

Sténose aortique symptomatique sévère

Options thérapeutiques à l'ère de l'implantation valvulaire interventionnelle

Marc Buser^a, Raban Jeger^a, Christoph Kaiser^a, Peter Buser^a, Florian Rüter^b, Friedrich Eckstein^b, Oliver Reuthebuch^b

^aKlinik für Kardiologie, Universitätsspital, Basel, ^bKlinik für Herzchirurgie, Universitätsspital, Basel

Quintessence

- La sténose aortique est la valvulopathie primaire la plus fréquente dans les pays industrialisés occidentaux.
- Le remplacement valvulaire constitue le seul traitement associé à une diminution significative des symptômes et de la mortalité.
- La chirurgie conventionnelle de remplacement valvulaire reste toujours le traitement de référence. Chez les patients présentant un risque opératoire élevé, l'implantation valvulaire interventionnelle représente une alternative éprouvée, qui s'accompagne d'une phase de réadaptation plus courte.
- Lors d'une implantation valvulaire par approche interventionnelle, différents critères anatomiques doivent être pris en compte pour la pose de l'indication, le choix du type de valve et le choix de la voie d'implantation.
- Grâce au perfectionnement des systèmes de valve existants, à l'introduction de nouvelles valves et à la démonstration scientifique d'un pronostic favorable à long terme, les implantations valvulaires par approche interventionnelle pourront devenir une réalité pour des groupes de patients supplémentaires.

Epidémiologie et étiologie

En raison du vieillissement de la population, la sténose aortique constitue la valvulopathie primaire la plus fréquente dans les pays industrialisés occidentaux [1]. Elle touche 2–7% des sujets de plus de 65 ans et se développe le plus souvent en raison d'une calcification dégénérative de la valve. Les sténoses aortiques sévères surviennent chez des patients plus jeunes, âgés de <60 ans, sont dans jusqu'à 65% des cas provoquées par une dégénérescence prématurée d'une valve bicuspidale [2]. Une sténose aortique rhumatismale est plus rarement en cause dans nos régions.



Marc Buser

Evolution et pronostic

La sténose aortique calcifiée dégénérative se développe sur un terrain de sclérose valvulaire aortique. Avec la progression de la calcification, il se produit une diminution de la surface d'ouverture de la valve et une augmentation consécutive du gradient de pression transvalvulaire. La vitesse de progression est très variable. En moyenne, la surface d'ouverture de la valve diminue de 0,1 cm² par an, ce qui s'accompagne d'une augmentation du gradient de pression moyen de 7 mm Hg/an [3]. Sur le plan clinique, la sténose aortique reste longtemps silencieuse, le plus souvent jusqu'à l'atteinte d'une surface d'ouverture de la valve <0,6 cm²/m². Après la survenue

des symptômes typiques, le pronostic se détériore rapidement: la survie moyenne est de 5 ans après la survenue d'une angine de poitrine, de 3 ans après la survenue d'une syncope et de 2 ans après la survenue d'une insuffisance cardiaque gauche décompensée [4].

Quantification de la sténose aortique

L'échocardiographie transthoracique, qui est disponible partout, constitue la méthode la plus souvent utilisée pour quantifier une sténose aortique. En plus d'informations sur la morphologie valvulaire, il est également possible de déterminer avec fiabilité le gradient de pression transvalvulaire maximal et moyen par le biais de l'échocardiographie Doppler en mode continu et de calculer la surface d'ouverture de la valve. Grâce à ces paramètres, le degré de sévérité (légère, modérée ou sévère) de la sténose peut être déterminé (tab. 1 ↻) [5].

Indications du remplacement valvulaire

En cas de sténose aortique sévère, l'indication d'un remplacement valvulaire dépend en premier lieu des symptômes [6]. Par ailleurs, même en l'absence de symptômes, il est recommandé de procéder à un remplacement valvulaire chirurgical en cas de diminution de la fonction de pompe du ventricule gauche (<50%) ou en cas d'anomalies subjectives (symptômes de la sténose aortique) et/ou objectives (chute de la pression artérielle) au test d'effort. Un remplacement valvulaire est également indiqué en cas de progression rapide de la sténose (augmentation de la vitesse maximale du jet aortique de >0,3 m/s/an) ou si une autre chirurgie cardiaque est planifiée.

Options thérapeutiques

Traitement médicamenteux

Il n'existe aucun traitement médicamenteux capable d'influencer favorablement le pronostic de la sténose valvulaire aortique sévère. Comme il est soupçonné que la sténose aortique calcifiée dégénérative repose sur un

Abréviations

ACC	American College of Cardiology
AHA	American Heart Association
AVB	Aortic Valve Bypass
PARTNER-Trial	Placement of AoRTic TraNscathetER Valve Trial
STS	Society of Thoracic Surgeons
TAVI	Transcatheter Aortic Valve Implantation

Les auteurs ne déclarent aucun soutien financier ni d'autre conflit d'intérêt en relation avec cet article.

Tableau 1. Degré de sévérité de la sténose aortique d'après les recommandations américaines (ACC/AHA).

Degré de sévérité	Surface d'ouverture de la valve		Gradient de pression moyen
	Indexée*	Non indexée	
Légère	>0,85 cm ² /m ²	>1,5 cm ²	<20 mm Hg
Modérée	0,6–0,85 cm ² /m ²	1,0–1,5 cm ²	20–40 mm Hg
Sévère	<0,6 cm ² /m ²	<1,0 cm ²	>40 mm Hg

* Indexée sur la surface corporelle.

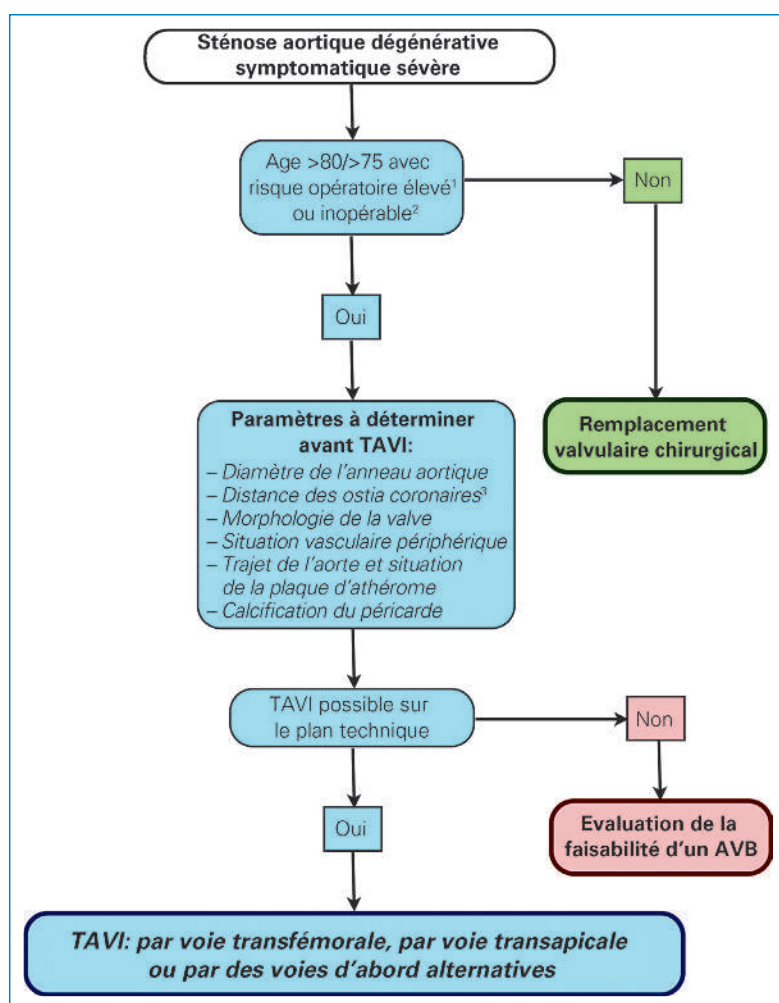


Figure 1

Algorithme pour la pose de l'indication des différentes options thérapeutiques en cas de sténose aortique symptomatique sévère.

¹ Un risque opératoire élevé est défini par un EuroScore logistique >20% ou un score STS >10%.

² Remplacement valvulaire chirurgical impossible pour des raisons techniques (par ex. en cas d'aorte porcelaine).

³ Facteur qui n'est plus déterminant pour les nouvelles valves JenaValve™.

processus similaire à celui de l'athérosclérose, l'éventualité qu'un traitement préventif par statine soit à même de ralentir la progression est actuellement discutée. Toutefois, les résultats des études conduites jusqu'à présent sont controversés et les deux seules études randomisées réalisées n'ont pas montré de bénéfice [7, 8]. Chez les patients inopérables, un traitement de l'insuffisance cardiaque par diurétiques, digitaline et bêtablo-

quants peut être initié avec prudence; l'utilisation d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ECA) est en principe contre-indiquée, mais il est possible de tenter un traitement avec ces substances en administrant une dose faible. En cas d'œdème pulmonaire aigu, un traitement prudent par nitrates, avec une surveillance adéquate, est souvent bénéfique.

Valvuloplastie par ballonnet

La valvuloplastie a pour objectif d'agrandir la surface d'ouverture de la valve par dilatation par ballonnet. Cette technique a été réalisée pour la première fois au niveau de la valve aortique en 1985. Différentes études ont démontré que la valvuloplastie par ballonnet permet d'augmenter significativement la surface d'ouverture de la valve, mais il persiste le plus souvent une sténose aortique sévère résiduelle avec une surface d'ouverture de la valve <1 cm² [9]. Après l'intervention, la post-charge est immédiatement diminuée, l'hémodynamique et les symptômes s'en trouvant alors améliorés. Toutefois, l'intervention est associée à un taux élevé de complications (accident vasculaire cérébral, insuffisance aortique, infarctus du myocarde, complications vasculaires) et avec le temps, à un taux de resténose rapide et élevé. Par ailleurs, la survie après valvuloplastie est médiocre, s'élevant à 55% après 1 an et à 23% après 3 ans [10]. Malgré des améliorations de la technique (positionnement plus précis du ballon sous stimulation ventriculaire rapide) et donc l'obtention de meilleurs résultats, la valvuloplastie seule reste nettement inférieure au remplacement valvulaire aortique sur le plan des résultats. Elle peut néanmoins être envisagée en tant que solution temporaire jusqu'au remplacement valvulaire définitif chez les patients instables sur le plan hémodynamique, en tant que traitement palliatif potentiel chez les patients présentant des comorbidités sévères ou en tant que «mesure d'urgence» chez les patients devant subir en urgence des interventions chirurgicales non cardiaques.

Remplacement valvulaire chirurgical

Le remplacement valvulaire chirurgical est aujourd'hui le traitement de référence de la sténose aortique sévère. Il permet une réduction significative des symptômes, ainsi qu'une amélioration significative du pronostic, avec des taux de survie de 83% à 5 ans, de 63% à 10 ans et de 46% à 15 ans [11]. La mortalité périopératoire à 30 jours en cas de remplacement valvulaire aortique isolé s'élève à 3,2% [12]. Ce taux augmente néanmoins considérablement en cas d'âge avancé, de faible fonction systolique ventriculaire gauche et de comorbidités, telles que diabète sucré, insuffisance rénale et hypertension pulmonaire. Par rapport aux patients de <50 ans, la mortalité est augmentée de plus de trois fois chez les patients de >80 ans. Les complications, comme les accidents vasculaires cérébraux périopératoires (1,4%), l'insuffisance rénale (4,1%) et la nécessité d'une ventilation artificielle plus longue (10,9%), dépendent aussi fortement de l'âge et des comorbidités.

Le risque périopératoire joue un rôle déterminant dans la décision thérapeutique. Dans l'étude *Euro Heart Survey*, il a été montré que 33% des patients chez lesquels une opération était indiquée d'après les recommandations thérapeutiques en vigueur n'ont pas reçu ce traitement en raison de leur âge ou d'un risque opératoire accru

[13]. Tout particulièrement pour ces patients, l'implantation valvulaire aortique par voie interventionnelle (Transcatheter Aortic Valve Implantation [TAVI]) et le *Aortic Valve Bypass* (AVB) constituent de nouvelles options thérapeutiques intéressantes, qui permettent d'éviter une sternotomie conventionnelle et la mise en place d'une circulation extracorporelle. La figure 1 présente un algorithme pour la pose de l'indication des différentes options thérapeutiques en cas de sténose aortique dégénérative symptomatique sévère.

Implantation valvulaire aortique interventionnelle (TAVI)

Depuis le premier TAVI clinique en 2002 [14], plus de 40 000 valves ont été implantées au moyen d'une procédure interventionnelle à travers le monde. Aujourd'hui, quatre types différents de valve aortique sont déjà commercialisés: CoreValve® (Medtronic CV Luxembourg S.à.r.l.), Sapien XT™ (Edwards Lifesciences Inc., CA, Etats-Unis), JenaValve™ (Jenavalve Technology GmbH, München, Allemagne) et Symetis Acurate™ (Symetis SA, Ecublens, Suisse) (fig. 2). Pour tous les types, il s'agit de bioprothèses valvulaires tricuspides. Alors que la valve Sapien XT™ est fabriquée à partir de péricarde bovin, les autres valves sont fabriquées à partir de péricarde porcine (CoreValve® [péricarde], JenaValve™ et Symetis Acurate™ [valve native]). Pour toutes les valves, des éléments biologiques sont fixés sur une armature métallique, qui est en cobalt et en chrome pour Sapien XT™ et en nitinol auto-expansible pour les autres valves.

Voies d'implantation

A l'heure actuelle, les valves sont le plus souvent implantées par voie rétrograde trans-fémorale ou sous-claviculaire ou par voie antérograde transapicale. La voie transaortique directe a été décrite, mais elle est inutile dans la majorité des cas. Les interventions sont réalisées soit sous analgésie soit sous anesthésie générale.

Les valves Sapien XT™ et CoreValve® sont autorisées pour le TAVI transfémoral. Par ailleurs, en fonction du type et de la taille, un cathéter d'insertion avec une gaine de 18 à 24 F (6–8 mm) doit d'abord être posé au niveau de l'artère fémorale. Après avoir passé la valve

sténosée avec un fil-guide, la prochaine étape consiste à réaliser une valvuloplastie par ballonnet de la valve aortique sous stimulation ventriculaire rapide par le biais d'un stimulateur provisoire (160–220 battements/min). Cette stimulation appelée *rapid pacing* provoque un arrêt de courte durée de l'éjection ventriculaire gauche, ce qui permet un positionnement exact et une inflation du ballon de valvuloplastie. Ensuite, la valve pliée, qui est fixée à l'extrémité d'un système d'insertion, est avancée à travers le cathéter et positionnée à hauteur de la valve native. Après contrôle de sa position par fluoroscopie (et échocardiographie transoesophagienne), la valve est déployée (fig. 3). Pour les valves Sapien™, cette étape se déroule durant une nouvelle phase de *rapid pacing* en gonflant un ballon de dilatation sur lequel est fixée la prothèse valvulaire pliée. Les autres valves sont libérées du système d'insertion et se déploient d'elles-mêmes grâce aux propriétés physiques de l'alliage métallique du stent, ce qui rend une nouvelle phase de *rapid pacing* inutile.

En cas de sténose excessive de l'axe iliaque, la voie transapicale ou sous-claviculaire constitue une bonne option. En cas d'accès via l'artère sous-clavière gauche ou droite, il est nécessaire de réaliser un abord chirurgical, avec fixation d'une prothèse tubulaire de 8 mm au vaisseau cible. Pour la voie transapicale (fig. 4), il faut réaliser une mini-thoracotomie antérolatérale gauche, dégager l'apex du ventricule gauche après péricardotomie et réaliser deux sutures en bourse renforcées par du téflon. Les étapes ultérieures de l'implantation sont pour l'essentiel similaires à celles du TAVI transfémoral.

Indications et pré-requis pour la réalisation d'un TAVI

L'indication d'un TAVI devrait toujours être posée de façon interdisciplinaire, à la fois par des cardiologues et des chirurgiens cardiaques. D'après les recommandations européennes de 2008, un TAVI est indiqué uniquement en présence d'une sténose aortique calcifiée dégénérative symptomatique sévère chez un patient d'âge avancé et présentant un risque opératoire élevé [15]. Pour la détermination du risque opératoire, mise à part l'évaluation clinique, il existe différents scores, qui permettent

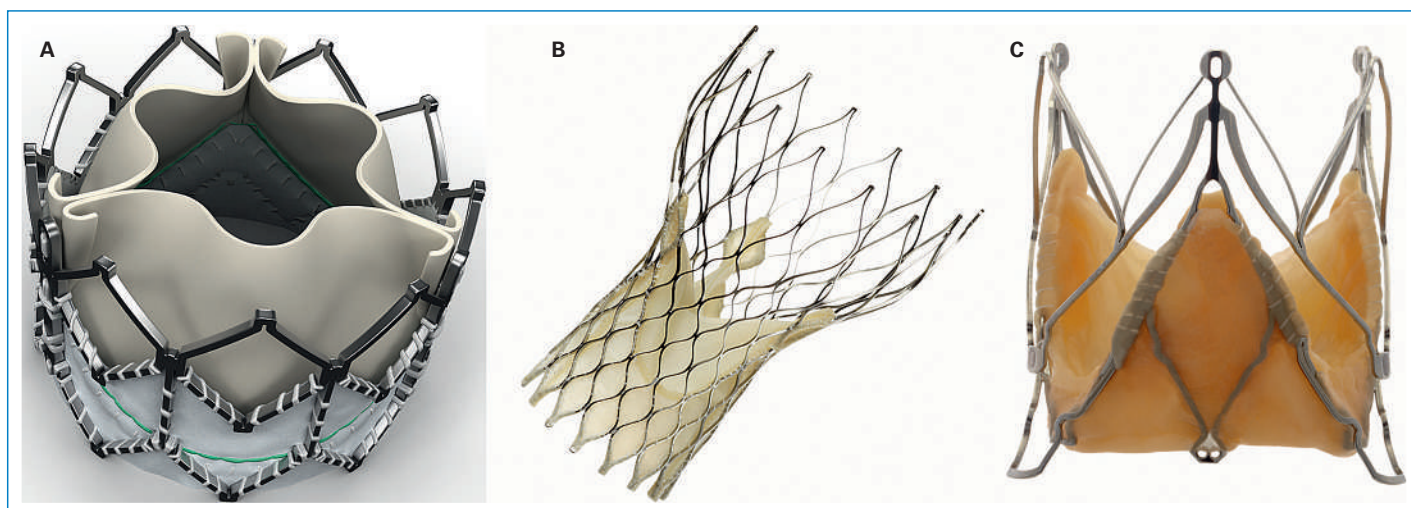


Figure 2

- A Valve Sapien XT™ (péricarde bovin monté sur un stent). (Avec l'aimable autorisation de Edwards Lifesciences AG, Suisse.)
 B Valve Medtronic CoreValve® (péricarde porcine monté sur un stent). (Avec l'aimable autorisation de Medtronic, Suisse.)
 C Valve JenaValve™ (valve porcine native sur stent). (Avec l'aimable autorisation de JenaValve Technologies GmbH, Allemagne.)

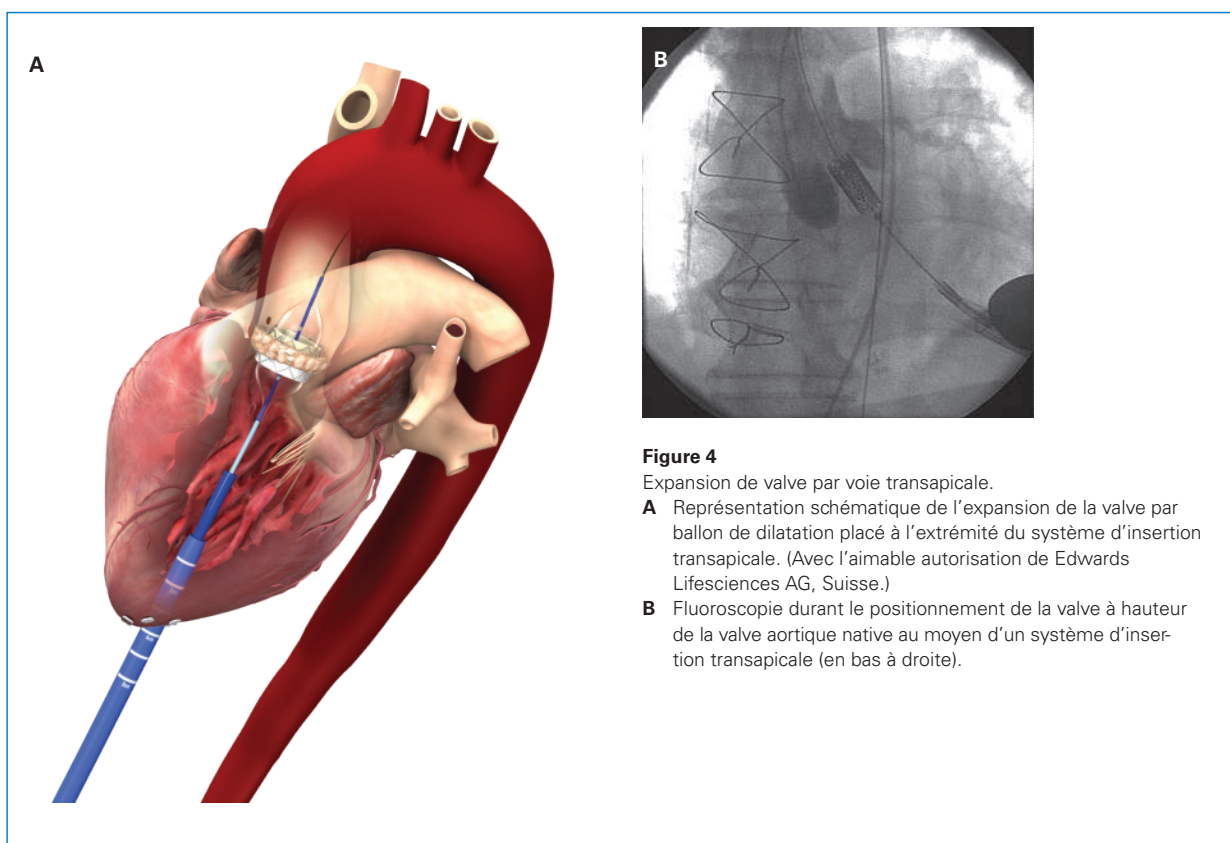
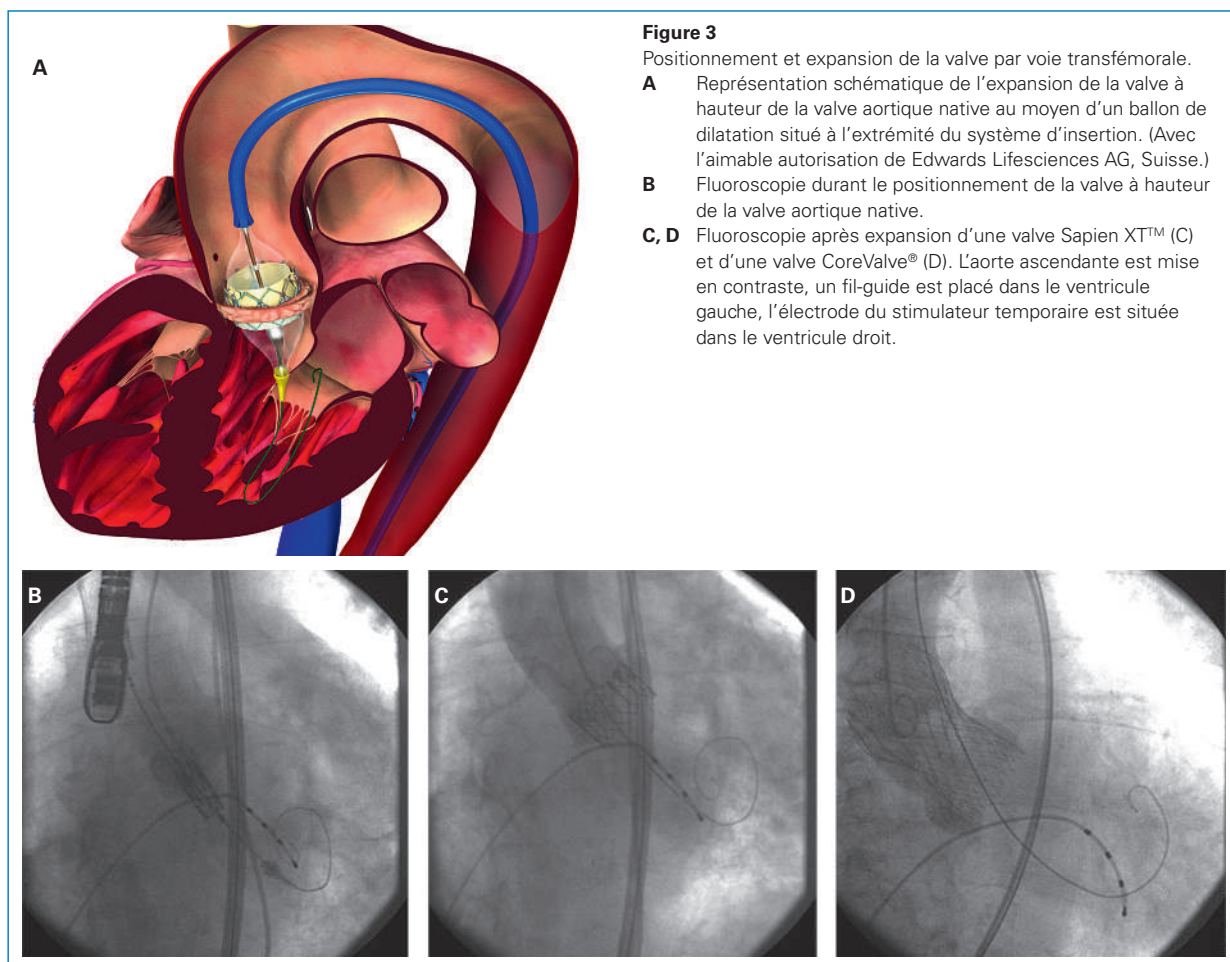


Tableau 2. Contre-indications du TAVI.

Contre-indications générales du TAVI	Contre-indications du TAVI transfémoral	Contre-indications du TAVI transapical
Anneau aortique <18 et >29 mm	Vaisseaux iliaques:	Antécédents d'intervention chirurgicale au niveau du ventricule gauche avec plastie par patch
Valve aortique bicuspide	- Diamètre <6 mm	Péricarde calcifié
Calcification asymétrique sévère de la valve native	- Calcifications sévères	Apex inaccessible
Thrombus ventriculaire gauche	- Angulations prononcées	
	- Présence d'un pontage aorto-fémoral	
	Aorte:	
	- Grandes plaques	
	- Angulation prononcée (<i>kinking</i>)	
	- Coarctation de l'aorte	

Tableau 3. Résultats de l'étude PARTNER (comparaison du TAVI et du remplacement valvulaire aortique chirurgical en cas de risque opératoire élevé) [15].

	TAVI n = 348	Remplacement valvulaire aortique chirurgical n = 351
Mortalité à 30 jours	3,4%	6,5%
Mortalité à 1 an	24,2%	26,8%
Complications vasculaires*	11,0%	3,2%
Accident vasculaire cérébral/ accident ischémique transitoire*	5,5%	2,4%
Hémorragies*	9,3%	19,5%
Nouvelle fibrillation auriculaire*	8,6%	16,0%
Implantation d'un stimulateur cardiaque	3,8%	3,6%

* Différence statistiquement significative.

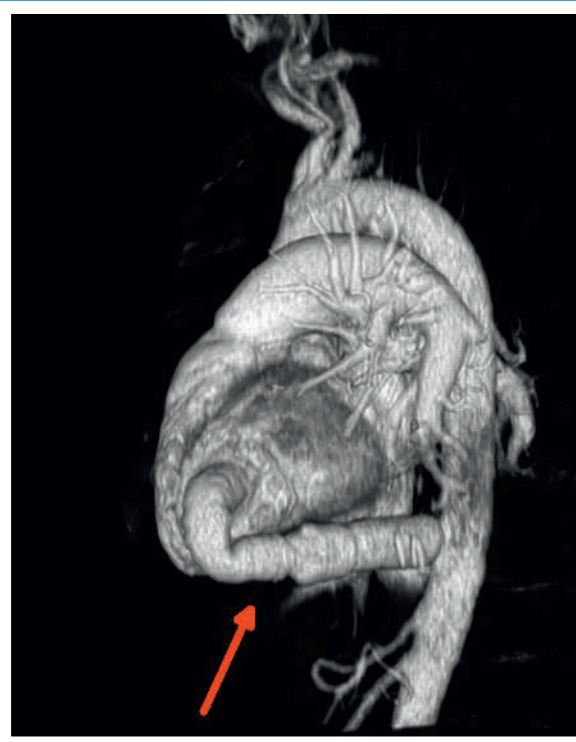


Figure 5
Tomodensitométrie postopératoire chez un patient avec *Aortic Valve Bypass*. Le conduit porteur de la valve est bien visible entre l'apex du cœur et l'aorte descendante (flèche). (Avec tous nos remerciements au département de radiologie de l'Hôpital universitaire de Bâle.)


d'estimer la mortalité périopératoire associée au remplacement valvulaire par chirurgie ouverte. Les plus fréquemment utilisés sont le EuroScore et le score de la *Society of Thoracic Surgeons* (STS), qui incluent entre autres comme paramètres de risque l'âge du patient, les comorbidités, les symptômes, la présence et le degré de sévérité d'une hypertension pulmonaire, ainsi que la fonction ventriculaire gauche. En général, le risque est considéré comme excessif pour réaliser une chirurgie conventionnelle en cas d'EuroScore logistique >20% ou de score STS >10%. D'autres facteurs de risque essentiels pour une intervention chirurgicale cardiaque, comme des antécédents de chirurgie cardiaque, une aorte porcelaine, des antécédents de radiothérapie du thorax ou des maladies extracardiaques sévères, ne sont pas pris en compte dans ces scores et doivent être discutés individuellement pour la pose de l'indication.

D'un point de vue technique, il existe certaines contre-indications à la réalisation d'un TAVI, qui dépendent de la voie d'abord envisagée (tab. 2). La présence de ces contre-indications doit être exclue lors des examens pré-interventionnels approfondis. Parmi ces examens figurent la réalisation d'une échocardiographie transœsophagienne afin de pouvoir évaluer précisément l'aspect morphologique de la valve et déterminer le diamètre de l'anneau aortique, ce qui permet d'estimer la taille de la valve. En raison des prothèses valvulaires disponibles, un TAVI est uniquement réalisable en cas de taille de l'anneau aortique comprise entre 18 et 29 mm. Une tomodensitométrie ou une angiographie de toute l'aorte et des artères iliaques doit fournir des renseignements sur le trajet des vaisseaux (exclusion de grandes angulations), le diamètre des vaisseaux périphériques (diamètre minimal pour un TAVI transfémoral = 6 mm) et les plaques d'athérome au niveau de l'aorte. Par ailleurs, il faut déterminer la distance des ostia coronaires par rapport à la valve car en cas de distance trop faible, il y a un risque d'obstruction des ostia par le calcaire de la valve native qui a été repoussé de côté (ostial encroachment). Enfin, il est indispensable de réaliser une angiographie coronaire afin de connaître la situation coronaire et de savoir si une intervention coronaire doit être planifiée.

Résultats cliniques du TAVI

La plupart des données cliniques actuellement disponibles provient d'études de registre nationales et internationales. L'étude PARTNER est pour l'instant la seule étude prospective randomisée qui a comparé le TAVI avec le remplacement valvulaire chirurgical chez des patients présentant un risque opératoire élevé (co-

horte A) et avec un traitement conservateur standard chez des patients inopérables (cohorte B) [16, 17].

Dans la cohorte A, une tendance à une mortalité précoce (30 premiers jours) légèrement plus basse a été observée après la réalisation d'un TAVI. Toutefois, après 1 an, il n'y avait plus de différence en termes de mortalité entre le groupe interventionnel et le groupe chirurgical (tab. 3 ). Les symptômes se sont significativement améliorés dans les deux groupes, mais avec un soulagement des symptômes nettement plus rapide après TAVI. Ce constat s'explique très vraisemblablement par la mobilisation plus précoce et par la plus courte durée d'hospitalisation en cas de TAVI, qui ne requière pas de sternotomie. Dans l'ensemble, les deux procédés de remplacement valvulaire étaient associés à des taux de complications élevés similaires, avec une légère différence au niveau du type de complications. Dans le groupe interventionnel, les complications vasculaires étaient plus fréquentes et le taux d'accidents vasculaires cérébraux était aussi légèrement plus élevé. Quant au remplacement valvulaire chirurgical, il était associé à un plus grand nombre d'hémorragies et à un taux plus élevé de nouvelles fibrillations auriculaires. Le risque de devoir implanter définitivement un stimulateur cardiaque après le TAVI ou le remplacement valvulaire chirurgical était indépendant du type d'intervention et dans cette étude, ce risque était faible (3,8% pour le TAVI contre 3,6% pour le remplacement valvulaire chirurgical). Toutefois, les études de registre indiquent que le taux d'implantation d'un stimulateur cardiaque est nettement plus élevé après les implantations de valves CoreValve® qu'après les implantations de valves Sapien™, qui ont été utilisées dans l'étude PARTNER (24,4 versus 7,4%) [18]. Ce phénomène pourrait s'expliquer par l'armature métallique qui, dans le cas des valves CoreValve®, s'étend jusqu'à la région sous-valvulaire, perturbant ainsi plus souvent le système de conduction du cœur.


Dans la cohorte B de l'étude Partner, une réduction absolue de la mortalité de 20% après 1 an a été constatée dans le groupe TAVI par rapport au groupe ayant reçu un traitement conservateur standard (médicamenteux et valvuloplastie).

Les données de registres de différents pays soutiennent les données de l'étude PARTNER, avec des taux de mortalité à 30 jours de 8% [19] et 9,5% [20]. Dans le *UK Registry*, le taux de mortalité à 1 an est de 21,4% et le taux de mortalité à 2 ans de 26,3% [18]. Tous les registres montrent une courbe d'apprentissage significative, avec une amélioration des taux de mortalité et de complications au fil du temps.

Procédé alternatif au TAVI: Aortic Valve Bypass (AVB)

Bien que l'arrivée de l'implantation valvulaire aortique interventionnelle ait permis d'élargir l'indication du remplacement valvulaire à des patients toujours plus âgés et multimorbides, tous les patients ne peuvent actuellement pas profiter d'une procédure chirurgicale ou par cathétérisme pour des raisons techniques. Ce cas de figure concerne tout particulièrement deux catégories de patients: 1) patients ayant déjà une prothèse valvulaire mitrale implantée, ce qui peut compromettre le bon «ancrage» en position aortique de la valve implantée par TAVI; 2) patients dont les ostia coronaires ne sont

pas suffisamment éloignés de l'anneau aortique, ce qui peut conduire à un *ostial encroachment* [21].

Il est possible de venir en aide à ces patients en implantant un «Aortic Valve Bypass» (AVB). Ce procédé consiste à implanter, à cœur battant, une prothèse tubulaire portant une valve entre l'apex cardiaque gauche et l'aorte descendante. Comme l'accès se fait par le biais d'une thoracotomie latérale gauche, il est possible de réopérer par la suite avec un faible risque et les complications de la sternotomie peuvent ainsi être évitées (fig. 5 ).

Cette technique, qui existe depuis les années 1970, connaît actuellement une renaissance, car la méthode a été peaufinée et peut désormais être réalisée sans recourir à une dérivation cardio-pulmonaire [22].

Perspectives d'avenir du TAVI

Les données actuellement disponibles permettent de conclure que le TAVI est une alternative valable à la chirurgie chez certains groupes de patients sélectionnés. Les valves interventionnelles de «2^e génération», telles que JenaValve™ ou Symetis Acurate™, font à présent l'objet d'une utilisation clinique dans le cadre d'études multicentriques. Par ailleurs, il existe aujourd'hui de nouvelles technologies de protection embolique (Claret Filter, Embrella Embolic Deflector™), qui pourraient permettre d'abaisser significativement le taux d'accidents vasculaires cérébraux dans le cadre des TAVI. De plus, de nouvelles solutions logicielles destinées à l'intégration de différents types d'imagerie permettront une planification plus précise et de meilleure qualité du TAVI. Les technologies modernes comme la TAVI ouvrent la voie à de nombreuses nouvelles options pour les patients jusque-là inopérables ou uniquement opérables à haut risque dans le traitement de la sténose aortique symptomatique sévère. Les nouvelles générations de valves, qui seront encore plus sûres et plus durables, rendront peut-être cette technique accessible à d'autres populations de patients.

Correspondance:

Prof. Dr C. Kaiser
Kardiologie
Universitätsspital Basel
Petersgraben 4
CH-4031 Basel
[Kaiserc\[at\]uhbs.ch](mailto:Kaiserc[at]uhbs.ch)

Références recommandées

- Vahanian A, Baumgartner H, Bax J, Butchart E, Dion R, Filippatos G, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2007;28(2):230–68.
- Jung B, Cachier A, Baron G, Messika-Zeitoun G, Delahye F, Tornos P, et al. Decisionmaking in elderly patients with severe aortic stenosis: why are so many denied surgery? *Eur Heart J*. 2005;26(24):2714–20.
- Vahanian A, Alfieri O, Al-Attar N, Antunes M, Bax J, Cormier B, et al. Transcatheter valve implantation for patients with aortic stenosis: a position statement from the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Society of Cardiology (ESC), in collaboration with the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J*. 2008;29(11):1463–70.
- Smith CR, Leon MB, Mack MJ, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med*. 2011;364(23):2187–98.
- Smith CR, Leon MB, Mack MJ, 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*. 2010;363(17):1597–607.

La liste complète des références numérotées se trouve sous www.medicalforum.ch.