

2024-2025

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Qualification en ANESTHÉSIE - REANIMATION.

Impact de l'anémie et de la carence martiale préopératoires sur la morbi-mortalité après remplacement valvulaire aortique par voie transaortique (TAVI) : une étude rétrospective au CHU d'Angers.

Impact of preoperative anaemia and iron deficiency on mortality and morbidity after transcatheter aortic valve implantation (TAVI): a single-center retrospective study

Xavier LEFEBVRE

Né le 11 janvier 1996 à CLAMART (92)

Sous la direction du Professeur Emmanuel RINEAU

Membres du jury

M. le professeur LASOCKI Sigismond | Président

M. le professeur RINEAU Emmanuel | Directeur

M. le professeur FOUQUET Olivier | Membre

Mme la docteure SELLIER Gaëlle | Membre

Soutenue publiquement le :
24 octobre 2025



**FACULTÉ
DE SANTÉ**

UNIVERSITÉ D'ANGERS

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je soussigné LEFEBVRE Xavier,
déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant le **24/10/2025**

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 ».

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE SANTÉ D'ANGERS

Doyen de la Faculté : Pr Cédric ANNWEILER

Vice-Doyen de la Faculté et directeur du département de pharmacie : Pr
Sébastien FAURE

Directeur du département de médecine : Pr Vincent DUBÉE

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM Pierre	PHYSIOLOGIE	Médecine
ANGOULVANT Cécile	MEDECINE GENERALE	Médecine
ANNWEILER Cédric	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT	Médecine
ASFAR Pierre	REANIMATION	Médecine
AUBE Christophe	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine
AUGUSTO Jean-François	NEPHROLOGIE	Médecine
BAUFRETON Christophe	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
BELLANGER William	MEDECINE GENERALE	Médecine
BELONCLE François	REANIMATION	Médecine
BIERE Loïc	CARDIOLOGIE	Médecine
BIGOT Pierre	UROLOGIE	Médecine
BONNEAU Dominique	GENETIQUE	Médecine
BOUCHARA Jean-Philippe	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE	Médecine
BOUET Pierre-Emmanuel	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
BOURSIER Jérôme	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
BOUVARD Béatrice	RHUMATOLOGIE	Médecine
BRIET Marie	PHARMACOLOGIE	Médecine
CAMPONE Mario	CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE	Médecine
CAROLI-BOSC François-Xavier	GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE	Médecine
CASSEREAU Julien	NEUROLOGIE	Médecine
CLERE Nicolas	PHARMACOLOGIE / PHYSIOLOGIE	Pharmacie
COLIN Estelle	GENETIQUE	Médecine
CONNAN Laurent	MEDECINE GENERALE	Médecine
COPIN Marie-Christine	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
COUTANT Régis	PEDIATRIE	Médecine
CUSTAUD Marc-Antoine	PHYSIOLOGIE	Médecine
CRAUSTE-MANCIET Sylvie	PHARMACOTECHNIE HOSPITALIERE	Pharmacie
DE CASABIANCA Catherine	MEDECINE GENERALE	Médecine
DERBRE Séverine	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
DESCAMPS Philippe	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
D'ESCATHA Alexis	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine

DINOMAIS Mickaël	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION	Médecine
DUBEE Vincent	MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES	Médecine
DUCANCELLE Alexandra	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE	Médecine
DUVERGER Philippe	PEDOPSYCHIATRIE	Médecine
EVEILLARD Matthieu	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Pharmacie
FAURE Sébastien	PHARMACOLOGIE PHYSIOLOGIE	Pharmacie
FOURNIER Henri-Dominique	ANATOMIE	Médecine
FOUQUET Olivier	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE	Médecine
FURBER Alain	CARDIOLOGIE	Médecine
GAGNADOUX Frédéric	PNEUMOLOGIE	Médecine
GOHIER Bénédicte	PSYCHIATRIE D'ADULTES	Médecine
GUARDIOLA Philippe	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
GUILET David	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
HUNAUT-BERGER Mathilde	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
JEANNIN Pascale	IMMUNOLOGIE	Médecine
KAZOUR François	PSYCHIATRIE	Médecine
KEMPF Marie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE	Médecine
KUN-DARBOIS Daniel	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE	Médecine
LACOEUILLE FRANCK	RADIOPHARMACIE	Pharmacie
LACCOURREYE Laurent	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE	Médecine
LAGARCE Frédéric	BIOPHARMACIE	Pharmacie
LANDREAU Anne	BOTANIQUE/ MYCOLOGIE	Pharmacie
LASOCKI Sigismond	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION	Médecine
LEBDAI Souhil	UROLOGIE	Médecine
LEGENDRE Guillaume	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE	Médecine
LEGRAND Erick	RHUMATOLOGIE	Médecine
LEMEE Jean-Michel	NEUROCHIRURGIE	Médecine
LERMITE Emilie	CHIRURGIE GENERALE	Médecine
LEROLLE Nicolas	REANIMATION	Médecine
LIBOUBAN Hélène	HISTOLOGIE	Médecine
LUQUE PAZ Damien	HEMATOLOGIE BIOLOGIQUE	Médecine
MARCHAIS Véronique	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Pharmacie
MARTIN Ludovic	DERMATO-VENERELOGIE	Médecine
MAY-PANLOUP Pascale	BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION	Médecine
MENEI Philippe	NEUROCHIRURGIE	Médecine
MERCAT Alain	REANIMATION	Médecine
ORVAIN Corentin	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
PAISANT Anita	RADIOLOGIE	Médecine
PAPON Nicolas	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE	Pharmacie

PASSIRANI Catherine	CHIMIE GENERALE	Pharmacie
PELLIER Isabelle	PEDIATRIE	Médecine
PETIT Audrey	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
PICQUET Jean	CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE	Médecine
PODEVIN Guillaume	CHIRURGIE INFANTILE	Médecine
PROCACCIO Vincent	GENETIQUE	Médecine
PRUNIER Delphine	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
PRUNIER Fabrice	CARDIOLOGIE	Médecine
PY Thibaut	MEDECINE GENERALE	Médecine
RAMOND-ROQUIN Aline	MEDECINE GENERALE	Médecine
REYNIER Pascal	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
RIOU Jérémie	BIostatistique	Pharmacie
RINEAU Emmanuel	ANESTHESIOLOGIE REANIMATION	Médecine
RIQUIN Elise	PEDOPSYCHIATRIE ; ADDICTOLOGIE	Médecine
RODIEN Patrice	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES	Médecine
ROQUELAURE Yves	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL	Médecine
ROUGE-MAILLART Clotilde	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE	Médecine
ROUSSEAU Audrey	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
ROUSSEAU Pascal	CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE	Médecine
ROUSSELET Marie-Christine	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES	Médecine
ROY Pierre-Marie	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
SAULNIER Patrick	BIOPHYSIQUE ET BIostatistiques	Pharmacie
SERAPHIN Denis	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie
SCHMIDT Aline	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
TESSIER-CAZENEUVE Christine	MEDECINE GENERALE	Médecine
TRZEPIZUR Wojciech	PNEUMOLOGIE	Médecine
UGO Valérie	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
URBAN Thierry	PNEUMOLOGIE	Médecine
VAN BOGAERT Patrick	PEDIATRIE	Médecine
VENARA Aurélien	CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE	Médecine
VENIER-JULIENNE Marie-Claire	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
VERNY Christophe	NEUROLOGIE	Médecine
WILLOTEAUX Serge	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

AMMI Myriam	CHIRURGIE VASCULAIRE ET THORACIQUE	Médecine
BAGLIN Isabelle	CHIMIE THERAPEUTIQUE	Pharmacie

BASTIAT Guillaume	BIOPHYSIQUE ET BIostatISTIQUES	Pharmacie
BEAUVILLAIN Céline	IMMUNOLOGIE	Médecine
BEGUE Cyril	MEDECINE GENERALE	Médecine
BELIZNA Cristina	MEDECINE INTERNE	Médecine
BENOIT Jacqueline	PHARMACOLOGIE	Pharmacie
BERNARD Florian	ANATOMIE	Médecine
BESSAGUET Flavien	PHYSIOLOGIE PHARMACOLOGIE	Pharmacie
BLANCHET Odile	HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION	Médecine
BOISARD Séverine	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
BOUCHER Sophie	ORL	Médecine
BRIET Claire	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES	Médecine
BRILLAND Benoit	NEPHROLOGIE	Médecine
BRIS Céline	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Pharmacie
BRUGUIERE Antoine	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
CAPITAIN Olivier	CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE	Médecine
CHABRUN Floris	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Pharmacie
CHAO DE LA BARCA Juan- Manuel	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
CHOPIN Matthieu	MEDECINE GENERALE	Médecine
CODRON Philippe	NEUROLOGIE	Médecine
DEMAS Josselin	SCIENCES DE LA READAPTATION	Médecine
DESHAYES Caroline	BACTERIOLOGIE VIROLOGIE	Pharmacie
DOUILLET Delphine	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
FERRE Marc	BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
FORTRAT Jacques-Olivier	PHYSIOLOGIE	Médecine
GHALI Maria	MEDECINE GENERALE	Médecine
GUELFF Jessica	MEDECINE GENERALE	Médecine
HADJ MAHMOUD Dorra	IMMUNOLOGIE	Pharmacie
HAMEL Jean-François	BIostatISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE	Médecine
HAMON Cédric	MEDECINE GENERALE	Médecine
HELESBEUX Jean-Jacques	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie
HERIVAUX Anaïs	BIOTECHNOLOGIE	Pharmacie
HINDRE François	BIOPHYSIQUE	Médecine
JOUSSET-THULLIER Nathalie	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE	Médecine
JUDALET-ILLAND Ghislaine	MEDECINE GENERALE	Médecine
KHIATI Salim	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE	Médecine
LEFEUVRE Caroline	BACTERIOLOGIE ; VIROLOGIE	Médecine
LEGEAY Samuel	PHARMACOCINETIQUE	Pharmacie
LEPELTIER Elise	CHIMIE GENERALE	Pharmacie
LETOURNEL Franck	BIOLOGIE CELLULAIRE	Médecine
MABILLEAU Guillaume	HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE	Médecine
MALLET Sabine	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
MAROT Agnès	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE	Pharmacie
MESLIER Nicole	PHYSIOLOGIE	Médecine
MIOT Charline	IMMUNOLOGIE	Médecine
MOUILLIE Jean-Marc	PHILOSOPHIE	Médecine

NAIL BILLAUD Sandrine	IMMUNOLOGIE	Pharmacie
PAILHORIES Hélène	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE	Médecine
PAPON Xavier	ANATOMIE	Médecine
PASCO-PAPON Anne	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE	Médecine
PENCHAUD Anne-Laurence	SOCIOLOGIE	Médecine
PIHET Marc	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE	Médecine
PIRAUX Arthur	OFFICINE	Pharmacie
POIROUX Laurent	SCIENCES INFIRMIERES	Médecine
RONY Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE	Médecine
ROGER Emilie	PHARMACOTECHNIE	Pharmacie
SAVARY Camille	PHARMACOLOGIE-TOXICOLOGIE	Pharmacie
SCHMITT Françoise	CHIRURGIE INFANTILE	Médecine
SCHINKOWITZ Andréas	PHARMACOGNOSIE	Pharmacie
SPIESSER-ROBELET Laurence	PHARMACIE CLINIQUE ET EDUCATION THERAPEUTIQUE	Pharmacie
TEXIER-LEGENDRE Gaëlle	MEDECINE GENERALE	Médecine
VIAULT Guillaume	CHIMIE ORGANIQUE	Pharmacie

AUTRES ENSEIGNANTS

ATER		
BARAKAT Fatima	CHIMIE ANALYTIQUE	Pharmacie
ATCHADE Constantin	GALENIQUE	Pharmacie
PRCE		
AUTRET Erwan	ANGLAIS	Santé
BARBEROUSSE Michel	INFORMATIQUE	Santé
COYNE Ashley	ANGLAIS	Santé
O'SULLIVAN Kayleigh	ANGLAIS	Santé
RIVEAU Hélène	ANGLAIS	
PAST-MAST		
AUBRUCHET Hélène		
BEAUVAIS Vincent	OFFICINE	Pharmacie
BRAUD Cathie	OFFICINE	Pharmacie
CAVAILLON Pascal	PHARMACIE INDUSTRIELLE	Pharmacie
DILÉ Nathalie	OFFICINE	Pharmacie
GUILLET Anne-Françoise	PHARMACIE DEUST PREPARATEUR	Pharmacie
MOAL Frédéric	PHARMACIE CLINIQUE	Pharmacie
CHAMPAGNE Romain	MEDECINE PHYSIQUE ET READAPTATION	Médecine
KAASSIS Mehdi	GASTRO-ENTEROLOGIE	Médecine
GUITTON Christophe	MEDECINE INTENSIVE-REANIMATION	Médecine
LAVIGNE Christian	MEDECINE INTERNE	Médecine
PICCOLI Giorgina	NEPHROLOGIE	Médecine

POMMIER Pascal	CANCEROLOGIE-RADIOTHERAPIE	Médecine
SAVARY Dominique	MEDECINE D'URGENCE	Médecine
PLP		
CHIKH Yamina	ECONOMIE-GESTION	Médecine

Liste des abréviations

AIT	Accident ischémique transitoire
AOMI	Artériopathie oblitérante des membres inférieurs
AVC	Accident vasculaire cérébral
CaO ₂	Concentration artérielle en oxygène
CM	Carence martiale
CNIL	Commission nationale de l'informatique et des libertés
CST	Coefficient de saturation de la transferrine
DC	Débit cardiaque
DFG	Débit de filtration glomérulaire
EPO	Érythropoïétine
FEVG	Fonction d'éjection ventriculaire gauche
HAS	Haute autorité de santé
Hb	Hémoglobine
IMC	Indice de masse corporel
IV	Intraveineux
NYHA	New York Heart Association
OMS	Organisme mondial de la santé
OR	Odds ratio
PaO ₂	Pression partielle en oxygène
PBM	Patient Blood Management
PSL	Produit sanguin labile
RAC	Rétrécissement aortique calcifié
SaO ₂	Saturation artérielle en oxygène
TaO ₂	Transport artériel en oxygène
TAVI	Transcatheter Aortic Valve Implantation

List of abbreviations

BMI	Body mass index
CNIL	National Commission for Data Protection and Liberties
HAS	French high health authority
ID	Iron deficiency
LVEF	Left ventricular ejection fraction
NYHA	New York Heart Association
OR	Odds ratio
RBC	Red blood cell
TAVI	Transcatheter Aortic Valve Implantation
TIA	Transient ischaemic attack
TSAT	Transferrin saturation

Plan

SERMENT D'HIPPOCRATE

INTRODUCTION GENERALE

ABSTRACT

ORIGINAL ARTICLE

INTRODUCTION

METHODS

RESULTS

DISCUSSION and CONCLUSION

DISCUSSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

L'implantation transcathéter de valve aortique (Transcatheter Aortic Valve Implantation, TAVI) est une procédure de remplacement de la valve aortique par technique endovasculaire. Cette méthode a révolutionné la prise en charge des patients atteints de sténose aortique serrée, en particulier ceux non éligibles à une chirurgie cardiaque du fait de leur âge ou de comorbidités, ou pour lesquels la chirurgie cardiaque est plus risquée (1).

Le rétrécissement aortique calcifié dégénératif (RAC) est la valvulopathie acquise la plus fréquente. Sa physiopathologie consiste en une calcification active des trois feuillets de la valve aortique, conduisant à la réduction de sa surface d'ouverture et créant un obstacle à l'éjection du sang depuis le ventricule gauche jusque dans l'aorte. Le RAC peut également, par défaut de fermeture de la valve aortique, entraîner une insuffisance aortique avec un reflux de sang de l'aorte vers le ventricule gauche en diastole.

Bien que longtemps asymptomatique, l'apparition de symptômes à l'effort, tels qu'une dyspnée, une douleur thoracique ou des lipothymies voire des syncopes, est un tournant dans la maladie, grevant le pronostic de ces patients (2,3). Du fait de sa physiopathologie et de son évolution lente, cette pathologie est principalement observée chez le sujet âgé.

Le dépistage du RAC est réalisé par l'auscultation cardiaque qui retrouve un souffle au foyer aortique, classiquement systolique et dit « râpeux », irradiant dans les carotides. L'examen diagnostique est l'échographie transthoracique qui permet de confirmer le rétrécissement aortique et de déterminer son caractère lâche ou serré. Le RAC serré est qualifié échographiquement par une surface aortique $<1\text{cm}^2$ ou $<0,6\text{cm}^2/\text{m}^2$, à un gradient transaortique moyen $>40\text{mmHg}$ ou à une vitesse maximale du flux $>4\text{m/s}$, et pose entre autres l'indication d'un remplacement valvulaire aortique (4).

Depuis sa première réalisation en France en 2002 au CHU de Rouen (5), le nombre de procédures TAVI est en augmentation constante, avec au CHU d'Angers désormais plus de 400 interventions réalisées par an.

Le concept de remplacement valvulaire percutané est né de la découverte qu'une dilatation au ballon d'une valve aortique calcifiée permettait d'améliorer les symptômes avec un profil de sécurité satisfaisant (6). Or, cette technique était associée à une récurrence à un an autour de 78%, sans bénéfice sur la mortalité (7). Pour limiter ce risque de resténose précoce, il a été imaginé l'implantation d'un stent permettant de maintenir la valve ouverte, avec une structure valvulaire incluse en son centre pour rétablir une fonction de la valve. Depuis, la technique s'est radicalement simplifiée avec des valves mieux adaptées à l'anneau aortique, un abord vasculaire fémoral minimaliste, plus de nécessité d'échographie transoesophagienne périopératoire, et donc pas d'anesthésie générale mais seulement une anesthésie locale avec sédation (8).

En France en 2022, 1873 remplacements valvulaires aortiques par voie transaortique ont été réalisés, dépassant ainsi le nombre de remplacements par technique chirurgicale. Cette hausse d'activité est principalement expliquée par un vieillissement de la population et un élargissement des indications de TAVI aux patients à risque chirurgical intermédiaire du fait de l'évolution technique. Cependant, la population cible reste fragile, avec un âge moyen supérieur à 80 ans (1), et de nombreuses comorbidités.

Parmi celles-ci, l'anémie, un taux bas d'hémoglobine, est un facteur de vulnérabilité connu en périopératoire de chirurgie (9,10). Si elle est un problème de santé publique par sa fréquence

et son impact dans la population générale, elle l'est par ailleurs plus spécifiquement dans certaines catégories de patients et notamment les sujets âgés.

L'anémie préopératoire est définie par la Haute Autorité de Santé (HAS) et les recommandations récentes sur la gestion du capital sanguin ou « patient blood management » (PBM) comme un taux d'hémoglobine inférieur à 13 g/dL chez l'homme ainsi que chez la femme (11-13). Il est recommandé de rechercher et traiter cette anémie en cas de chirurgie à risque hémorragique élevée et en présence de fragilité (14). De plus, l'anémie préopératoire est connue pour être associée à une augmentation de la mortalité, de l'insuffisance rénale et des infections postopératoires après chirurgie, notamment cardiaque (15).

Sur le plan physiopathologique, l'hémoglobine joue un rôle central dans l'oxygénation des tissus périphériques. Le transport de l'oxygène dans le sang s'effectue principalement en liant les molécules d'oxygène à l'hémoglobine. Il dépend ainsi du débit cardiaque et de la concentration artérielle en oxygène, elle-même déterminée par la saturation artérielle en oxygène et le taux d'hémoglobinémie, selon l'équation suivante :

$$TaO_2 = DC \times CaO_2 = DC \times (Hb \times 1,34 \times SaO_2) + (0,003 \times PaO_2).$$

Ainsi, une diminution du taux d'hémoglobine facilite l'apparition d'une hypoxie tissulaire, notamment au niveau cardiaque et rénal, lorsqu'elle est profonde ou associée à une diminution du débit cardiaque ou des apports en oxygène.

L'anémie en préopératoire de TAVI semble cependant élevée chez ces patients, entre 45 et 64% dans des cohortes datant d'environ une dizaine d'années (16). Cette anémie préopératoire a alors pu être associée à une majoration de la mortalité précoce toutes causes

confondues, du risque d'évènement cardio vasculaire, du risque d'insuffisance rénale, et du risque de complication hémorragique en postopératoire de TAVI (16–22).

Le fer est un oligo-élément essentiel à la formation de l'hémoglobine. Nos apports sont d'origines animales (viande, poisson) mais également végétales, avec toutefois une absorption plus faible. Cette dernière est effectuée au niveau de l'intestin via la ferroportine, permettant l'extraction du fer depuis les entérocytes. Cependant, la majorité de nos besoins en fer sont pourvus par son propre recyclage, issu de la dégradation de l'hémoglobine par les macrophages (23). Le fer est ensuite transporté dans l'organisme en se liant à la transferrine, puis est incorporé dans les mitochondries des érythroblastes et utilisé pour la formation de l'hème. Cette dernière est combinée par la suite à la globine pour former l'hémoglobine.

Le métabolisme du fer est régulé en premier lieu par l'hepcidine, hormone sécrétée par le foie, qui entraîne un blocage de la ferroportine, une diminution de l'absorption intestinale et un blocage du fer dans les réserves (24).

Le fer est stocké sous forme de ferritine, protéine intracellulaire présente principalement dans le foie, mais ces réserves restent faibles (environ 10-20% du fer total de l'organisme), ce qui explique la fréquence des carences, et leur rapidité d'installation.

La carence martiale (CM) est un déficit des réserves en fer (carence martiale absolue) ou une diminution de la disponibilité du fer à partir des réserves (carence martiale fonctionnelle). Cette inaccessibilité du fer est souvent la conséquence d'une sécrétion d'hepcidine en réponse à une inflammation chronique, entraînant donc une diminution de l'absorption intestinale du fer et un blocage de ce celui-ci sous forme de ferritine. Les patients atteints d'insuffisance cardiaque sont particulièrement concernés par la carence en fer, qu'elle soit absolue ou relative (25).

La carence martiale est la première cause d'anémie dans le monde selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) (26). Il est désormais recommandé par la HAS de rechercher devant toute anémie préopératoire, par la réalisation d'un bilan martial comportant un dosage de la ferritine sanguine et du coefficient de saturation de la transferrine (CST). Dans ce contexte, elle est alors définie par la HAS dans le cadre du PBM comme une ferritinémie inférieure à 100 µg/L et/ou un CST inférieur à 20% (12).

Il existe actuellement peu de données, notamment depuis l'élargissement des indications et l'amélioration de la technique, concernant l'impact de la carence en fer sur la morbi-mortalité après TAVI. Elle reste cependant fréquente, retrouvée chez 54 à 59% des patients en préopératoire de TAVI, avec ou sans anémie associée (27,28). Mais l'anémie dans ce contexte est souvent d'origine multifactorielle, ainsi, l'impact du déficit en fer est peu étudié dans la littérature. Cependant la carence martiale, associée ou non à une anémie, constitue un marqueur de fragilité. Elle est désormais reconnue comme un facteur pronostique indépendant dans l'insuffisance cardiaque (29,30), en postopératoire de chirurgie cardiaque (31), et pourrait être associée à une majoration de la mortalité toutes causes confondues et une augmentation du taux de transfusion dans l'année suivant l'implantation de TAVI (28). De plus, cette carence peut être corrigée rapidement et efficacement par une supplémentation en fer orale ou intraveineuse (IV).

Au CHU d'Angers, la TAVI est une procédure courante dont le nombre a doublé en 10 ans, avec des indications discutées en staff médico chirurgical (Heart Team). Comme vu précédemment, les caractéristiques des patients ont elles-mêmes évoluées depuis l'élargissement des indications, et la prise en charge anesthésique et globale a évolué avec l'amélioration de la technique (interventions plus courtes, pas d'anesthésie générale systématique, diminution de

la durée d'hospitalisation). Le dépistage et la prise en charge de l'anémie et de la carence martiale se sont aussi développés sur ce secteur dans le cadre du PBM. Les récentes recommandations sur le PBM ont également évolué ces dernières années mais s'appliquent principalement aux chirurgies à risque hémorragique, dont la TAVI ne fait pas vraiment partie. Cependant, les dernières recommandations françaises préconisent la recherche et le traitement de l'anémie et de la carence martiale chez les patients fragiles (12), tout comme celles de la société européenne de cardiologie pour le patient insuffisant cardiaque (32).

Dans ce contexte, notre étude a pour objectif d'analyser l'impact postopératoire de l'anémie et de la carence martiale préopératoires chez les patients pris en charge pour un TAVI au CHU d'Angers.

ABSTRACT

Introduction

Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) is now the preferred treatment for severe aortic stenosis in elderly or high-risk patients. Anaemia and iron deficiency are common in this population and may have a negative impact on postoperative outcomes. This study aimed to evaluate this impact on mortality and morbidity following TAVI.

Methods

We conducted a single-center retrospective study including patients who underwent TAVI between 2021 and 2023. Anaemia was defined as haemoglobin $<13 \text{ g.dL}^{-1}$ and iron deficiency as ferritin $<100 \mu\text{g.L}^{-1}$ and/or transferrin saturation (TSAT) $<20\%$. The primary endpoint was one-year mortality. The secondary endpoints were postoperative cardiovascular and bleeding complications, transfusion of blood products, acute kidney injury, reoperation, length of hospital stay and admission to the intensive care unit.

Results

A total of 1,015 patients were included, of whom 651 (64%) had preoperative anaemia. Anaemic patients had a higher one-year mortality (9% vs. 5% ; $p=0.026$), underwent reoperation more frequently (3% vs. 1% ; $p=0.028$) and required transfusion more often (7% vs. 1% ; $p <0.001$), in comparison with non-anaemic patients. Preoperative iron status was assessed in 445 (43%) patients, revealing iron deficiency in 292 (66%) of them. Iron-deficient patients also had an increased mortality rate (12% vs. 6% ; $p=0.048$). Iron deficiency, but not anaemia, was identified as a risk factor for mortality in one of the multivariable analysis models used.

Conclusion

In our study, patients with preoperative anaemia or iron deficiency had higher one-year mortality after TAVI. Preoperative iron deficiency may represent a potentially modifiable risk factor for mortality after TAVI.

ORIGINAL ARTICLE

INTRODUCTION

Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) is an endovascular procedure for aortic valve replacement that has revolutionized the management of patients with severe aortic stenosis, particularly those who are older, have multiple comorbidities, and are therefore not eligible or at risk for cardiac surgery. The number of TAVI procedures has been increasing steadily and now exceeds that of surgical aortic valve replacement. This growth reflects both population ageing and the expansion of TAVI indications to patients at intermediate surgical risk. However, the target population remains frail, with an average age exceeding 80 years.(1)

Preoperative anaemia is a significant public health concern. Its presence is associated with increased mortality, acute kidney injury and postoperative infections, particularly following cardiac surgery.(15) Iron deficiency is the leading cause of anaemia worldwide, including in the preoperative setting, and current recommendations emphasise its systematic assessment in cases of major surgery or preoperative anaemia.(11,12)

Currently, there is limited data available regarding the impact of anaemia and iron deficiency on morbidity and mortality after TAVI, especially since the expansion of TAVI indications and technical improvements. Nevertheless, the prevalence of preoperative anaemia and iron deficiency in this setting appears to be high and has been associated with increased mortality and mortality in studies conducted about 10 years ago for most of them.(28,31,33–36)

Recent recommendations on patient blood management (PBM) have evolved over the past few years, but they mainly apply to major surgeries associated with a high risk of bleeding — a

category that does not truly include TAVI. However, the most recent French guidelines advocate the screening and management of anaemia and iron deficiency in frail patients,(12) similarly to what is recommended for patients with heart failure.(32) In this context, we aimed to assess the outcomes of patients who underwent TAVI in our centre in recent years.

The aim of our study was to evaluate the impact of preoperative anaemia and iron deficiency on mortality and morbidity in patients undergoing TAVI.

METHODS

Study design and population selection

This single-centre, retrospective, observational study was conducted at Angers University Hospital within the Department of Anaesthesiology and Critical Care, in collaboration with the Medical–Surgical Valve Disease Unit.

The study protocol was approved by the CHU d'Angers review board (reference no. 2025–197).

All patients who underwent TAVI between 1 January 2021 and 31 December 2023 were included. Patients with missing data for the variables of interest were excluded from the analysis.

Definitions of anaemia and iron deficiency

Preoperative anaemia was defined according to recent PBM recommendations as haemoglobin $<13 \text{ g.dL}^{-1}$ in both men and women.(11–13)

The definition of iron deficiency varies across international guidelines.(11–13,32) We used the following definition: ferritin $<100 \mu\text{g.L}^{-1}$ and/or transferrin saturation (TSAT) $<20\%$.

Data collection

Data were obtained from an existing, prospective database created for the 'Tachifem' study (alternative surgical access versus femoral approach in TAVI), which was approved by the CHU d'Angers ethics committee (approval no. 2023-046) and granted CNIL authorisation (authorisation no. 202200096). Perioperative complete blood counts and iron studies were added to this database.

Patient consent for the collection and scientific use of their anonymised data was obtained at the time of providing surgical information.

Endpoints

The objective was to assess the impact of preoperative anaemia and iron deficiency on postoperative outcomes after TAVI.

The primary endpoint was all-cause mortality at one year according to the presence or absence of anaemia or iron deficiency. Patients were grouped based on haemoglobin levels at admission, prior to the procedure, and on the most recent iron status, which was measured between the preoperative treatment decision (i.e., iron supplementation) and the procedure itself.

The secondary endpoints were postoperative cardiovascular complications (including stroke, transient ischaemic attack, myocardial infarction, ventricular and supraventricular arrhythmias, and postoperative heart failure), postoperative bleeding complications (defined here as a vascular injury with haemorrhage plus a 3 g.dL^{-1} haemoglobin drop and/or transfusion of at least two RBC units, or the need for groin surgical exploration), transfusion of labile blood products, postoperative acute kidney injury, reoperation within 30 days, total length of hospital stay, and admission to the intensive care unit.

Analyses compared patients with and without anaemia and with and without iron deficiency.

Statistical analyses

Data are reported as counts (%), means (standard deviations) or medians [25th;75th percentiles].

Group comparisons were made for the predefined categories ('anaemia' vs 'no anaemia', 'iron deficiency' vs 'no iron deficiency'). Then, we compared patients according to the combination of anaemia and iron deficiency.

Quantitative variables were compared using a Student's t-test if they were normally distributed, or a Wilcoxon test if they were not. Categorical variables were compared using the χ^2 test when applicable, or Fisher's exact test if not.

Analyses was carried out according to the severity of anaemia (considered here as moderate to severe if haemoglobin was less than 10 g.dL⁻¹ ; mild if between 10 and 13 g.dL⁻¹ and absent if greater than 13 g.dL⁻¹) and the severity of iron deficiency (considered here as severe if ferritin was less than 30 $\mu\text{g.L}^{-1}$; moderate if between 30 and 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$; functional if ferritin is greater than 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ and TSAT is less than 20% ; and absent if ferritin is greater than 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ and TSAT is greater than 20%). In addition, an analysis of the primary endpoint was also performed according to serum iron levels.

Two multivariable logistic regression models were performed for identifying the risk factors of mortality. The model 1 included the variables identified in the literature as risk factors for postoperative mortality after TAVI,(34) and the model 2 included the variables that were significantly associated with mortality in the univariable analysis.

All tests were two-sided with an alpha risk of 0.05. Statistical analyses were performed using R++ (Toulouse, France).

RESULTS

Population

A total of 1,023 patients scheduled for transcatheter aortic valve implantation (TAVI) were included in the study, and 1,015 were retained for analysis. Baseline clinical, echocardiographic and biological characteristics are summarised in Table 1. The mean age was 82 ± 6 years, 46% of patients were female, and the mean EuroSCORE II was 5% (0–10%).

Anaemia

Among the study population, 651 patients (64%) had preoperative anaemia. Anaemic patients presented with a higher mean EuroSCORE II, a greater prevalence of preoperative renal insufficiency and more severe cardiorespiratory symptoms, with a higher proportion of patients in NYHA class III or IV, compared with non-anaemic patients.

Table 1. Initial characteristics of the entire population and according to the presence or absence of preoperative anaemia.

	Total n=1015 (100)	Anaemia n=651 (64)	No Anaemia n=364 (36)	P value
Clinical characteristics				
Age, years	82 ± 7	83 ± 7	82 ± 6	0.005
Sex, female	463 (46)	352 (54)	111 (30)	<0.001
BMI, kg.m ⁻²	27 ± 5	27 ± 5	28 ± 5	0.015
EUROSCORE II	5 ± 5	5 ± 6	4 ± 5	<0.001
STS Mortality	5 ± 4	6 ± 5	4 ± 3	<0.001
Dyspnoea NYHA III/IV	389 (38)	272 (42)	117 (32)	0.003
Arterial hypertension	826 (81)	518 (80)	308 (85)	0.058
Hypercholesterolemia	680 (67)	416 (64)	264 (73)	0.006
Diabetes	285 (28)	183 (28)	102 (28)	1
Smoking	230 (23)	130 (20)	100 (28)	0.008
Preoperative renal failure	359 (35)	253 (39)	106 (29)	0.002
Previous myocardial infarction	101 (10)	72 (11)	29 (8)	0.142
Atrial fibrillation	176 (17)	122 (19)	54 (15)	0.137
Pacemaker or defibrillator	101 (10)	64 (10)	37 (10)	0.951

Peripheral arterial occlusive disease	111 (11)	72 (11)	39 (11)	0.949
Previous stroke	95 (9)	52 (8)	43 (12)	0.058
Previous coronary artery bypass grafting	53 (5)	38 (6)	15 (4)	0.302
Previous aortic replacement	59 (6)	39 (6)	20 (5)	0.854
Previous malignancy	292 (29)	215 (33)	77 (21)	<0.001
Emergency surgery	86 (8)	64 (10)	22 (6)	0.050
Preoperative critical condition	14 (1)	11 (2)	3 (1)	0.393
Preoperative cardiogenic shock	12 (1)	9 (1)	3 (1)	0.627
Echocardiographic characteristics				
Left ventricular ejection fraction	59 ± 12	59 ± 12	60 ± 12	0.382
Indexed aortic surface area, cm ² .m ⁻²	0.43 ± 0.1	0.44 ± 0.1	0.43 ± 0.1	0.375
Mean transaortic gradient, mmHg	47.88 ± 12.90	48.27 ± 13.08	47.19 ± 12.56	0.201
Preoperative biological characteristics				
Baseline hemoglobin, g.dL ⁻¹	12.32 ± 1.65	11.38 ± 1.17	14 ± 0.89	<0.001
Baseline Ferritin, µg.L ⁻¹	140 [60 ; 294]	125 [56 ; 278]	165 [88 ; 311]	0.588
TSAT, %	20.89 ± 13.42	18.32 ± 13.03	27.12 ± 12.31	<0.001
Serum iron, µmol.L ⁻¹	11 [6 ; 43]	8 [5 ; 19]	18 [5 ; 19]	<0.001
Iron deficiency	292 (29)	234 (36)	58 (16)	<0.001
Baseline creatinine, µmol.L ⁻¹	96.12 ± 55.78	98.76 ± 56.02	91.38 ± 55.3	0.042
Glomerular filtration rate, ml.min ⁻¹ .1.73m ⁻²	72.08 ± 27.55	68.72 ± 27.85	77.99 ± 26.02	<0.001
Baseline troponin, ng.L ⁻¹	17 [10 ; 34]	17 [10 ; 37]	17 [10 ; 32]	0.068

The results are presented as numbers (%), means ± standard deviation or medians [25th ; 75th percentiles].

Abbreviation : BMI : body mass index, TSAT : transferrin saturation

Iron deficiency

An iron profile was available for 445 patients (43%). Of these, 292 (66%) were iron deficient.

The characteristics of patients with and without iron deficiency are presented in Table 2. Similar to anaemic patients, those with iron deficiency had higher mean EuroSCORE II values and experienced severe dyspnoea (NYHA class III or IV) more frequently.

Table 2. Initial characteristics of patients with iron status, with or without iron deficiency

	Total N=445 (100)	Iron deficiency n=292 (66)	No ID n=153 (34)	P value
Clinical characteristics				
Age, years	82 ± 7	83 ± 7	82 ± 7	0.260
Sex, female	216 (49)	156 (53)	60 (39)	0.006
BMI, kg.m ⁻²	28 ± 6	27 ± 5	28 ± 6	0.014
EUROSCORE II	5 ± 5	6 ± 6	4 ± 4	<0.001
STS Mortality	5 ± 5	6 ± 5	5 ± 4	0.002
Dyspnoea NYHA III/IV	184 (41)	135 (46)	49 (32)	0.005
Arterial hypertension	359 (81)	230 (79)	129 (84)	0.200
Hypercholesterolemia	299 (67)	190 (65)	109 (71)	0.226
Diabetes	131 (29)	87 (30)	44 (29)	0.906
Smoking	100 (22)	69 (24)	31 (20)	0.491
Preoperative renal failure	173 (39)	121 (41)	53 (34)	0.153
Previous myocardial infarction	39 (9)	26 (9)	13 (9)	1
Atrial fibrillation	74 (17)	50 (17)	24 (16)	0.801
Pacemaker or defibrillator	44 (10)	37 (13)	7 (5)	0.011
Peripheral arterial occlusive disease	56 (13)	38 (13)	18 (12)	0.821
Previous stroke	43 (10)	29 (10)	14 (9)	0.924
Previous coronary artery bypass grafting	23 (5)	18 (6)	5 (3)	0.278
Previous aortic replacement	25 (6)	20 (7)	5 (3)	0.180
Previous malignancy	143 (32)	94 (32)	49 (32)	1
Emergency surgery	50 (11)	39 (13)	11 (7)	0.072
Preoperative critical condition	8 (2)	6 (2)	2 (1)	0.851
Preoperative cardiogenic shock	6 (1)	4 (1)	2 (1)	1
echocardiographic characteristics				
Left ventricular ejection fraction	59.14 ± 12	58 ± 13	61 ± 10	0.012
Indexed aortic surface area, cm ² .m ⁻²	0.44 ± 0.1	0.43 ± 0.1	0.44 ± 0.1	0.462
Mean transaortic gradient, mmHg	48.19 ± 13.24	48.18 ± 13.32	48.22 ± 13.13	0.976
Preoperative biological characteristics				
Baseline hemoglobin, g.dL ⁻¹	11.9 ± 1.74	11.52 ± 1.63	12.65 ± 1.69	<0.001
Anaemia	315 (71)	234 (80)	81 (53)	<0.001
Baseline Ferritin, µg.L ⁻¹	140 [60 ; 293]	83 [40 ; 209]	267 [151 ; 391]	<0.001
TSAT, %	20.89 ± 13.42	14.29 ± 7.85	33.21 ± 12.98	<0.001
Serum iron, µmol.L ⁻¹	11 [6 ; 43]	7 [5 ; 14]	20 [15 ; 93]	<0.001
Baseline creatinine, µmol.L ⁻¹	95.05 ± 38.82	97.27 ± 38.97	90.81 ± 38.30	0.094
Glomerular filtration rate, ml.min ⁻¹ .1.73m ⁻²	70.47 ± 27.54	68.11 ± 27.32	74.96 ± 27.46	0.013
Baseline troponin, ng.L ⁻¹	80.01 ± 462.9	98.93 ± 563.13	43.78 ± 127.15	0.085

The results are presented as numbers (%), means ± standard deviation or medians [25th ; 75th percentiles].

Abbreviation : BMI : body mass index, ID : iron deficiency, TSAT : transferrin saturation

Outcomes

Anaemia

Primary and secondary outcome results according to anaemia status are detailed in Table 3.

One-year mortality was significantly higher in anaemic patients.

Anaemic patients were more likely to require surgical reintervention and transfusion of blood products. No significant differences were observed for the other secondary outcomes.

Table 3. Results for outcomes based on the presence of anaemia

	Total n=1015 (100)	Anaemia n=651 (64)	No Anaemia n=364 (36)	P value
One-year mortality	80 (8)	61 (9)	19 (5)	0.026
Postoperative cardiovascular complications	384 (38)	243 (37)	141 (39)	0.707
Postoperative bleeding complications	33 (3)	24 (4)	9 (2)	0.389
RBC transfusion	47 (5)	43 (7)	4 (1)	<0.001
Postoperative acute kidney injury	18 (2)	13 (2)	5 (1)	0.636
Reoperation within 30 days	24 (2)	21 (3)	3 (1)	0.028
Total length of hospital stay	6.6 ± 4.8	6.7 ± 5	6.3 ± 4.4	0.164
Admission to the intensive care unit	38 (4)	29 (4)	9 (2)	0.155

The results are presented as numbers (%) or means ± standard deviation.

Abbreviation : RBC : Red Blood Cell.

One-year mortality was significantly higher in patients with moderate to severe anaemia than in those with mild anaemia or no anaemia (Figure 1).

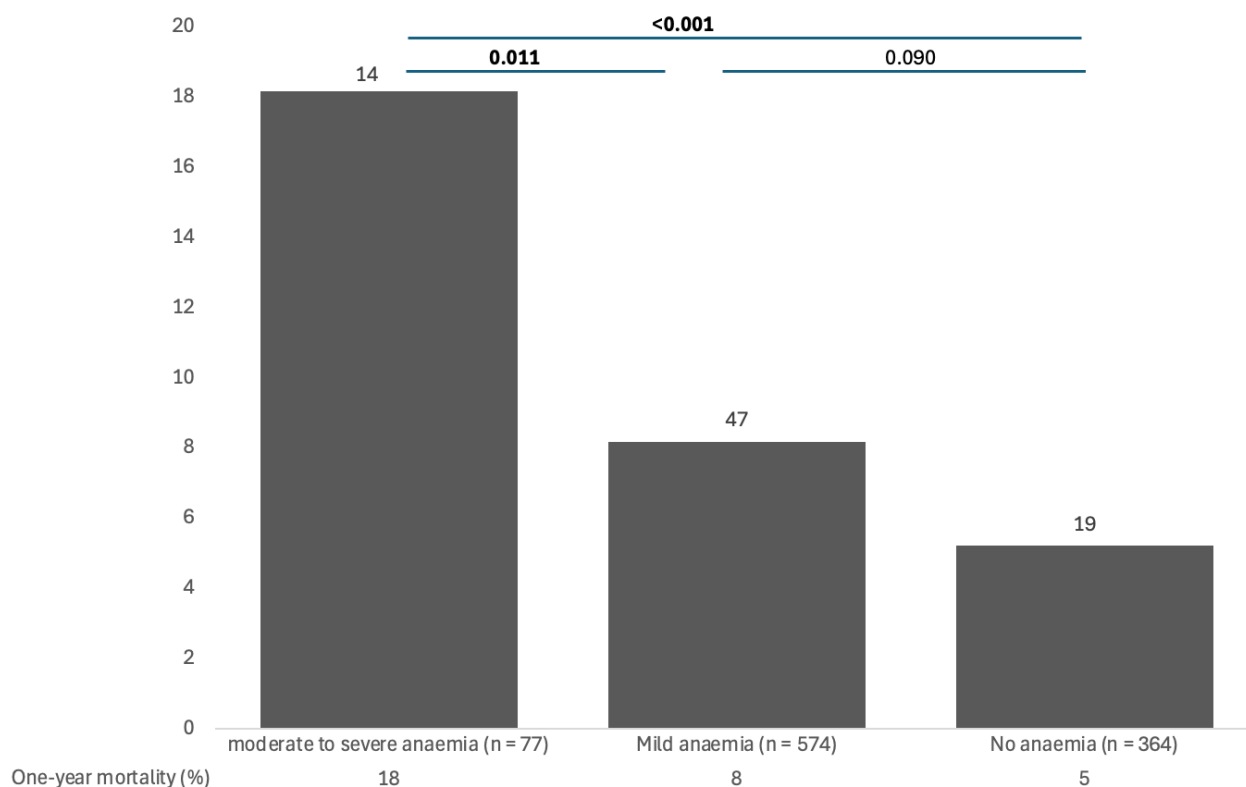


Figure 1. One-year mortality according to anaemia severity

Iron deficiency

Primary and secondary outcome results according to iron status are detailed in Table 4.

Mortality was also higher in patients with iron deficiency. No significant differences were observed in the secondary outcomes.

Table 4. Results for outcomes based on the presence of iron deficiency

	Total n=445 (100)	Iron deficiency n=292 (66)	No ID n=153 (34)	P value
One-year mortality	45 (10)	36 (12)	9 (6)	0.048
Postoperative cardiovascular complications	159 (36)	106 (36)	53 (35)	0.808
Postoperative bleeding complications	16 (4)	10 (3)	6 (4)	1
RBC transfusion	31 (7)	22 (8)	9 (6)	0.650
Postoperative acute kidney injury	8 (2)	3 (1)	5 (3)	0.130
Reoperation within 30 days	14 (3)	10 (3)	4 (3)	0.780
Total length of hospital stay	7.3 ± 5.3	7.5 ± 5.6	6.8 ± 4.8	0.178

Admission to the intensive care unit	20 (4)	12 (4)	8 (5)	0.764
--------------------------------------	--------	--------	-------	-------

The results are presented as numbers (%) or means ± standard deviation.

Abréviations: ID, iron deficiency ; RBC, red blood cells

One-year mortality was significantly higher in patients with functional iron deficiency compared with those without iron deficiency. No significant differences in one-year mortality were observed among the other subgroups (figure 2).

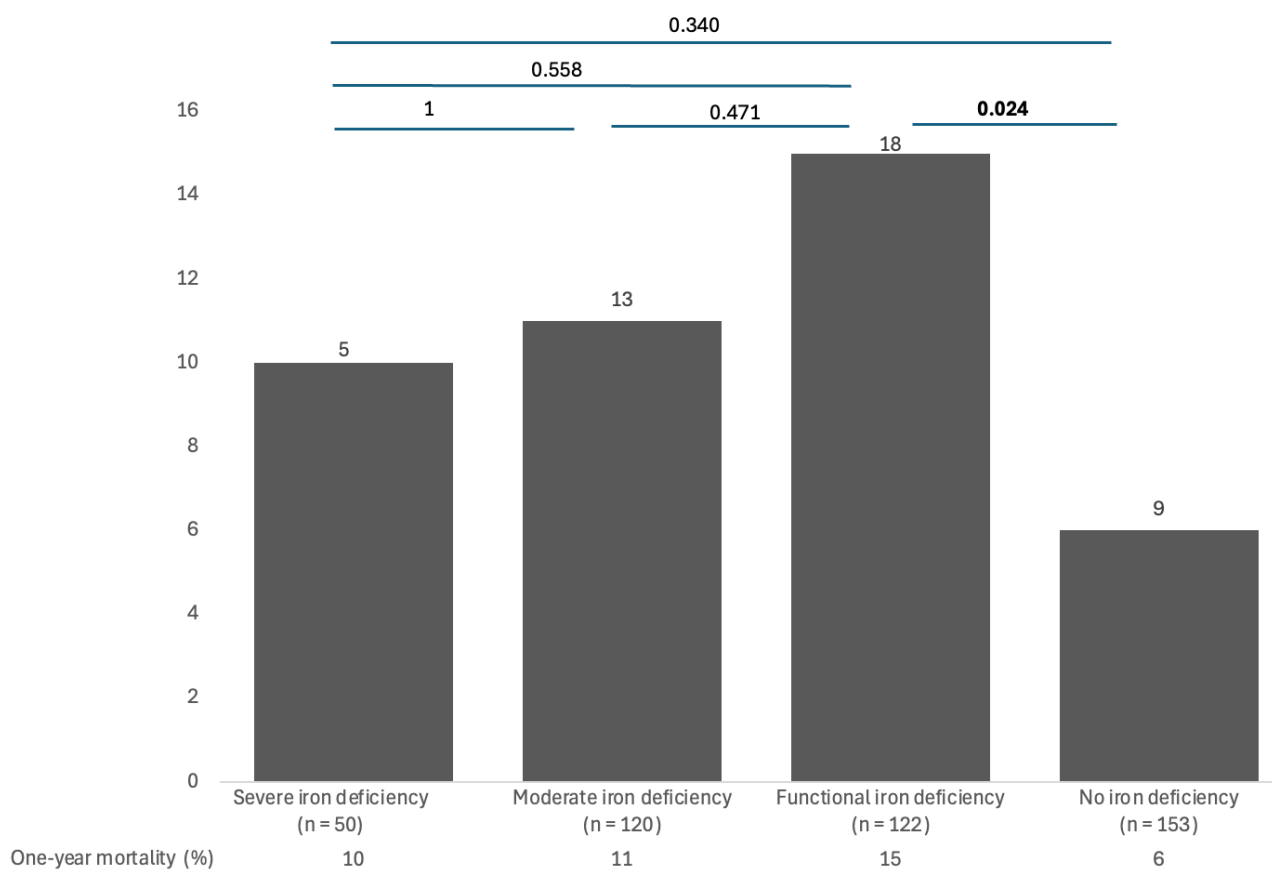


Figure 2. One-year mortality according to iron status

Serum iron was significantly lower in patients who died within one year, with a significantly higher mortality in patients with serum iron $< 30 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Figure 3).

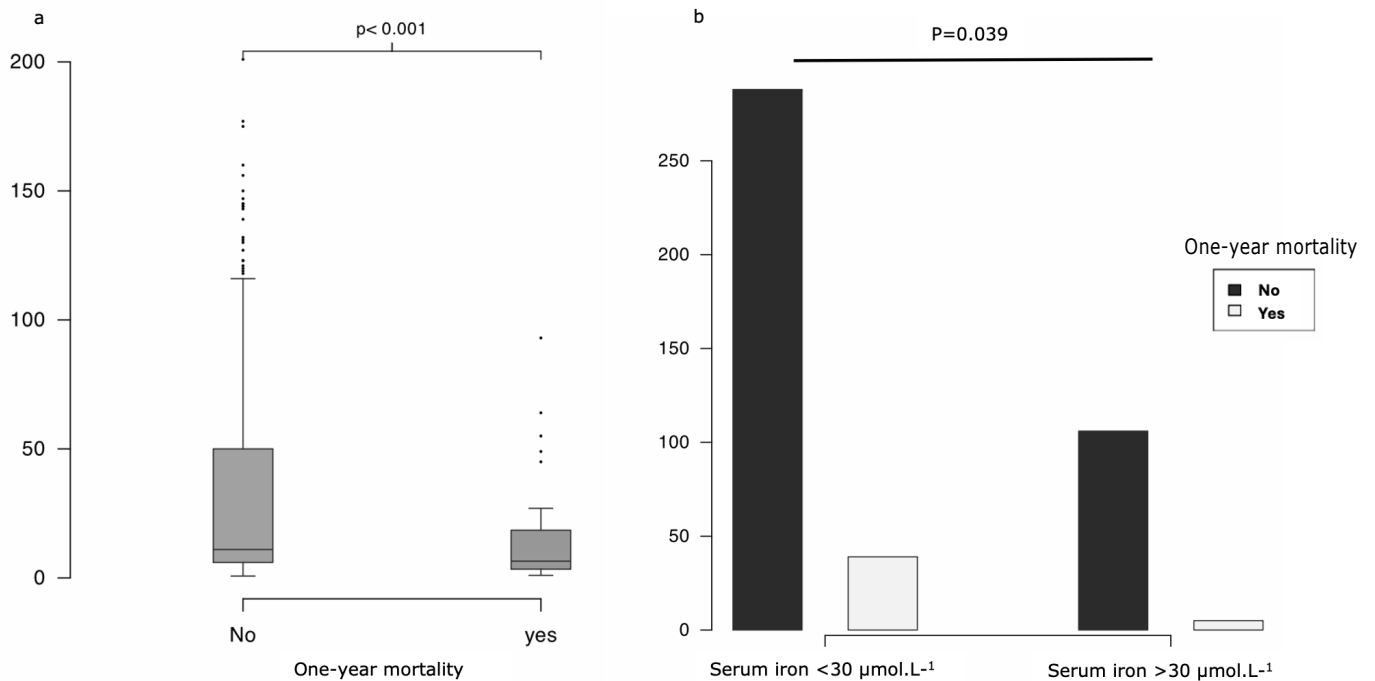


Figure 3. (a) Iron serum level according to one-year mortality. (b) One-year mortality according low or high serum iron.

No significant differences in one-year mortality were observed between iron-deficient and iron-repleted patients in anaemic or non-anaemic patients ($p = 0.476$ and $p = 0.084$ respectively).

Multivariable analyses

In the two multivariable analyses performed, anaemia was not a significant risk factor for mortality. In the model 1, iron deficiency was correlated with one-year mortality (2.28 [1.02-5.07] ; $p=0.044$). This correlation was not significant in the model 2 (Table 5).

Table 5. Multivariable analyses of the primary endpoint

Variable	Univariate		Multivariable model 1		Multivariable model 2	
	OR (95%CI)	P value	OR (95%CI)	P value	OR (95%CI)	P value
Age > 80 years	0.95 [0.58-1.55]	0.840	0.98 [0.94-1.017]	0.267	--	
Sex, female	1.44 [0.90-2.30]	0.128	1.84 [0.94-3.60]	0.075	--	
Peripheral arterial occlusive disease	2.63 [1.49-4.63]	<.001	2.28 [1.05-4.93]	0.036	--	
Preoperative LVEF	0.65 [0.37-1.15]	0.136	0.99 [0.97-1.02]	0.563	--	
Previous stroke	1.25 [0.60-2.59]	0.550	1.48 [0.57-3.84]	0.418	--	
Preoperative renal failure	2.04 [1.29-3.23]	0.002	--	--	1.78 [0.91-3.50]	0.093
Previous malignancy	1.94 [1.22-3.09]	0.005	--	--	1.80 [0.92-3.53]	0.087
NYHA class III/IV	2.77 [1.73-4.42]	<.001	--	--	1.87 [0.93-3.77]	0.080
Preoperative critical condition	9.40 [3.18-27.80]	<.001	--	--	5.69 [0.72-45.08]	0.099
Preoperative atrial fibrillation	2.21 [1.33-3.67]	0.002	--	--	2.12 [1.01-4.48]	0.048
Preoperative anaemia	1.88 [1.10-3.20]	0.026	1.61 [0.72-3.60]	0.242	1.06 [0.47-2.43]	0.876
Preoperative iron deficiency	2.18 [1.02-4.65]	0.048	2.28 [1.02-5.07]	0.044	2.12 [0.95-4.69]	0.066

The results are presented as odds ratios (OR) and 95% confidence intervals [95% CI].

Abbreviations: LVEF: left ventricular ejection fraction, NYHA: New York Heart Association

DISCUSSION AND CONCLUSION

In this retrospective single-center study, patients with preoperative anaemia or iron deficiency had higher one-year mortality after TAVI. Preoperative iron deficiency, but not anaemia, was identified as a risk factor for mortality in one of the multivariable analysis models used.

The increased mortality observed in patients with preoperative anaemia is consistent with previous findings, particularly in the specific context of TAVI procedures.(17) However, this

association did not reach statistical significance in either of the two multivariable models used in our study, despite being a well-recognized independent predictor of mortality in major cardiac and non-cardiac surgeries.(9,37,38) In addition to a possible limited statistical power, one explanation may be the definition of anaemia applied in our study (i.e., hemoglobin <13 g.dL⁻¹ for both men and women) in a procedure that, in the absence of complications, carries a relatively low bleeding risk. Consistently, we found that mortality increased with anaemia severity, particularly in patients with hemoglobin levels below 10 g.dL⁻¹. Such a relationship between mortality and anaemia severity has previously been described in major surgical settings.(9) Interestingly, despite TAVI not being considered a high bleeding-risk procedure and preoperative anaemia showing no association with increased mortality in multivariable analysis in our study, anaemic patients were significantly more frequently transfused and reoperated on for complications. Previous studies have shown that transfusion is associated with increased short-term mortality, cardiovascular events, and renal impairment.(36,39) Unlike some reports in the literature, we did not observe an increase in bleeding or cardiovascular complications among anaemic patients.(40) As for mortality, this discrepancy may be related to our definition of anaemia.

Iron deficiency, the primary cause of anaemia but a condition that may also be present without anaemia, was associated with significantly increased mortality in our cohort, both in univariable analysis and in one of the multivariable models. This result is noteworthy, as it indicates that iron deficiency may constitute an independent risk factor for mortality, consistent with observations in cardiac surgery.(31) These results may support the consideration of treating patients with iron deficiency regardless of anaemia status, alongside those with overt anaemia, although no significant increase in mortality was observed among non-anaemic patients with iron deficiency in our cohort.

Notably, 57% of patients in our cohort did not undergo preoperative iron studies. Consequently, although the association with mortality was significant, the study may have lacked sufficient power to detect associations with other complications. Yet, iron deficiency was present in 66% of the patients tested, and anaemia was observed in 64% overall. According to French patient blood management guidelines, preoperative iron assessment is nevertheless recommended in cases of anaemia or frailty before major surgery, even when the bleeding risk is low.(12) Although TAVI is no longer regarded as major surgery, reflecting the shorter and more controlled nature of the procedure compared with a decade ago, our results support performing a preoperative iron assessment, given the potential influence of iron deficiency on mortality and clinical outcomes. Nevertheless, the impact of iron supplementation in TAVI patients has yet to be established,(35) but it has already been established in patients with heart failure, irrespective of the presence of anaemia and outside the context of surgery.(41)

As for anaemia in this setting, the definition of iron deficiency that best identifies patients who could benefit from iron supplementation before TAVI remains to be determined. In our study, we applied a conventional definition of preoperative iron deficiency, encompassing both depleted iron stores and functional iron deficiency due to limited iron availability. Including functional iron deficiency in this definition seems reasonable, as it is both frequent in this population and associated with increased mortality. Further biomarkers should also be investigated to evaluate their relationship with postoperative outcomes. Indeed, while serum iron has traditionally been regarded as a suboptimal indicator of iron deficiency, some recent studies suggest that it could serve as an indicator of iron deficiency potentially correlated with adverse outcomes or responses to iron therapy, in particular in patients with a cardiac disease.(42,43) Our findings are consistent with these reports as preoperative serum iron levels were significantly lower in patients who died within one year. Although the optimal

threshold remains to be determined, we observed that serum iron levels below 30 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ were significantly associated with higher one-year mortality. However, given the known diurnal variability and sensitivity of serum iron to clinical conditions, further research is needed to determine the optimal timing and conditions for its measurement and interpretation.

The main limitations of our study are its retrospective and single-center design, which could have introduced collection bias. Nevertheless, the study included a large cohort, and the population was comparable to those reported in previous publications. Moreover, we did not assess other biological factors that could contribute to anaemia, such as folate levels or nutritional status. These are both major determinants of frailty. Anaemia in this elderly population is likely to be multifactorial, and improving our understanding of its underlying causes would help to optimise preoperative management. We also did not evaluate the impact of preoperative correction of anaemia or iron deficiency. Although TAVI is not considered to be a procedure that carries a high risk of bleeding, we observed a transfusion rate of 5% during the perioperative period. Correction of iron deficiency has been shown to improve quality of life, exercise tolerance and reduce hospital readmissions in patients with heart failure. (44–46) Although current literature does not conclusively demonstrate a systematic benefit of preoperative iron supplementation in TAVI patients (28,35), such treatment may also improve postoperative outcomes. (39)

In conclusion, anaemia and iron deficiency are common comorbidities in patients undergoing TAVI. In our study, patients presenting with either condition before TAVI had higher one-year mortality. Further studies are needed to determine whether correcting them preoperatively could reduce postoperative mortality and morbidity in this population.

DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION

Nous avons donc réalisé une étude rétrospective, monocentrique au CHU d'Angers, étudiant les répercussions postopératoires de l'anémie et de la carence martiale préopératoires avant TAVI, notamment sur la mortalité précoce à un an.

Nous observons que les patients ayant une anémie ou une carence martiale ont une mortalité plus importante à un an, même si cette association n'est significative que pour la carence martiale en analyse multivariée, et dans un seul des modèles multivariés utilisés. Nos résultats sont en concordance avec d'autres études de la littérature qui retrouvent également une surmortalité à un an chez les patients anémiés ou porteurs d'une carence martiale (17,35). Par ailleurs, nous observons que l'association entre mortalité précoce et anémie est probablement dépendante de la sévérité de l'anémie, comme déjà observé en chirurgie majeure (9).

Nous constatons également une majoration des transfusions de PSL et du nombre de reprises chirurgicales chez les patients anémiés. Cette augmentation de la transfusion, probablement associée à d'autres complications, en particulier hémorragique, peut expliquer une partie de la mortalité observée. En effet, malgré le caractère mini-invasif de la procédure, il a été montré que la transfusion est associée à une surmortalité à court terme, ainsi qu'à une majoration des événements cardiovasculaires et de l'insuffisance rénale (36,39). En revanche, et contrairement à d'autres études de la littérature, nous n'avons pas constaté de majoration des complications hémorragiques ou cardiovasculaires chez les patients anémiés (40). Cette différence peut être due à notre choix de définition de l'anémie. En effet, l'augmentation de ces complications semble être principalement présente chez les patients avec une anémie sévère. Or nous avons utilisé une définition large de l'anémie dans le but d'envisager un

traitement préemptif de l'anémie selon les recommandations sur le PBM en chirurgie majeure, ce qui a pu entraîner une perte de sensibilité.

Nous observons une association significative entre carence martiale préopératoire, en analyse univariée et dans un modèle d'analyse multivariée, comme déjà observé dans quelques études (31). Nous ne retrouvons cependant pas de différence significative chez les patients atteints de carence martiale pour les critères de jugement secondaires, en particulier les complications et la durée de séjour, contrairement à ce qui a pu être décrit dans des études antérieures (28,33). Ce résultat, différent de celui observé pour l'anémie, peut être en partie expliqué par un manque de puissance, puisque nous avons constaté qu'une grande partie des patients (57%) n'avaient pas eu de bilan martial, et seulement 48% des patients anémiés avaient eu une recherche de carence martiale. Nous ne savons également pas si les patients porteurs d'une carence martiale ont été traité par fer IV avant l'intervention, mais le bilan utilisé était celui réalisé en préopératoire immédiat (souvent la veille de l'intervention).

Ces résultats témoignent de l'attention encore limitée portée à la réalisation de ce bilan en préopératoire de TAVI, probablement du fait du risque hémorragique faible. Pourtant, notre étude appuie l'importance du dépistage de la carence martiale, au moins pour dépister les patients les plus fragiles, avec un pronostic postopératoire plus péjoratif.

La définition de la carence martiale varie selon les études ou les recommandations (11-13). Nous avons utilisé la définition des recommandations françaises concernant la gestion du capital sanguin (12), qui est par ailleurs proche des seuils proposés par les recommandations européennes pour la supplémentation martiale du patient insuffisance cardiaque (32). L'utilisation d'une définition incluant la carence martiale fonctionnelle a probablement son importance, car non seulement elle est fréquente chez ce type de patients, mais nous

observons aussi qu'elle est associée à une mortalité augmentée dans notre étude en comparaison avec les patients n'ayant pas de carence martiale. De plus, nous nous sommes intéressés au fer sérique comme marqueur de la carence martiale. En effet, alors qu'il était jusque-là considéré comme un marqueur peu fiable de carence en fer, la littérature récente suggère qu'il pourrait être un marqueur intéressant, corrélé à des outcomes péjoratifs ou à la réponse au traitement par fer (42,43). Notre étude est en concordance avec ces résultats, avec un taux de fer sérique préopératoire significativement plus bas chez les patients décédés à un an. Cependant la valeur seuil de fer sérique associée à des outcomes péjoratifs reste à définir, mais notre étude retrouve qu'un taux de fer sérique inférieur à $30 \mu\text{mol.L}^{-1}$ est significativement associé à une mortalité à un an plus importante. De plus, les valeurs physiologiques de fer sérique sont très variables au cours du nycthémère et selon les conditions du patient. Il reste donc également à savoir à quel moment prélever ce bilan, et dans quelles conditions son interprétation est envisageable.

Les principales limites de notre étude sont le design rétrospectif et monocentrique. Il existe donc un possible biais de recueil. Cependant, bien que le recrutement ait été réalisé exclusivement au CHU d'Angers, il inclut un grand nombre de patients et la population étudiée est comparable à celle retrouvée dans la littérature.

D'autre part, nous n'avons pas inclus la mesure d'autres facteurs biologiques pouvant induire une anémie comme le dosage des folates qui pourraient jouer un rôle dans l'anémie, ni exploré le statut nutritionnel des patients, qui est un facteur de fragilité majeur. L'anémie dans ce contexte et chez les personnes âgées est probablement multifactorielle et il serait ainsi intéressant d'étudier les étiologies de l'anémie en préopératoire afin de mieux la comprendre et la prendre en charge.

Par ailleurs, nous n'avons pas étudié l'impact de la prise en charge préopératoire de l'anémie et de la carence martiale. Bien que la TAVI ne soit pas considérée comme une chirurgie à risque hémorragique, nous retrouvons un taux de transfusions non négligeable de 5% en périopératoire. Ainsi, il serait intéressant d'approfondir cette analyse par l'étude du traitement préopératoire de l'anémie. La correction de la carence martiale chez les patients insuffisants cardiaques a montré une amélioration de la qualité de vie, de la dyspnée et des capacités fonctionnelles, ainsi qu'une diminution du risque de réhospitalisation (44-46). Cette pratique est simplement réalisée par l'injection de fer ou d'érythropoïétine par exemple, et semble avoir un impact sur le devenir post opératoire (40).

La période périopératoire est d'ailleurs propice à un traitement de la carence martiale dans cette population car, en contexte d'insuffisance cardiaque chronique, l'inflammation stimule la synthèse d'hepcidine par la voie de l'interleukine-6, et bloque l'absorption du fer oral. Ainsi, la supplémentation orale est peu efficace et il faut privilégier une administration intraveineuse du fer. Cette dernière est facilement réalisable au cours d'une hospitalisation de jour ou dans le cadre d'une hospitalisation à domicile, habituellement mis en place dans ce contexte. Si les données de la littérature ne permettent pas de conclure au bénéfice d'une supplémentation systématique en fer chez les patients atteints de carence martiale en préopératoire de TAVI (28,35), elle semble associée à un meilleur pronostic fonctionnel chez les patients insuffisant cardiaque (44,45).

En conclusion, dans notre étude monocentrique rétrospective, les patients ayant une anémie ou une carence martiale préopératoire avaient une mortalité significativement augmentée à un an après une intervention de TAVI. La carence martiale était retrouvée comme facteur de risque en analyse multivariée. Des études prospectives randomisées contrôlées sont

nécessaires pour rechercher si la correction de la carence en fer, avec ou sans anémie associée, pourrait permettre de diminuer la mortalité associée en postopératoire.

BIBLIOGRAPHIE

1. Critères d'éligibilité des centres implantant des TAVIs [Internet]. [cité 9 juill 2025]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2023-12/rapport_tavi_version_definitive_2023-12-18_11-48-12_768.pdf
2. Moncla LHM, Briend M, Bossé Y, Mathieu P. Calcific aortic valve disease: mechanisms, prevention and treatment. *Nat Rev Cardiol.* août 2023;20(8):546-59.
3. Otto CM, Prendergast B. Aortic-Valve Stenosis — From Patients at Risk to Severe Valve Obstruction. *New England Journal of Medicine.* 21 août 2014;371(8):744-56.
4. Praz F, Borger MA, Lanz J, Marin-Cuartas M, Abreu A, Adamo M, et al. 2025 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: Developed by the task force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J.* 29 août 2025;ehaf194.
5. 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. *Circulation.* 10 déc 2002;106(24):3006-8.
6. Cribier A, Savin T, Saoudi N, Behar P, Rocha P, Mehmèche R, et al. [Percutaneous transluminal aortic valvuloplasty using a balloon catheter. A new therapeutic option in aortic stenosis in the elderly]. *Arch Mal Coeur Vaiss.* nov 1986;79(12):1678-86.
7. Grossetête R, Le Ménager H, Paris D, Bar O, Laurent B, Crochet D. [Percutaneous aortic valvuloplasty. Long-term outcome apropos of 85 patients with successful dilatation]. *Arch Mal Coeur Vaiss.* mars 1992;85(3):327-32.
8. Cribier A. Développement de la technique d'implantation percutanée de valves aortiques (TAVI) pour le traitement du rétrécissement aortique dégénératif : où en sommes-nous et quel et avenir pour le TAVI ? *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine.* 1 janv 2023;207(1):72-81.
9. Musallam KM, Tamim HM, Richards T, Spahn DR, Rosendaal FR, Habbal A, et al. Preoperative anaemia and postoperative outcomes in non-cardiac surgery: a retrospective cohort study. *The Lancet.* 15 oct 2011;378(9800):1396-407.
10. Fowler AJ, Ahmad T, Phull MK, Allard S, Gillies MA, Pearse RM. Meta-analysis of the association between preoperative anaemia and mortality after surgery. *Br J Surg.* oct 2015;102(11):1314-24.

11. Shander A, Corwin HL, Meier J, Auerbach M, Bisbe E, Blitz J, et al. Recommendations From the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAMS). *Ann Surg.* avr 2023;277(4):581-90.
12. Theissen A, Folléa G, Garban F, Carlier M, Pontone S, Lassale B, et al. Perioperative Patient Blood Management (excluding obstetrics): Guidelines from the French National Authority for Health. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine.* oct 2024;43(5):101404.
13. Muñoz M, Acheson AG, Auerbach M, Besser M, Habler O, Kehlet H, et al. International consensus statement on the peri-operative management of anaemia and iron deficiency. *Anaesthesia.* 2017;72(2):233-47.
14. recommandations_pbm_mel.pdf [Internet]. [cité 10 juill 2025]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-09/recommandations_pbm_mel.pdf
15. Object object. Meta-analysis of the association between preoperative anaemia and mortality after surgery. [cité 10 juill 2025]; Disponible sur: https://core.ac.uk/reader/77039235?utm_source=linkout
16. Lv Z, Zhou B, Yang C, Wang H. Preoperative Anemia and Postoperative Mortality in Patients with Aortic Stenosis Treated with Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI): A Systematic Review and Meta-Analysis. *Med Sci Monit.* 27 sept 2019;25:7251-7.
17. Takagi H, Hari Y, Kawai N, Ando T. Meta-Analysis of Impact of Anemia and Hemoglobin Level on Survival After Transcatheter Aortic Valve Implantation. *The American Journal of Cardiology.* janv 2019;123(2):306-14.
18. Seiffert M, Conradi L, Gutwein A, Schön G, Deuschl F, Schofer N, et al. Baseline anemia and its impact on midterm outcome after transcatheter aortic valve implantation. *Catheterization and Cardiovascular Interventions.* 2017;89(1):E44-52.
19. Onoda H, Ueno H, Imamura T, Ueno Y, Kuwahara H, Sobajima M, et al. Identification of Anemia for Predicting Mid-Term Prognosis After Transcatheter Aortic Valve Implantation in Japanese Patients — Insights From the OCEAN-TAVI Registry —. *Circ Rep.* 3(5):286-93.
20. Arai T, Morice MC, O'Connor SA, Yamamoto M, Eltchaninoff H, Leguerrier A, et al. Impact of pre- and post-procedural anemia on the incidence of acute kidney injury and 1-year mortality in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation (from the French Aortic National CoreValve and Edwards 2 [FRANCE 2] Registry). *Catheterization and Cardiovascular Interventions.* 2015;85(7):1231-9.
21. Kwok CS, Tiong D, Pradhan A, Andreou AY, Nolan J, Bertrand OF, et al. Meta-Analysis of the Prognostic Impact of Anemia in Patients Undergoing

Percutaneous Coronary Intervention. *The American Journal of Cardiology*. août 2016;118(4):610-20.

22. Nicolas J, Claessen BE, Cao D, Sartori S, Baber U, Power D, et al. Preprocedural anemia in females undergoing transcatheter aortic valve implantation: Insights from the WIN-TAVI registry. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2021;97(5):E704-15.
23. Beaumont C, Canonne-Hergaux F. [Erythrophagocytosis and recycling of heme iron in normal and pathological conditions; regulation by hepcidin]. *Transfus Clin Biol*. juin 2005;12(2):123-30.
24. Ganz T. Hepcidin--a regulator of intestinal iron absorption and iron recycling by macrophages. *Best Pract Res Clin Haematol*. juin 2005;18(2):171-82.
25. Okonko DO, Mandal AKJ, Missouris CG, Poole-Wilson PA. Disordered Iron Homeostasis in Chronic Heart Failure. *JACC*. 13 sept 2011;58(12):1241-51.
26. Anémie [Internet]. [cité 25 sept 2025]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
27. Błaszkiwicz M, Aleksandrowicz KA, Mazur M, Witkowski TG, Kosowski M, Kübler P, et al. Prevalence of iron deficiency and its influence on six-minute walk test distance in patients eligible for transcatheter aortic valve implantation. A prospective study. *Postepy Kardiol Interwencyjnej*. déc 2024;20(4):443-8.
28. Rheude T, Pellegrini C, Lessmann L, Wiebe J, Mayr NP, Michel J, et al. Prevalence and Clinical Impact of Iron Deficiency in Patients With Severe Aortic Stenosis Referred for Transcatheter Aortic Valve Implantation. *The American Journal of Cardiology*. nov 2019;124(9):1442-8.
29. Misiewicz A, Badura K, Matuszewska-Brycht O, Krekora J, Drożdż J. Iron Deficiency as a Factor of Worse Prognosis in Patients with Acute Myocardial Infarction. *Biomedicines*. avr 2025;13(4):769.
30. Köseoğlu FD, Özlek B. Anemia and Iron Deficiency Predict All-Cause Mortality in Patients with Heart Failure and Preserved Ejection Fraction: 6-Year Follow-Up Study. *Diagnostics*. janv 2024;14(2):209.
31. Rössler J, Schoenrath F, Seifert B, Kaserer A, Spahn GH, Falk V, et al. Iron deficiency is associated with higher mortality in patients undergoing cardiac surgery: a prospective study. *British Journal of Anaesthesia*. janv 2020;124(1):25-34.
32. Halvorsen S, Mehilli J, Choorapoikayil S, Zacharowski K. Extract from the 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery - Patient Blood Management. *Blood Transfus*. mars 2024;22(2):122-9.

33. Rheude T, Pellegrini C, Michel J, Trenkwalder T, Mayr NP, Kessler T, et al. Prognostic impact of anemia and iron-deficiency anemia in a contemporary cohort of patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *International Journal of Cardiology*. oct 2017;244:93-9.
34. Yamamoto M, Hayashida K, Hengstenberg C, Watanabe Y, Mieghem NMV, Jin J, et al. Predictors of All-Cause Mortality After Successful Transcatheter Aortic Valve Implantation in Patients With Atrial Fibrillation. *American Journal of Cardiology*. 15 nov 2023;207:150-8.
35. Kvaslerud AB, Bardan S, Andresen K, Kløve SF, Fagerland MW, Edvardsen T, et al. Intravenous iron supplement for iron deficiency in patients with severe aortic stenosis scheduled for transcatheter aortic valve implantation: results of the IIISAS randomised trial. *Eur J Heart Fail*. juill 2022;24(7):1269-79.
36. Tchetché D, Van der Boon RMA, Dumonteil N, Chieffo A, Van Mieghem NM, Farah B, et al. Adverse impact of bleeding and transfusion on the outcome post-transcatheter aortic valve implantation: Insights from the Pooled-Rotterdam-Milano-Toulouse In Collaboration Plus (PRAGMATIC Plus) initiative. *American Heart Journal*. 1 sept 2012;164(3):402-9.
37. Baron DM, Hochrieser H, Posch M, Metnitz B, Rhodes A, Moreno RP, et al. Preoperative anaemia is associated with poor clinical outcome in non-cardiac surgery patients. *British Journal of Anaesthesia*. 1 sept 2014;113(3):416-23.
38. Beattie WS, Karkouti K, Wijesundera DN, Tait G. Risk Associated with Preoperative Anemia in Noncardiac Surgery: A Single-center Cohort Study. *Anesthesiology*. 1 mars 2009;110(3):574.
39. Escárcega RO, Lipinski MJ, Magalhaes MA, Baker NC, Minha S, Okubagzi PG, et al. Impact of Blood Transfusions on Short- and Long-Term Mortality in Patients Who Underwent Transcatheter Aortic Valve Implantation. *American Journal of Cardiology*. 1 janv 2015;115(1):93-9.
40. Nagao K, Taniguchi T, Morimoto T, Shiomi H, Ando K, Kanamori N, et al. Anemia in Patients with Severe Aortic Stenosis. *Sci Rep*. 13 févr 2019;9(1):1924.
41. Filippatos G, Farmakis D, Parissis J. Renal dysfunction and heart failure: things are seldom what they seem. *Eur Heart J*. 14 févr 2014;35(7):416-8.
42. Ueda T, Kawakami R, Nogi K, Nogi M, Ishihara S, Nakada Y, et al. Serum iron: a new predictor of adverse outcomes independently from serum hemoglobin levels in patients with acute decompensated heart failure. *Sci Rep*. 27 janv 2021;11(1):2395.
43. Mohamed AA, Christensen DM, Mohammad M, Torp-Pedersen C, Koeber L, Biering-Sørensen T, et al. Prognostic implications of iron deficiency in patients with atrial fibrillation, with and without chronic heart failure. *Heart*. 13 juin 2025;111(13):609-17.

44. Ponikowski P, Kirwan BA, Anker SD, McDonagh T, Dorobantu M, Drozd J, et al. Ferric carboxymaltose for iron deficiency at discharge after acute heart failure: a multicentre, double-blind, randomised, controlled trial. *The Lancet*. 12 déc 2020;396(10266):1895-904.
45. Anker SD, Colet JC, Filippatos G, Willenheimer R, Dickstein K, Drexler H, et al. Ferric Carboxymaltose in Patients with Heart Failure and Iron Deficiency. *New England Journal of Medicine*. 17 déc 2009;361(25):2436-48.
46. Ponikowski P, van Veldhuisen DJ, Comin-Colet J, Ertl G, Komajda M, Mareev V, et al. Beneficial effects of long-term intravenous iron therapy with ferric carboxymaltose in patients with symptomatic heart failure and iron deficiency†. *Eur Heart J*. 14 mars 2015;36(11):657-68.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. One-year mortality according to anaemia severity.....	17
Figure 2. One-year mortality according to iron status.....	18
Figure 3. (a) Iron serum level according to one-year mortality. (b) One-year mortality according low or high serum iron.....	19

LISTE DES TABLEAUX

Table 1. Initial characteristics of the entire population and according to the presence or absence of preoperative anaemia.	13
Table 2. Initial characteristics of patients with iron status, with or without iron deficiency .	15
Table 3. Results for outcomes based on the presence of anaemia	16
Table 4. Results for outcomes based on the presence of iron deficiency	17
Table 5. Multivariable analyses of the primary endpoint.....	20

TABLE DES MATIERES

SERMEN D'HIPPOCRATE	
INTRODUCTION GENERALE	1
ABSTRACT	7
ORIGINAL ARTICLE	8
INTRODUCTION	8
METHODS	10
Study design and population selection.....	10
Definitions of anaemia and iron deficiency	10
Data collection	10
Endpoints.....	11
Statistical analyses.....	11
RESULTS	13
Population	13
Anaemia	13
Iron deficiency	14
Outcomes	16
Anaemia	16
Iron deficiency.....	17
Multivariable analyses.....	19
DISCUSSION AND CONCLUSION	20
DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION	24
BIBLIOGRAPHIE	29
LISTE DES FIGURES	34
LISTE DES TABLEAUX.....	35
TABLE DES MATIERES	36

Impact de l'anémie et de la carence martiale préopératoires sur la morbimortalité après remplacement valvulaire aortique par voie transaortique

RÉSUMÉ

Introduction : Le remplacement valvulaire aortique par voie transcathéter (TAVI) est devenu le traitement préférentiel de la sténose aortique sévère chez les patients âgés ou à haut risque opératoire. L'anémie et la carence martiale, fréquentes dans cette population, pourraient avoir un impact négatif en postopératoire. Cette étude vise à analyser leur impact sur la morbi-mortalité en postopératoire de TAVI.

Méthodes : Nous avons mené une étude rétrospective, monocentrique, incluant les patients ayant bénéficié d'un TAVI entre 2021 et 2023. L'anémie était définie par une hémoglobine < 13 g/dL et la carence martiale par une ferritinémie < 100 µg/L et/ou un CST < 20 %. Le critère de jugement principal était la mortalité à un an. Les critères secondaires comprenaient les complications cardiovasculaires et hémorragiques postopératoires, la transfusion de produits sanguins labiles, l'insuffisance rénale aiguë, la reprise chirurgicale, la durée d'hospitalisation et l'hospitalisation en réanimation.

Résultats : Nous avons inclus 1015 patients ; 651 (64%) présentaient une anémie préopératoire. La mortalité à un an était plus élevée chez les anémiés (9 % vs 5 % ; $p = 0,026$), avec d'avantage de reprises chirurgicales (3 % vs 1 % ; $p = 0,028$) et de transfusions de PSL (7 % vs 1 % ; $p < 0,001$). Un bilan martial a été réalisé chez 445 patients, révélant une carence martiale chez 295 (66%). Ces patients présentaient également une mortalité accrue (12 % vs 6 % ; $p = 0,046$). En analyse multivariée, la carence martiale, mais pas l'anémie, est identifiée comme un facteur de risque indépendant de mortalité à un an dans l'un des modèles.

Conclusion : Dans notre étude, les patients ayant une anémie ou une carence martiale préopératoire avaient une mortalité significativement augmentée à un an après une intervention de TAVI. La carence martiale préopératoire serait un potentiel facteur de risque modifiable de mortalité après TAVI.

Mots-clés : Transcatheter aortic valve implantation, TAVI, Rétrécissement aortique, Anémie, Carence martiale, Patient blood management (PBM)

The Impact of Preoperative Anaemia and Iron Deficiency in Transcatheter Aortic Valve Implantation.

ABSTRACT

Introduction : Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) is now the preferred treatment for severe aortic stenosis in elderly or high-risk patients. Anaemia and iron deficiency are common in this population and may have a negative impact on postoperative outcomes. This study aimed to evaluate this impact on mortality and morbidity following TAVI.

Methods : We conducted a single-center retrospective study including patients who underwent TAVI between 2021 and 2023. Anaemia was defined as haemoglobin < 13 g.dL⁻¹ and iron deficiency as ferritin < 100 µg.L⁻¹ and/or transferrin saturation (TSAT) $< 20\%$. The primary endpoint was one-year mortality. The secondary endpoints were postoperative cardiovascular and bleeding complications, transfusion of blood products, acute kidney injury, reoperation, length of hospital stay and admission to the intensive care unit.

Results : A total of 1,015 patients were included, of whom 651 (64%) had preoperative anaemia. Anaemic patients had a higher one-year mortality (9% vs. 5% ; $p=0.026$), underwent reoperation more frequently (3% vs. 1% ; $p=0.028$) and required transfusion more often (7% vs. 1% ; $p < 0.001$), in comparison with non-anaemic patients. Preoperative iron status was assessed in 445 (43%) patients, revealing iron deficiency in 292 (66%) of them. Iron-deficient patients also had an increased mortality rate (12% vs. 6% ; $p=0.048$). Iron deficiency, but not anaemia, was identified as a risk factor for mortality in one of the multivariable analysis models used.

Conclusion : In our study, patients with preoperative anaemia or iron deficiency had higher one-year mortality after TAVI. Preoperative iron deficiency may represent a potentially modifiable risk factor for mortality after TAVI.

Keywords : Transcatheter aortic valve implantation, TAVI, Aortic stenosis, Anaemia, iron deficiency, Patient blood management (PBM)