



CHIRURGIE CARDIAQUE / CARDIAC SURGERY

ANGIOPLASTIE PULMONAIRE PER-OPERATOIRE DES CARDIOPATHIES CONGENITALES

KG. AYEON¹, E. BERGOEND¹, T. BOURGUIGNON¹, R. BONNEFOY², A CHANTEPIE², P. NEVILLE¹

1. Cardiac Pediatric Surgery Unity, Clochville of Tours, (France)
2. Pediatric Cardiology Unity, Clochville of Tours, (France)

Correspondence: Dr Kouakou Grégoire AYEON,
University Teaching Hospital Trousseau Tours France
E-mail: ayekouakougreg@yahoo.fr

Abstract

Objective: Percutaneous branch pulmonary artery (PA) stenting can be challenging, especially with stenosis of the right ventricular outflow tract (RVOT) after previous angioplasty or complex PA branches, and surgical patch enlargement of PAs can be disappointing. A hybrid-approach, with PA stenting during surgery for congenital heart disease, may be an alternative to optimize surgical management.

Methods: During 2 years, 14 consecutive patients with PA stenosis and congenital heart disease underwent intraoperative PA stenting. We retrospectively analyzed clinical data, procedural details and outcomes of all patients.

Results: 14 patients (1 female), underwent hybrid stenting in the PA. The median age was 6.9 years (range 6 days to 28 years). Primary cardiac diagnoses were pulmonary atresia (n = 7), tetralogy of Fallot (n = 5) and other (n = 2). The left PA was stented in 4 patients, the right in 1 patient and both in 8 patients, for a total of 21 stents. The median maximal balloon diameter was 12 mm (range 6 to 25 mm). Concomitant surgical procedures were RVOT reconstruction with PA patch angioplasty (n = 8), pulmonary valve replacement (n = 3) and other (n = 3). Active suture fixation of the proximal stent was performed in each case. No complications occurred during stent implantation, and no significant cardiac complications occurred perioperatively. The median length of stay in the intensive care unit was 2 days (range 2 to 7 days). The mean follow-up was 9.8 months (range 1 to 19 months). Echocardiography at discharge showed good results in PA branches: the mean peak gradient was 3.8 mmHg (range 0 to 14 mmHg). Most patients showed significant improvement in right ventricular systolic pressure after the procedure. No repeat stent dilatation was needed.

Conclusion: Hybrid PA stenting during congenital heart disease surgery in cases of complex branch PA anatomy or stenosis in general is an alternative to traditional angioplasty. The procedure is safe and effective, and right-ventricular dysfunction is ameliorated.

Key words: Pediatric, Pulmonary artery, Congenital Heart Disease, Stent, Stenosis

Résumé : L'angioplastie percutanée des branches de l'artère pulmonaire (AP) peut être indiquée dans la sténose étendue à la chambre de chasse ventriculaire droite, mais limitée en cas de la complexité anatomique des branches de l'AP accompagnant les cardiopathies congénitales. Une approche hybride, associant une angioplastie de l'AP pendant l'opération de la cardiopathie congénitale, peut être une alternative pour optimiser les suites post-opératoires.

Patients et Méthodes : Entre Octobre 2007 et Janvier 2010, 14 patients consécutifs ayant une sténose de l'AP liée à une cardiopathie congénitale ont subi une angioplastie pulmonaire per-opératoire. Nous avons rétrospectivement analysé des données cliniques, des détails procéduraux et l'évolution de tous les patients.

Résultats : Des 14 patients (1 femme), 13 patients ont subi une prise en charge hybride de l'AP et 1 patient, une chirurgie de l'aorte ascendante. L'âge médian était de 6.9 ans (extrême : 6 jours et 28 ans). Les diagnostics des cardiopathies primaires étaient l'atrésie pulmonaire (n = 7), la tétralogie de Fallot (n = 5) et d'autre (n = 2). L'AP gauche était stentée chez 4 patients, le droit chez 1 patient et tous les deux chez 8 patients, pour un total de 22 stents, y compris celui dans l'aorte montante. Le diamètre maximal médian du ballonnet était de 12 mm (extrêmes : 6 et 25 mm). Les gestes chirurgicaux associés étaient la reconstruction de la chambre de chasse droite à l'aide d'un patch (n = 8), le remplacement de la valve pulmonaire (n = 3) et d'autre (n = 3). La fixation du proximal de la prothèse (stent) par une suture active a été exécutée dans chaque cas. Aucune complication n'est survenue au cours de

l'implantation du stent. En péri-opératoire, aucune complication cardiaque significative n'a été noté. Le délai médian d'hospitalisation en soins intensifs était 2 jours (extrêmes : 2 et 7 jours). Le suivi moyen était 9.8 mois (extrêmes : 1 et 19 mois). L'échocardiographie de sortie a montré de bons résultats morphologiques et hémodynamiques de l'AP des branches : le gradient maximal moyen était 3.8 mmHg (extrêmes : 0 et 14 mmHg). Juste après la procédure, on notait une amélioration significative de la pression ventriculaire systolique dans la majorité des cas. Aucune re-dilatation du stent n'a été nécessaire.

Conclusion : L'angioplastie de l'AP au cours de la chirurgie des cardiopathies congénitales est une alternative à l'angioplastie traditionnelle en cas de sténose complexe de l'AP. La procédure est efficace, sûr et prévient ou améliore le dysfonctionnement ventriculaire droit.

Mots clés : Artère Pulmonaire, Cardiopathie congénitale, Stent, Sténoses.

Introduction

La dilatation percutanée au ballonnet de l'Artère Pulmonaire (AP) avec ou sans une pose de stent a eu un succès variable. L'approche hybride de la sténose de l'artère pulmonaire liée aux cardiopathies congénitales, a amélioré des symptômes causés par l'obstruction des structures vasculaire et environnante [1 - 5] liée ou pas à l'angioplastie percutanée [5, 6]. Bien que les séries chirurgicales publiées aient jusqu'à présent moins que 30 patients, les résultats à court terme sont différents. Aussi, le défi chirurgical demeure grand quant à l'évolution post-opératoire des cardiopathies complexes marquées par une resténose des branches de l'AP après de multiples interventions chirurgicales. C'est pourquoi, nous

analysons rétrospectivement les données cliniques, les résultats immédiats et à court terme du suivi des patients qui ont subi de notre procédure opératoire.

Patients et Méthodes :

Entre octobre 2007 et janvier 2010, nous avons inclus 14 patients consécutifs ayant une sténose sévère de l'AP. Douze avait subi de multiples précédentes chirurgies. En pré-opératoire, le diagnostic de la sténose congénitale de l'AP était basé sur la taille de l'AP et de ses branches et le gradient de pression maximale travers la sténose déterminé par le flux sanguin à l'écho-doppler et l'angio-cathétérisme (**Figure 3 A**).

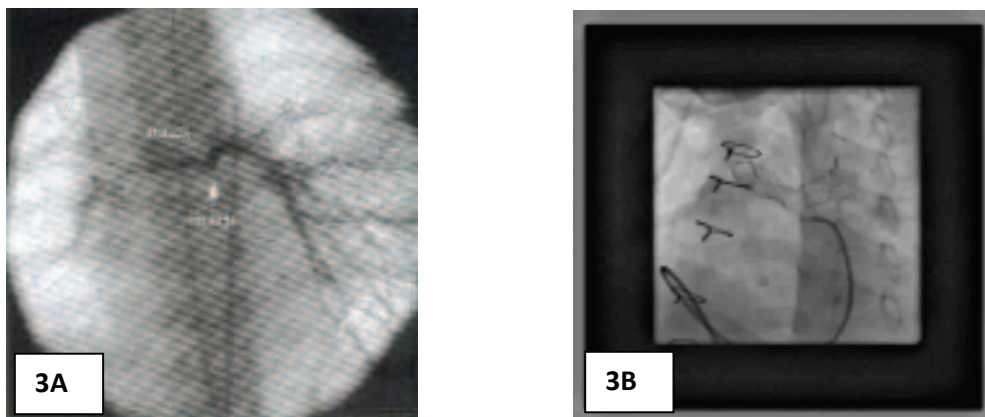


Figure 3 : L'angiographie pulmonaire montrant l'atrésie pulmonaire à septum ventriculaire ouvert avec une atrésie du tronc et une hypoplasie des branches de l'AP, les artères collatérales aorto-pulmonaires majeures provenant directement de l'aorte descendante (3A) et la procédure hybride installant 2 stents dans les branches pulmonaires (3B : résultats 7ans plus tard)

Les diagnostics de cardiopathie congénitale étaient une atrésie pulmonaire avec une communication inter-ventriculaire (atrésie pulmonaire à septum ouvert : APSO) chez 6 patients, un ventricule gauche à double issue (VGDI) chez 1 patient, une atrésie pulmonaire à septum ventriculaire intact (APSI) chez 1 patient, une tétralogie de Fallot (T₄F) régulière chez 4 patients, une T₄F irrégulière (sténose séquellaire de la bifurcation de l'AP) chez 1 patient, un truncus artériosus chez 1 patient et un syndrome de Shones chez 1 patient (**Tableau 1**). Chez le patient 13, le stent implanté par voie percutanée il y a 10 ans présentait une fracture mise en évidence par l'angio-cathétérisme pulmonaire. Un mois plus tard, les fragments fracturaires se sont désintégrés et le bout proximal a embolisé l'AP gauche (**Figure 1**). Les données du suivi ont été collectées et analysées sur le registre de surveillance post-opératoire des patients (**Tableau 2**).

Tableau 1: Aspects démographiques et cliniques des 14 patients ayant subi la procédure hybride

Patient (N°)	Age (jours)	Sexe	Poids (Kg)	Intervalle entre les opérations (1 ^{ère} -Dernière)	Diagnostic des Cardiopathies Congénitales	Interventions chirurgicales antérieures	Diamètre moyen préopératoire des branches de l'AP (D; G mm)
1	1578	M	8	4	APSO	Conduit VD/PA sans chirurgie correctrice	2.6 ; 3.2
2	6	M	2.3	0	APSI + HVD	0	4
3	7524	M	45	0	APSO	opérations multiples	3 ; 5
4	10309	M	54	19	T ₄ F	Chirurgie correctrice	14 ; 15
5	2345	M	17	28	APSO	Chirurgie correctrice	7
6	1843	M	10	6	SS + interruption de l'Arch/ S.A.P	Multiplés opérations sur l'aorte ascendante et crosse	5
7	7016	M	40	18	T ₄ F	Blalock modifié gauche à 6 mois	3
8	2302	M	12	5	Truncus artérius	Intervention de Rastelli	5 ; 5
9	4097	M	27	11	VGDI + APSO	Multiple opérations et conduit VD/AP, puis agrandissement	7
10	1566	F	10	4	APSO	conduit VD/AP	4 ; 3
11	1883	M	17	5	APSO	Réhabilitation de l'AP	4.5 ; 3
12	1758	M	10	4	T ₄ F	CIA résiduelle	7 ; 4
13	5485	M	37	13	T ₄ F séquellaire	Blalock Gauche à 5 mois + Chirurgie correctrice de T ₄ F + angioplastie percutanée de l'APD	7.3 ; 10
14	8395	M	49	20	T ₄ F séquellaire	Blalock Gauche à 6 mois + Chirurgie correctrice de T ₄ F	12

T₄F = Tétralogie de Fallot; **APSO** = Atrésie pulmonaire à septum ventriculaire ouvert; **SS** = Syndrome de Shones; **SAP** = Sténose de l'AP; **VGDI**= Ventricule gauche à double issue ; **HVD** = Hypoplasie du Ventricule Droit

Tableau 2: Base de données de l'angioplastie per opératoire des cardiopathies congénitales.

Patient (N°)	Diagnostic des Cardiopathies Congénitales	Branche(s) de l'AP Sténosée(s): D = Droite; G = Gauche; B = Bilatérale	Nombre de stents	Diamètre d'expansion maximale (mm)
1	APSO	B	2	7
2	APSI + HVD	G	1	6
3	APSO	B	2	25
4	T ₄ F	B	2	25
5	APSO	D	1	10
6	SS + interruption de l'Arch/ S.A.P	G	1	14
7	T ₄ F	G	1	12
8	Truncus artérius	B	2	14
9	VGDI + APSO	D	1	16
10	APSO	B	2	10
11	APSO	B	2	12
12	T ₄ F	B	2	12
13	T ₄ F séquellaire	B	2	12
14	T ₄ F séquellaire	G	1	14

Suivi

En post-opératoire, le suivi écho cardiographique recherchait une amélioration de la fonction ventriculaire droite et des pressions à l'intérieur des cavités droites. Ce suivi était bihebdomadaire, mensuel et annuel.

Le recueil des données cliniques a été possible grâce aux registres de consultations et aux informations médicales (consignées dans le registre de suivi) apportées par le médecin traitant, le cardiologue ou le patient lui-même. L'évaluation de suivi a été réalisée pour tous les patients par le contact direct du patient ou d'un parent de malade ou en relation avec le médecin-traitant. Le statut du suivi a été vérifié sur une fiche de suivi.

Stent et son système de déploiement

Le Stent périphérique de PALMAZ® GENESIS™ (CORDIS*, Johnson & Johnson Company) a été mis

sur le marché européen depuis juin 1999. Précédemment, il était indiqué dans la maladie athéroscléreuse primaire siégeant sous la crosse de l'aorte et dans les processus néoplasiques expansifs malveillants obstruants l'arbre biliaire. Les premières implantations cliniques ont été réalisées dans notre service en 2005. L'expansion du stent tenait compte de la longueur du stent et du ballonnet et du diamètre du ballonnet d'angioplastie transluminale. Sous la vue et jour frisant, nous avons utilisé le CORDIS* MAXI pour implanter le stent dans de diverses pathologies congénitales (**Tableau1**). Chez le patient N° 13 qui avait bénéficié d'une angioplastie percutanée 10 ans auparavant, le cathétérisme cardiaque mettait en évidence une fracture du stent. Le stent fracturé s'était désagrégé et le fragment proximal du stent embolisait la branche gauche de l'AP (**Figure 1**).

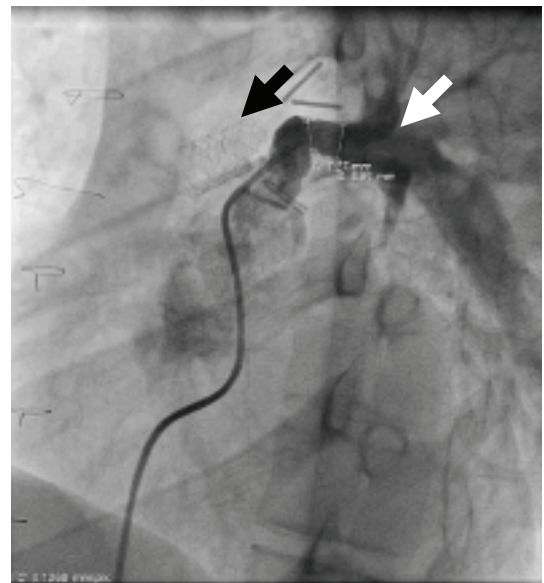
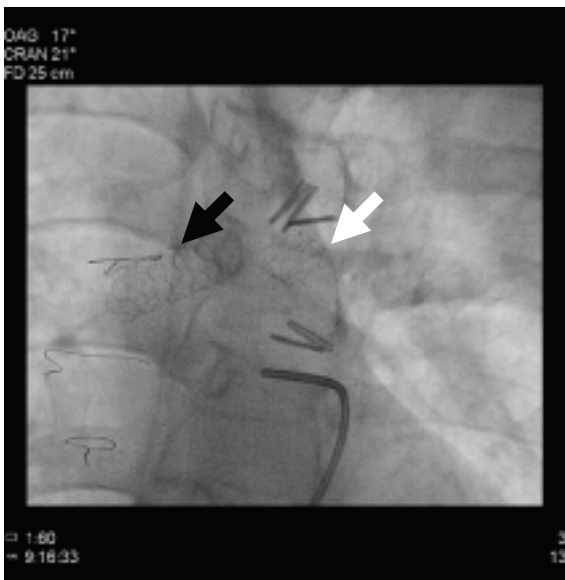


Figure 1. Patient 13 : cathétérisme cardiaque montrant la fracture de la prothèse (Stent) dont le fragment distal est dans l'AP droite (Flèche noire) et le fragment proximal a embolisé l'AP gauche (Flèche blanche).

Après l'artériotomie pulmonaire, le guide coaxial muni d'un ballonnet gonflable de grand diamètre est surmonté d'un stent périphérique de PALMAZ® et est introduite au site de sténose de la branche de l'AP pour être dilatée sous contrôle de la vue ou suivant les paramètres biologiques des patients. Ainsi, avons nous connecté au guide coaxial le système de pression (le manomètre) afin de gonfler progressivement le ballonnet transluminale et au plus, dilater le stent de sorte à obtenir le diamètre maximal de la (des) branche(s) de l'AP et le seuil expansif du diamètre de stent recommandé. Auparavant le respect scrupuleux du guide sur le diamètre d'expansion maximale du stent constitue le gage du succès du largage du stent.

Technique Chirurgicale :

Toutes les procédures ont été exécutées en normothermie sous circulation extra-corporelle et à cœur battant. Nous n'avons pas utilisé un amplificateur de brillance ou une angiographie per opératoire. Le stent a été choisi sur la base des mesures préopératoires : l'index de masse corporelle, le diamètre seuil expansif du stent, l'emplacement de la sténose, la maladie sous-jacente et des découvertes anatomiques per opératoire.

Nous avons exécuté l'artériotomie longitudinale pulmonaire supra-valvulaire. Puis, nous avons disséqué les branches de l'AP et les avons dilatés avec le Dilatateur de Hegar. Sous la vision directe, le stent a été placé à travers la lésion par le chirurgien

principal qui le maintenait et l'assistant du chirurgien, gonflant le ballonnet à l'aide d'un manomètre. Le stent a été gonflé suivant les recommandations du fabricant. Nous complétons parfois l'inflation distale quand le stent n'a pas été bien déployé dans ce site. Aussi, avons nous évité de placer le stent à travers le hile de l'AP et prévenir une altération secondaire de l'anatomie des branches segmentaires. Dans chaque cas, le bout proximal du stent était fixé par une suture active. Le tronc de l'AP a été agrandi avec du polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou un patch péricardique si nécessaire.

Résultats

L'âge médian des 14 patients était de 6.9 ans (extrême : 6 jours et 28 ans). Le poids médian était de 17 kg (extrême : 2.3 et 54 kg). Le délai médian entre la première et la dernière opération était de 7 ans (extrême : 0 et 27 ans). Au total, 22 stents étaient implantés (**Tableau 2**). Chez le patient 13, l'AP était stentée et 1 stent a été implanté dans l'aorte ascendante du patient qui avait une interruption de l'arch aortique. L'AP gauche était stentée chez 4 patients (**Figure 2A, 2B**), la droite chez 1 patient et les deux branches pulmonaires chez 8 patients (**Figure 3B**).

Figure 2. L'angio-scanner thoracique montrant la sténose sévère de l'AP gauche (2A) en pré opératoire et après la procédure hybride (2B)

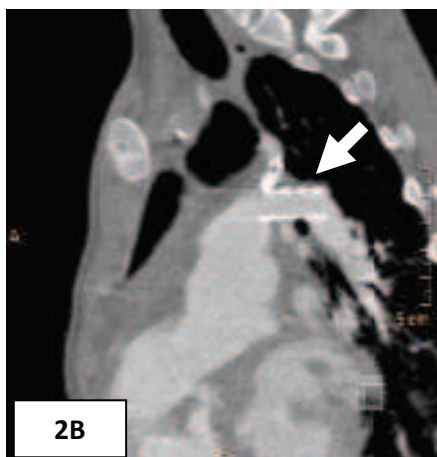
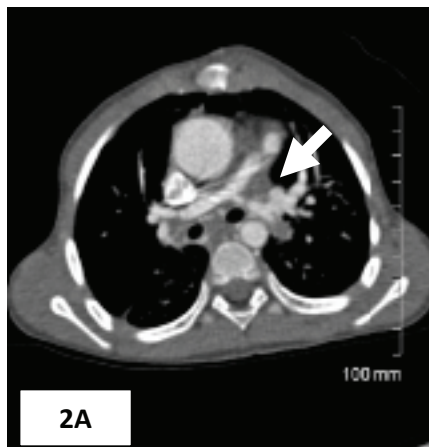
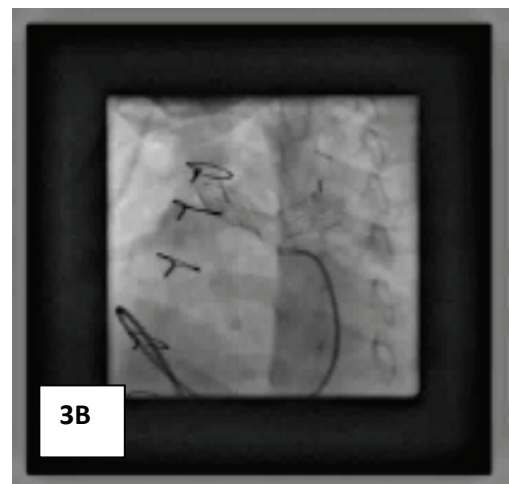
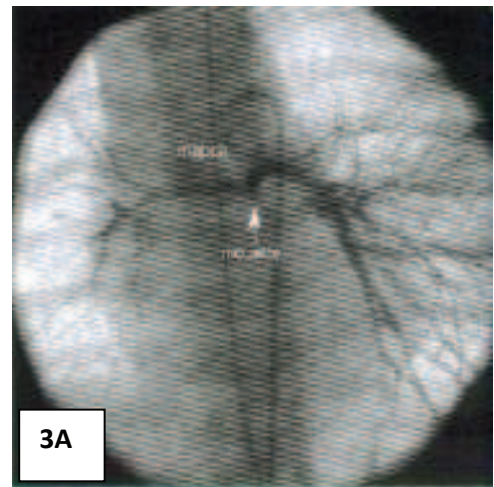


Figure 3: L'angiographie pulmonaire montrant l'atrésie pulmonaire à septum ventriculaire ouvert avec une atrésie du tronc et une hypoplasie des branches de l'AP, les artères collatérales aorto-pulmonaires majeures provenant directement de l'aorte descendante (3A) et la procédure hybride installant 2 stents dans les branches pulmonaires (3B : résultats 7ans plus tard)



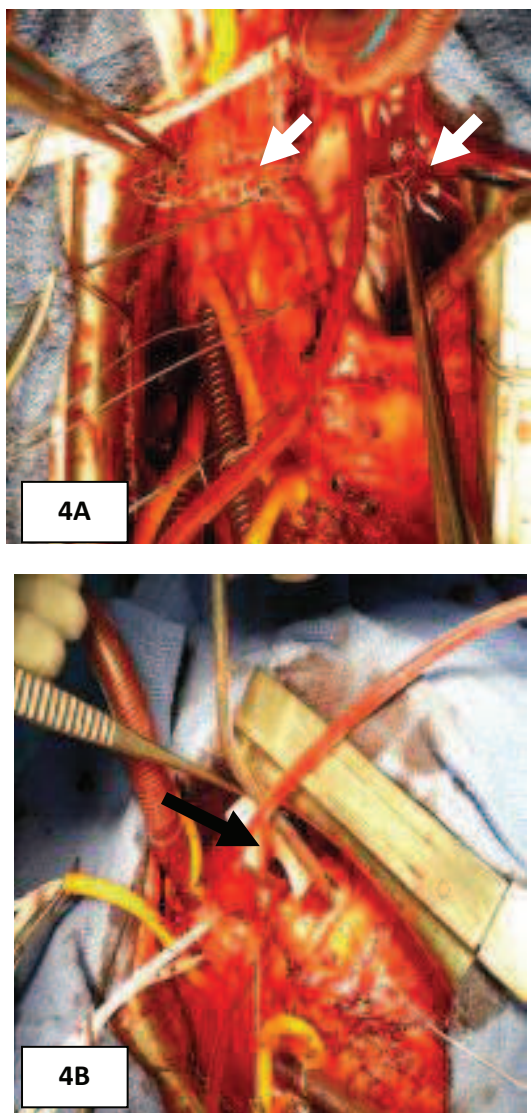
Le diamètre maximal médian du ballonnet était 12 mm (extrême : 6 et 25 mm). Chez le patient 13 qui avait un ancien stent fracturé, les fragments du stent ont été extraits et les branches de l'AP étaient stentées convenablement (**Figure 4A, 4B**).

Les procédures cardiaques concomitantes ont inclus la reconstruction de la chambre de chasse ventriculaire droite (n = 7), le remplacement de la valve pulmonaire native par une valve homologue (n = 3), une homogreffe Ventricule Droit/AP (n = 3) et une hétérogreffe pulmonaire (n = 1). Chez tous les 14 patients, l'angioplastie pulmonaire utilisant une prothèse (Stent) était satisfaisante et la connexion de l'AP au ventricule droit (VD) a été établie par des techniques chirurgicales diverses : l'agrandissement du conduit VD/AP par du Gore-tex (n = 5), une homogreffe cryopreservée (n = 3) et aucun agrandissement du tronc de l'AP (n = 6). Le suivi médian était 8 mois (extrême : 2 et 35 mois). Le Délai médian d'hospitalisation en soins intensifs était de 2 jours (extrême : 2 et 7 jours). Après la procédure hybride, le délai médian d'hospitalisation était de 7 jours (extrême : 5 et 17 jours). Aucun décès post opératoire, aucune compression des voies aériennes,

aucune migration de stent et aucune compression d'artère coronaire n'ont été notés.

L'échocardiographie de sortie a montré de bons résultats morphologiques et hémodynamiques au niveau des branches de l'AP: le gradient maximal moyen était 3.8 mmHg (extrême: 0 et 14 mmHg). En post-opératoire, le patient 3 a subi une ré intervention pour un saignement, 20 heures plus tard. Cette complication n'a pas été liée au stent lui-même, mais elle était due à l'hyperporosité du patch ayant servi à agrandir la chambre de chasse ventriculaire droite. Par ailleurs, deux ans après le stenting de l'AP droite et gauche pour une APSO, l'échocardiographie a révélé une sténose de la bifurcation de l'AP chez le patient 10, bien que le patient ait montré une amélioration clinique sans signes préopératoires.

Figure 4. Patient 13 : Vue per opératoire montrant l'extraction des fragments fracturaires du stent implanté par voie percutanée (Flèche blanche) et l'agrandissement de la chambre de chasse droite par du PTFE (Flèche noire).



Discussion

Ces dernières années, le stenting primaire per opératoire est devenu une stratégie palliative aux fins d'améliorer le flux artériel pulmonaire pendant la chirurgie cardiaque^[1; 3; 5; 7]. On voit que cette approche hybride associant une angioplastie pulmonaire à la chirurgie des branches artérielles de l'AP est en passe de relever le défi de la prise en charge des cardiopathies congénitales par obstacles droits isolés ou non. Cette nouvelle indication supplanterait l'angioplastie percutanée traditionnelle qui est difficile à réaliser en cas d'anatomie complexe des branches de l'AP^[6; 8]. Aussi cette approche hybride permet de traiter lorsque la chirurgie est indiquée, la lésion principale et de lever l'obstacle pulmonaire dans un même temps opératoire. Nous avons éventuellement analysé les données des 14 patients qui ont subi un stenting de l'AP pendant la chirurgie cardiaque. En post opératoire, l'échocardiographie a montré de bons résultats hémodynamiques des branches de l'AP. La plupart des patients ont montré une amélioration significative de la pression systolique supra-ventriculaire et aucune re-dilatation n'a été nécessaire. La fracture de stent observée à la suite d'une angioplastie percutanée traditionnelle soulève à nouveau le risque à réaliser ce geste sans contrôle de vue^[8; 9]. En effet, cette angioplastie traditionnelle des sténoses des branches de l'AP peut mener aux complications comme la fracture de stent^[9], la migration de stent^[9], entraîner la compression d'artère coronaire principale^[10; 11], une thrombose de stent^[8] et une position vicieuse du stent notamment hilare^[12; 13]. Mais notre approche hybride n'a montré aucune de ces complications. On peut recommander la procédure hybride combinant la chirurgie correctrice et l'implantation du stent sous la vue directe quand l'anatomie de la branche de l'AP est complexe ou si d'autre réparation chirurgicale est nécessaire^[14]. La procédure hybride a été d'abord annoncée par Bhati et collaborateurs^[15] en 1972 pour traiter la persistance du canal artériel. Mais cette technique n'a pas connu en chirurgie cardiaque l'essor escompté. Toutefois, à ce jour, dans la littérature, les résultats de cette approche hybride sont satisfaisants malgré le nombre limité de la population d'étude et son inhomogénéité démographique^[8; 13; 14]. Dans notre série, nous avons apporté au cours de la chirurgie correctrice une modification à la technique d'angioplastie en fixant le bout proximal aux fins d'éviter la migration du stent. Dans toutes les situations, les premiers résultats étaient encourageants, comme il a été annoncé dans la littérature^[7; 8; 13; 15]. Les interventions chirurgicales antérieures comme celles de Blalock-Taussing modifiées homo ou bilatérales ont favorisé le développement des branches de l'AP et ont probablement amélioré nos suites post opératoires. Dans notre étude, malgré la chirurgie concomitante associée au stenting per opératoire de l'AP, le délai médian d'hospitalisation en unité de soins intensifs était de 2 jours sans décès. Nos bonnes suites opératoires immédiates sont probablement liées aux critères de sélection des patients inclus, aux indications chirurgicales, au type de stent implanté et

comment la chambre de chasse ventriculaire droite a été agrandie. Dans notre série, aucune sténose résiduelle de la (des) branche(s) de l'AP n'a été retrouvée. A la différence des séries publiées [6; 13], nous avons utilisé un stent re-expansible qui peut être redilaté quand les patients (nourrissons et enfants) grandiront. Nous suggérons de ne pas le dilater au-delà du seuil expansif chez les nourrissons et enfants en âge préscolaire parce que pendant leur croissance, le stent peut incruster l'intima de l'AP et devenir inaccessible plus tard. L'absence de migration du stent était liée à sa fixation une suture proximale en position précise [8; 15]. De plus, aucune complication au cours du stenting de l'AP n'a été notée [8; 9; 14] à cause de notre gestion chirurgicale stratégique de la sténose des branches de l'AP. Dans notre étude, le saignement postopératoire immédiat était lié à la chirurgie cardiaque, non à la procédure hybride car le saignement a été causé par l'hyperporosité du PTFE, comme l'a indiqué l'échocardiographie. Pour Menon et collaborateurs [8], en absence d'Amplificateur de brillance, les procédures hybrides peuvent être efficaces quand elles sont exécutées par des opérateurs expérimentés.

Conclusion: l'approche hybride par le stenting premier de la sténose des branches de l'AP au cours de la chirurgie cardiaque, a de la valeur en cas de la chirurgie des cardiopathies congénitales complexes. Particulièrement, le gradient maximal de l'AP peut être réduit considérablement. C'est une alternative à l'angiographie percutanée traditionnelle qui peut être exécutée sans complications significatives. Ces résultats confirment l'efficacité à court terme de la procédure hybride et suggèrent la vulgarisation de cette stratégie après une étude de suivis à long terme.

References

1. **R. Bokenkamp. ; NA. Blom. ; D. De wolf. ; K. François. ; J. Ottenkamp. ; MG. Hazekamp.** Intra operative stent of pulmonary arteries. *Euro J Cardiothorac Surg* 2005; 27: 544 -7.
2. **G. Santoro. ; MC. Bigazzi. ; G. Rossi. ; et al.** Pulmonary artery stenting without angiographic imaging. *Ital Heart J* 2005; 6: 150 - 3.
3. **T. Murakami.; M. Ueno.** Predictor of successful left pulmonary artery stent implantation in patients after repair of tetralogy of Fallot. *J Cardiol* 2005; 45: 149 - 54.
4. **KM. Chiu.; JS. Chen.; SJ. Yek et al.** Hybrid angioplasty for pulmonary artery stenosis after total correction of Tetralogy of Fallot: Report of one case. *Acta Paediatr Taiwan* 2005; 46: 174 -7.
5. **FA. Mitropoulos. ; H. Laks. ; N. Kapadia et al.** Intra operative pulmonary artery stenting: an alternative technique for the management of pulmonary artery stenosis. *Ann Thorac Surg* 2007; 84: 1338 - 41.
6. **G. Santoro.; G. Caianiello.; MG. Russo.; Calabro R.** Stenting of bilateral ducts in complex congenital heart disease. *Pediatric Cardiol* 2008; 29: 842 - 5.
7. **BG. Alekian.; VP. Podzolkov.; MG. Punsanov, et al.** Stenting in obstructive pathology of pulmonary artery in patients with various forms of congenital heart disease. *Vestn Ross Akad Med Nauk* 2009; 1: 19 - 25.
8. **SC. Menon.; F. Cetta.; JA. Dearani.; HA. Burkhart.; AK. Cabalka.; DJ. Hagler.** Hybrid intra operative pulmonary artery placement for Congenital Heart Disease. *Am J Cardiol* 2008; 102: 1737 - 41.
9. **LF. Peng.; DB. McElhinney.; AW. Nugent et al.** Endovascular Stenting of Obstructed Right Ventricle-to-Pulmonary Artery Conduits: A15-year experience. *Circulation* 2006; 113:2598 - 605.
10. **X. Perret.; RF. Bonvini, Y. Aggoun, V. Verin.** Aberrant right coronary artery occlusion during the percutaneous pulmonary trunk stenting in a patient with tetralogy of Fallot. *Heart Vessels* 2008 ; 23 : 140 - 3.
11. **M. Gewillig.; S. Brown.** Coronary compression caused by stenting a right pulmonary artery conduit. *Catheter Cardiovasc Interv* 2009; 74: 144 - 7.
12. **CA. Contrafouris. ; FA. Mitropoulos. ; AC. Chatzis, et al.** Hybrid Procedures for complex congenital cardiac lesions. *Heart Surg Forum* 2009; 12: 155 -7.
13. **ML. Brown.; AR. Cedeno.; ES. Edell.; DJ. Hagler.; HV. Schaff.** Operative strategies for pulmonary artery occlusion secondary to mediastinal fibrosis. *Ann Thorac Surg* 2009; 88: 233 - 7.
14. **MP. O'Laughlin.** Catheterization treatment of stenosis and hypoplasia of pulmonary arteries. *Pediatr Cardiol* 1998; 19:48-56.
15. **BS. Bhati.; CP. Nandakumaran.; P. Shatopathy.; S. John and G. Cherian.** Closure of patent ductus arteriosus during open-heart surgery: Surgical experience with different techniques. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1972; 63: 820 - 6.