0,9 - 0,99)	0,013	0,94 (0,91 - 0,98)	0,002

CI : Confiance Interval ; CS : Calcium Score ; CSi : Indexed Calcium Score ; OR : Odds

Ration ; REF : Reference ; SD : Standard Deviation.

Table 4 : Relations between CS and MACE.

UNIVARIATE ANALYSIS for MACE. TOTAL n=352			
	30-days MACE		
	MACE n=87 (24,7%)	No MACE n=265 (75,3%)	p
STS score (%)	7±3,8	5,9±3,4	0,01
Hypertension	69 (79,3)	170 (64,2)	0,009
NYHA I/II	23 (26,4)	89 (33,6)	ns
III	50 (57,5)	156 (58,9)	ns
IV	14 (16,1)	20 (7,5)	0,049
CS	5675±4019	5649±3543	0,953
CSi	1215±790	1244±742	0,757

CS : Calcium Score ; CSi : Indexed Calcium Score ; MACE : Major Adverse Cardiac Events ;
 NYHA : New York Heart Association ; SD : Standard Deviation ; STS : Society of Thoracic Surgeons.

Table 5: Events Details : No Device Success, and 30-days MACE.	n	%
No Device Success : (patients)	47	
<i>Events details :</i>	56	(100)
Per procedural mortality	6	(10,7)
Second valve needing	6	(10,7)
prosthesis–patient mismatch	0	(0)
Post procedural MG $\geq$ 20 mmHg	12	(21,4)
Post procedural Vmax $\geq$ 3 m/s	9	(16,1)
PVL $\geq$ 2	23	(48,9)
30-days MACE : (patients)	87	
<i>Events details :</i>	120	(100)
All-cause mortality	23	(26,4)
All stroke (disabling and non-disabling)	8	(9,2)
Coronary artery obstruction requiring intervention	7	(8)
Life-threatening bleeding	15	(17,2)
Major vascular complications	18	(20,7)
Acute kidney injury (stage 2 or 3)	13	(14,9)
High-grade atrio-ventricular block requiring PM	35	(40,2)
Second aortic valve intervention needing	1	(1,1)

MACE : Major Adverse Cardiac Events ; MG : Mean Gradient ; PM : Pace Maker ; PVL : Para-Valvular Leaks.

Table 6 : Relation between CS and Para-valvular leaks.

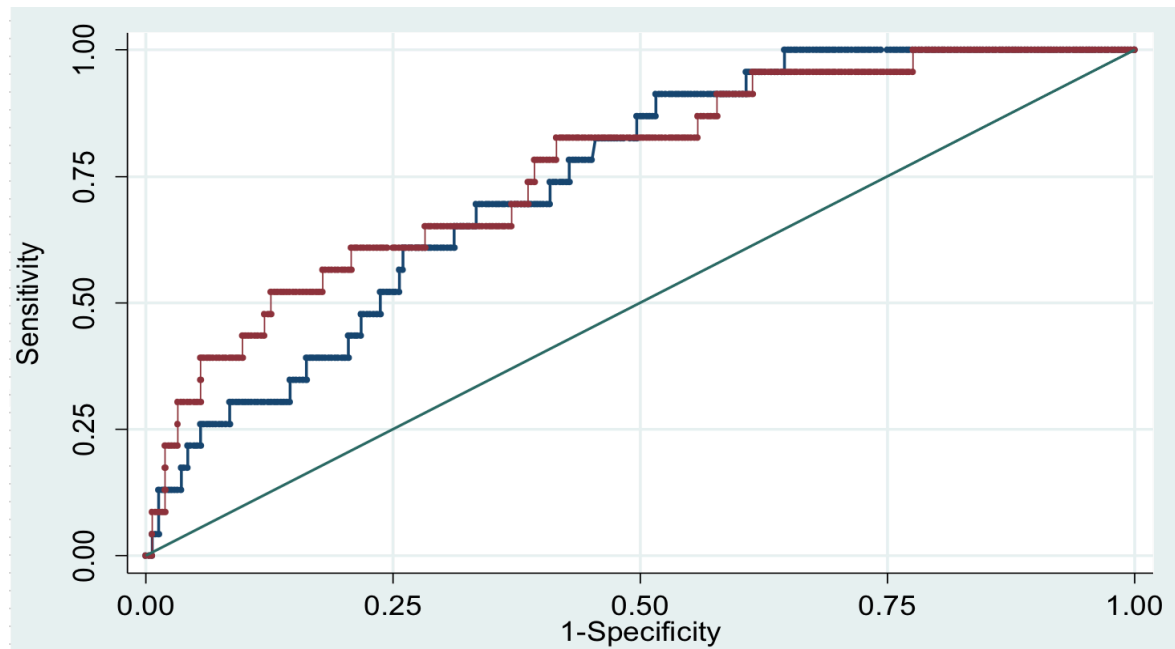
UNIVARIATE ANALYSIS for PVL : TOTAL n=352			
	Para-valvular leaks		
	< II	≥ II	p
	n=308 (87,5%)	n=23 (6,5%)	
CS	5449±3471	8608±4212	< 0,001
CSi	1185±711	1999±947	< 0,001

CS: Calcium Score ; CSi: Indexed Calcium Score ; PVL: Para-Valvular Leaks.

Figure 1: Example of CS measurement.



Figure 2: ROC Curve : CS and CSi to predict significant PVL.



— *CS : AUC = 0,742*

— *CSi : AUC = 0,767*

REFERENCES

1. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, Borenstein N, Tron C, Bauer F, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation*. 10 déc 2002;106(24):3006-8.
2. Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery. *N Engl J Med*. 21 oct 2010;363(17):1597-607.
3. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Prosthesis. *N Engl J Med*. 4 sept 2014;371(10):967-8.
4. Deeb GM, Reardon MJ, Chetcuti S, Patel HJ, Grossman PM, Yakubov SJ, et al. 3-Year Outcomes in High-Risk Patients Who Underwent Surgical or Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol*. juin 2016;67(22):2565-74.
5. Thourani VH, Kodali S, Makkar RR, Herrmann HC, Williams M, Babaliaros V, et al. Transcatheter aortic valve replacement versus surgical valve replacement in intermediate-risk patients: a propensity score analysis. *The Lancet*. mai 2016;387(10034):2218-25.
6. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease. *Rev Esp Cardiol Engl Ed*. févr 2018;71(2):110.
7. Shahian DM, Edwards FH. The Society of Thoracic Surgeons 2008 Cardiac Surgery Risk Models: Introduction. *Ann Thorac Surg*. juill 2009;88(1):S1.
8. Nashef SAM, Roques F, Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, et al. EuroSCORE II. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1 avr 2012;41(4):734-45.
9. Messika-Zeitoun D. Evaluation and Clinical Implications of Aortic Valve Calcification Measured by Electron-Beam Computed Tomography. *Circulation*. 28 juin 2004;110(3):356-62.
10. Kizer JR, Geftter WB, deLemos AS, Scoll BJ, Wolfe ML, Mohler ER. Electron beam computed tomography for the quantification of aortic valvular calcification. *J Heart Valve Dis*. mai 2001;10(3):361-6.
11. Pawade T, Clavel M-A, Tribouilloy C, Dreyfus J, Mathieu T, Tastet L, et al. Computed Tomography Aortic Valve Calcium Scoring in Patients With Aortic Stenosis: CLINICAL PERSPECTIVE. *Circ Cardiovasc Imaging*. mars 2018;11(3):e007146.
12. Di Martino LFM, Soliman OII, van Gils L, Vletter WB, Van Mieghem NM, Ren B, et al. Relation between calcium burden, echocardiographic stent frame eccentricity and paravalvular leakage after corevalve transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging*. juin 2017;18(6):648-53.
13. Feuchtner G, Plank F, Bartel T, Mueller S, Leipsic J, Schachner T, et al. Prediction of Paravalvular Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Implantation by Computed

Tomography: Value of Aortic Valve and Annular Calcification. *Ann Thorac Surg.* nov 2013;96(5):1574-80.

14. Greason KL, Williamson EE, Suri RM, Mathew V. High Agatston aortic valve calcium score predicts transcatheter paravalvular aortic regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* juin 2014;147(6):1991.
15. Koos R, Reinartz S, Mahnken AH, Herpertz R, Lotfi S, Autschbach R, et al. Impact of aortic valve calcification severity and impaired left ventricular function on 3-year results of patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Eur Radiol.* déc 2013;23(12):3253-61.
16. Leber AW, Kasel M, Ischinger T, Ebersberger UH, Antoni D, Schmidt M, et al. Aortic valve calcium score as a predictor for outcome after TAVI using the CoreValve revalving system. *Int J Cardiol.* juill 2013;166(3):652-7.
17. Jilaihawi H, Makkar RR, Kashif M, Okuyama K, Chakravarty T, Shiota T, et al. A revised methodology for aortic-valvar complex calcium quantification for transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging.* 1 déc 2014;15(12):1324-32.
18. Kappetein AP, Head SJ, Généreux P, Piazza N, van Mieghem NM, Blackstone EH, et al. Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: The Valve Academic Research Consortium-2 consensus document*. *J Thorac Cardiovasc Surg.* janv 2013;145(1):6-23.
19. Alqahtani AM, Boczar KE, Kansal V, Chan K, Dwivedi G, Chow BJW. Quantifying Aortic Valve Calcification using Coronary Computed Tomography Angiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* mars 2017;11(2):99-104.
20. Bettinger N, Khalique OK, Krepp JM, Hamid NB, Bae DJ, Pulerwitz TC, et al. Practical determination of aortic valve calcium volume score on contrast-enhanced computed tomography prior to transcatheter aortic valve replacement and impact on paravalvular regurgitation: Elucidating optimal threshold cutoffs. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* juill 2017;11(4):302-8.
21. John D, Buellesfeld L, Yucel S, Mueller R, Latsios G, Beucher H, et al. Correlation of Device Landing Zone Calcification and Acute Procedural Success in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantations With the Self-Expanding CoreValve Prosthesis. *JACC Cardiovasc Interv.* févr 2010;3(2):233-43.
22. Akodad M, Lattuca B, Agullo A, Macia J-C, Gandet T, Marin G, et al. Prognostic Impact of Calcium Score after Transcatheter Aortic Valve Implantation Performed With New Generation Prosthesis. *Am J Cardiol.* mai 2018;121(10):1225-30.
23. Kodali SK, Williams MR, Smith CR, Svensson LG, Webb JG, Makkar RR, et al. Two-Year Outcomes after Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement. *N Engl J Med.* 3 mai 2012;366(18):1686-95.

IV/ PERSPECTIVES ET CONCLUSION

Le score calcique valvulaire aortique selon Agatston est un outil actuellement utilisé chez les patients atteints d'une sténose aortique significative à bas gradient paradoxal afin d'identifier les sujets à haut risque d'évolution clinique défavorable en vue de poser l'indication thérapeutique. De nombreuses études confirment son intérêt pronostique chez le patient implanté d'une bioprothèse par voie transcathéter.

Notre étude montre qu'un score calcique valvulaire aortique élevé mesuré à l'aide d'un scanner cardiaque avec injection de produit de contraste effectué dans le cadre du bilan pré opératoire diminue les chances de succès immédiat de la procédure de TAVI et que son importance est corrélée à la fuite para valvulaire. Cependant il n'est pas prédictif de la survenue de MACE à 30 jours.

Son utilisation paraît donc être pertinente en routine afin de mieux apprécier le risque spécifique de la procédure de TAVI, celle-ci se basant à l'heure actuelle sur la mesure scores établis pour la technique chirurgicale.

S'il est admis que l'indication du remplacement valvulaire aortique par méthode de cathétérisme n'est pas discutable chez les patients à haut risque chirurgical présentant un rétrécissement aortique serré redevable d'une intervention, le choix entre TAVI et remplacement valvulaire chirurgical conventionnel reste difficile chez les patients à risque intermédiaire. Ce choix se base alors le plus souvent lors de réunions médico chirurgicales sur des critères cliniques subjectifs.

Notre étude présente une forte proportion de patients à risque chirurgical intermédiaire (STS score inférieur à 8%), rendant les résultats de l'étude applicables à cette population.

S'il paraît logique d'admettre que l'importance de la calcification valvulaire aortique ait un impact pronostic sur les chances de succès de la procédure, la valve native étant laissée en place lors du déploiement de la bioprothèse, il est probable que cet impact ne soit pas retrouvé chez les patients bénéficiant d'un remplacement valvulaire chirurgical.

Un score calcique élevé mis évidence lors du bilan pré opératoire d'un rétrécissement aortique pourrait ainsi orienter un patient à risque intermédiaire vers la chirurgie.

Cependant il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude évaluant l'impact pronostic du score calcique valvulaire aortique chez les patients bénéficiant d'un remplacement valvulaire chirurgical.

Il serait donc intéressant de comparer l'intérêt pronostique de ce score en fonction du type d'intervention (TAVI ou chirurgie) chez ces patients afin de mieux guider le choix de la technique de remplacement dans cette population.

Vu permis d'imprimer
Le Doyen de la Faculté
De Médecine Rangueil

8.10.18

E. SERRANO

Vu le Président du Jury

Professeur Michel GALINIER
Chef de Service
Fédération des services de Cardiologie
CHU de Toulouse - Hôpital Rangueil
Tél. 05 61 32 26 61



SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

IMPACT PRONOSTIQUE DU SCORE CALCIQUE VALVULAIRE AORTIQUE CHEZ LES PATIENTS BENEFICIANT DE L'IMPLANTATION D'UNE BIOPROTHESE AORTIQUE PAR VOIE TRANS CUTANEE.

RESUME EN FRANÇAIS :

OBJECTIF : Le score calcique valvulaire aortique (SCVA), évalué par scanner, est devenu un paramètre utilisé en routine pour l'évaluation de la sévérité des sténoses aortiques. Son impact pronostique peut dépasser ce cadre et être intéressant dans l'estimation des résultats attendus d'une procédure de TAVI (Transcatheter Aortic Valve Implantation). Dans le contexte actuel, où chirurgie conventionnelle et TAVI sont considérés comme équivalents, la nécessité d'outils permettant de prédire les chances de réussite, les bénéfices et les risques, des deux procédures, est primordiale. Notre objectif était d'étudier l'impact du SCVA mesuré directement sur le scanner thoracique pré opératoire injecté (SCI), sur les chances de succès d'une procédure de TAVI (Device Success = DS), les Major Adverse Cardiac Events (MACE) à 30 jours et les fuites para-valvulaires significatives (FPV).

MÉTHODES : De mars 2011 à juin 2016, 352 patients ayant bénéficié d'un TAVI avec réalisation préalable d'un SCI au Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse, France, ont été inclus rétrospectivement. Le seuil de détection des calcifications valvulaires a été défini en ajoutant +100 Unités Hounsfield (UH) à l'UH moyenne déterminée par une région d'intérêt placée dans l'aorte ascendante. Le SCVA était indexé et non indexé à la surface de l'anneau aortique (SCVA et SCVAi). Les critères de jugement étaient le DS (absence de mortalité procédurale; positionnement correct d'une seule prothèse dans le bon emplacement anatomique; absence de mismatch prothèse - patient, gradient moyen inférieur à 20 mmHg ou Vmax inférieure à 3 m/s, absence de FPV significative), les MACE à 30 jours (mortalité toutes causes, accidents vasculaires cérébraux, insuffisances rénales aiguës stade 2 ou 3, occlusions coronaires, hémorragies graves, complications vasculaires majeures, bloc auriculo-ventriculaires de haut degré nécessitant un appareillage, nécessité d'une seconde intervention) et les FPV significatives (supérieures ou égal à un grade 2/4).

RESULTATS : 305 patients ont présenté un DS. En analyse multivariée, plus les SCVA et SCVAi étaient élevés, plus les chances de succès de la procédure étaient faibles {OR=0,88, IC 95% (0,81–0,96), p=0,004 ; et OR=0,94, IC 95% (0,91–0,98), p=0,002 respectivement}. Il n'y avait pas d'association entre MACE et SCVA (p=0,953) et SCVAi (p = 0,757). La survenue d'une FPV était significativement associée à un SCVA et SCVAi élevés (p<0,001).

CONCLUSION: Le SCVA, mesuré par SCI, est négativement associé aux chances de succès d'une procédure de TAVI, et positivement associé à la survenue de FPV. Son utilisation en routine peut être pertinente lors de l'évaluation pré thérapeutique des patients.

TITRE DE L'ARTICLE EN ANGLAIS : Impact of aortic valve calcification severity on device success after trans catheter aortic valve replacement.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Cardiologie et maladies Vasculaires.

MOTS-CLÉS : TAVI, Score calcique, Device Success, MACE, fuites para-valvulaires.

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de médecine Toulouse-Purpan,
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

Directeur de thèse : LAVIE-BADIE Yoan