

ABREVIATIONS

CAP	: cerclage de l'artère pulmonaire.
HTAP	: hypertension artérielle pulmonaire.
CIV	: communication interventriculaire.
TGV	: transposition des gros vaisseaux.
VU	: ventricule unique.
VDDI	: ventricule droit double issu.
CAV	: canal atrio-ventriculaire
CIA	: communication interauriculaire.
PCA	: persistance du canal artériel.
AT	: atrésie tricuspide.
HCG	: Cœur gauche hypoplasique.
PAPS	: pression artérielle pulmonaire systolique.
PAPD	: pression artérielle pulmonaire diastolique.
PAS	: pression artérielle systémique.
POD	: pression de l'oreillette droite.
PVD	: pressions systolique et télédiastolique du ventricule droit.
PAPO	: pression artérielle pulmonaire occluse.
PCP	: pression capillaire pulmonaire.
Qc	: débit cardiaque.
RVP	: résistances vasculaires pulmonaires.
SvO2	: la saturation veineuse en oxygène au niveau de l'artère pulmonaire.

PLAN

ABREVIATIONS	1
PARTIE THEORIQUE	6
I. INTRODUCTION	7
II. RAPPEL ANATOMIQUE	9
III. RAPPEL PHYSIOLOGIQUE	11
1. Shunt gauche droit	11
a. physiologie du shunt	11
b. Retentissement du shunt.....	12
2. Hypertension de l'artère pulmonaire	12
IV. Physiopathologie	16
V. Indications.....	17
1. Indications classiques	17
2. Indications actuelles	18
a. Communication inter ventriculaire	18
b. Transposition des gros vaisseaux	20
c. Ventricule à double issue et atrésie tricuspide sans sténose pulmonaire	21
d. Hypoplasie du cœur gauche (HCG).....	22
e. Autres indications CAP	23
VI. Technique opératoire.....	24
1. Approche.....	24
a. Technique Thoracotomie gauche	25
b. Sternotomie médiane	37
c. Approche extrapleurale antérieure.....	42
2. Le degré du cerclage de l'artère pulmonaire	44
3. Matériel utilisé pour le cerclage de l'artère pulmonaire	46
a. CAP résorbable	46

b. CAP dilatable	47
c. CAP ajustable.....	47
4. Considérations particulières	48
a. Transposition des grandes artères présentant un défaut septal ventriculaire.....	48
b. Ventricule à double issue et atrésie tricuspide	48
c. Absence de connexion auriculo-ventriculaire gauche	49
d. Cerclage chez les très petits nourrissons.....	49
VII. Complications.....	50
VIII. Reconstruction d'arteres pulmonaires apres cerclage (decerclage)	51
PARTIE PRATIQUE : MATERIEL ET METHODE.....	54
I. Matériel	55
II. Méthodes.....	55
RESULTATS.....	59
I. Données épidémiologiques	60
1. Nombre de cas par an	61
2. l'Age.....	62
3. sexe	63
4. Antécédents	64
II. Données cliniques et paracliniques	65
1. Clinique.....	65
a. Signes fonctionnels.....	65
b. Signes physiques.....	65
2. paraclinique	66
III. Données thérapeutiques	67
1. Traitement médical.....	67

2. Traitement chirurgical	67
a. La voie d'abord	67
b. Circonférence du cerclage	70
c. L'étude hémodynamique	74
d. Mortalité.....	76
e. Morbidité	78
f. Suivi post-opératoire	78
DISCUSSION.....	82
I. Données épidémiologiques.....	83
1. Nombre de cas par an.....	83
2. Age	84
3. sexe	84
4. Antécédents	84
II. Données thérapeutiques	85
1. La voie d'abord	85
2. Circonférence du cerclage	86
3. L'étude hémodynamique	86
4. Mortalité.....	87
5. Morbidité.....	92
6. Suivi post-opératoire.....	92
CONCLUSION.....	94
RESUMES	96
LISTE DES TABLEAUX.....	103
LISTE DES FIGURES	105
REFERENCES	107

PARTIE
THEORIQUE

I. INTRODUCTION :

Le cerclage de l'artère pulmonaire est une technique chirurgicale simple visant à réduire la circulation excessive pulmonaire dans certaines cardiopathies congénitales, cette technique a joué un rôle fondamental dans le traitement des patients atteints de malformations cardiaques congénitales et d'un shunt intracardiaque de gauche à droite avec hypertension artérielle pulmonaire, gagnant ainsi du temps avant une réparation planifiée.

Le rôle du cerclage de l'artère pulmonaire (CAP) est de réduire l'hyperdébit sanguin pulmonaire afin de prévenir l'insuffisance cardiaque et de fournir une protection à long terme contre l'hypertension artérielle pulmonaire irréversible, ainsi que de maintenir un débit systémique optimal en cas de fort shunt ou de malformations cardiaques univentriculaires.

Muller et Danimann ont décrit cette technique en 1952 en tant que traitement de la communication interventriculaire et de l'hyperdébit pulmonaire par la «création de sténose pulmonaire» chez un nourrisson de 5 mois(1). Depuis les années 1980, le CAP a permis d'améliorer significativement la survie des nouveau-nés et des nourrissons atteints cardiopathie congénitale a poumon non protégé(2). Bien que l'utilisation du CAP ait diminué au cours des dernières années en faveur de la réparation précoce et primaire, elle a toujours sa place dans le traitement des cardiopathies congénitales avec hypertension pulmonaire. De plus, plusieurs anomalies cardiaques peuvent bénéficier du CAP précoce en tant que procédure par étapes dans le cadre d'une opération en deux temps(3).

Néanmoins, certaines questions sont encore en discussion, telles que le degré de serrage optimal de la bande, la présence de variations individuelles dans la réponse adaptative ventriculaire, le moment optimal pour le décerclage ou la nécessité de ré-opération et de reconstruction des artères pulmonaires.

II. RAPPEL ANATOMIQUE (4):

Les artères pulmonaires droites et gauches sont issues du tronc pulmonaire et transportent du sang désoxygéné du ventricule droit du cœur jusqu'au poumon.

La bifurcation du tronc pulmonaire se situe à gauche de la ligne médiane, juste en dessous du niveau vertébral TIV_V, et antéro-inférieure et à gauche de la bifurcation de la trachée.

Artère pulmonaire droite

L'artère pulmonaire droite est plus longue que la gauche et traverse horizontalement le médiastin. Elle passe :

- En avant et légèrement en position inférieure par rapport à la bifurcation trachéale, et en avant de la bronche principale droite ;
- En arrière de l'aorte ascendante, de la veine cave supérieure et la veine pulmonaire droite supérieure.

L'artère pulmonaire droite entre dans la racine du poumon et donne naissance à une grosse branche pour le lobe supérieure du poumon. le vaisseau principal passe à travers le hile du poumon et donne naissance à une seconde branche (récurrence) pour le lobe supérieur, qui se divise ensuite pour vasculariser les lobes moyen et inférieur.

Artère pulmonaire gauche

L'artère pulmonaire gauche est plus courte que la droite. Elle se situe en avant de l'aorte descendante et en arrière de la veine pulmonaire supérieure. Elle traverse la racine et le hile pour se diviser dans le poumon.

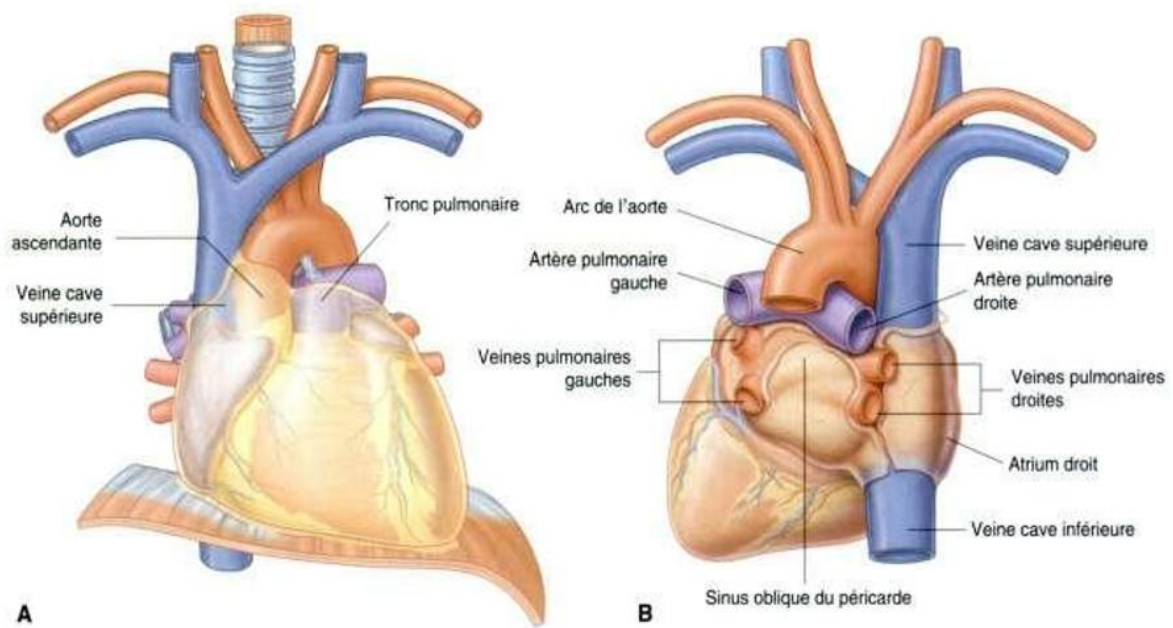


Figure 1: Principaux vaisseaux du médiastin moyen A. vue antérieure B. vue postérieure

III. RAPPEL PHYSIOLOGIQUE :

1. Shunt gauche droit (5)

a. physiologie du shunt

- Le shunt gauche-droite est le passage anormal de sang oxygéné de la circulation systémique vers la circulation pulmonaire.
- Le sens et l'importance du shunt sont fonction de la taille de la communication et de la différence de pression entre les deux cavités communicantes. Le shunt s'effectue du plus résistif vers le moins résistif, du moins compliant vers le plus compliant.
- Le shunt gauche -droite entraîne une adaptation hémodynamique et des modifications vasculaires : une perte de charge à gauche et un hyperdébit à droite : le rapport Q_p/Q_s est augmenté et l'hyperdébit pulmonaire entraîne une «HTAP de débit» : $p=Q \times R$ (loi de Poiseuille).
- Différents systèmes neurohormonaux jouent un rôle dans le maintien du débit cardiaque par augmentation des résistances périphériques et augmentation de la volémie.
- La surcharge en volume entraîne une hyperkinésie par étirement maximal des sarcomères en cas de shunt artériel ou ventriculaire.
- Un remodelage ventriculaire s'observe avec un recrutement des sarcomères et une hyperplasie/ hypertrophie de la paroi, permettant une augmentation du travail fourni.
- La paroi vasculaire soumise à un hyperdébit crée des lésions d'artériolite pulmonaire irréversibles.
- L'HTAP de débit devient une HTAP par augmentation des résistances

$$p = Q \times R.$$

b. Retentissement du shunt

Le retentissement du shunt gauche-droite dépend de sa taille, du gradient de pression entre les deux systèmes communicants et de la taille de la communication. Le shunt gauche-droite ventriculaire ou artériel est caractérisé par son caractère restrictif ou non restrictif, défini par le gradient de pression entre les deux systèmes communicants. La fermeture du shunt doit être réalisée avant la survenue de lésions d'artériolite pulmonaire irréversibles en quelques mois.

La physiopathologie du shunt auriculaire diffère. Le sens et l'importance du shunt sont fonction de la taille du défaut et du gradient de pression entre les deux oreillettes directement en relation avec les propriétés de complianse des ventricules droit et gauche. Le shunt atrial gauche-droite crée un hyperdébit pulmonaire qui dilate les cavités droites. L'hypertension artérielle pulmonaire fixée compliquant une CIA est rare.

L'augmentation progressive du shunt gauche-droite avec les années est donc la règle, avec parallèlement, une augmentation modérée des résistances pulmonaires, donc une augmentation modérée elle aussi des pressions pulmonaires. A côté de ce mode évolutif habituel, chez un faible pourcentage de patients,

Pour des raisons probablement génétiques, on voit apparaître un syndrome d'Eisenmenger avec élévation très importante des résistances pulmonaires puis inversion du shunt avec survenue d'une cyanose.

2. Hypertension de l'artère pulmonaire (6)

La circulation pulmonaire normale est une circulation à basse pression (pression artérielle pulmonaire moyenne (PAPm) 14 ± 3 mmHg) et faible résistance. L'hypertension pulmonaire (HTP) est définie par une pression pulmonaire artérielle moyenne (PAPm) supérieure ou égale à 25 mmHg mesurée au repos lors d'un cathétérisme cardiaque droit (Tableau 1). Cette maladie vasculaire se caractérise par

une élévation progressive des résistances vasculaires pulmonaires aboutissant à une insuffisance cardiaque droite et au décès.

Les principaux paramètres mesurés ou calculés au cours du cathétérisme cardiaque droit permettent de distinguer différents profils hémodynamiques à l'origine d'une HTP : fréquence cardiaque, pression de l'oreillette droite (POD), pressions systolique et télédiastolique du ventricule droit (PVD), pressions systolique, diastolique et moyenne de l'artère pulmonaire (PAP), pression artérielle pulmonaire occluse (PAPO) reflet de la pression capillaire pulmonaire (PCP) et donc de la pression auriculaire gauche, débit cardiaque (Qc), résistances vasculaires pulmonaires (RVP) et systémique, ainsi que la saturation veineuse en oxygène au niveau de l'artère pulmonaire (SvO_2) (Figures 2 à 4).

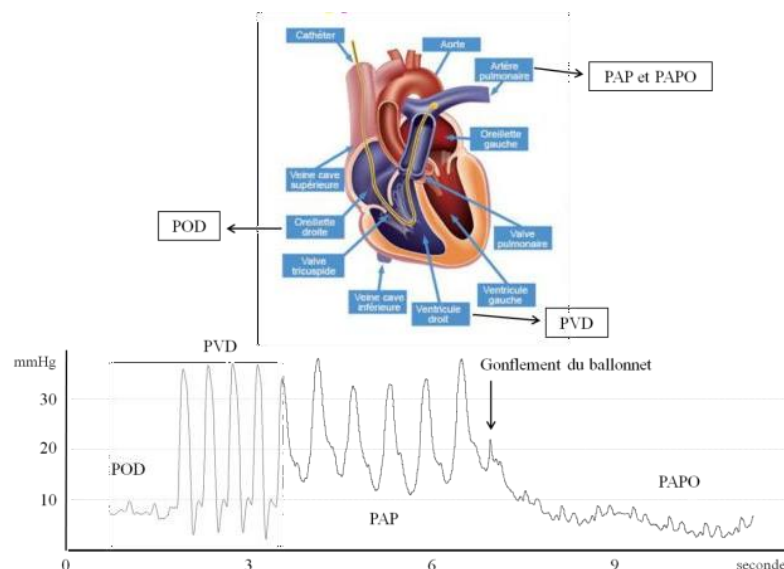


Figure 2 : Courbes de pression enregistrées lors de la progression du cathéter dans l'oreillette droite (OD), le ventricule droit (VD) et l'artère pulmonaire (AP). Lorsque le cathéter avec le ballonnet gonflé est bloqué en distalité, on obtient la pression artérielle pulmonaire occluse (PAPO) reflet de la PCP (pression capillaire)

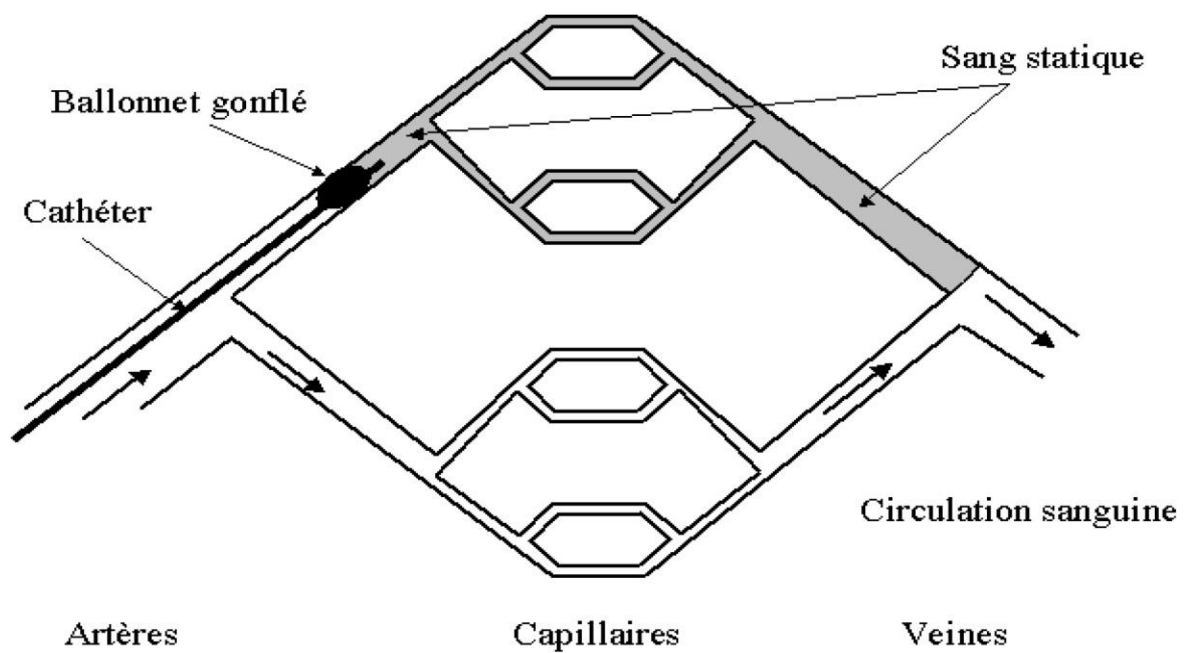


Figure 3 : Le gonflage du ballonnet isole un segment de vascularisation pulmonaire dans lequel la circulation sanguine est interrompue. Le débit étant nul dans ce segment, les pressions sont en tous points égales et la PAPO s'équilibre avec la pression veineuse pulmonaire. La PAPO reflète la pression veineuse pulmonaire et donc la pression capillaire

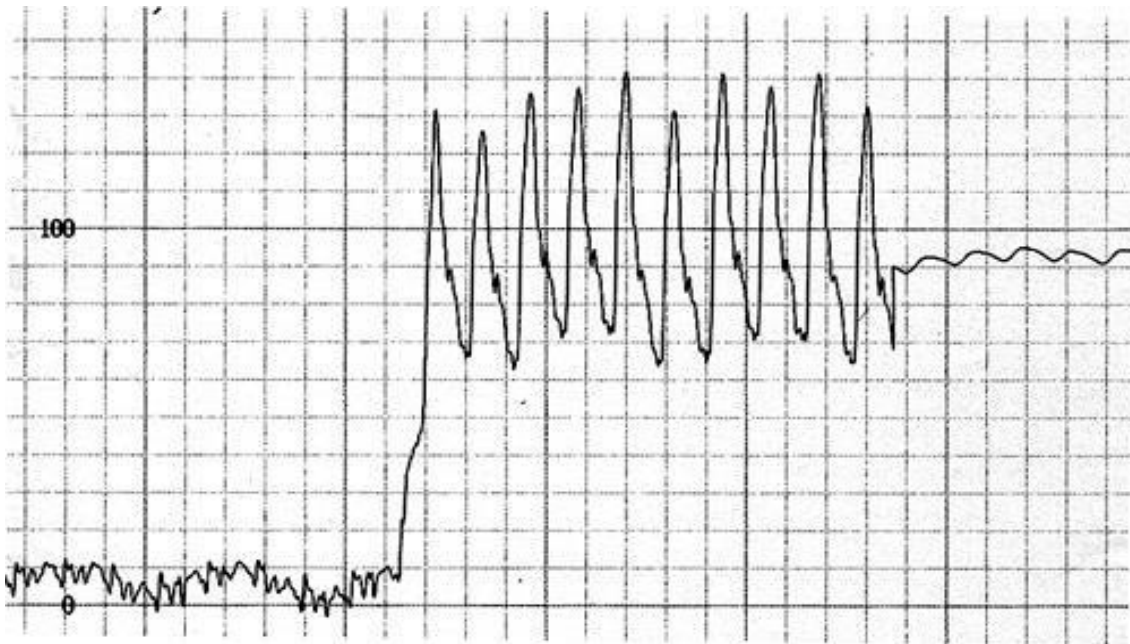


Figure 4 : exemple de courbes enregistrées chez un patient avec une HTP pré-capillaire. La PAPm est égale à 95 mmHg et la PCP est normale à 10 mmHg.

Sur la base de ces paramètres, on distingue deux grands types d'HTP, les HTP pré-capillaires et les HTP post-capillaires (tableau 1).

Tableau 1 : Définitions hémodynamiques des hypertensions pulmonaires (HTP)

Définition	Critères hémodynamiques	Groupes de la classification
précapillaire	PAPm \geq 25 mmHg PCP \leq 15 mmHg	Groupe 1 : HTAP Groupe 3 : HTP associée aux maladies respiratoires Groupe 4 : HTP thrombo-embolique chronique Groupe 5 : HTP multifactorielles
postcapillaire	PAPm \geq 25 mmHg PCP $>$ 15 mmHg	Groupe 2 : HTP des cardiopathies gauches

IV. physiopathologie : (7)

Les cardiopathies congénitales avec shunt gauche-droit et hypertension artérielle périphérique entraînent une surcirculation pulmonaire et une insuffisance cardiaque congestive au début de la période néonatale.

Les symptômes sont la fatigue, la dyspnée, la tachypnée et le retard de croissance dû à la surcharge volumique du ventricule gauche ou du ventricule unique.

De plus, les nourrissons peuvent développer une hypertension artérielle pulmonaire irréversible due à une hypertrophie pariétale des artéioles pulmonaires.

Le principe du cerclage de l'artère pulmonaire est la réduction du diamètre de l'artère pulmonaire principale, la diminution du flux sanguin vers les branches pulmonaires et la réduction de la pression artérielle pulmonaire. On peut s'attendre à une amélioration concomitante de la pression systémique, du débit cardiaque et de la fonction ventriculaire chez les patients présentant un large shunt gauche-droite.

En même temps, le cerclage de l'artère pulmonaire expose le patient au risque d'une faible saturation systémique en oxygène du fait d'un mixing non équilibré entre le sang veineux systémique et veineux pulmonaire, d'une hypertrophie ventriculaire anormale ou d'une obstruction sous-aortique ainsi que de divers degrés de dépression, distorsion des branches et des valves pulmonaires.

V. Indications

1. Indications classiques (8)

Initialement, on suggérait le cerclage des artères pulmonaires chez les patients ayant un seul ventricule fonctionnel c-à-dire ceux qui ont une CIV large ou un ventricule unique. Avec le développement de la chirurgie à cœur ouvert, les CIV symptomatiques étaient plus souvent fermés pendant les opérations à cœur ouvert. Toutefois, comme le risque de fermeture de la CIV chez les nourrissons malades présentant d'autres anomalies est demeuré élevé, le cerclage de l'artère pulmonaire était couramment utilisé comme une intervention palliative pour réduire la pression artérielle pulmonaire et le débit sanguin dans ce groupe d'âge. Néanmoins, on s'est rendu compte des inconvénients d'une bande trop serrée et la distorsion potentielle de la bifurcation pulmonaire et de la valve.

D'autres affections provoquant une hypertension de l'artère pulmonaire ont également été palliées par le cerclage : lésions non cyanogène (anomalie canal atrio-ventriculaire, ventricule à double issues) et les lésions cyanogène, y compris la transposition des grands vaisseaux (TGV) avec CIV, certaines formes d'atrésie tricuspide, tronc artériel, transposition corrigée avec CIV, syndrome cardiaque gauche hypoplasique et atrésie mitrale. Depuis que la réparation primaire précoce de CIV, TGV et plusieurs autres lésions est devenue le traitement de choix, le cerclage de l'artère pulmonaire a été utilisé moins fréquemment. Toutefois, cette dernière tendance n'était pas à l'abri des changements; Le cerclage de l'artère pulmonaire a récemment été utilisé pour «entraîner» le ventricule gauche sous pulmonaire en augmentant sa masse et donc sa compétence systémique en attendant le switch artériel et pour aplatissement/re-conformation du septum inter ventriculaire pour la gestion de la régurgitation tricuspidiene significative avec ventricule droit défaillant

en transposition corrigée. Le CAP aigu peut conduire rapidement à une insuffisance ventriculaire. Une approche plus progressive du CAP peut être nécessaire pour parvenir à un résultat positif.

2. Indications actuelles

a. Communication inter ventriculaire

La plupart des CIV sont soumises à un traitement médical rigoureux en première intention en cas d'insuffisance cardiaque sévère. Si le traitement médical échoue, la fermeture primaire est la préférence. Il y a cependant quelques exceptions dans lesquelles le CAP est indiquée :

- i. Pour plusieurs CIV dans la petite enfance, La chirurgie reste risquée, bien que de nouvelles approches, telle que double patch sandwiching du septum (9), ont été rapportées, avec des résultats encourageants. Certaines CIV musculaires peuvent se fermer avec une hypertrophie musculaire du septum secondaire à un CAP. Les auteurs préféreraient que la réparation soit retardée jusqu'à ce que l'enfant grandisse un peu en vue de fermer les CIV «résiduelle» via l'oreillette droite, avec division de la bande et ventriculotomie droite apicale si nécessaire. La ventriculotomie gauche n'est généralement ni nécessaire ni souhaitable (10). La stratégie de prise en charge peropératoire et postopératoire de toute communication résiduelle importante doit faire partie intégrante de la stratégie de gestion.
- ii. Coarctation de l'aorte avec une CIV large. Chez ces patients, la coarctation de l'aorte est réparée. Si la CIV est large, trois alternatives sont disponibles. Premièrement, la coarctation seule peut être réparée par une thoracotomie gauche et le patient continue à recevoir un traitement médical; si le patient ne sort pas du ventilateur, la CIV est fermé. Deuxièmement, la coarctation de l'aorte est réparée et l'artère pulmonaire est ligaturée par thoracotomie

gauche; La fermeture de la CIV est alors retardée de 3 à 6 mois. Troisièmement, la CIV est fermé et la coarctation est réparée simultanément. Les deux procédures peuvent être accomplies par sternotomie médiane (11-12). Cette réparation concomitante est actuellement l'approche préférée en cas de CIV techniquement fermable et hypoplasie de l'arc. Alternativement, la coarctation est réparée par thoracotomie gauche, le patient est retourné et la CIV fermé par une sternotomie médiane (13). Cette dernière approche est rarement utilisée aujourd'hui, mais l'avantage conceptuel d'éviter un arrêt circulatoire est toujours apprécié. Aujourd'hui, l'opinion générale de terminer la réparation de arc aortique hypoplasique et la coarctation dans les 30 minutes suivant un arrêt circulatoire hypothermique profond est considérée comme «sans danger». Une perfusion cérébrale régionale à faible débit peut également être utilisée pour éviter un arrêt circulatoire.

- iii. CIV compliqué par d'autres anomalies congénitales non cardiaques (par exemple, gros omphalocèle, atrésie de l'œsophage, hernie diaphragmatique, anomalies syndromiques, bébé prématuré de faible poids à la naissance, ou le CIV chez les bébés gravement dénutris et la présence d'une infection grave (sepsis, respiratoire, cutanée) qui ne peut pas être contrôlé à cause de l'insuffisance cardiaque sévère). Le raisonnement est que cet opération pourrait soulager l'insuffisance cardiaque et, par conséquent, améliorer l'état générale de l'enfant, de sorte qu'une procédure ultérieure à cœur ouvert aurait plus de chance de favoriser la réussite du traitement.

b. Transposition des gros vaisseaux

Les indications du CAP pour les patients atteints de TGV ont considérablement changé. À l'origine, le CAP était utilisé chez les patients atteints de TGV et de CIV (14–15); l'opération Mustard ou Senning et la fermeture de la CIV ont été retardés. Cependant, au fil des expériences de chirurgie néonatale, les résultats de l'opération de switch artérielle et de la fermeture du CIV se sont tellement améliorés que, dans plusieurs séries, le jeune âge a cessé d'être un facteur de risque (16–17). Par conséquent, à l'heure actuelle, il n'y a pas d'indication forte de CAP néonatal pour les patients atteints de TGV et de CIV, sauf chez des cas occasionnels présentant plusieurs CIV et d'autres malformations graves non cardiaques. Cependant, le CAP dans le cas des patients cyanosés peut être difficile et une communication atriale sans restriction est essentielle pour un mixing optimal. En outre, il faut prendre soin de ne pas déformer la valve pulmonaire.

Une approche intéressante a été développée par le groupe de Boston (18). Les patients atteints de TGV simple qui se présentent après les 3 à 4 premières semaines de vie subissent la construction d'un shunt systémique – artère pulmonaire et un CAP. Ils sont hospitalisés pendant 7 à 10 jours dans l'unité de soins intensifs, puis une opération de switch artérielle est effectuée. Le ventricule gauche devrait alors être en mesure de soutenir la circulation systémique une fois l'opération de switch artérielle est effectuée. au lieu de CAP et de switch artériels échelonnés, on étendons la limite de temps (jusqu'à 2 mois) pour effectuer switch artériel primaire, avec un soutien circulatoire mécanique postopératoire si nécessaire (19)

Une autre indication du CAP dans le TGV est une insuffisance ventriculaire droite sévère après une opération Mustard ou Senning. L'artère pulmonaire est bandée, sauf si la pression ventriculaire gauche est déjà augmentée (comme dans l'obstruction du tractus de sortie du ventricule gauche associée). L'opération de

switch artériel est ensuite effectuée dans environ 12 mois plus tard, lorsque le VG hypertrophié est jugé adéquat pour maintenir la postcharge systémique(20-21). Cependant, un dysfonctionnement ventriculaire important post-CAP a été noté chez les adolescents.

c. Ventricule à double issue et atrésie tricuspide sans sténose pulmonaire

En absence de sténose pulmonaire, les patients atteints d'un ventricule double issu et atrésie tricuspide qui présentent une insuffisance cardiaque. Une procédure de type Fontan ou connexion cavopulmonaire totale est généralement la seule solution définitive. Les approches par étapes avec une anastomose cavo-pulmonaire supérieure bidirectionnelle (glenn shunt) ou un hémi-Fontan ne sont actuellement pas préférées pour les patients de moins de 3 mois en raison de la résistance vasculaire pulmonaire encore trop élevée. Si le débit sanguin pulmonaire n'est pas diminué et que la pression artérielle pulmonaire n'est pas réduite, la résistance pulmonaire continue d'augmenter. Le CAP est donc indiqué. Il peut être difficile d'obtenir un cerclage adéquat sans provoquer une augmentation de la cyanose. Ces patients présentent un important mixing obligatoire des retours veineux pulmonaire et systémique avec un ventricule prédominant. Le mixing peut être incomplet. Chez certains patients, le débit sanguin pulmonaire peut être donc difficile à évaluer en fonction du degré de cyanose. Cependant, si l'artère pulmonaire n'est pas suffisamment rétrécie, une procédure de type Fontan peut ne pas être possible plus tard. Pour cette raison, une procédure alternative peut être effectuée.

L'artère pulmonaire est complètement obstruée et un shunt de Blalock - Taussig modifié est construit. Cela permettra de réguler le sang pulmonaire et de garantir que la pression artérielle pulmonaire n'est pas excessive. Avec de gros vaisseaux transposés concomitantes et la coexistence de coarctation aortique / arc aortique hypoplasique, on préfère une procédure de type Norwood ou Damus - Kaye

- Stansel avec un shunt systémique et pulmonaire dans le premier cas. Ceci est basé sur le développement potentiel d'une CIV restrictif avec "sténose sous-aortique attribué, ce qui pourrait compromettre la stratégie de Fontan ultérieure. Cependant, Daenen et al.(22) ont été incapables de démontrer que ces modifications secondaires de l'hypertrophie ventriculaire et des modifications dysplasiques de la valvule pulmonaire de la valve pulmonaire étaient un inconvénient majeur dans la stratégie d'une procédure Damus - Kaye - Stansel ou de Fontan.

d. Hypoplasie du cœur gauche (HCG)

Le concept chirurgical, avec CAP bilatérale, précédé de stentendovasculaire du canal artériel perméable, est appliqué de manière très sélective dans le cadre de la stratégie de Norwood pour la gestion du HCG. Cette nouvelle approche, associée à une septectomie ou une septostomie auriculaire, a été décrite en premier par (23) Gibbs et al. (1993). Il a été utilisé chez des nouveau-nés très malades atteints de HCG pour améliorer l'hémodynamique avant une procédure de Norwood de stade 1 retardée (24). Une autre option envisageable serait de proposer une approche alternative comme un traitement alternatif Norwood. Ce stade combiné comporterait alors un shunt de Glenn bidirectionnel, une reconstruction majeure des artères pulmonaires et de l'arc aortique. Alternativement, cette approche palliative offre l'opportunité d'une transplantation cardiaque après une période d'attente prolongée en raison de la faible disponibilité des cœurs des nourrissons (25).

e. Autres indications CAP :

Le ventricule droit double issu, le tronc artériel et la communication atrio-ventriculaire complète ont été en grande partie abandonnés au profit d'une réparation complète précoce. Dans des circonstances spéciales (telles que celles décrites pour la CIV, une communication atrio-ventriculaire à présentation tardive avec hypertension pulmonaire, des valvules atrio-ventriculaires chevauchantes et une discordance atrio-ventriculaire), un CAP peut être envisagée.

VI. Technique opératoire

1. Approche

L'approche dépend du type de lésion sous-jacente. Les auteurs ont l'habitude de parler de la thoracotomie latérale gauche à travers

Le troisième ou le quatrième espace intercostal. Cette approche ne permet pas la fermeture du CAP et la réparation de la coarctation de l'aorte si elle est présente. Une sternotomie médiane peut être utilisée chez les patients présentant une transposition complexe, certaines formes de ventricule droit à double issu et un syndrome d'hypoplasie du cœur gauche, lorsque le cerclage doit éventuellement être réalisé, ainsi qu'une septectomie auriculaire. Nous commençons souvent une perfusion de dopamine ($5\mu\text{g} / \text{kg} / \text{min}$) avant le cerclage de l'artère pulmonaire si la pression systémique est basse. Cependant, les inotropes sont utilisés avec prudence, car ils peuvent modifier l'équilibre entre les résistances systémique et vasculaire pulmonaire. Un cathéter de surveillance artérielle est toujours inséré, car les modifications de la pression systémique sont utilisées pour évaluer l'efficacité de la formation de cerclage avec la surveillance de la saturation en oxygène.

a. Technique Thoracotomie gauche

Habituellement, (26) le troisième espace intercostal est ouvert et le canal ou ligament artériel est disséqué et ligaturé (Figure 5.1).

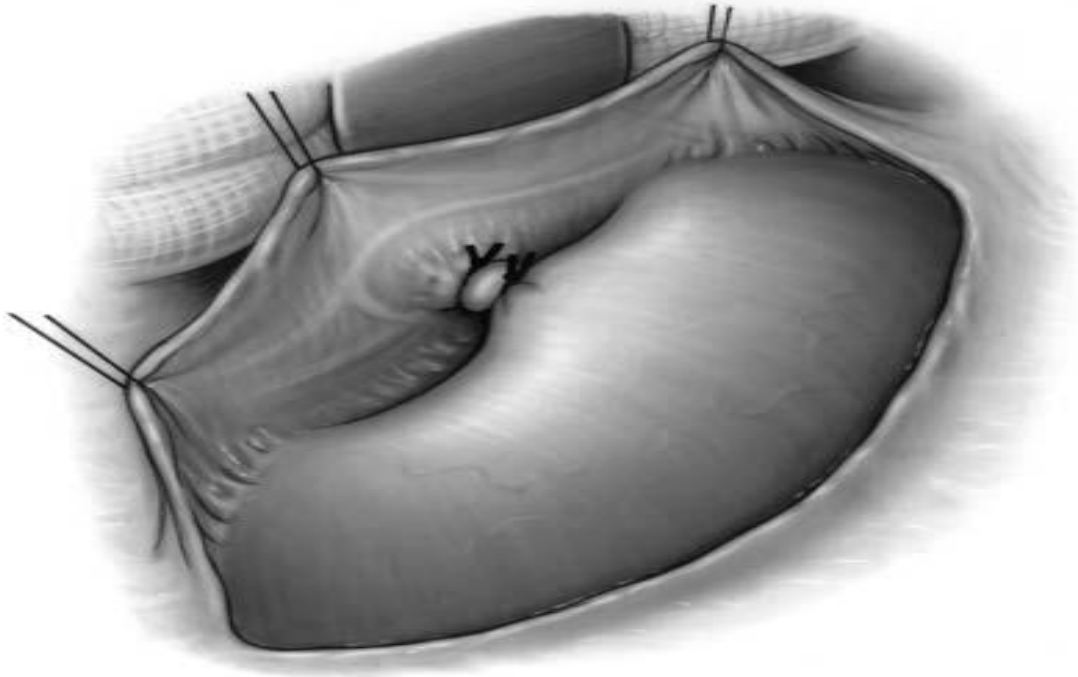


Figure 5.1

Si la coarctation de l'aorte est présente, elle est réparée. Le poumon est rétracté postérieurement et le péricarde est ouvert devant le nerf phrénique. Il peut être nécessaire de disséquer partiellement le thymus du péricarde afin d'obtenir un accès adéquat à la fois à l'aorte et à l'artère pulmonaire. L'exposition est également facilitée en retirant l'extrémité de l'appendice auriculaire gauche du champ opératoire avec une ligature en soie fine (Figure 5.2).

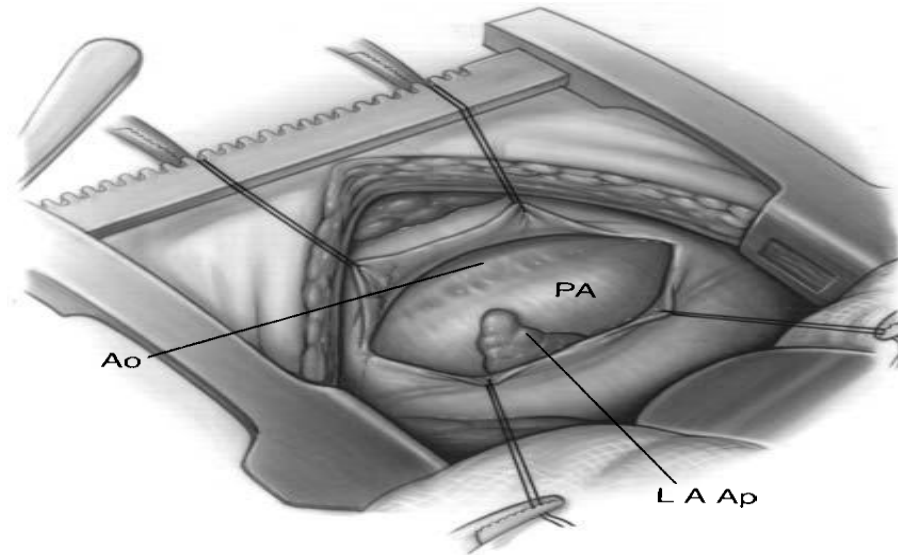


Figure 5.2

L'espace entre l'aorte et l'artère pulmonaire est disséqué. Il faut prendre soin d'éviter ou de coaguler la petite veine qui passe entre les deux vaisseaux. Une ligature en bande ombilical en soie épaisse (1,2 mm) ou en coton de 3 mm est ensuite passée autour de l'artère pulmonaire (Figure 5.3)

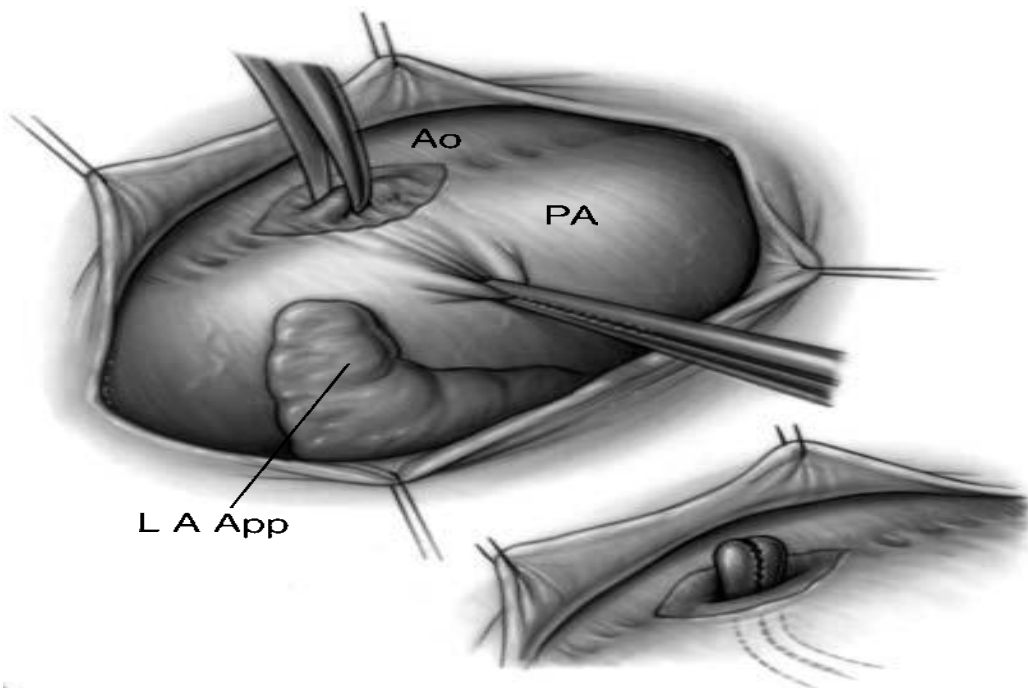


Figure 5.3

à l'aide d'un dissecteur à tenon droit de Denis Browne (Figure 5.4).

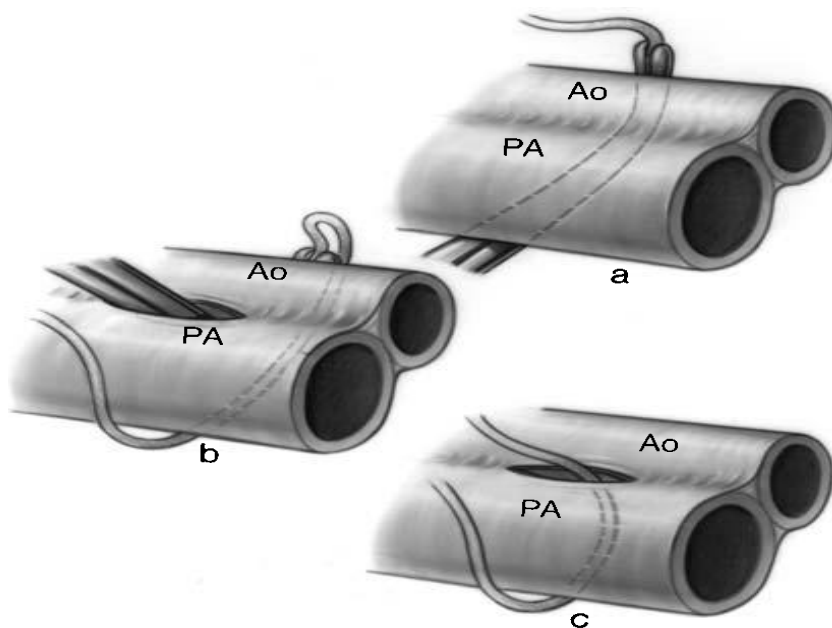


Figure 5.4



Figure 5.5

La dissection directe de l'artère pulmonaire s'avère difficile, la ligature / bande peut être passée plus facilement par la technique de soustraction (Figure 5.5). Une épaisse ligature / bande de soie ou du ruban adhésif passe par le sinus transversal autour des deux vaisseaux, puis amenée sous l'aorte. Le chirurgien doit vérifier soigneusement que la ligature / la bande a été passée autour de l'artère pulmonaire principale et non pas uniquement autour de l'artère pulmonaire gauche. Les poumons sont ensuite libérés et ré-élargis, et le patient est hyperventilé pendant quelques minutes. Lors de la procédure de cerclage, le patient est ventilé avec 50% d'oxygène; Les gaz sanguins sont contrôlés avant et après la formation de bandes, ou le patient est surveillé à l'aide d'un oxymètre de pouls. Une suture à cordonnet est placée sur l'artère pulmonaire principale ou gauche distale. Le poumon est doucement rétracté sans être complètement comprimé, l'aiguille de contrôle de la pression est insérée dans l'artère pulmonaire et la ligature en bandes est lentement attachée (Figure 5.6) ou le ruban de coton est rétréci par étapes à l'aide de deux agrafes (encadré, figure 5.6).

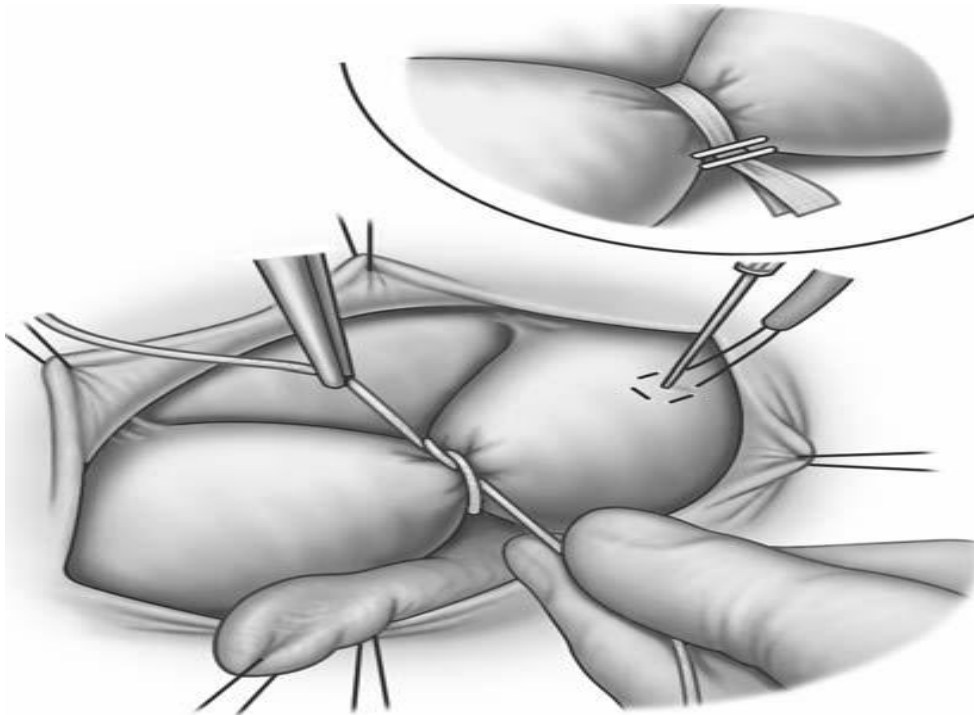


Figure 5.6

Pour mieux comprendre cette technique, Les images suivantes (27) permettent de mieux l'illustrer :

Une thoracotomie latérale gauche est réalisée dans le troisième ou le quatrième espace intercostal afin d'exposer l'aorte(figure 6).

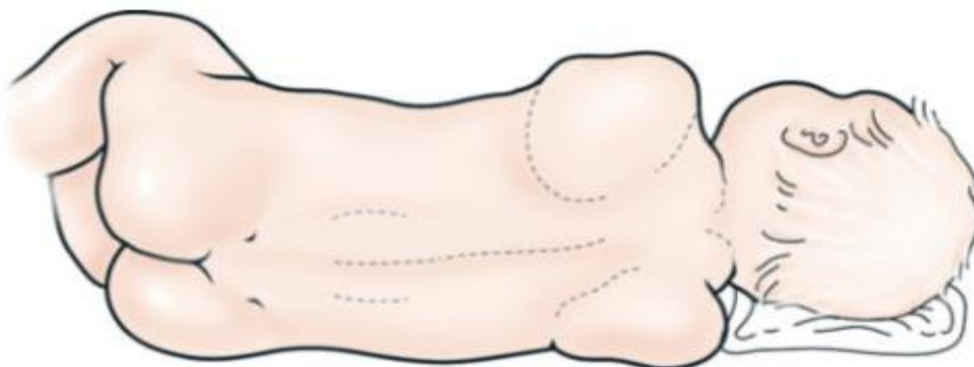


Figure 6

L'artère pulmonaire est exposée par une incision dans le péricarde antérieur au

nerf phrénique. Des sutures de rétraction placées dans le péricarde facilitent l'exposition de l'artère pulmonaire principale et de l'aorte ascendante (figure 7).

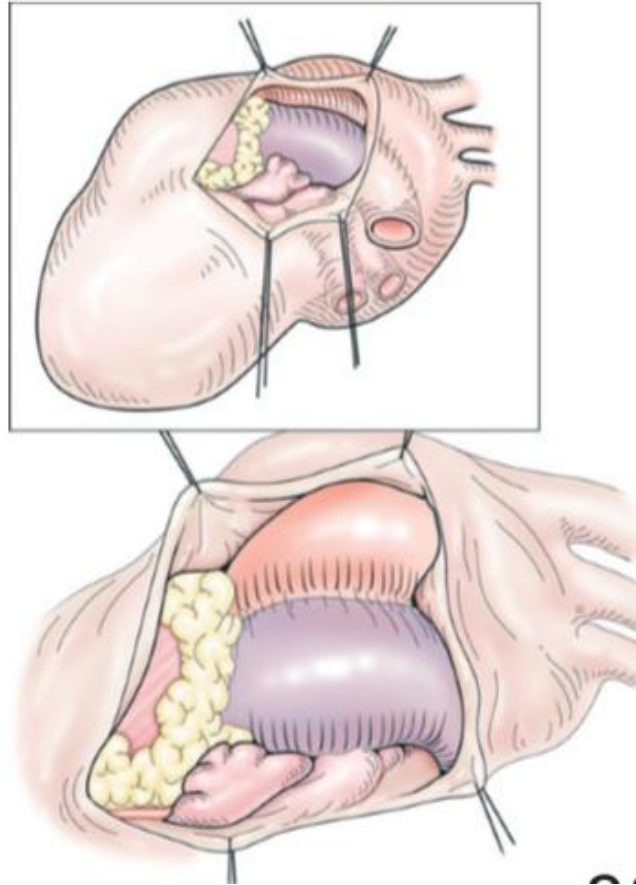


Figure 7

Une pince incurvée passe dans le sinus transversal et un ruban adhésif, placé au préalable dans la circonférence appropriée de la bande selon la formule de Trusler, entoure l'aorte et les artères pulmonaires (figure 8)

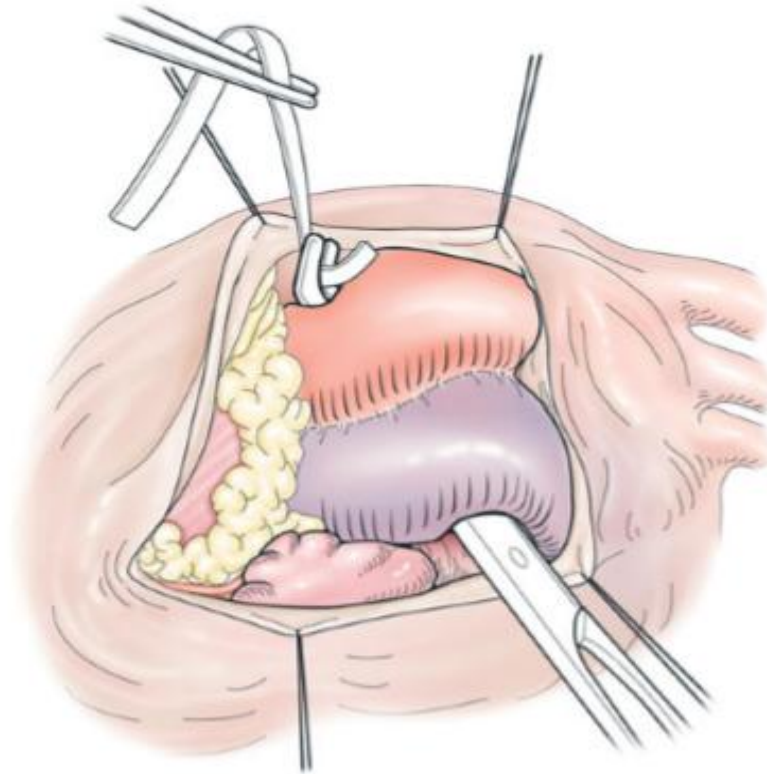


Figure 8

Un plan est soigneusement disséqué entre l'aorte et l'artère pulmonaire principale pour pénétrer dans le sinus transverse sous visualisation directe. La dissection est réalisée dans un plan proche de la paroi postérieure de l'aorte, minimisant les risques de lésion de la branche droite de l'artère pulmonaire lors du passage à proximité de l'aorte postérieure(figure 9)

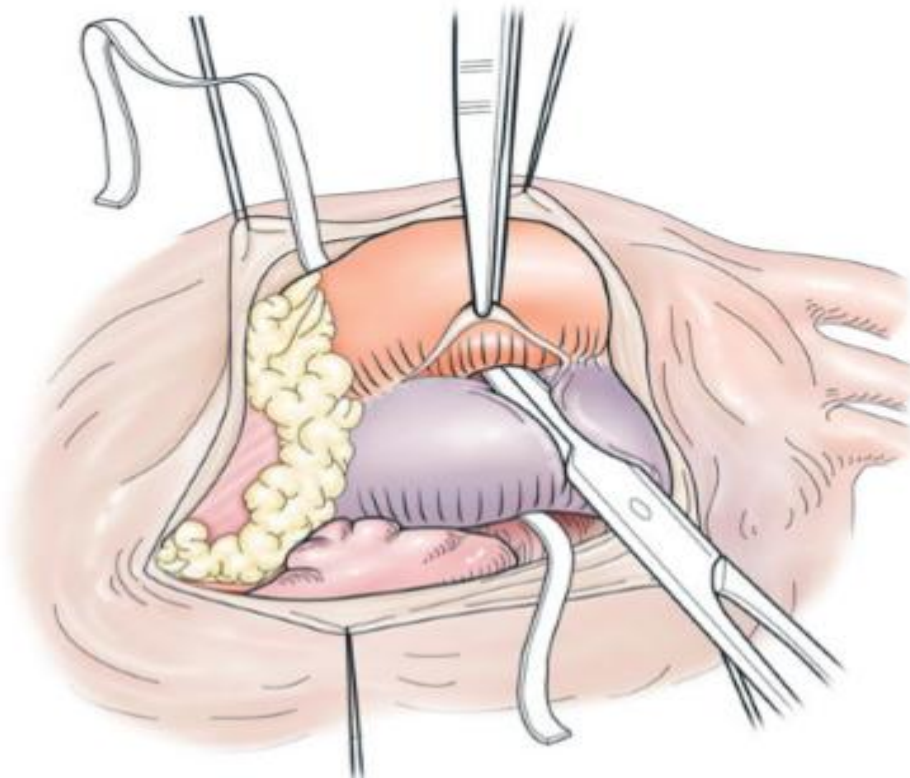


Figure 9

La pince est ensuite insérée autour de l'aorte seule pour saisir le ruban et exclure l'aorte(figure 10).

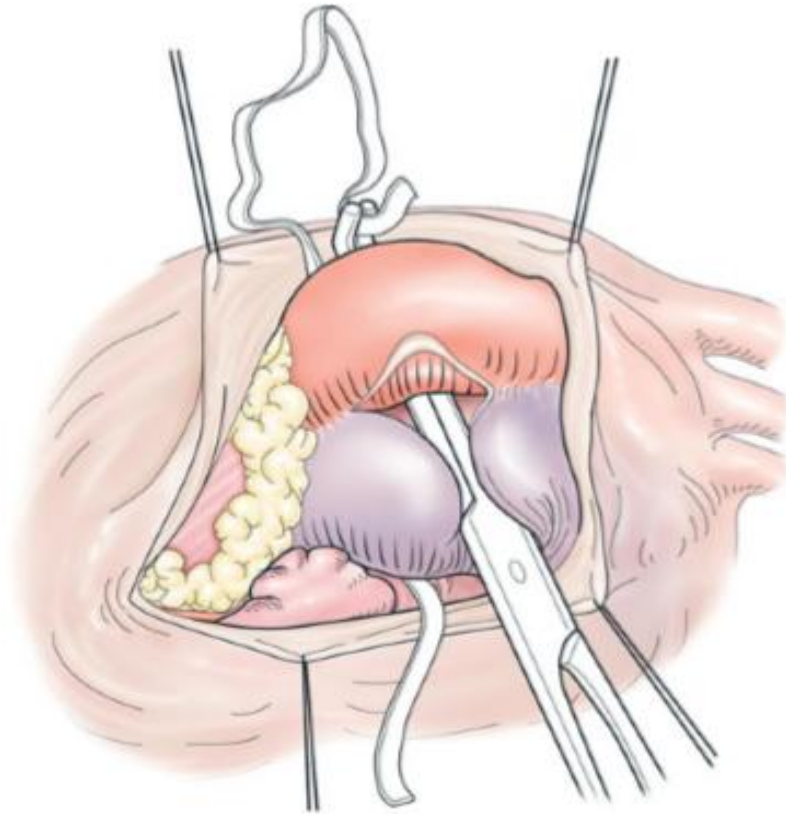


Figure 10

Cette technique a pour effet d'encercler l'artère pulmonaire sans passer aveuglément autour de sa paroi mince (figure 11).

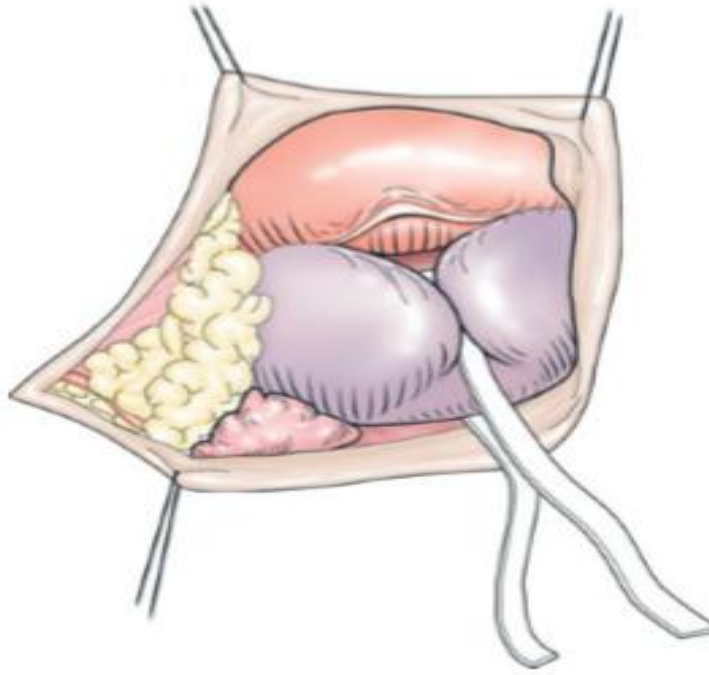


Figure 11

28 Une suture en prolène est ensuite placée à travers la bande aux points marqués pour bien serrer la bande. Des mesures directes de pression pré et post-bande sont effectuées, des tracés de ligne artérielle périphérique et des déterminations oxymétriques du pouls sont observées. Des sutures supplémentaires sont placées à travers la bande pour ajuster son étanchéité à l'objectif de pression artérielle pulmonaire post-bande égale à la moitié de la pression systémique, tout en préservant des saturations en O₂ supérieures à 80%. La cyanose ou la bradycardie suggère que la bande devrait être desserrée (figure 12).

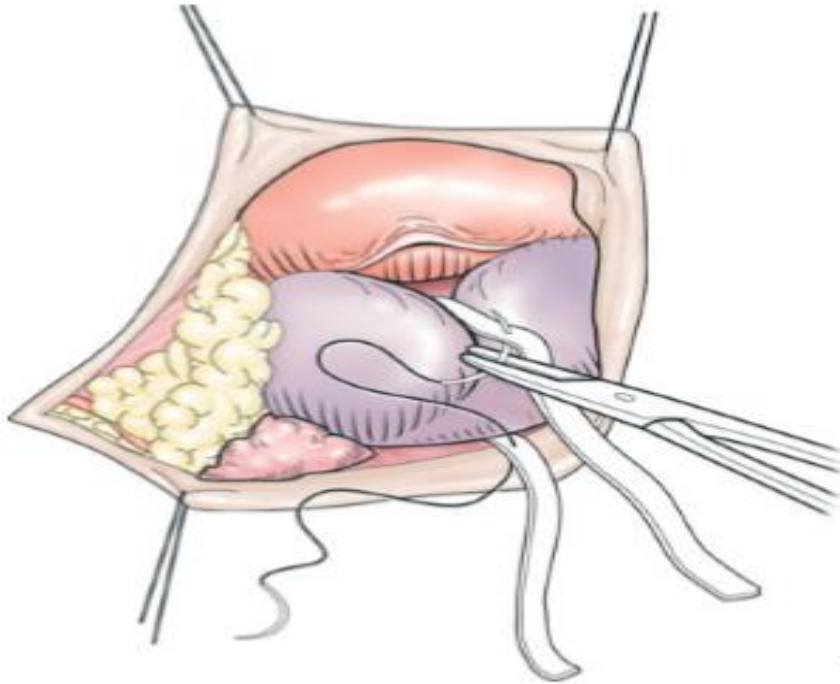


Figure 12

Après un ajustement satisfaisant, la bande est fixée à l'adventice de l'artère pulmonaire avec plusieurs points de suture pour empêcher sa migration. Le péricarde est à nouveau rapproché et la thoracotomie fermée (figure13).

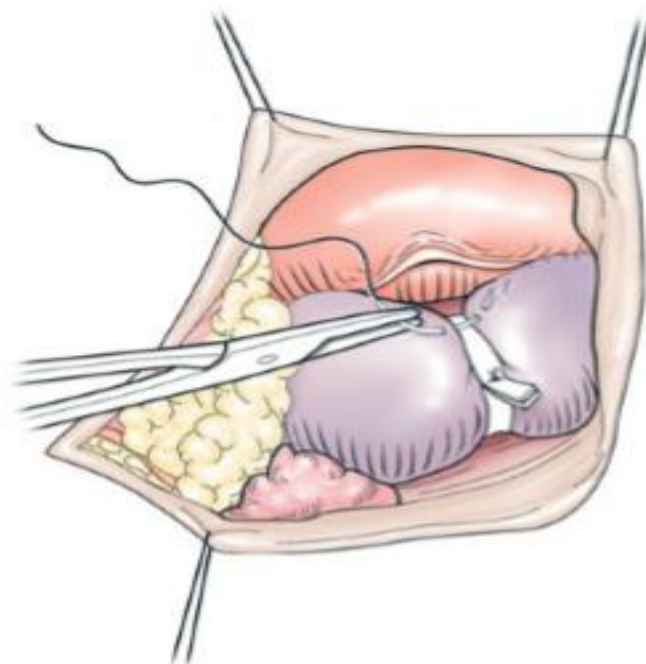


Figure 13

b. Sternotomie médiane

Cette technique a acquis une certaine popularité en raison de l'avantage de la facilité d'accès, en particulier dans le cadre de transposition des gros vaisseaux, d'une interférence minimale avec la ventilation au moment du cerclage et d'une incision chirurgicale pour les procédures échelonnées ultérieures. Le tiers supérieur du tiers inférieur du péricarde antérieur est ouvert et le canal artériel ou le ligament artériel est toujours ligaturé (28).

L'approche de sternotomie (29) est utilisée lorsque des interventions aortiques concomitantes nécessitant une thoracotomie, telles que la réparation d'une coarctation, ne sont pas indiquées. La sternotomie médiane permet une exposition plus précise et plus sûre de l'artère pulmonaire principale et de ses branches pour le positionnement de la bande. La sternotomie médiane étant l'incision la plus souvent nécessaire pour les palliations par étapes ou les réparations anatomiques futures (figure 14), cette approche présente l'avantage supplémentaire de ne laisser au patient qu'une cicatrice. L'artère pulmonaire principale est mobilisée circonférentiellement.

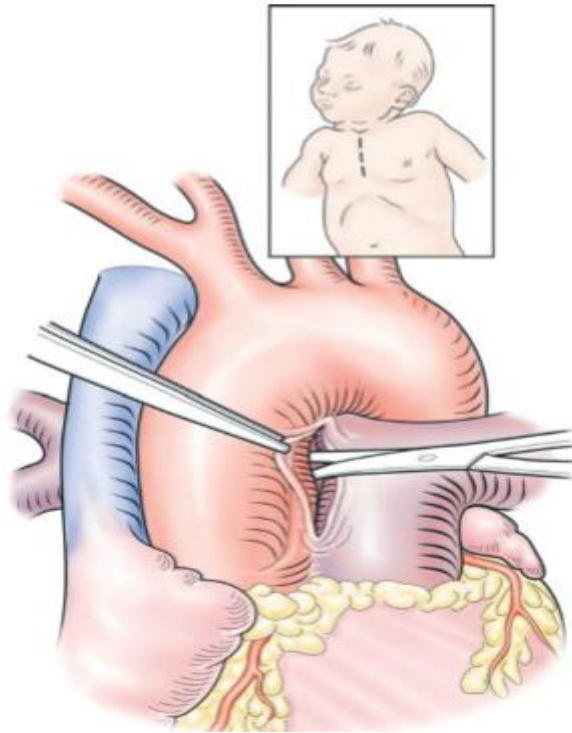


Figure 14

Le matériel de la bande de l'artère pulmonaire, pré-marqué à la circonférence estimée par la formule de Trusler, passe autour du segment mobilisé (figure 15)

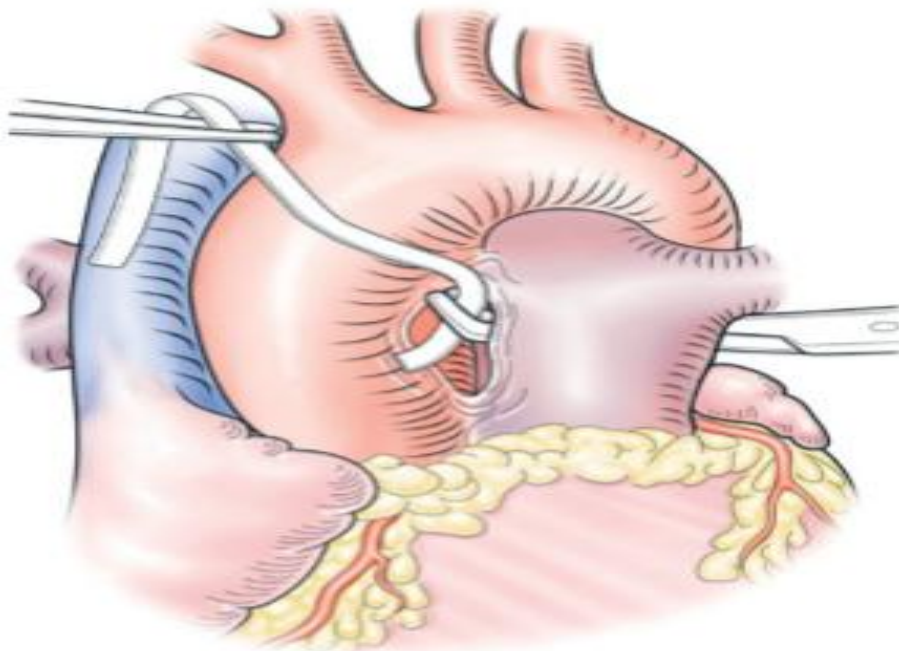


Figure 15

Une suture Prolene est passée à travers la bande aux points prémarqués et sérés (figure 16).

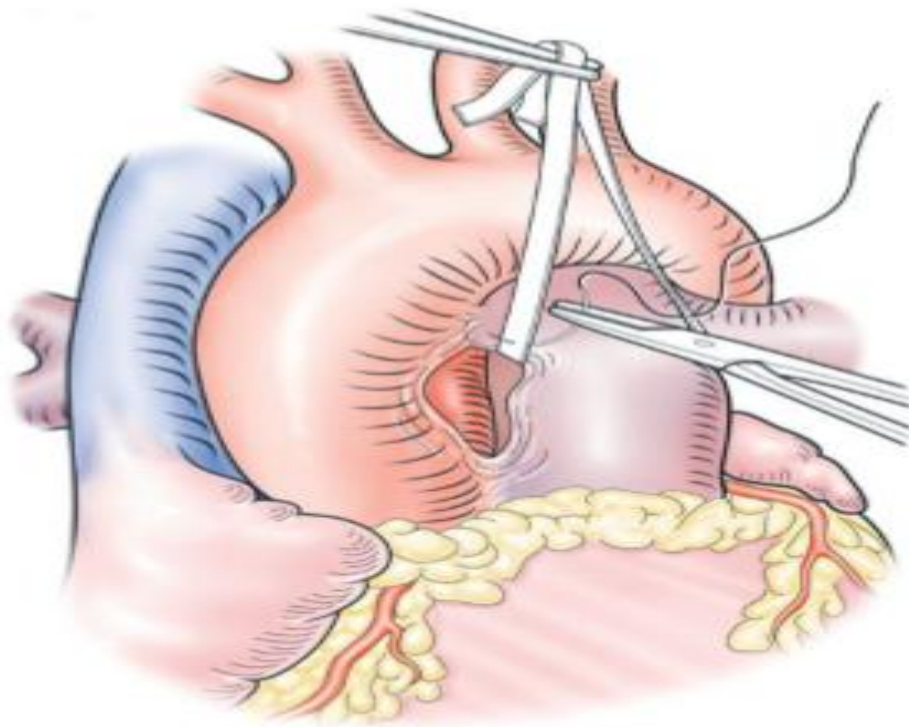


Figure 16

Des mesures directes de pression pré et post-bande sont effectuées, des tracés de ligne artérielle périphérique et des déterminations oxymétriques du pouls sont observés. Des sutures supplémentaires sont placées à travers la bande pour ajuster son étanchéité (figure 17) à l'objectif de pression artérielle pulmonaire post-bande égale à la moitié de la pression systémique, tout en préservant des saturations en O₂ supérieures à 80%. La cyanose ou la bradycardie suggère que le bandeau devrait être desserré.

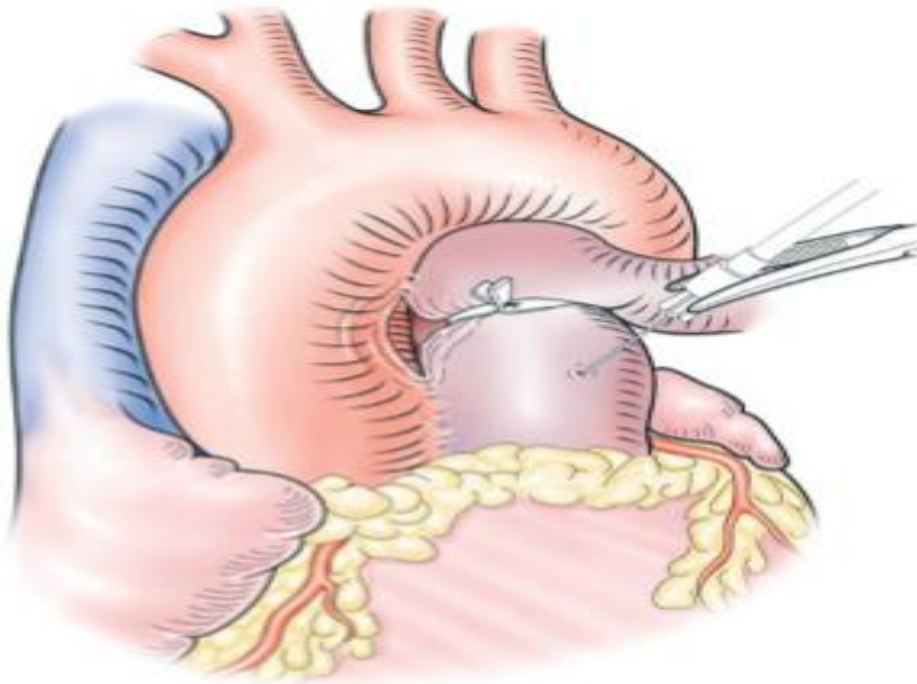


Figure 17

La bande est positionnée à un point suffisamment proximal pour ne pas toucher l'origine des branches des artères pulmonaires. Les sutures adventitielles sécurisent cette position et empêchent la migration des bandes (figure 18).

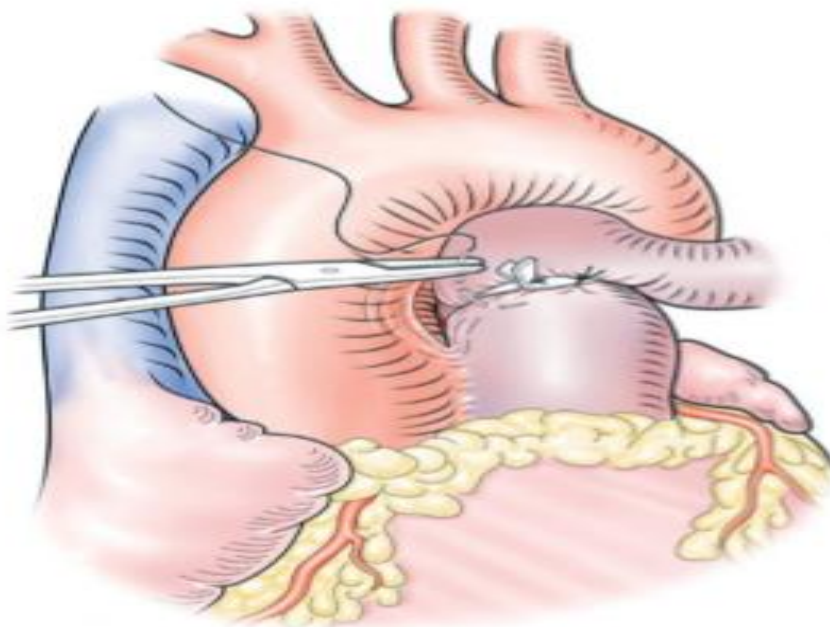


Figure 18

la branche droite de l'artère pulmonaire prend généralement son origine à proximité de la branche gauche, et sous un angle plus aigu (figure 19).

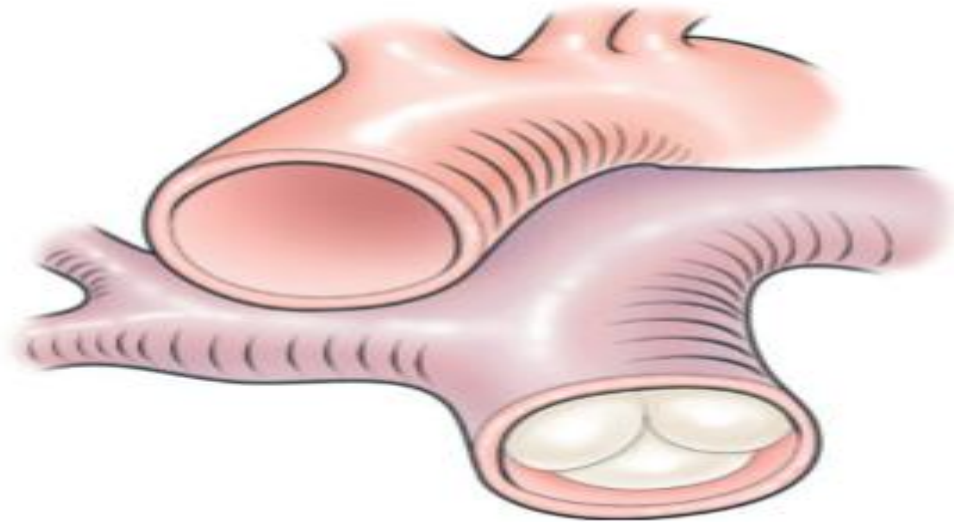


Figure 19

Même une légère migration de la bande peut entraîner une occlusion partielle ou complète de la branche droite de l'artère pulmonaire et une limitation du débit à gauche (figure 20).

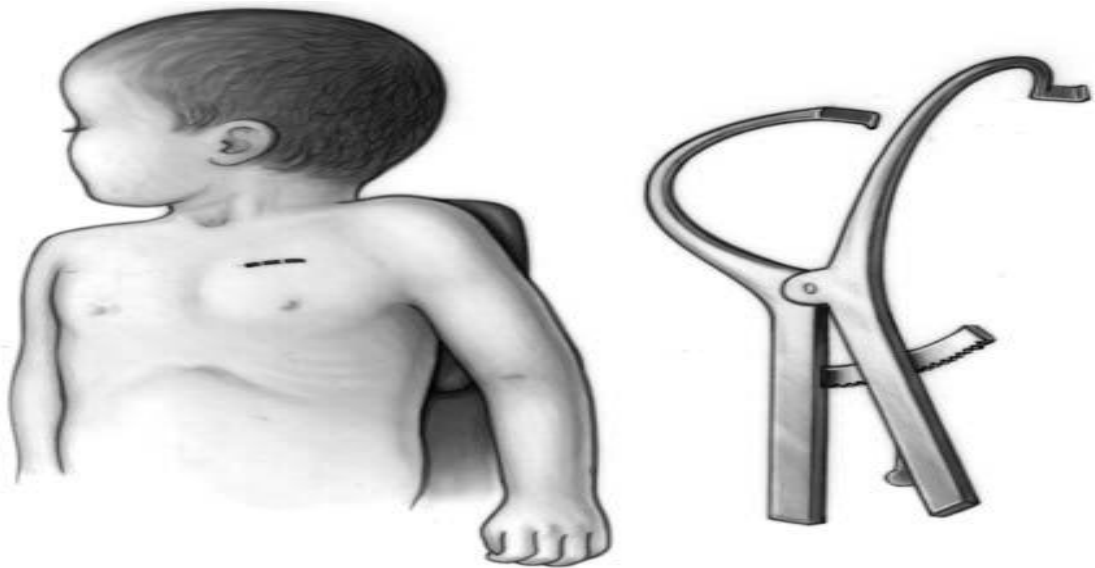


Figure 20

Un mot d'avertissement: avec le cerclage de l'avant, le band lui-même peut être beaucoup plus proche de l'artère pulmonaire droite que prévu.

c. Approche extrapleurale antérieure (30)

Chez les prématurés et certains petits enfants dénutris, les auteurs ont eu recours à une approche antéro extrapleurale à travers le troisième espace intercostal. Le nourrisson est placé sur la table d'opération en décubitus dorsal avec une petite serviette sous l'épaule gauche. Une petite incision se situe juste au-dessous de la clavicule gauche (figure 5.7) et le troisième espace intercostal est ouvert. Les côtes sont écartées et la plèvre est poussée latéralement. Il est parfois nécessaire de réséquer le lobe gauche du thymus. Le péricarde est ensuite ouvert et un excellent accès à l'artère pulmonaire principale et au CAP est obtenu (Figure 5.8). Le cerclage est effectué et le péricarde est ensuite fermé (Figure 5.9).

**Figure 5.7**

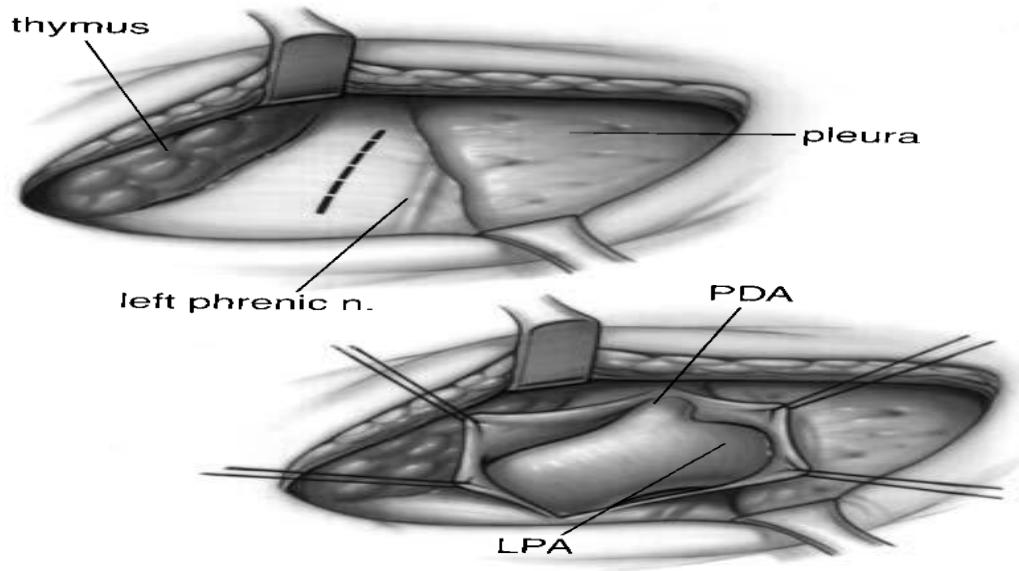


Figure 5.8

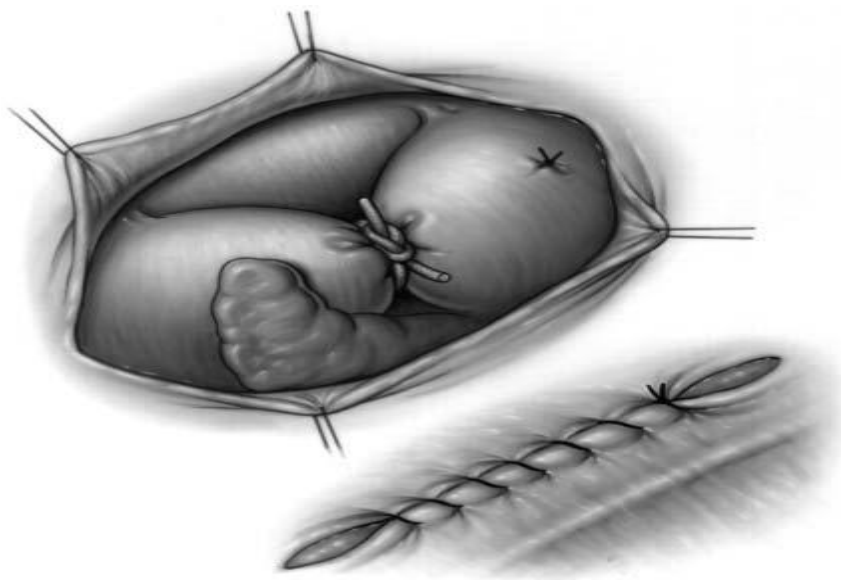


Figure 5.9

2. Le degré du cerclage de l'artère pulmonaire

Le degré de constriction dépend de la lésion cardiaque sous-jacente. Le principe consiste à équilibrer le débit sanguin systémique et pulmonaire. Une attention particulière doit être accordée aux caractéristiques physiopathologiques uniques du patient présentant une circulation ventricule unique fonctionnelle (31). Sur la base des principes exposés par Barnea et al. (1998) (32), en supposant une saturation en oxygène veineux pulmonaire de 96%, pour atteindre une saturation en oxygène veineux mixte de 70%, la saturation en oxygène aortique appropriée pour une délivrance systémique optimale en oxygène est légèrement supérieure à 80%. Pour le cerclage dans le contexte d'un cœur ventricule unique fonctionnel.

Pour la CIV, le but du CAP est de réduire la pression de l'artère pulmonaire distale par rapport à la bande proche de la pression systolique normale de 30 mmHg. Un autre très bon guide pour évaluer le degré de rétrécissement consiste à suivre les modifications de la pression systémique, du pouls et de la saturation en oxygène. Alors que l'artère pulmonaire est en train de se rétrécir, la pression systémique commence à s'élever, alors que la pression artérielle pulmonaire est en baisse. Le degré optimal de constriction est atteint lorsque la pression systémique atteint un plateau, généralement une augmentation de 10 à 20 mmHg sans bradycardie ni désaturation en oxygène au-delà de 90 ° C. Une nouvelle constriction serait dangereuse car cela imposerait une charge supplémentaire aux ventricules et une ischémie sous-endocardique pourrait survenir. Trusler et Mustard (1972) (33) ont calculé la longueur optimale de la bande à partir du poids du corps de l'enfant en utilisant une bande de polytétrafluoroéthylène de 4 mm (Teflon) marquée, imprégnée de silicone polymérique (Silastic). Si le cerclage est effectué pour le cœur biventriculaire, 20 mm + poids en kg et pour les malformations cardiaques complexes, il est de 24 mm + poids en kg.

Lorsque le degré optimal de constriction est atteint, un second nœud est placé sur la ligature. Un nœud carré sur ce matériau plutôt épais garantit que la ligature ne se détachera pas et que le degré de sténose pourra être maintenu. Alternativement, un à deux agrafes doivent être fixés sur un ruban adhésif, avec une suture de 6-0 en Prolene. L'aiguille de surveillance est retirée de l'artère pulmonaire, la suture de ponction est attachée et tout le sang est soigneusement aspiré de la cavité péricardique. La bande elle-même est fixée à l'artère pulmonaire principale proximale avec deux sutures de 6-0 en prolene pour empêcher toute migration de la bande. Le péricarde est fermé et une petite ouverture, supérieure et inférieure, est laissée pour le drainage (Figure 5.9). Chez les très petits nouveau-nés et chez certains patients présentant des lésions cardiaques cyanogènes, ce degré de constriction peut augmenter considérablement la cyanose. Pour cette raison, un degré de formation de bande plus doux est prévu, la pression systolique dans l'artère pulmonaire distale étant d'environ 40 mmHg, soit environ la moitié de la pression systémique. Dans les lésions cyanogènes, il est utile de vérifier la pression artérielle en oxygène (pO₂) et la saturation avant et après la formation de bandes. L'objectif n'est pas de réduire la pO₂ artérielle en dessous de 30 mmHg (4 kPa). Lorsque la pO₂ artérielle est mesurée, il est important que l'anesthésiste maintienne la fraction d'oxygène inspiré constante (généralement 0,5) et que les poumons ne soient pas trop comprimés ou sur-ventilés. Si l'artère pulmonaire est cerclée en préparation de l'opération de switch artérielle chez un patient atteint d'un TGV simple, un shunt de 4 mm est ajouté (34). Cependant, ce type d'approche rapide en deux temps du TGV simple qui se présente "tardivement" n'est pas une approche standard.

3. Matériel utilisé pour le cerclage de l'artère pulmonaire

Depuis la description originale de Muller et Dammann (1952)(36), différents matériaux ont été suggérés et interdits. Il s'agit de : bande ombilicale, dacron, teflon, silastique et ligature en soie. (36-37-38) ont suggéré une bande ajustable. Lors de la sélection du matériel du cerclage, le chirurgien doit prendre en compte deux facteurs: (a) la facilité d'application et de réglage; et (b) la facilité avec laquelle la bande peut être retirée par la suite.

Stark et al. (1972) ont évalué plusieurs matériaux utilisés (39-40) pour le cerclage (ligature en soie, bande de polytétrafluoroéthylène de 3 mm et 7 mm, bande de nylon et ruban ombilical de coton) sur de jeunes porcelets. L'atteinte de la paroi pulmonaire était liée au degré de sténose mais pas aux matériaux utilisés. Une ligature de soie, en raison de la facilité d'application, a été utilisée avec succès. Une autre option est d'utiliser bande de coton avec des agrafes pour ajuster l'étanchéité du cerclage. Cette dernière technique a été favorisée par les auteurs récemment en raison de la simplicité de la bande et de la facilité avec laquelle la constriction est ajustée. De plus, le décerclage peut être effectué par une technique interventionnelle si indiqué.

Autres approches de la CAP

On a récemment manifesté un certain intérêt pour la réduction du nombre d'interventions chirurgicales par l'application d'une bande de tronc pulmonaire résorbable ou d'une bande susceptible d'être gonflée lors du cathétérisme cardiaque d'intervention.

a. CAP résorbable

Le concept est attrayant, mais son impact clinique est limité. Une étude de cas réussie de l'utilisation d'une «bande de polydioxanone résorbable » en tant que bande dans l'atrésie tricuspide pour induire une CIV restrictive a été publiée (41).

Cependant, l'intégrité de la bande, avec les sutures résorbées ou la perte de résistance à la traction prématurée, conduisant à un écoulement sanguin pulmonaire élevé, est toujours un risque.

b. CAP dilatable

On a effectué, chez quatre patients, une constriction de l'artère pulmonaire avec une bandelette ombilicale en coton sécurisée avec agrafes et décerclé par une angioplastie par ballonnet au même cathéter que la fermeture de la communication interventriculaire musculaire. On pense que cette approche pourrait jouer un rôle utile à l'avenir dans ce sous-groupe de patients soigneusement sélectionné, qui conviennent à la fermeture de la CIV tout en nécessitant une palliation chirurgicale initiale (CIV).

c. CAP ajustable

Fishman et Roe ont suggéré l'utilisation d'une bande ajustable en 1971(42). Récemment, ce concept attrayant a été radicalement ravivé par l'application du CAP ajustable télémétrique, actionné à l'aide d'une unité de contrôle externe qui transmet l'énergie au FloWatch CAP implantée. Les commandes peuvent encore réduire ou libérer la bande, en utilisant une source de radiofréquence (43). Cette nouvelle méthode permet de sélectionner les enfants avec cardiopathies complexes. L'utilisation de cette technologie peut éliminer le besoin d'une réopération précoce. L'expérience de cette technique est limitée.

4. Considérations particulières (52)

a. Transposition des grandes artères présentant un défaut septal ventriculaire

Il est très rare de recourir au CAP pour cette affection. Cependant, par souci de complétude, le principe est décrit ci-dessous. Avant le cerclage, le chirurgien doit s'assurer que la communication inter auriculaire est adéquate. Si ce n'est pas le cas, elle peut être produite par une septostomie atriale à ballonnet. Le cerclage en l'absence d'une communication interauriculaire adéquate peut augmenter la cyanose à un niveau inacceptable. Pour cette raison, lors du regroupement des patients cyanosés, les auteurs surveillent la pO₂ artérielle et la saturation artérielle ainsi que la réduction de la sédimentation au moins en moins de 30 mmHg (4 kPa).

b. Ventricule à double issue et atrésie tricuspide

A l'heure actuelle, on préfère une procédure de type Fontan pour ces lésions jusqu'à ce que les patients atteignent l'âge de 2 à 4 ans. Chez les nourrissons symptomatiques, nous essayons d'améliorer l'insuffisance cardiaque congestive et de prévenir le développement de l'hypertension de l'artère pulmonaire. Un équilibre délicat entre un cerclage excessif et inadéquat peut être difficile. En pratique, il est préférable de privilégier les bandes serrées. Si la bande devient trop serrée avec la croissance, un shunt bidirectionnel de Glenn ou un shunt systémique - pulmonaire peut être créé avant que l'âge optimal pour une procédure de type Fontan ne soit atteint. Si, toutefois, la bande reste trop lâche, un certain degré d'hypertension pulmonaire peut persister et entraîner le développement d'une hypertension de l'artère pulmonaire constituée. Même une augmentation modérée des résistances artérielles pulmonaires peut rendre le succès de l'opération de Fontan impossible. Certains de ces bébés avec un débit sanguin pulmonaire augmenté peuvent présenter une obstruction systémique coexistante au niveau sous-aortique (par exemple,

restriction au niveau de la CIV ou avec ventricule à double issue et discordance des connexions ventriculo-artérielles). Dans ces circonstances, le syndrome sténo-juvéno-abdominal peut être exagéré par la CAP.

c. Absence de connexion auriculo-ventriculaire gauche

Si le CAP est pris en compte, une septectomie auriculaire est indiquée. La septostomie auriculaire à ballonnet n'est souvent pas adéquate dans le contexte d'un shunt G - D obligatoire. La Détermination du CAP optimale peut être difficile après un pontage cardiopulmonaire. Il faut viser la saturation en oxygène dans les 70. Les poumons s'amélioreraient après le pontage et la PaO₂ augmenterait. Cependant, il peut être nécessaire de refaire le CAP.

d. Cerclage chez les très petits nourrissons

Les très petits nourrissons dénutrit nécessitent une attention particulière. Si le cerclage réussit et que l'insuffisance cardiaque est soulagée, l'enfant pourra commencer à bien se nourrir et grandira assez rapidement. Dans ces circonstances, la bande, qui était acceptable au moment de l'opération, peut devenir trop serrée. Il peut être nécessaire de procéder à une réparation et à un décerclage rapide.

VII. Complications

Diverses complications du CAP ont été décrites. Certains sont potentiellement évitables en faisant attention aux détails chirurgicaux. La bande peut traverser l'artère pulmonaire (44–45). Ceci est rare chez les nouveau-nés et les petits enfants. Si cette coupe est aiguë, des saignements mortels peuvent survenir. Si elle est plus progressive avec un CAP prolongé in situ, le degré de constriction pulmonaire peut devenir inadéquat en raison de l'étanchéité progressive de la bande érosive à travers la paroi artérielle pulmonaire, et une hypertension de l'artère pulmonaire peut se développer à la suite d'un débit sanguin pulmonaire élevé insoupçonné. L'infection sur le site du cerclage est une autre complication possible et grave.

Des modifications de la paroi de l'artère pulmonaire (46) et de la valve pulmonaire (47) ont été rapportées. Freed et al. (48) ont observé le développement d'une obstruction du tractus de sortie du ventricule gauche après le cerclage. La fermeture spontanée de la CIV après le cerclage (49–50), ainsi que la destruction massive (thrombose) de l'artère pulmonaire (51) ont également été rapportés. La migration de la bande vers la bifurcation de l'artère pulmonaire peut conduire à une distorsion et à une réduction du rétrécissement d'une seule artère pulmonaire, ce qui nécessite une reconstruction au moment de la réparation intracardiaque. Infection pouvant survenir par un anévrisme

Sur le site du cerclage est une autre complication possible grave. La compression des voies respiratoires peut également coexister.

VIII. Reconstruction des artères pulmonaires après cerclage (décerclage)(53)

On sait par expérience que le cerclage peut être enlevé et que l'artère pulmonaire est dilatée en même temps que la réparation définitive si la réparation de la CIV est effectuée dans les 2 à 3 mois suivant le CAP. Après un intervalle plus long, on a jugé nécessaire de reconstruire l'artère pulmonaire afin d'éviter les gradients résiduels. Nous avons utilisé trois techniques:

1. Retrait de la bande plus angioplastie (Figure 5.10a).
2. Retrait de la bande plus patch (Figure 5.10b).
3. Résection du segment de l'artère pulmonaire avec l'anastomose de bout en bout (la technique préférée) (Figure 5.10c, figure 5.10d(54), figure 5.10e(55)).

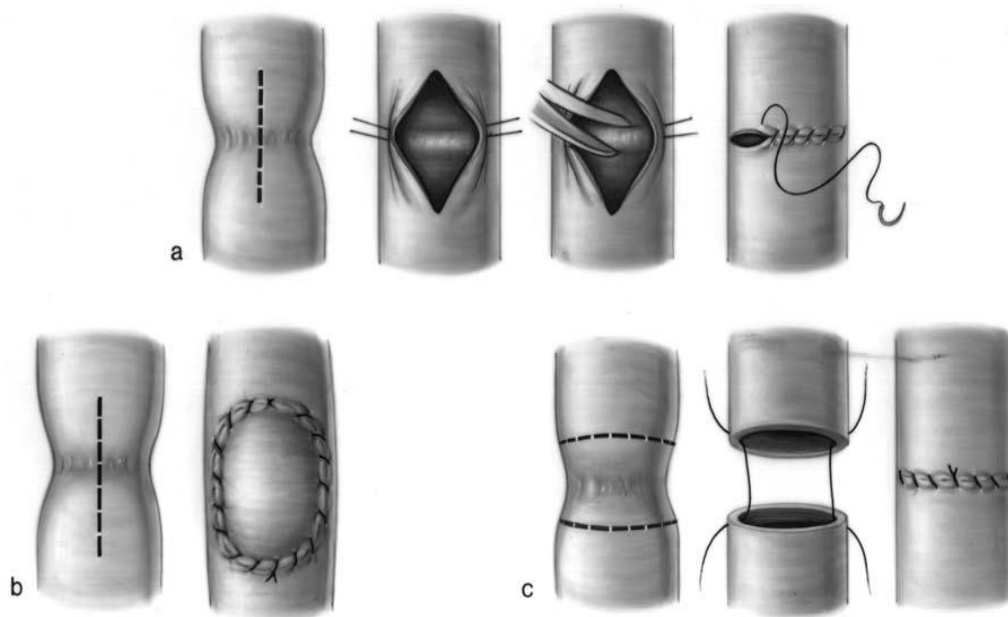


Figure 5.10

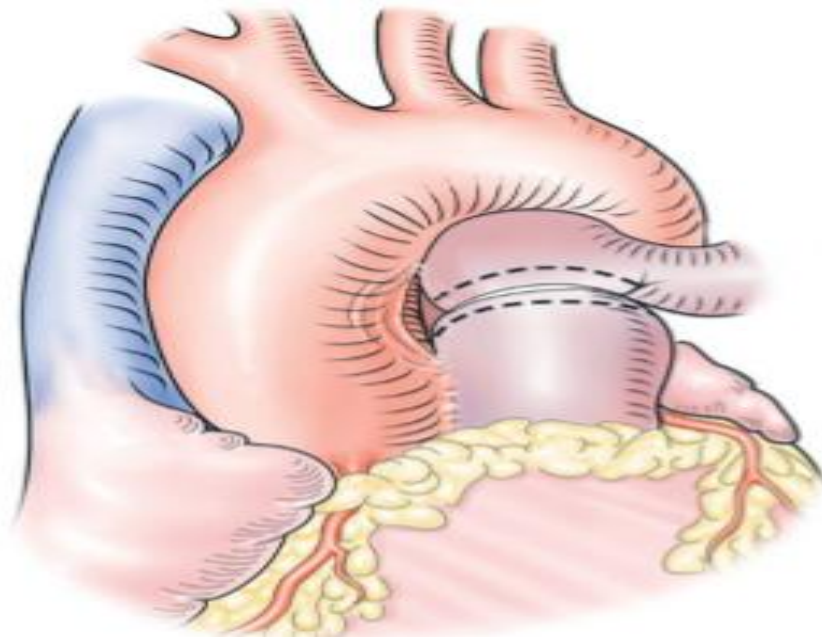


Figure 5.10d

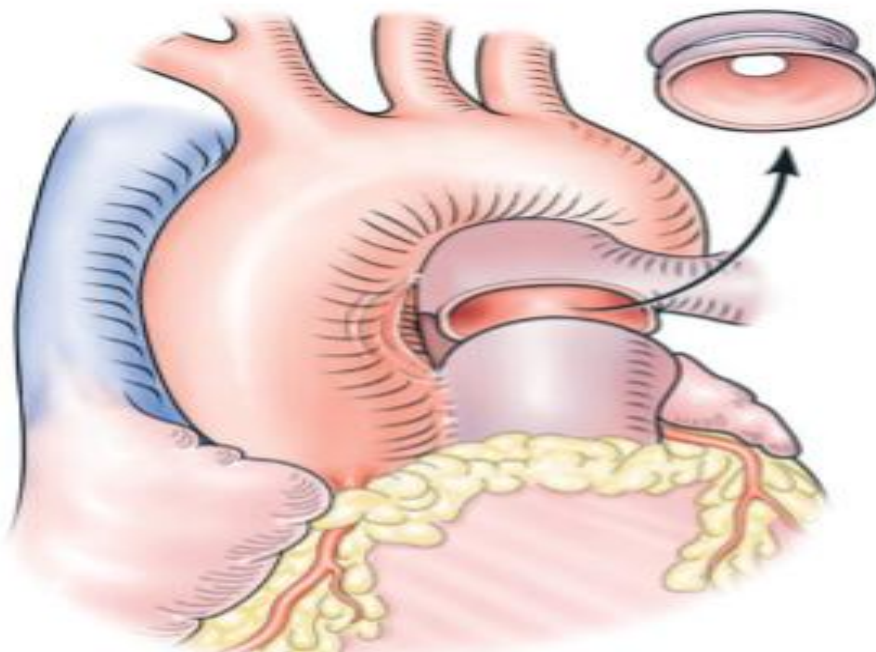


figure 5.10e

Au moment de l'opération correctrice, nous disséquons l'artère pulmonaire après avoir établi la circulation cardiopulmonaire. L'artère pulmonaire est ouverte sur la bande et, si possible, la bande est partiellement ou totalement retirée. Un rayon provoqué par la bande située sur la paroi postérieure de l'artère pulmonaire peut devoir être excisée et la zone non recouverte est recouverte d'une fine couche de

matériel fin de monofilament. Dans certains patients, l'artère pulmonaire est large, des sutures longitudinales peuvent être fermées transversalement (Figure 5.10a).

Si l'angioplastie ne soulage pas suffisamment la sténose, le rayon est excisé et un patch de péricarde ou de GoreTex est cousu sur place (Figure 5.10b). Cette procédure procure généralement un soulagement satisfaisant. En raison de la possibilité de turbulence résiduelle et de gradients sur le site de formation de bandes, nous préférons une technique de résection et d'anastomose de bout en bout. L'artère pulmonaire est disséquée et le segment court de l'artère avec la bande est réséqué (Figure 5.11). Une anastomose de bout en bout est ensuite réalisée par des points continus de sutures Prolene 5-0 ou 6-0 (Figure 5.11). Étant donné que la taille de l'artère pulmonaire au moment de la réparation totale est généralement adéquate, on peut utiliser un point continu sans interruption. Une excellente reconstruction de l'artère pulmonaire est réalisée.

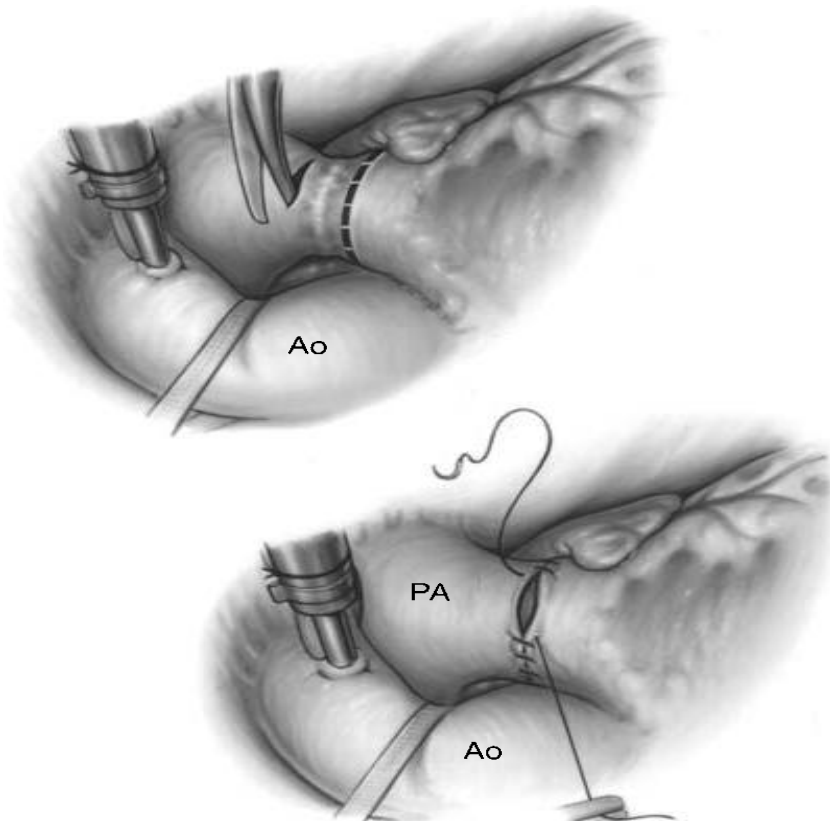


Figure 5.11

PARTIE PRATIQUE

MATERIEL ET METHODE

I. Matériel

Il s'agit d'une étude rétrospective portant sur 44 cas, ce sont des malades des deux sexes et d'âge différents ayant bénéficiés du cerclage de l'artère pulmonaire durant une période de 8 ans allant du janvier 2011 jusqu'au mai 2019 pour des cardiopathies chirurgicales pédiatriques suivies à l'unité médicochirurgicale cardio pédiatrique au CHU HASSAN II FES, diagnostiquées par échographie, ils ont été regroupées selon leur physiopathologie en deux groupes:

Groupe I: cardiopathies congénitales avec shunt gauche-droite, incluant la communication interventriculaire (CIV) et le canal atrioventriculaire (CAV) + HTAP.

Groupe II : cardiopathies congénitales complexe incluant l'atrésie tricuspide (AT), la transposition des gros vaisseaux (TGV), le cœur univentriculaire (VU) et le ventricule droit à double issu (VDDI) ou autres + HTAP.

II. Méthodes

La collection des données cliniques et opératoires des malades opérés est faite à partir :

- Du registre informatisé des cardiopathies pédiatriques.
- Du système informatisé intégré Hozix.
- Du registre du service de réanimation mère-enfant RME.
- Archive des comptes rendu opératoires.

L'exploitation des renseignements cliniques, para cliniques et thérapeutiques en utilisant les deux logiciels: Excel 2013 et EPI INFO.

La fiche d'exploitation utilisée est si dessous :**Fiche d'exploitation**

Identité:

Sexe: M / F

Age:

Type de cardiopathie :

Clinique:

Signes fonctionnels:

* cyanose : 0 / 1 * dyspnée: 0 / 1 * fatigabilité: 0 / 1

* refus de tété: 0 / 1 * bronchopneupathie à répétition : 0 / 1

Signes physiques:

* déformation thoracique: 0 / 1 * souffle cardiaque: 0 / 1

* poids: * taille: * retards staturo-pondéral:

* syndrome d'HTAP: * insuffisance cardiaque :

Echocardiographie:

Traitement:

Traitement médical en pré-opératoire:

- diurétiques: - digitaliques: - inhibiteurs de l'enzyme de conversion:
- bétabloquants: - autres:

Actes de chirurgie:

- voie d'abord : thoracotomie latéral gauche sternotomie
- taille de l'artère pulmonaire:
- circonférence théorique de cerclage: 2, mm (poids)
- largeur retenue de cerclage:
- étude hémodynamique en per-opératoire: Avant cerclage/ Après cerclage

Pression artérielle pulmonaire

PAPS / PAPD / PAM / Pression artérielle systémique

PAS / PAD / PAM / SPO2 /

- tolérance de cerclage: FC SPO2 contractilité
- événement per-opérateur:
- séjour en réanimation:

EVOLUTION:

>>amélioration

*clinique: - régression des signes fonctionnels: - reprise de poids:

*paraclinique: échographie de contrôle

- gradient transcerclage:
- pression pulmonaire:
- diamètre de l'AP:
- cerclage trop serré:
- cerclage lâche:
- cerclage vicieux :

>>Complications:

*immédiate:

- mortalité per-opérateur : - Hémorragie :
- hémothorax:
- Etat de choc
- pneumopathies
- SDRA:

*à court terme:

- Décès
- sténose de l'AP:

- trouble de conscience

PRESENTATION DE L'UNITE

MEDICOCHIRURGICALE CARDIOPEDIATRIQUE

l'unité médicochirurgicale est fonctionnelle entre :

service de pédiatrie : cardiologie pédiatrique

service de réanimation mère enfant

service de chirurgie pédiatrique

service de radiologie

Infrastructure hospitalière cardiopédiatrique

Exploration cardiologique : ETT, ETO, holter ECG, Holter TA

8 lits d'hospitalisations cardiopédiatrie préopératoire

une salle opératoire : 2 pompes de CEC

8 lits de réanimations + pompe ECMO + ECHOGRAPHE

8 lits d'hospitalisation postopératoires chirurgicale

une salle de cathétérisme cardiaque

Services Hospitaliers	
Service de Pédiatrie Hôpital Mère-Enfant, CHU Hassan II Fès	Pr Mustapha HIDA : Chef de service
	Pr Samir ATMANI: Cardiologue pédiatre
	Pr Mustapha HARANDOU : Chef de service
Service d'anesthésie -Réanimation Hôpital Mère-Enfant, CHU Hassan II Fès	Pr Ismail LABIB : Anesthésiste-réanimateur
	Pr Adnane BERDAI Anesthésiste-réanimateur
Service de Chirurgie Pédiatrique Hôpital Mère-Enfant, CHU Hassan II Fès	Pr Youssef ABOUABDILAH : Chef de Service
	Pr Mustapha EL KOUACHE : Chirurgie Cardiovasculaire
Service de radiologie (salle de cathétérisme cardiaque)	Pr Mustapha EL Maaroufi : chef de service Pr Meryem Boubou : Chef de service

RESULTATS

I. Données épidémiologiques :

Le groupe I fait de La CIV large unique + HTAP et le CAV + HTAP représente les pathologies les plus fréquentes dans notre série avec un total de 31 malades soit 70.46%, avec une nette prédominance de la CIV qui a été retrouvée chez 24 malades soit 77.42% du groupe I alors que la CAV a été retrouvée chez 7 malades soit 22.58% du groupe I et 15.90% du total.

Le tableau suivant décrit la répartition des malades ayant une CIV selon les anomalies associées :

Tableau 2 : la répartition des malades ayant une CIV selon les anomalies associées

	Nombre	%/ total de CIV	% / groupe I	%/total
CIV isolé	15	62.5	48.39	34.09
CIV+CIA	7	29.16	22.58	15.90
CIV+CA	2	8.34	6.45	4.57
TOTAL	24	100	77.42	54.56

Le groupe II est fait de La TGV + HTAP, AT + HTAP, VU + HTAP et VDDI + HTAP qui sont moins fréquentes dans notre série par rapport au groupe I avec un total de 13 malades soit 29.54% de notre série.

Tableau 3 : la répartition des malades du groupe II.

	Nombre	/ groupe II	/ total
TGV	6	46.16	13.64
AT	1	7.70	2.27
VU	3	23.07	6.82
VDDI	3	23.07	6.82
TOTAL	13	100	29.54

1. Nombre de cas par an :

Le maximum de patients sont opérés pendant les deux premières années ; 21 patients soit 47.72% et cela intéresse essentiellement le premier groupe puis on remarque une réduction de l'activité chirurgicale en 2013 et le nombre est devenu variable depuis 2014.

Tableau 4 : le nombre de cas opéré par an pour chaque groupe pendant la durée d'étude.

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
I	8	10	1	1	1	4	3	2	1	31
II	0	3	1	2	2	1	2	0	2	13
Total	8	13	2	3	3	5	5	2	3	44

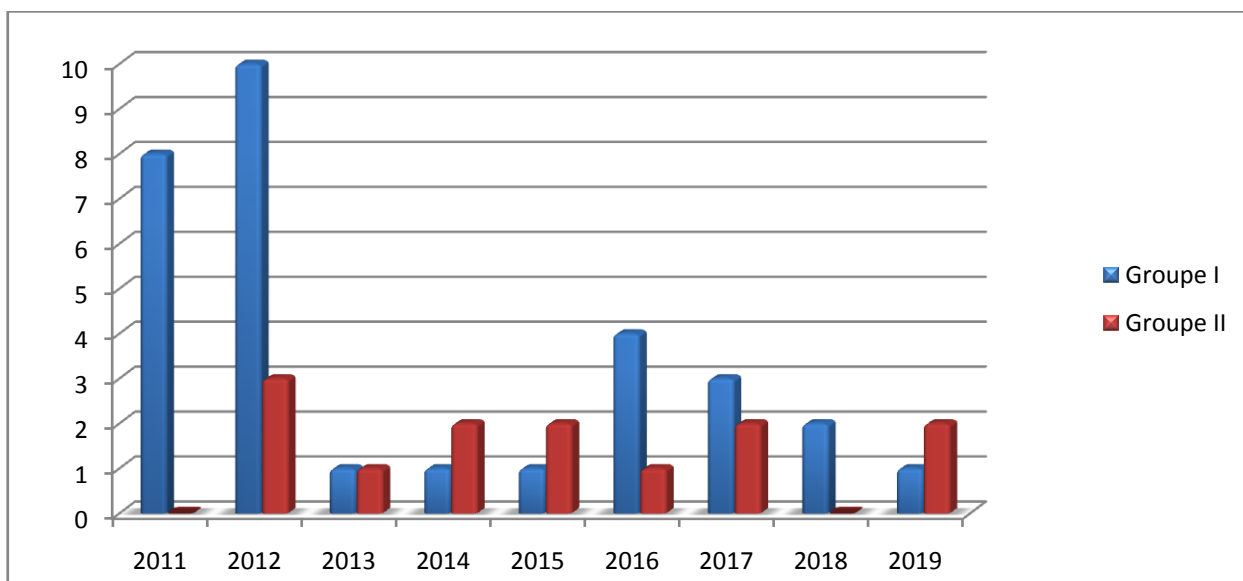


Figure 21: évolution par an du nombre de cas ayant bénéficié du cerclage de l'artère pulmonaire au service du 2011 au 2019

2. l'Age:

La moyenne d'âge est de 11.34 mois, 10.35 mois pour le 1^{er} groupe et de 13.69 mois pour le 2^{ème} et la médiane est de 11 mois.

L'âge des patients variait entre 2 mois et 11 ans, on a réparti les patients de chaque groupe selon quatre tranches d'âge (l'âge de l'intervention). Cette répartition est variable ; presque la moitié des malades du groupe I soit 48.39 %a entre 6 et 12 mois et 22.58 % ont moins de 6 mois alors que 38.48 % des malades du groupe II ont entre 12 et 24 mois et 30.76 % ont plus de 2 ans.

Tableau 5 : moyenne d'âge.

	Groupe I	Groupe II	Total
Age	10.35 mois	13.69 mois	11.34 mois

Tableau 6 : la répartition des malades des deux groupes selon les tranches d'âge en mois.

	âge < 6		6 < âge < 12		12 < âge < 24		Age > 24	
	Nb	%	Nb	%	nb	%	Nb	%
Groupe I	7	22.5	15	48.39	6	19.35	3	9.68
		8						
Groupe II	2	15.3	2	15.38	5	38.48	4	30.76
		8						
Total	9	20.4	17	38.65	11	25	7	15.9
		5						

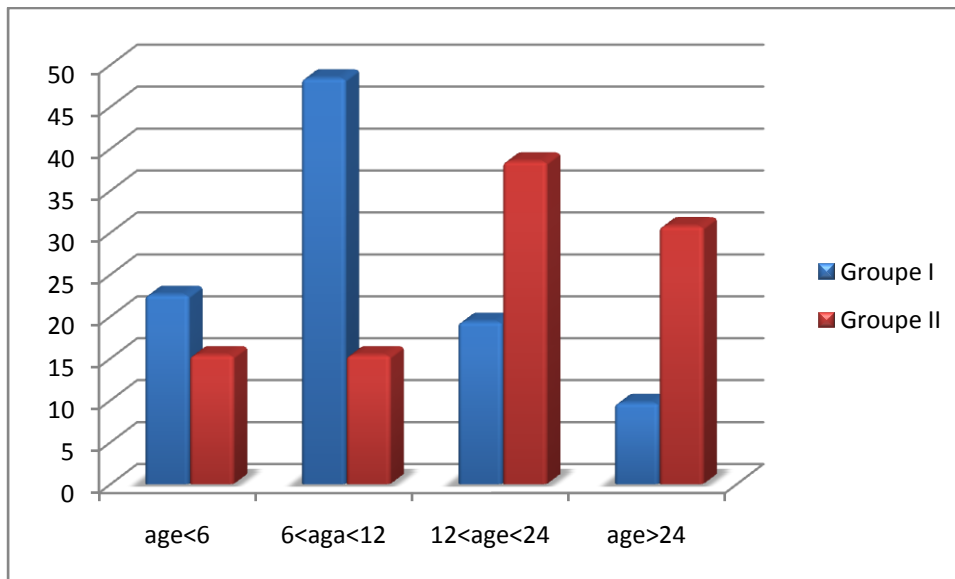


Figure 22:répartition des malades selon les tranches d'âge en mois

3. sexe :

44 malades ont bénéficié du cerclage de l'artère pulmonaire, avec un sexe ratio de 1.3 ; 25 garçons soit 56.8% pour 19 filles soit 43.2%, cette répartition est variable dans chaque groupe on note une prédominance de garçons dans le 1 er groupe qui est absente dans le deuxième.

Tableau 7 : la répartition de sexe et le sexe ratio

	garçons		Filles		Sex ratio
	Nb	%	Nb	%	
Gr I	19	61.29	12	38.71	1.58
Gr II	6	46.15	7	53.85	0.85
Total	25	56.82	19	43.18	1.32

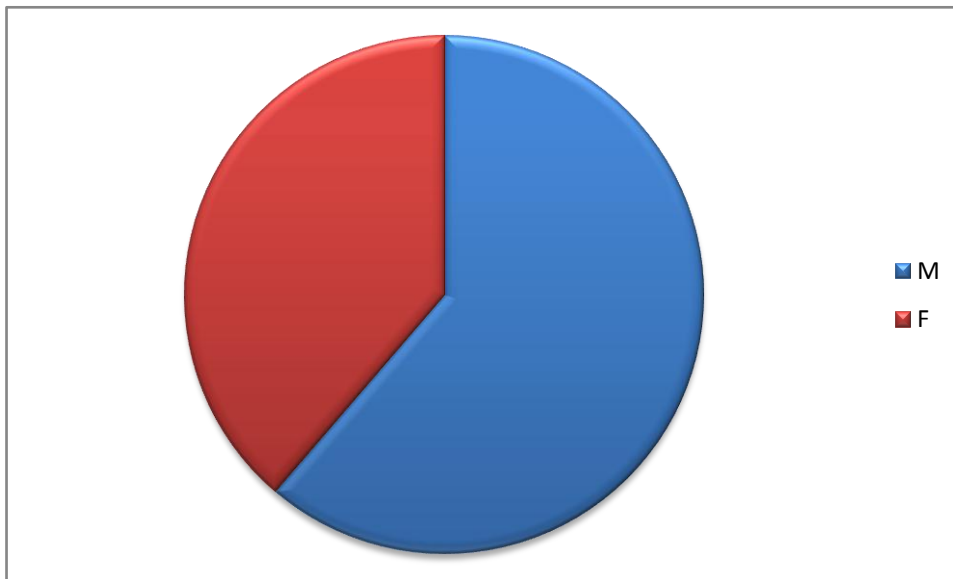


Figure 23 : répartition du sexe du groupe I

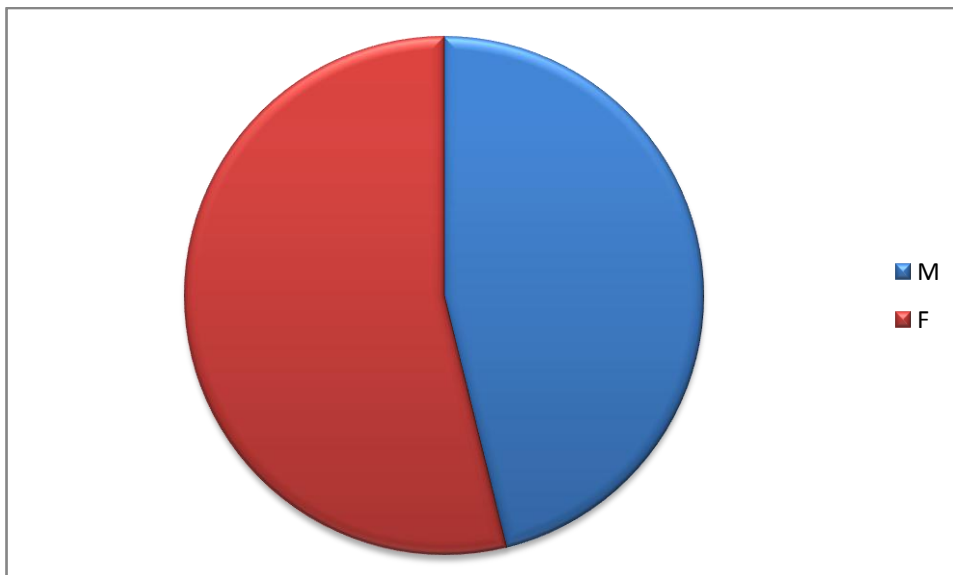


Figure 24 : répartition du sexe du groupe II

4. Antécédents :

Une consanguinité parentale a été retrouvée chez 7 patients soit 22.58 %.

L'âge maternel moyen était de 35 ans avec des extrêmes d'âge variaient entre 24 et 50 ans.

II. Données cliniques et paracliniques:

1. Clinique

a. Signes fonctionnels:

Les broncho-pneumopathies à répétition, une dyspnée et une fatigabilité ont été retrouvées chez tous les patients. La cyanose a été mentionnée chez deux patients du premier groupe (un présentant une CAV et un patient présentant une CIV avec coarctation) soit 6.45 % et chez la quasi-totalité des malades du deuxième groupe (12/13) soit 92.30 %.

b. Signes physiques:

Un morphotype en faveur de la trisomie a été retrouvé chez 5 patients soit 16.12%

Le retard staturo-pondéral a été trouvé chez 34 patients soit 68,18% et 27 malades étaient en - 3 déviations standards.

Un souffle systolique a été ausculté chez tous les malades du groupe.

La déformation thoracique à type de coup de hache a été notée chez un seul malade.

Les signes cliniques évoquant une HTAP ont été objectivés chez tous les malades.

malformations extracardiaques associées :

Le bilan polymalformatif n'a pas été réalisé systématiquement ; cependant on a noté les malformations suivantes :

- imperforation anale
- atrésie de l'œsophage
- agénésie du corps calleux
- ectopie testiculaire.

2. paraclinique :

L'échocardiographie + doppler a été réalisée chez tous nos malades, elle a été suffisante pour faire le diagnostic et évaluer le retentissement. Tous les patients de la série présentait une HTAP dont 5 étaient sévère soit 11.36 % (2 du premier groupe soit 6.45% et 3 du deuxième groupe soit 23.08%)

Deux patients ont bénéficié d'un angioscanner (un patient de chaque groupe)

Six patients ont bénéficié de cathétérisme cardiaque (trois patients de chaque groupe)

III. Données thérapeutiques:

1. Traitement médical:

Tous les patients ont bénéficié d'un traitement médical à base de diurétiques et des inhibiteurs de l'enzyme de conversion .

2. Traitement chirurgical:

a. La voie d'abord :

Trois voies d'abord ont été utilisées.

Le tableau suivant montre le nombre de patients opérés chaque année et la voie d'abord utilisée.

Tableau 8 : le nombre de patients opérés par an et la voie d'abord utilisée.

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
Thoracotomie latérale gauche	5	4	0	0	0	0	0	0	0	9
Mini thoracotomie antérieure	1	3	0	1	0	0	0	0	0	5
sternotomie	2	6	2	2	3	5	5	2	3	30
Total	8	13	2	3	3	5	5	2	3	44

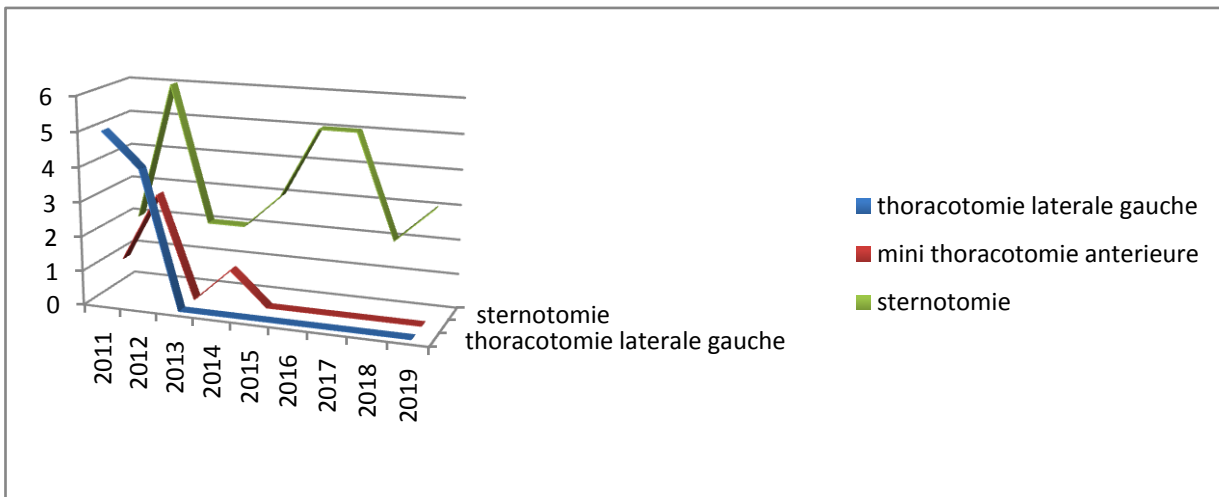


Figure 25 : l'évolution de l'utilisation des voies d'abord durant la période d'étude.

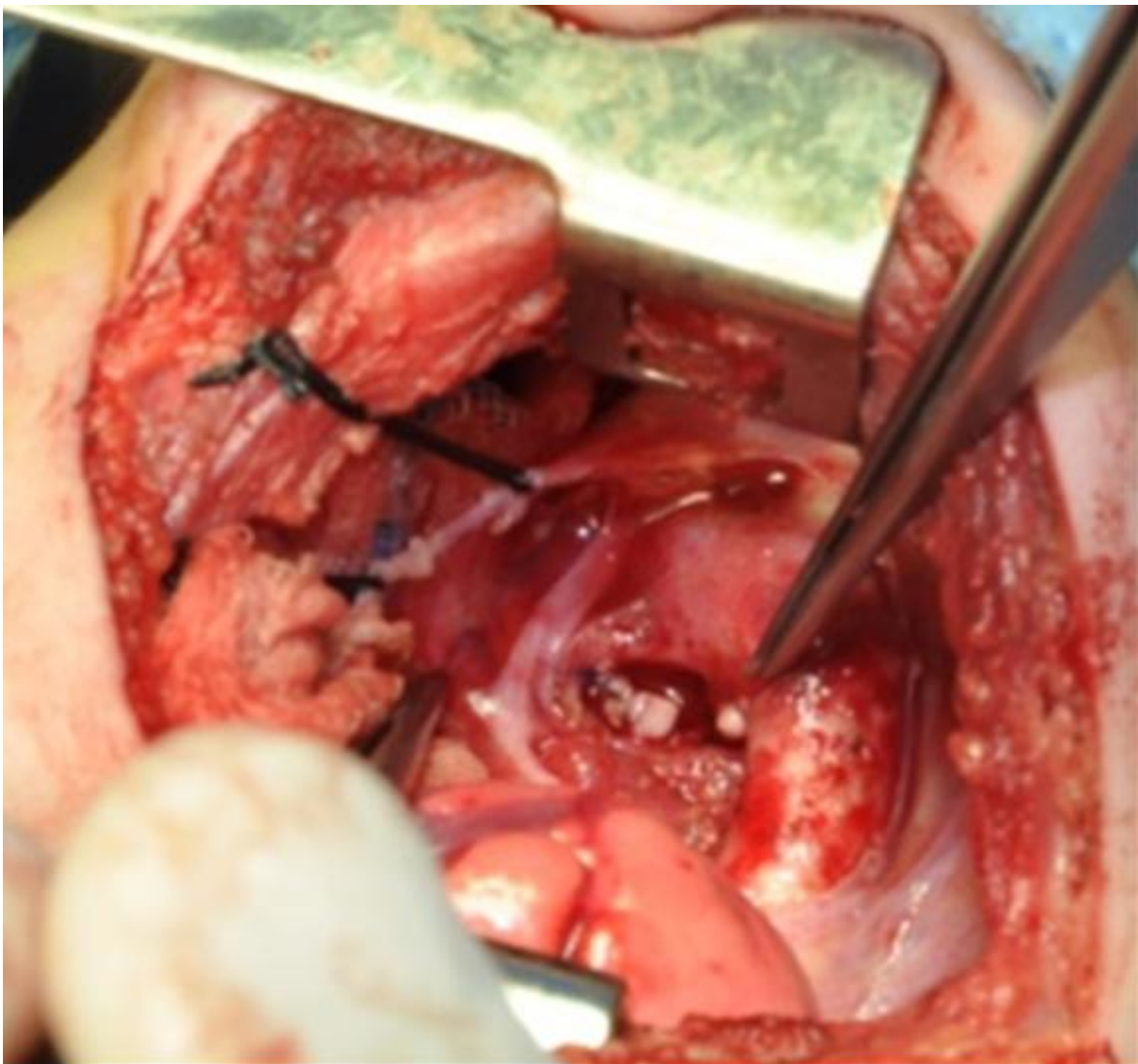


Figure 26 : photo prise au bloc opératoire CHU Hassan II au cours du cerclage de l'artère pulmonaire par thoracotomie latérale gauche.

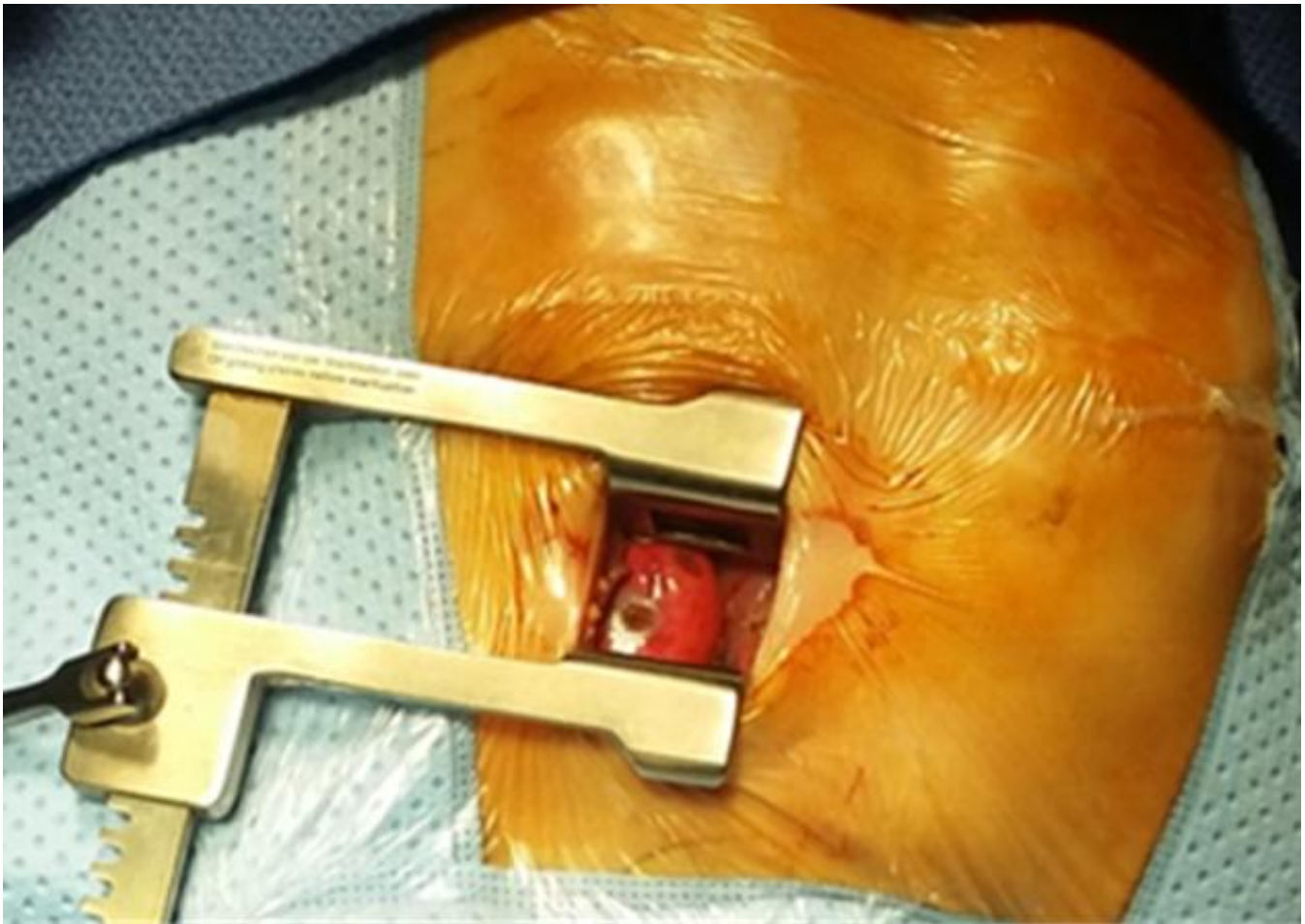


Figure27 : photo prise au bloc opératoire CHU Hassan II au cours du cerclage de l'artère pulmonaire par mini thoracotomie antérieure.

b. Circonférence du cerclage :

La circonférence du cerclage retenue en per-opérateur dépasse la valeur théorique pour le premier groupe ; la moyenne était 28.27 et opératoire était de 29.2 avec un écart de 0.93 mm. Pour le deuxième groupe 30.8 de théorique pour 31.6 opératoire soit un écart de 0.81 mm.

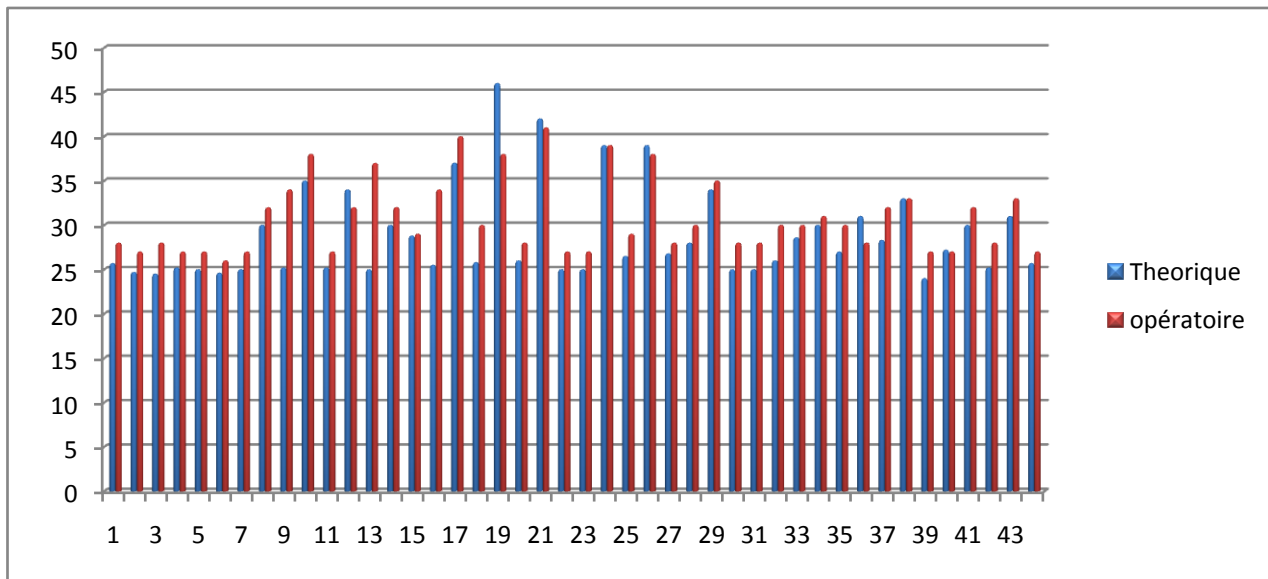


Figure 28 : la circonférence de cerclage théorique et opératoire.

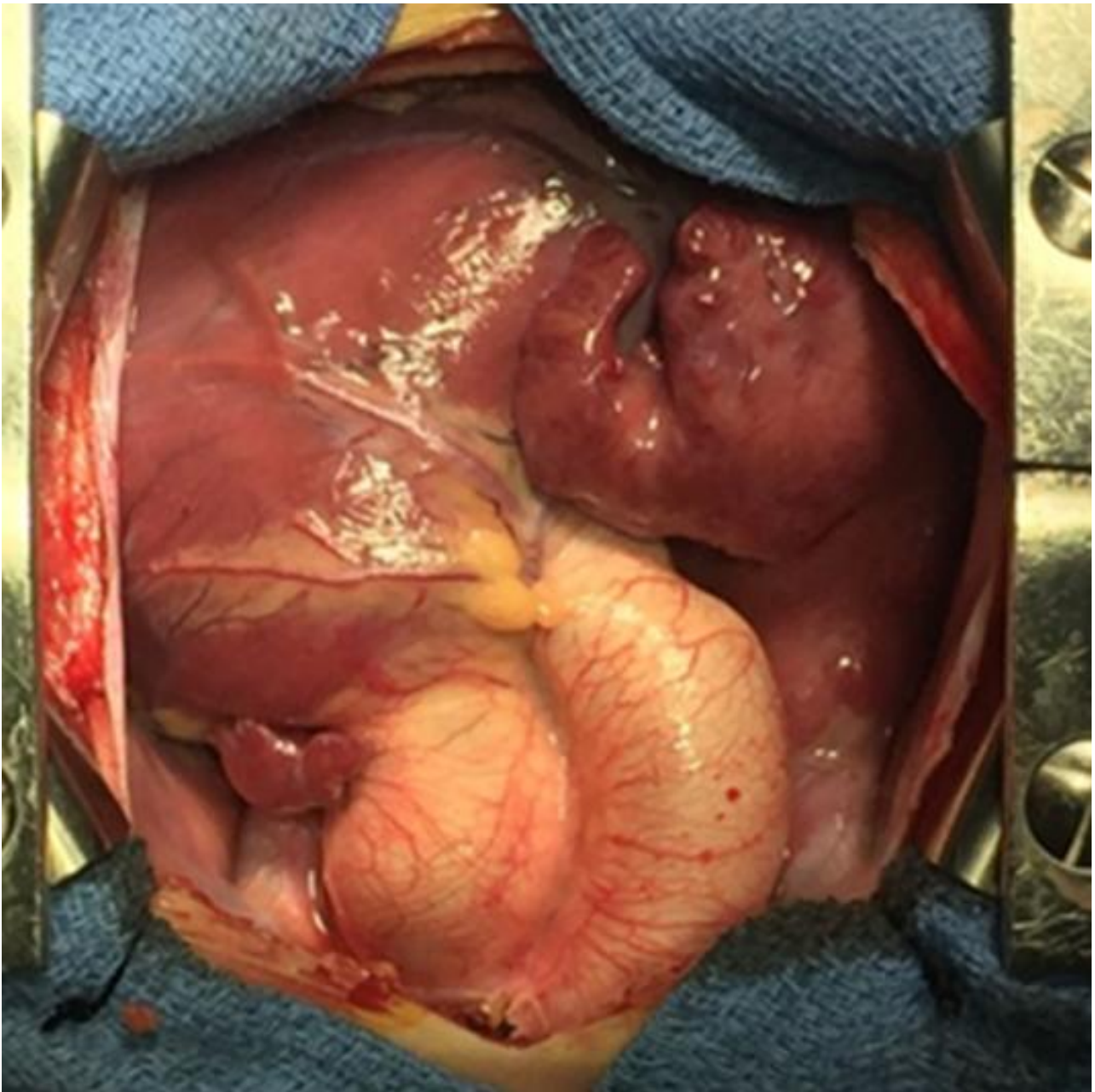


Figure 29 :photo prise au bloc opératoire chu Hassan II chez un patient du groupe II ayant une transposition des gros vaisseaux avant cerclage de l'artère pulmonaire.

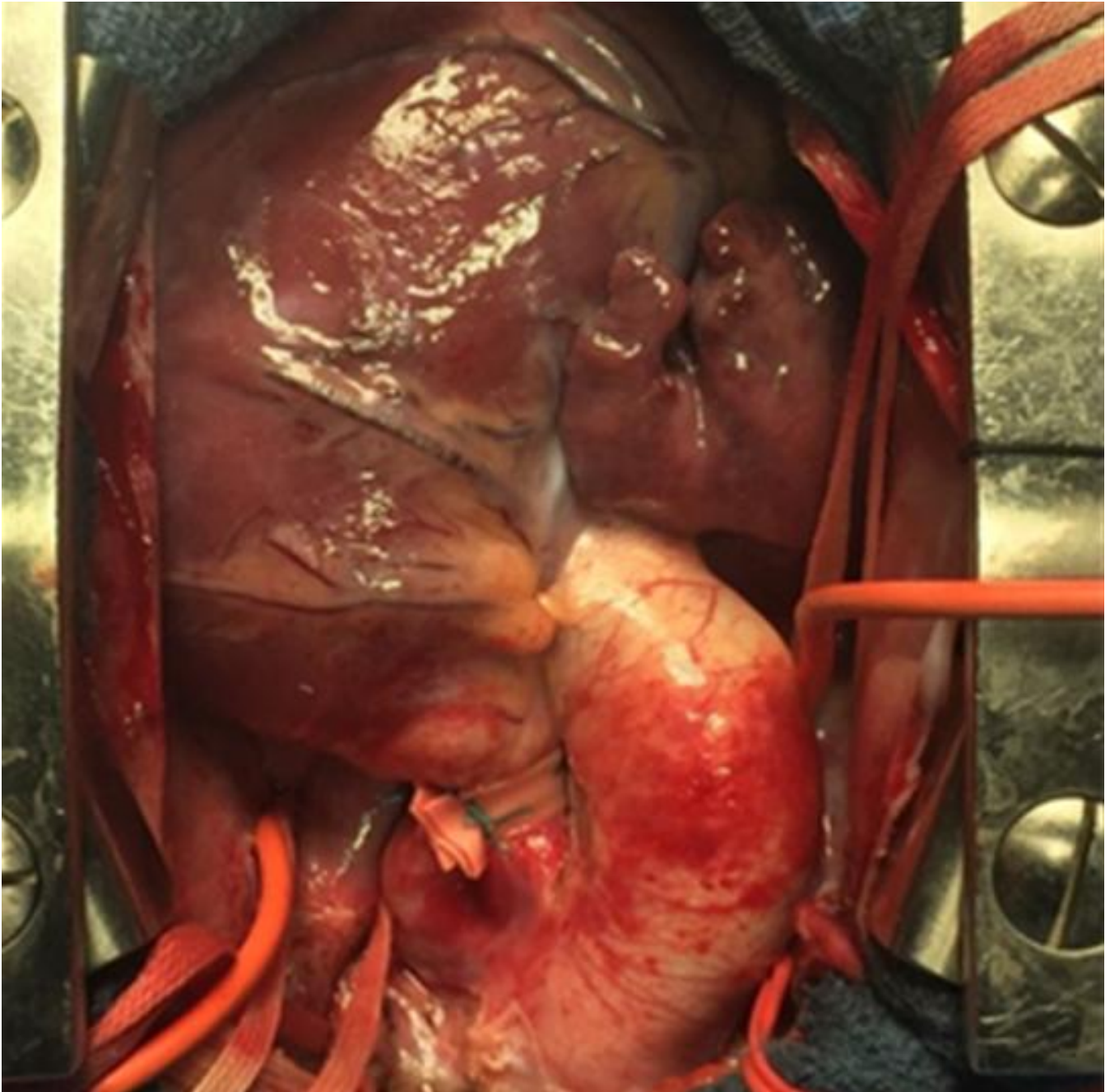


Figure 30 : photo prise au bloc opératoire chu Hassan II chez un patient du groupe ayant une transposition des gros vaisseaux après cerclage de l'artère pulmonaire.

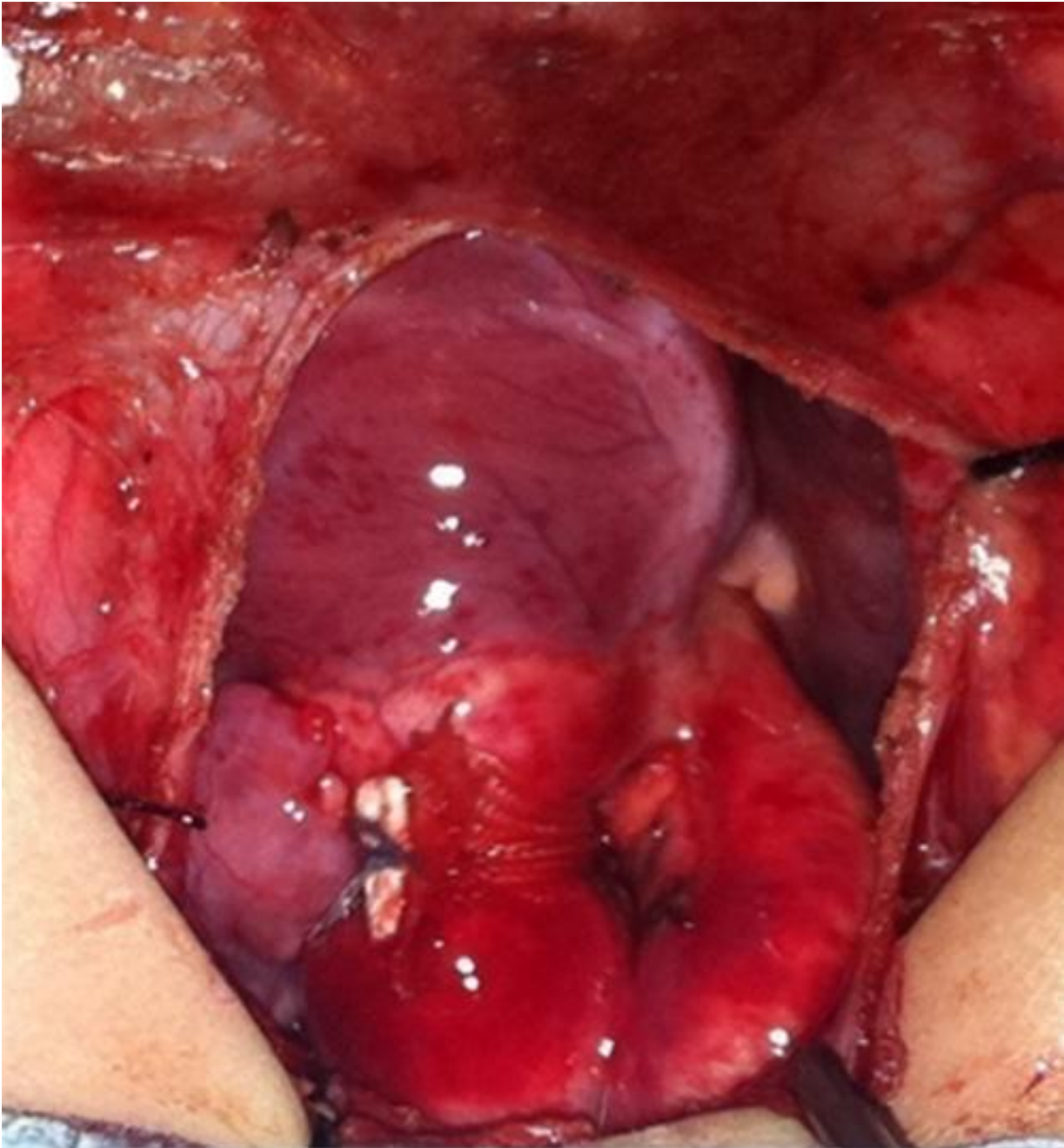


Figure 31 : photo prise au bloc opératoire chu Hassan II chez après cerclage de l'artère pulmonaire d'un patient du groupe I.

c. L'étude hémodynamique :

L'étude hémodynamique en peropératoire a été réalisée chez 6 cas. Il s'agit des 6 premiers patients opérés, ils ont été tous suivis pour CIV large+HTAP.

On note une diminution de la pression artérielle pulmonaire pour les six patients après cerclage avec passage d'une moyenne de PAP moyenne 46.66 mmhg à 37.50 mmhg soit une diminution de 19.63 % qui s'accompagne d'une augmentation de la pression artérielle au niveau de l'aorte avec passage d'une PAS moyenne de 51.83 à 59.66 soit une augmentation de 15.12 %

Tableau 9: Les valeurs de la PAP avant et après cerclage de l'artère pulmonaire.

	PAPS avant	PAPS après	PAPD avant	PAPD après	PAPM avant	PAPM après
Patient 1	68	49	39	27	49	38
Patient 2	67	48	38	26	44	37
Patient 3	68	49	39	27	49	38
Patient 4	66	50	38	28	48	38
Patient 5	68	51	38	29	46	36
Patient 6	67	50	37	29	44	38

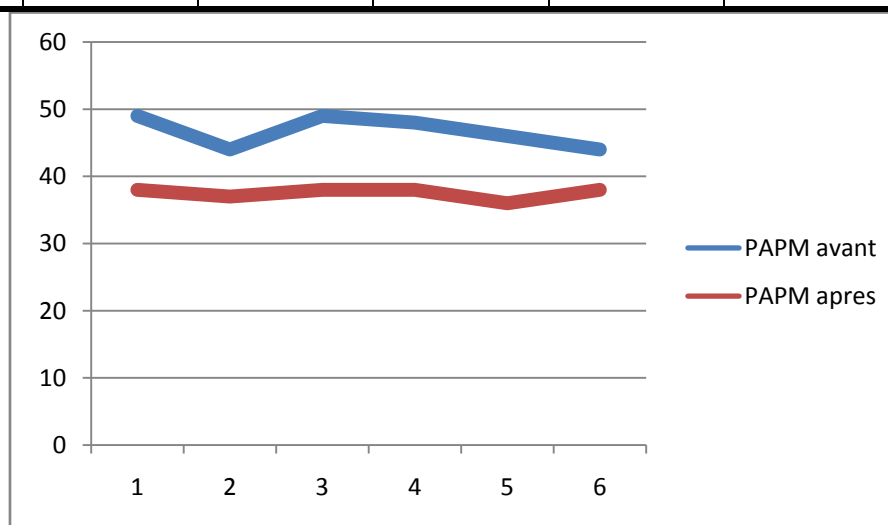
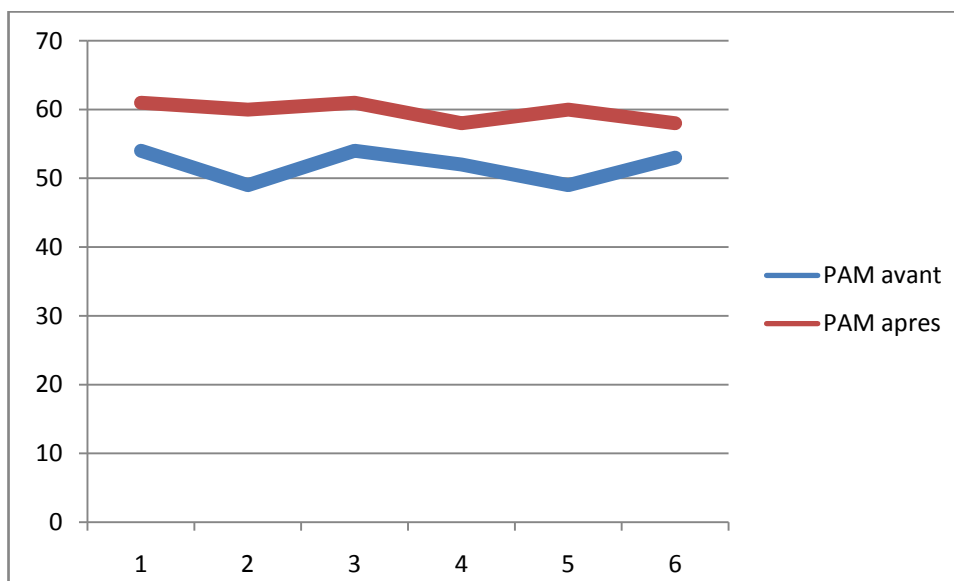


Figure 32: PAP moyennes avant et après le cerclage de l'artère pulmonaire.

Tableau 10: Les valeurs de la PAS avant et après cerclage de l'artère pulmonaire.

	PAS avant	PAS après	PAD avant	PAD après	PAM avant	PAM après
Patient 1	75	96	43	53	54	61
Patient 2	72	92	41	51	49	60
Patient 3	75	96	43	51	54	61
Patient 4	74	90	42	53	52	58
Patient 5	73	92	42	53	49	60
Patient 6	74	90	43	52	53	58

**Figure 33: PAS moyennes avant et après le cerclage de l'artère pulmonaire.**

d. Mortalité:

Le tableau suivants montre le sexe, l'âge, le poids, la pathologie ainsi que la cause et le délai de décès de chaque patient.

Tableau 11 : causes de décès

Nb	Sexe	Age (mois)	Poids (Kg)	Délai du décès	pathologies	Causes de décès
1	M	6	5	4 jours	CIV+CIA	DR sur IR sévère non contrôlée par ATB compliquée d'un arrêt cardiorespiratoire
2	F	14	6	1 an	CAV+T21	Décès chez elle par DR
3	F	12	5.5	1 jour	CIV+PCA	choc cardiogénique réfractaire
4	F	7	4.7	2 jours	VDDI	Arrêt cardiorespiratoire sur bradycardie sévère
5	M	2	3.2	2 jours	VU	bradycardie extrême puis fibrillation ventriculaire puis arrêt cardiorespiratoire

Parmi tous les malades opérés de notre série, 5 parmi eux sont décédés soit un pourcentage de 11.36%.

Tableau 12 : mortalité de chaque groupe de malades et la mortalité de tous les patients étudiés.

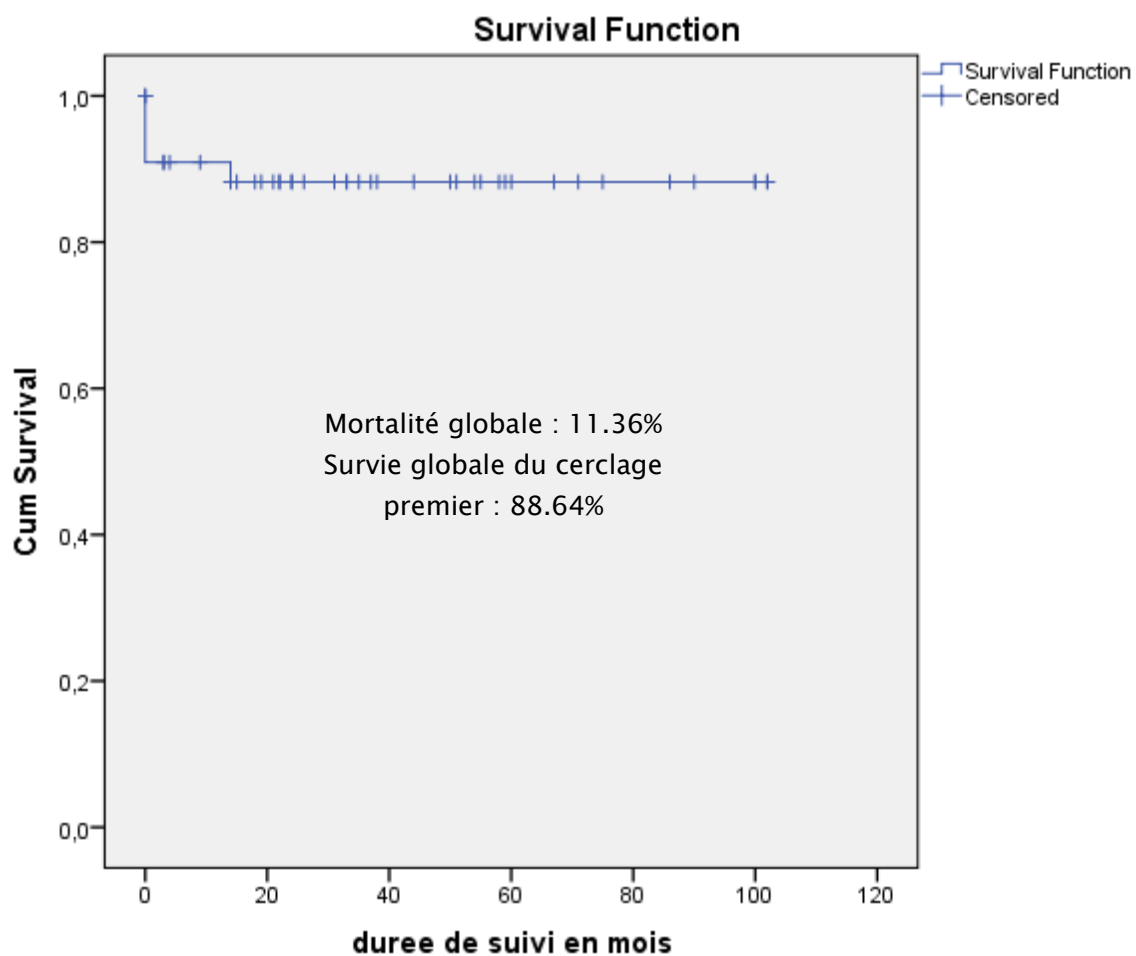
	Groupe I	Groupe II	Tous
Mortalité	9.67	15.38	11.36

Moyenne de survie est de 90.374

Tableau 13 : estimation de survie chez les malades des deux groupes.

	Estimation	95/ intervalle de confiance	
		Borne inferieure	Borne supérieure
Groupe I	92.253	81.776	102.730
Groupe II	47.333	9.459	85.208
Total	90.374	80.785	99.964

L'estimation est limitée à la durée de survie la plus longue puisqu'elle est limitée par la durée de notre étude, mais on note qu'elle est plus importante pour les patients du groupe I ce qui signifie un meilleur pronostic.

**Figure 34 : courbe de survie.**

e. Morbidité :

Les complications postopératoires ont été dominées par les pneumopathies étant survenues chez 6 patients soit 13.63% nécessitant une antibiothérapie, d'autres complications ont été survenues chez quatre patients chacun d'eux a présenté une des complications suivantes :

- des troubles neurologiques,
- une crise convulsive avec détresse respiratoire nécessitant le réintubation,
- lâchage d'un point de suture.
- Eczéma de contact surinfecté.

Le séjour en réanimation en postopératoire était de 4,76 jours en moyenne. Ce séjour est plus long pour le groupe II avec une moyenne de 5.3 jours par rapport à 4 jours pour le premier groupe.

Tableau 14 : séjour en réanimation

	Durée min	Durée max	Moyenne
Groupe I	1	8	4
Groupe II	2	10	5.3
Moyenne	2	8.5	4.76

f. Suivi post-opératoire :

L'évolution post-opératoire a été marquée par une régression des signes cliniques chez des patients survivants, avec une prise de poids.

Tous les malades ont été suivis par échocardiographie avec mesure de gradient transcerclage, le tableau et les courbes suivantes montrent l'évolution des moyennes des gradients transcerclage et de la saturation artérielle en oxygène chez les malades des deux groupes en post opératoire immédiat, après un an, après deux ans et après

trois ans ; et pour les deux groupes, on note l'augmentation progressive du gradient de pression avec le temps qui s'accompagne d'une diminution de la saturation artérielle en oxygène.

Tableau 15: l'évolution du gradient transcerclage et la saturation artérielle en oxygène moyenne pour les patients du groupes I et groupe II.

		Post op	Après un an	Après deux ans	Après trois ans
Groupe I	Gdient	63.16	67.83	70.6	73.36
	SaO2	98	97.33	97	95.5
Groupe II	Gdient	49.8	50.5	90	120
	SaO2	88.6	87.5	80.2	71.66

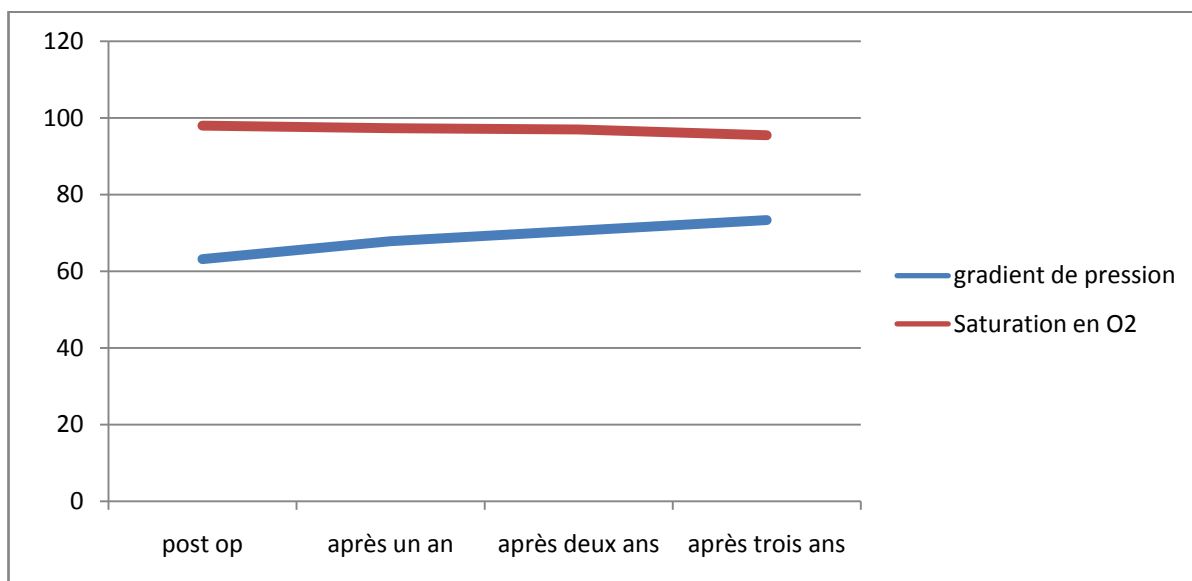


Figure 35: l'évolution du gradient transcerclage et la saturation artérielle en oxygène moyenne pour les patients du groupe I.

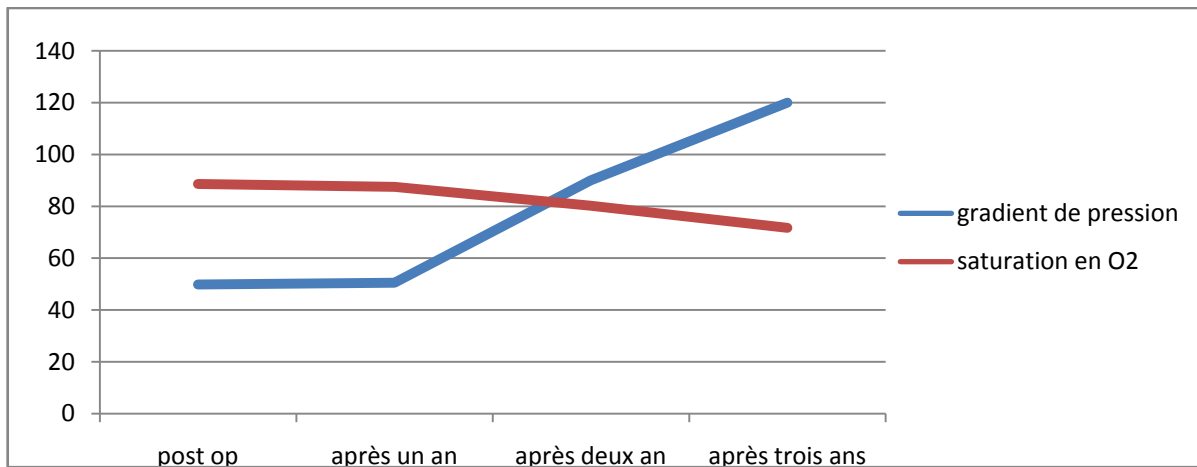


Figure 36: l'évolution du gradient transcerclage et la saturation artérielle en oxygène moyenne pour les patients du groupe II.

Aucune inversion du shunt n'a été signalée, le cerclage était en place chez tous les malades, deux malades (un de chaque groupe) ont présenté un anévrisme de l'artère pulmonaire.

Les malades de ce groupe qui ont bénéficié d'une cure définitive, ont été au nombre de 10 patients dans un délai moyen de 1.5 ans, avec des extrêmes de 1 à 11 ans. 8 parmi eux faisait partie du premier groupe (trois ont été fermé par cathétérisme) et 2 patients du deuxième groupe qui étaient successivement : patient avec VDDI décédé à j6 de la cure définitif et patiente avec VU (DCP) ayant été réhospitalisée à j 10 de la cure définitive pour chylothorax.

Au total :

Tableau 16 : synthèse des résultats.

	Groupe I	Groupe II	Total
Cerclage	21.83%	26%	22.91%
Mortalité	9.67%	15.38%	11.36%
Survie	90.33%	84.62%	88.64%
Taux de reprise	25.8%	15.38%	22.73%
Délai de reprise	1 ans 4 mois	1 ans 8 mois	1.5 ans
Age	10.35 mois	13.69 mois	11.34 mois
Poids	5.54 kg	6.67 kg	5.88 kg
Circonférence	29.2 mm	31.6 mm	29.8mm

DISCUSSION

I. Données épidémiologiques:

Tableau 17 : répartition des patients inclus dans l'étude.

	Nb de malade	Pourcentage
CIV	24	54.56
CAV	7	15.90
TGV	6	13.64
AT	1	2.27
VU	3	6.82
VDDI	3	6.82
TOTAL	44	100

Le groupe I, fait de La CIV large unique + HTAP et le CAV + HTAP, représente les pathologies les plus fréquentes dans notre série avec un total de 31 malades soit 70.46%, avec une nette prédominance de la CIV qui a été retrouvée chez 24 malades soit 77.42% du groupe I alors que CAV a été retrouvée chez 7 malades soit 22.58% du groupe I et 15.90% du total.

Le groupe II est fait de La TGV + HTAP, AT + HTAP, VU + HTAP et VDDI + HTAP qui sont moins fréquentes dans notre série par rapport au groupe I avec un total de 13 malades soit 29.54% de notre série.

1. Nombre de cas par an:

Le maximum des patients sont opérés pendant les deux premières années : 21 patients soit 47.72% et cela a intéressé essentiellement le premier groupe puis on remarque une réduction de l'activité chirurgicale en 2013 qui peut être essentiellement due aux travaux d'aménagements de la salle opératoire ainsi que la grève nationale des résidents et le nombre est devenu variable depuis 2014.

2. Age:

La moyenne d'âge est de 11.34 mois, 10.35 mois pour le 1^{er} groupe et 13.69 mois pour le 2^{ème}. Et la médiane est de 11 mois.

Cette médiane d'âge est avancée par rapport à toute les études de la littérature même les plus anciennes sauf celle faite à Marrakech et au sud d'Afrique ce qui peut s'expliquer par le niveau socio-économique des patients, le retard diagnostique ainsi que la mauvaise observance.

Tableau 18 : la médiane d'âge selon différente études

étude	lieu	année	âge (médiane)
Horowitz(56)	New Orléans	1962-1987	10 semaines
p.Pinhoet al. (57)	Afrique d sud	1986-1992	3 mois
Yoshimura <i>et al.</i> (58)		1980-2003	47 jours
Books (59)	Afrique d sud	2002-2007	9.9 mois +/- 17.3
Dehaki (60)	Iran	2005-2010	39 mois +/- 20
zouizra(61)	Marrakech	2006-2016	9.4 mois
Hoseinikhah(62)	Iran	2011-2016	4.6 mois +/- 1.3

3. sexe :

44 malades ont bénéficié du cerclage de l'artère pulmonaire, avec un sexe ratio de 1.3 ; 25 garçons soit 56.8% pour 19 filles soit 43.2%, cette répartition est variable dans chaque groupe ; on note une prédominance de garçons dans le 1^{er} groupe qui est absente dans le deuxième.

4. Antécédents :

Une consanguinité parentale a été retrouvé chez 7 patients soit 22.58% .

L'âge maternel moyen a été de 35 avec des extrêmes d'âge ont varié entre 24 et 50 ans.

II. Données thérapeutiques:

1. La voie d'abord :

La voie d'abord chirurgicale est choisie en fonction de la pathologie en cause. La thoracotomie latérale gauche, est indispensable lorsque le cerclage accompagne la cure d'une coarctation qui est le cas pour un seul patient de notre série. Sinon, La sternotomie médiane tend à devenir la seule voie d'abord utilisée puisqu'elle présente de nombreux avantages: La précision de la pose du cerclage, en regard des artères pulmonaires, est bien plus grande et permet de diminuer les complications à ce niveau, elle permet de réaliser tous les temps opératoires par une incision unique. En effet, pour la CIV dans le cas où elle s'est fermée spontanément, une sternotomie médiane ultérieure sera nécessaire pour lever le cerclage. De même, dans les cas où le traitement curatif n'a été que différé par le cerclage, la cure complète nécessitera, là encore, la sternotomie médiane. Les adhérences après sternotomie médiane et courte incision péricardique ne sont en pratique pas plus importantes qu'après thoracotomie où, de plus, elles prédominent souvent en regard du trajet du phrénique. Et en fin dans les formes évoluées, lorsque la crainte d'une hypertension pulmonaire fixée justifie d'associer au cerclage une biopsie pulmonaire. La nécessité de prélever plusieurs fragments, sur les deux poumons, justifie cette voie d'abord(63).

2. Circonférence du cerclage :

La détermination de la circonférence optimale du cerclage est souvent difficile, parce que même des changements mineurs dans le diamètre de l'artère pulmonaire ont un impact important sur le flux sanguin pulmonaire et le gradient transcerclage. La circonférence de cerclage retenue en per-opératoire dépasse la valeur théorique pour le premier groupe, sa moyenne en théorie En appliquant la formule utilisé dans notre formation $22 + 1\text{mm}/\text{kg}$ était de 28.27 et opératoire était de 29.2 avec un écart de 0.93 mm et pour le deuxième groupe 30.8 de théorique pour 31.6 opératoire soit un écart de 0.81mmce qui s'explique par le retard de la prise en charge. Et les malades arrivent à un stade où l'artère pulmonaire est dilatée cet écart était de 0.2 mm selon l' étude menée par lamaachi (64).

3. L'étude hémodynamique :

L'étude hémodynamique en peropératoire a été réalisée chez 6 cas. Il s'agit des 6 premiers patients opérés, ils ont été tous suivis pour CIV large+HTAP.

On note une diminution de la pression artérielle pulmonaire avec passage d'une moyenne de PAP moyenne 46.66 mmgh à 37.50 mmgh soit une diminution de 19.63% et s'accompagne d'une augmentation de la pression artérielle au niveau de l'aorte pour tous ces patients après cerclage avec passage d'une PAS moyenne de 51.83 à 59.66 soit une augmentation de 15.12%

L'étude de zouizra(65) sur 165 patients a montré une diminution de la pression artérielle pulmonaire moyenne de 37.4% qui s'accompagne d'une augmentation de la pression artérielle systémique de 18 %

Lamaachi (66) La PAPS post-cerclage a diminuée de 50% de la PAPS en pré-cerclage.

4. Mortalité:

Dans notre série, la mortalité est de 11.36 % (5/44)

15.38 % (2/13) avec un cas de VU âgé de 2 mois pesant 3.2 kg , un cas de VDDI âgé de 16 mois pesant 9.6 kg pour le deuxième groupe.

9.67 % (3/31) pour le 1 er groupe : un cas de CAV + T21 âgé 14 mois pesant 8kg et deux patients ayant une CIV associée à une CIA âgé de 6 mois pesant 5 kg pour l'un et à une PCA âgé de 12 mois pesant 5.5 kg pour l'autre.

Les causes de décès sont : DR sur IR sévère non contrôlée par ATB compliquée d'un arrêt cardiorespiratoire , choc cardiogénique réfractaire et arrêt cardiorespiratoire sur bradycardie extrême.

La mortalité du cerclage de l'artère pulmonaire s'est considérablement améliorée dans le temps, mais le taux est toujours élevé chez nous, ce qui est le cas même dans les pays développés.

Tableau 19 : mortalité selon différentes études

	Lieu	Année	Nb de décès	Mortalité
Takayama et al (67)	Japan	1966-1979	65/187	38.3%
		1980-1989	15/111	13.5%
		1990-2011	12/87	13.8%
Horowitz(68)	New Orléans	1962-1987	39/175	22.3%
Tsangdelleval(69)		1985-1991	13/158	8%
p.Pinho et al.(70)	Afrique d sud	1986-1992	11/135	8.1%
Books(71)	Afrique d sud	2002-2007	42/143	29%
Valente(72)	Brazil	2000-2008	5/61	8.2%
Lamaachi(73)	Marrakech	2005-2010	7/57	12.3%
Zouizra(74)	Marrakech	2006-2016	26/165	15.7%
Hoseinikhah(75)	Iran	2011-2016	8/50	16%
Notre étude	Fès	2011-2019	5/44	11.36%

Le groupe de patients, fait de pathologies complexes (groupe II), a présenté une mortalité plus élevée si on les compare au groupe de pathologie simple (groupe I) et une estimation de survie plus faible ce qui est le cas même dans les études détaillées dans le tableau 20.

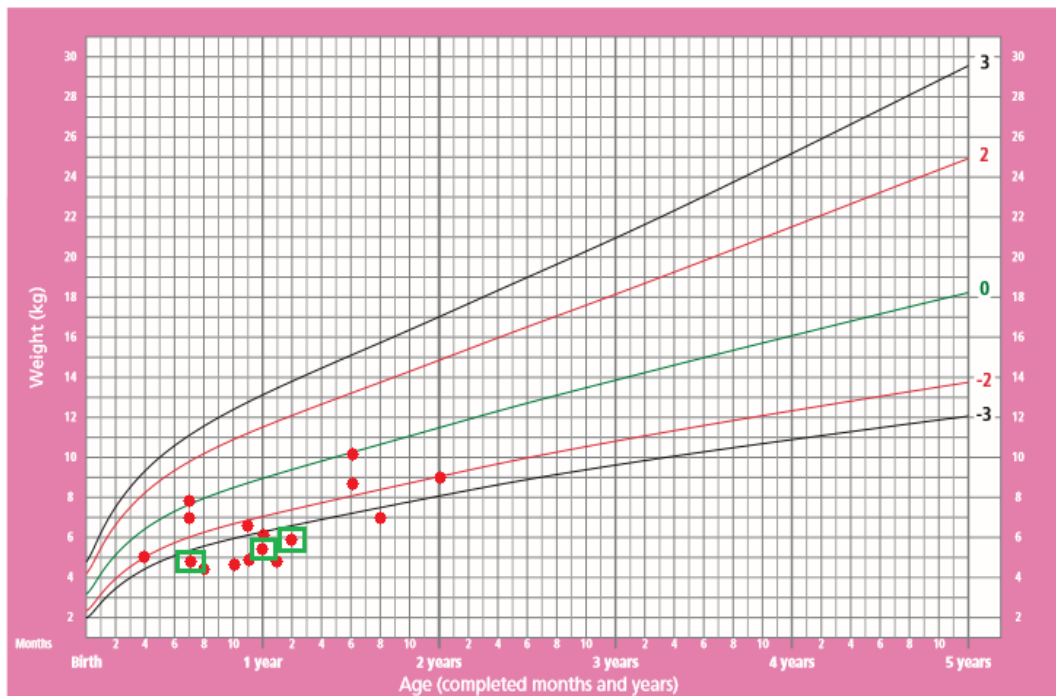
Tableau 20 : comparaison de la mortalité chez deux groupes de malades ; groupe fait de pathologies simple et groupe de pathologies complexes.

Etude	Lieu	Année	Nombre	simple	Complexe
Hunt et al(76)	Minnesota	1960-1970	111	10%	36%
Pinho et al(77)	Afrique de sud	1986-1992	135	6.7%	10.6%
Notre étude	Fès	2011-2019	44	9.67%	15.38%

Sur les courbes de poids par rapport à l'âge suivantes, on note que le jeune âge ainsi que le faible poids au moment de l'opération sont des facteurs de risque de mortalité. Les patients décédés sont tous en retard staturo-pondérale à -3 DS ce qui nous amène à discuter : est-ce que la circonférence du cerclage a été adapté aux patients ? Est-ce qu'il ne fallait pas calculer la formule de Toronto théorique à partir du poids idéal du patient plutôt que la formule réelle calculée à partir du poids au moment de l'intervention ?

Weight-for-age GIRLS

Birth to 5 years (z-scores)

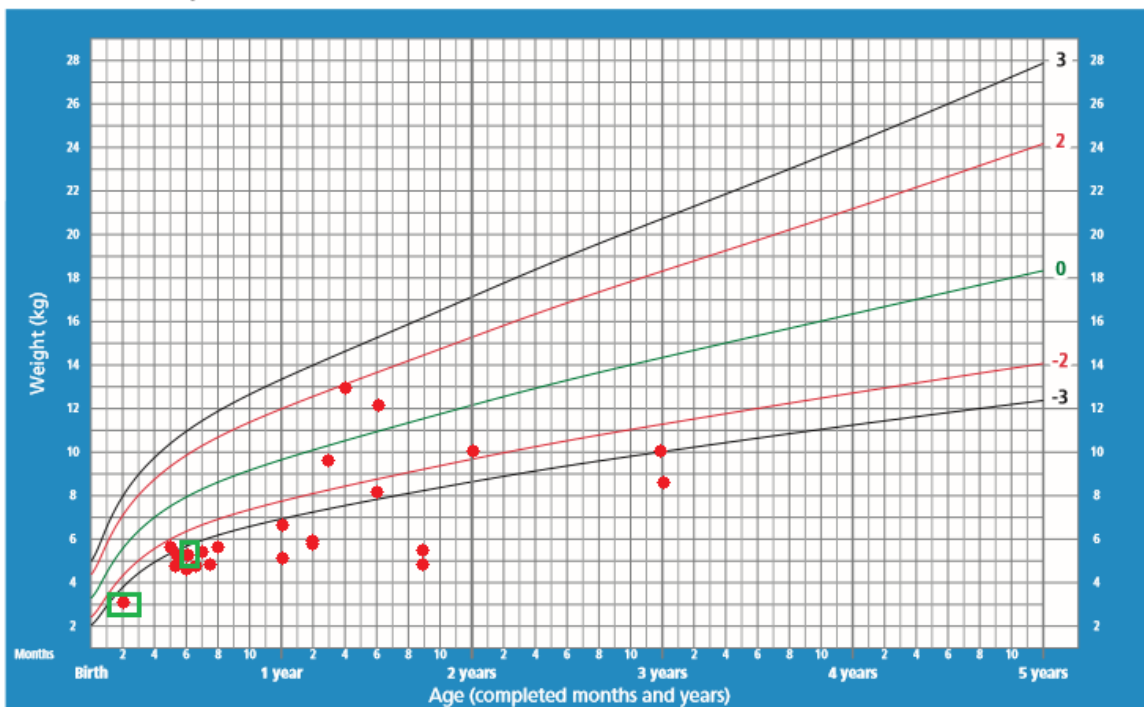


WHO Child Growth Standards

Figure 37 : courbe de poids des filles selon l’OMS montrant par des points rouges l’âge et le poids de chaque patiente et par des carrés verts les patientes décédées.

Weight-for-age BOYS

Birth to 5 years (z-scores)



WHO Child Growth Standards

Figure 38 : courbe de poids des garçons selon l’OMS montrant par des points rouges l’âge et le poids de chaque patient et par des carrés verts les patients décédés.

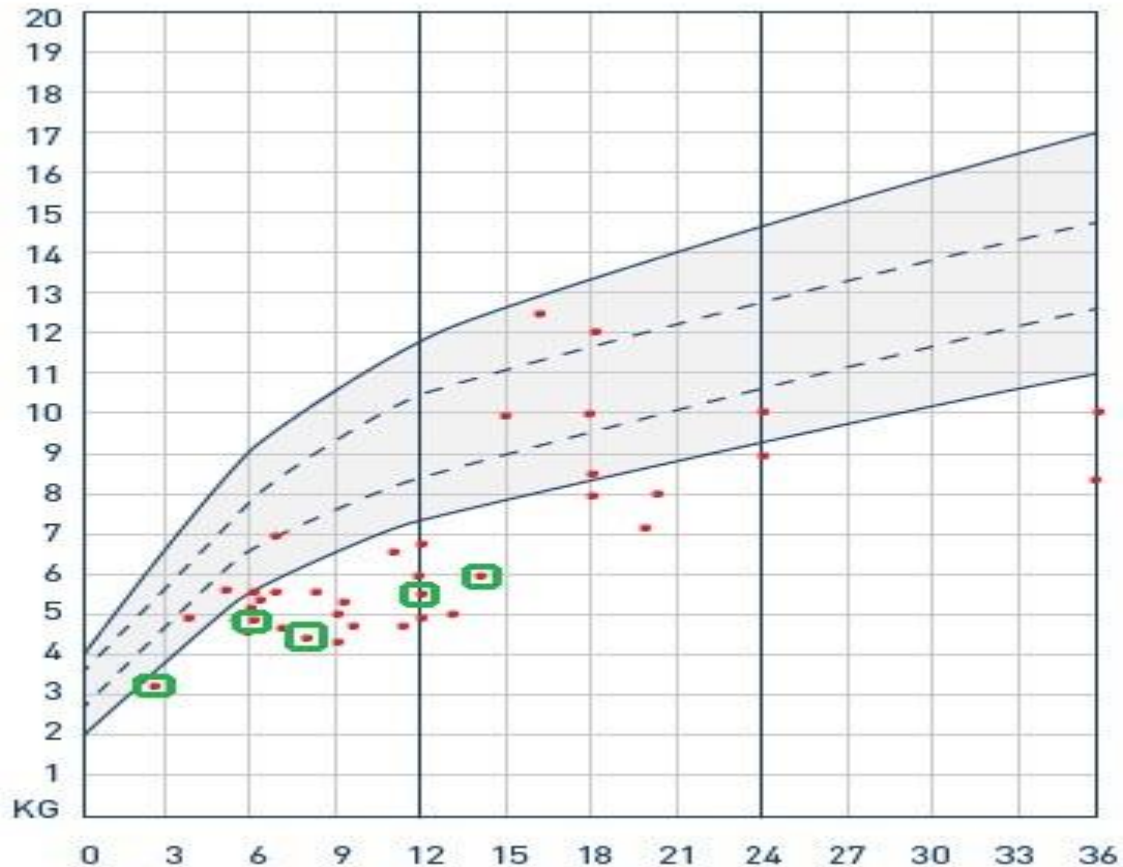


Figure 39 : courbe de poids schématisant par des points rouges l'âge et le poids de chaque patient et par des carrés verts les patients décédés

Mais en analysant l'expérience globale rapportée dans la littérature, ces variables (jeune âge et faible poids) deviennent de moins en moins significatives, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 21 : facteurs de risque de mortalité selon différente études.

Auteurs	Année	Age 1 mois	Poids 3kg
Takayama <i>et al.</i> (78)	1966-1989	Non	Oui
Horowitz <i>et al.</i> (79)	1962-1987	Non	Non
Pinho <i>et al.</i> (80)	1986-1992	Oui	Non
Yoshimura <i>et al.</i> (81).	1980-2003	Non	Non
Brooks <i>et al.</i> (82)	2002-2007	Non	Non
Valente <i>et al.</i> (83)	2000-2008	Non	Non

5. Morbidité:

Les complications postopératoires ont été dominées par les pneumopathies ayant survenue chez 6 patients soit 13.63% nécessitant une antibiothérapie ce qui était le cas même pour lamaachi (88) survenant chez 35%.

Le séjour en réanimation en postopératoire était de 4,76 jours en moyenne. Ce séjour est plus long pour le groupe II avec une moyenne de 5.3 jours par rapport à 4 jours pour l'autre groupe (groupe I). Ce qui peut s'expliquer par la complexité des cardiopathies du groupe II. Pour les deux groupes ce délai est long, Le séjour en réanimation en postopératoire variait entre 1 à 6 jours; avec une moyenne de 2,5 jours pour lamaachi (89) .

6. Suivi post-opératoire:

L'évolution post-opératoire a été marquée par une régression des signes cliniques chez 80% des patients survivants, avec une prise de poids. Par rapport 85% pour lamaachi.

Tous les malades ont été suivis par échocardiographie avec mesure de gradient transcerclage pour les deux groupes et les moyennes ont été calculées sur une période de 3 ans ce qui a permis de noter l'augmentation progressive du gradient de pression avec le temps qui s'accompagne d'une diminution de la saturation artérielle en oxygène.

Aucune inversion du shunt n'a été signalée, le cerclage est en place chez tous les malades, deux malades (un de chaque groupe) ont présenté un anévrisme de l'artère pulmonaire.

Les malades qui ont bénéficié d'une cure définitive, ont été au nombre de 10 patients dans un délai moyen de 1.5 ans, avec des extrêmes de 1 à 11 ans. 8 parmi eux faisait partie du premier groupe (trois ont été fermé par cathérisme) et 2 patients

du deuxième groupe qui étaient successivement : patient avec VDDI décédé à j6 de la cure définitif et patiente avec VU (dérivation cavopulmonaire) ayant été réhospitalisée à j 10 de la cure définitive pour chylothorax.

Selon les études le délai de reprise est en diminution, avec 1.5 ans on rejoint les dernières études.

Tableau 22 : délai de chirurgies définitives selon la littérature

	Année	Délai de reprise
Yoshiruma(84)	1980-1989	3.4 ans
	1990-1999	3.3ans
	2000-2003	1.3 ans
Brooks (85)	2002-2007	24.5 mois +/- 14.3
Lamaachi(86)	2005-2010	12.9 mois
Dehaki(87)	2005-2010	23 mois +/- 10
Notre étude	2011-2019	1.5 ans

CONCLUSION

Les cardiopathies congénitales sont les plus fréquentes des malformations congénitales.

malgré la tendance à la réparation primaire, le cerclage de l'artère pulmonaire a toujours des indications dans la prise en charge et la préparation à la chirurgie définitive et d'autre liées aux conditions socioéconomique retrouvées dans notre contexte marocain en tant que pays en voie de développement.

La mortalité postopératoire varie selon l'âge, le poids et la complexité de la cardiopathie.

L'évolution a été marquée par l'amélioration des symptômes et la réintervention pour une cure définitive chez certains malades dans des délais variables.

RESUMES

RESUME

Le cerclage de l'artère pulmonaire est une technique chirurgicale palliative dont le but est de réduire l'hyperdébit sanguin pulmonaire afin de prévenir l'insuffisance cardiaque et de fournir une protection à long terme contre l'hypertension artérielle pulmonaire irréversible, ainsi que de maintenir un débit systémique optimal en cas de fort shunt ou de malformations cardiaques univentriculaires. Cette technique a été décrite pour la première fois par Muller et Danimann en 1952 en tant que traitement de la communication interventriculaire et de l'hyperdébit pulmonaire par la «création de sténose pulmonaire» chez un nourrisson de 5 mois, son utilisation est en diminution dans le monde mais elle a toujours des indications détaillées dans la partie théorique ainsi que des indications socioéconomiques liées à notre contexte marocain, contrairement aux pays plus développés, qui font que les patients se présentent tardivement et dans de mauvaises conditions nutritionnelles. Nous avons mené une étude rétrospective portant sur 44 cas, ce sont des malades des deux sexes et d'âge différents ayant bénéficié du cerclage de l'artère pulmonaire, durant une période de 8 ans allant du janvier 2011 jusqu'au mai 2019, pour des cardiopathies congénitales suivies à l'unité médicochirurgicale cardio pédiatrique au CHU HASSAN II FES, diagnostiquées par échocardiographie, ils ont été regroupés selon leur physiopathologie en deux groupes: Groupe I qui représente 70.46 % est fait des cardiopathies congénitales avec shunt gauche-droite, incluant la communication interventriculaire (CIV) et le canal atrioventriculaire (CAV) + HTAP. Et Groupe II qui représente 29.54 % fait des cardiopathies congénitales complexes incluant l'atrésie tricuspide (AT), la transposition des gros vaisseaux (TGV), le cœur univentriculaire (VU) et le ventricule droit à double issu (VDDI) + HTAP. Le sexe ratio était de 1.58 dans le 1^{er} groupe, et 0.85 dans le 2^{ème}. 48.39 % des patients du 1^{er} groupe

avaient entre 6 et 12 mois et 69.24 % du 2ème groupe avaient plus d'un an. La consanguinité et l'âge maternel élevé étaient les principaux antécédents. La mortalité globale était de 5 cas (11.36%), avec 3 soit (9.67 %) dans le premier groupe et 2 soit (15.38%) dans le 2ème groupe , les complications post-opératoires étaient dominées par les pneumopathies. Et l'évolution en moyen était favorable dans 80% des survivants, avec un gain du poids et régression des symptômes.

ABSTRACT

Pulmonary artery banding is a palliative surgical technique that aims to reduce pulmonary blood overflow in order to prevent or reverse cardiac failure and to provide long-term protection against irreversible pulmonary hypertension as well as to maintain an optimal systemic output in cases of a large left-to-right shunt or univentricular heart defects. The technique was described in 1952, by Muller and Danimann, as a treatment for large ventricular septal defect (VSD) and excessive pulmonary blood flow (PBF) through the 'creation of pulmonary stenosis' for a 5-month old infant; its use is decreasing in the world but it always has indications that we have detailed in the theoretical part as well as socio-economic indications related to our Moroccan context. We conducted a retrospective study of 44 cases, patients of both sexes and of different ages who benefited from pulmonary artery banding during a period of 8 years from January 2011 to May 2019 for congenital heart disease followed at the pediatric cardio-surgical unit at CHU HASSAN II FES, The diagnosis was operated by echocardiography in all patients, they were grouped according to their pathophysiology in two groups: Group I, which represents 70.46%, is made of congenital heart disease with left-right shunt, including the ventricular septal defect (VSD) and the atrioventricular canal (AVC) + PBF. And Group II which accounts for 29.54 % made of congenital heart defects complex including tricuspid atresia (TA), transposition of the great arteries (TGA), univentricular heart (VU) +and right ventricle double-issue (RDDI) + PBF. The sexe ratio was 1.58 in the 1st group and 0.85 in the 2nd group. 48.39% of patients in the first group were between 6 and 12 months old and 69.24% of the second group were more than one year old. Consanguinity and high maternal age were the main antecedents. The overall mortality was 5 cases (11.36%), with 3 (9.67%) in the first group and 2 (15.38%) in the

2nd group, the postoperative complications were dominated by pneumonia. And a change was favorable in 85% of survivors, with a weight gain and regression of symptoms.

ملخص

ربط الشريان الرئوي هو تقنية جراحية مسكنة تهدف إلى خفض ضغط الدم الرئوي لمنع قصور القلب وتوفير حماية طويلة الأجل ضد ارتفاع ضغط الدم الشرياني الرئوي النهائي، وكذلك للحفاظ على تدفق الدم الأمثل في حالة حدوث تحويلات قوية أو عيوب القلب أحادية البطين. تم وصف هذه التقنية لأول مرة من قبل مولر ودانيمان في عام 1952 كعلاج للتواصل بين البطينين وفرط التدفق الرئوي من خلال "خلق تضيق رئوي" عند رضيع عمره 5 أشهر؛ عرف استعمال هذه التقنية تناقضا في العالم ولكن لا يزال لديه استعمالات تم شرحها مفصلة في الجزء النظري بالإضافة إلى استعمالات اجتماعية واقتصادية تتعلق أساسا بسياقنا المغربي. أجرينا دراسة استرجاعية بخصوص 44 حالة، تضمنت مرضى من الجنسين ومن مختلف الأعمار الذين استفادوا من ربط الشريان الرئوي خلال فترة 8 سنوات من يناير 2011 إلى مايو 2019 متابعين من أجل أمراض القلب الخلقية بمصلحة جراحة القلب للأطفال بالمستشفى الجامعي الحسن الثاني، تم تشخيصهم بواسطة الفحص بالصدى، تم تجميعهم وفقاً لعلم وظائف الأعضاء المرضية في مجموعتين: المجموعة الأولى، والتي تمثل 70.46 %، تتكون من أمراض القلب الخلقية مع التحويلة اليسار إلى اليمين، بما في ذلك التواصل البطيني والقناة الأذينية البطينية مع ارتفاع ضغط الدم الشرياني الرئوي. والمجموعة الثانية التي تمثل 29.54 % مكون من عيوب القلب الخلقية المعقدة بما في ذلك رتق الصمام ثلاثي الشرفات وانقلاب وضع الأوعية الكبرى وقلب أحادي البطين والبطين الأيمن ذو المخرجين مع ارتفاع ضغط الدم الشرياني الرئوي. كانت نسبة الجنس 1.58 في المجموعة الأولى، و 0.85 في المجموعة الثانية. تراوح عمر 48.39 % من المرضى في المجموعة الأولى بين 6 و 12 شهرا و 69.24 % من المجموعة الثانية كان عمرهم أكثر من سنة واحدة. كان زواج الأقارب وارتفاع سن الأم أهم السوابق المرضية.

كان معدل الوفيات الإجمالي 5 حالات (11.36%)، مع 3 (9.67%) في المجموعة الأولى و 2 (15.38%) في المجموعة الثانية، وهيمنت على مضاعفات ما بعد الجراحة الأمراض الرئوية. و80 من المرضى عرفوا تطورا ايجابيا، مع زيادة في الوزن وتراجع الأعراض المرضية.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Définitions hémodynamiques des hypertensions pulmonaires (HTP)

Tableau 2 : la répartition des malades ayant une CIV selon les anomalies associées

Tableau 3 : la répartition des malades du groupe II.

Tableau 4 : le nombre de cas opéré par an pour chaque groupe pendant la durée d'étude.

Tableau 5 : moyenne d'âge.

Tableau 6 : la répartition des malades des deux groupes selon les tranches d'âge en mois.

Tableau 7 : la répartition de sexe et le sexe ratio

Tableau 8 : le nombre de patients opéré par an et la voie d'abord utilisée.

Tableau 9 : PAP avant et après cerclage de l'artère pulmonaire.

Tableau 10: PAS avant et après cerclage de l'artère pulmonaire.

Tableau 11 : causes de décès

Tableau 12 : mortalité de chaque groupe de malades et la mortalité de tous les patients étudiés.

Tableau 13 : estimation de survie chez les malades des deux groupes.

Tableau 14 : séjour en réanimation

Tableau 15: l'évolution du gradient transcerclage et la saturation artérielle en oxygène moyenne pour les patients du groupes I et groupe II.

Tableau 16 : synthèse des résultats.

Tableau 17 : répartition des patients inclus dans l'étude.

Tableau 18 : la médiane d'âge selon différentes études.

Tableau 19 : mortalité selon différentes études

Tableau 20 : comparaison de la mortalité chez deux groupes de malades ; groupe

fait de pathologies simple et groupe de pathologies complexes.

Tableau 21 : facteurs de risque de mortalité selon différentes études.

Tableau 22 : délai de chirurgies définitives selon la littérature

LISTE DES FIGURES :

- Figure 1:** Principaux vaisseaux du médiastin moyen A. vue antérieure B. vue postérieure
- Figure 2 :** Courbes de pression enregistrées lors de la progression du cathéter dans l'oreillette droite (OD), le ventricule droit (VD) et l'artère pulmonaire (AP).
- Figure 3 :** Le gonflage du ballonnet isole un segment de vascularisation pulmonaire dans lequel la circulation sanguine est interrompue.
- Figure 4 :** exemple de courbes enregistrées chez un patient avec une HTP pré-capillaire.
- Figure 5 :** schéma décrivant la technique opératoire selon V. T. Tsang et J.Stark
- Figure 6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,5.10d et 5.10e :** schéma décrivant la technique opératoire selon Timothy J. Gardner et Thomas L. spray.
- Figure 21:** évolution par an du nombre de cas ayant bénéficié du cerclage de l'artère pulmonaire au service du 2011 au 2019
- Figure 22:**répartition des malades selon les tranches d'âge en mois
- Figure 23 :** répartition du sexe du groupe I
- Figure 24 :** répartition du sexe du groupe II
- Figure 25 :** une courbe illustrant l'évolution de l'utilisation des voies d'abord durant la période d'étude.
- Figure26 :** photo prise au bloc opératoire CHU Hassan II au cours du cerclage de l'artère pulmonaire par thoracotomie latérale gauche.
- Figure 27 :** photo prise au bloc opératoire CHU Hassan II au cours du cerclage de l'artère pulmonaire par sternotomie.
- Figure28 :** photo prise au bloc opératoire CHU Hassan II au cours du cerclage de

l'artère pulmonaire par mini thoracotomie antérieure.

Figure 29 : la circonférence de cerclage théorique et opératoire.

Figure 30 : photo prise au bloc opératoire chu Hassan II chez un patient du groupe II ayant une transposition des gros vaisseaux avant cerclage de l'artère pulmonaire.

Figure 31 : photo prise au bloc opératoire chu Hassan II chez un patient du groupe II ayant une transposition des gros vaisseaux après cerclage de l'artère pulmonaire.

Figure 32 : photo prise au bloc opératoire chu Hassan II chez après cerclage de l'artère pulmonaire d'un patient du groupe I.

Figure 33 : PAP moyennes avant et après le cerclage de l'artère pulmonaire.

Figure 34 : PAS moyennes avant et après le cerclage de l'artère pulmonaire.

Figure 35 : courbe de survie.

Figure 36 : l'évolution du gradient transcerclage et la saturation artérielle en oxygène moyenne pour les patients du groupe I.

Figure 37: l'évolution du gradient transcerclage et la saturation artérielle en oxygène moyenne pour les patients du groupe II.

Figure 38 : courbe de poids des filles selon l'OMS montrant par des points rouges l'âge et le poids de chaque patiente et par des carrés verts les patiente

Figure 39 : courbe de poids des garçons selon l'OMS montrant par des points rouges l'âge et le poids de chaque patient et par des carrés verts les patients décédés.

Figure 40 : courbe de poids schématisant par des points rouges l'âge et le poids de chaque patient et par des carrés verts les patients décédés

REFERENCES

- [1]. Muller WH, Jr, Danimann JF, Jr. The treatment of certain congenital malformations of the heart by the creation of pulmonic stenosis to reduce pulmonary hypertension and excessive pulmonary blood flow; a preliminary report. *Surg GynecolObstet* 1952;95:213-9.
- [2]. Silverman N, Levitsky S, Fisher E, DuBrow I, Hastreiter A, Scagliotti D. Efficacy of pulmonary artery banding in infants with complete atrioventricular canal. *Circulation* 1983;68(3 Pt 2):II148-53.
- [3]. Devaney EJ, Charpie JR, Ohye RG, Bove EL. Combined arterial switch and Senning operation for congenitally corrected transposition of the great arteries: patient selection and intermediate results. *J ThoracCardiovascSurg* 2003;125:500-7
- [4]. Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W.M. Mitchell .Gray's anatomy.
- [5]. S. Paranon,P. Acar,Physiopathologie des shunts gauche-droite-Doi : 10.1016/S1166-4568(11)32768-4
- [6]. Collège des Enseignants de Pneumologie – 2017, Item 222 HYPERTENSION ARTÉRIELLE PULMONAIRE.
- [7]. Emanuela Angeli, Carlo Pace Napoleone, Simone Turci, Guido Oppido and Gaetano Gargiulo.
Paediatric Cardiac Surgery Unit, S. Orsola-Malpighi Hospital, University of Bologna Medical School, Via Massarenti n. 9, 40138 Bologna, Italy
- [8]. V.T.Tsang and J. Stark .Pulmonary Artery Banding.
- [9]. Brizard CP, Olsson C, Wilkinson JL. New approach to multiple ventricular septal defect closure with intraoperative echocardiography and double patches sandwiching the septum.*J ThoracCardiovascSurg* 2004; 128: 684-692.
- [10]. Kitagawa T, Durham LA III, Mosca RS et al. Techniques and results in the

- management of multiple ventricular septal defects. *J ThoracCardiovascSurg* 1998; 115: 848–856.
- [11]. Ungerleider RM, Ebert PA. Indications and techniques for midline approach to aortic coarctation in infants and children. *Ann ThoracSurg* 1987; 44: 517–522.
- [12]. Karl TR, Sano S, Brawn Wet al. Repair of hypoplastic or interrupted aortic arch via sternotomy. *J ThoracCardiovascSurg* 1992; 104: 688–695.
- [13]. Doty DB, Lauer RM, Ehrenhaft JL. Congenital cardiac anomalies: one–stage repair in infancy. *Ann ThoracSurg* 1975; 20: 316–325.
- [14]. Carpena C, Subramanian S. Management of the ventricular septal defect in transposition [abstr]. *Am J Cardiol* 1974; 33: 130.
- [15]. Trusler GA, Mustard WT. A method of banding the pulmonary artery for large isolated ventricular septal defect with and without transposition of the great arteries. *Ann ThoracSurg* 1972; 13: 351–355.
- [16]. Norwood WI, Dobell AR, Freed MD et al. Intermediate results of the arterial switch repair. A 20–institution study. *J ThoracCardiovascSurg* 1988; 96: 854–863.
- [17]. Brawn WJ, Mee RB. Early results for anatomic correction of transposition of the great arteries and for double–outlet right ventricle with subpulmonary ventricular septal defect. *J ThoracCardiovascSurg* 1988; 95: 230–238.
- [18]. Jonas RA, Giglia TM, Sanders SP et al. Rapid, two–stage arterial switch for transposition of the great arteries and intact ventricular septum beyond the neonatal period. *Circulation* 1989; 80: 1203–1208.
- [19]. Kang N, Cole T, Tsang V et al. Risk stratification in paediatric open–heart surgery. *Eur J CardiothoracSurg* 2004; 26: 3–11.
- [20]. Mee RB. Severe right ventricular failure after Mustard or Senning operation.

- Two-stage repair: pulmonary artery banding and switch. *J ThoracCardiovascSurg* 1986; 92: 385–390.
- [21]. Mee RBB. Arterial switch for right ventricular failure following Mustard or Senning operations. In *Reoperations in Cardiac Surgery*, Stark J, Pacifico AD (eds). SpringerVerlag: London, 1989: 217.
- [22]. Daenen W, Eyskens B, Meyns B et al. Neonatal pulmonary artery banding does not compromise the short-term function of a Damus–Kaye–Stansel connection. *Eur J CardiothoracSurg* 2000; 17: 655–657.
- [23]. Gibbs JL, Wren C, Watterson KG et al. Stenting of the arterial duct combined with banding of the pulmonary arteries and atrialseptectomyorseptostomy:anewapproachtopalliation for the hypoplastic left heart syndrome. *Br Heart J* 1993; 69: 551–555.
- [24]. Pizarro C, Norwood WI. Pulmonary artery banding before Norwood procedure.*Ann ThoracSurg* 2003; 75: 1008– 1010.
- [25]. AkintuerkH,Michel–Behnkel,ValeskeKetal.Stentingofthe arterial duct and banding of the pulmonary arteries: basis for combined Norwood stage I and II repair in hypoplastic left heart. *Circulation* 2002; 105: 1099–1103.
- [26]. V.T.Tsang and J. Stark .Pulmonary Artery Banding.
- [27]. Timothy J. Gardner and Thomas L. Spray .Operative Cardiac Surgery.
- [28]. V.T.Tsang and J. Stark .Pulmonary Artery Banding.
- [29]. Timothy J. Gardner and Thomas L. Spray .Operative Cardiac Surgery.
- [30]. V.T.Tsang and J. Stark .Pulmonary Artery Banding.
- [31]. Wessel DL. Commentary: simple gases and complex single ventricles. *J ThoracCardiovascSurg* 1996; 112: 655– 657.
- [32]. Barnea O, Santamore WP, Rossi A et al. Estimation of oxygen delivery in newborns with a univentricular circulation. *Circulation* 1998; 98: 1407–

1413.

- [33]. Trusler GA, Mustard WT. A method of banding the pulmonary artery for large isolated ventricular septal defect with and without transposition of the great arteries. *Ann ThoracSurg* 1972; 13: 351-355
- [34]. Jonas RA, Giglia TM, Sanders SP et al. Rapid, two-stage arterial switch for transposition of the great arteries and intact ventricular septum beyond the neonatal period. *Circulation* 1989; 80: 1203-1208.
- [35]. Muller WH Jr, Dammann JF Jr. The treatment of certain congenital malformations of the heart by the creation of pulmonic stenosis to reduce pulmonary hypertension and excessive pulmonary blood flow; a preliminary report. *SurgGynecolObstet* 1952; 95: 213-219.
- [36]. Albert HM, Fowler RL, Craighead CC et al. Pulmonary artery banding. A treatment for infants with intractable cardiac failure due to interventricular septal defects. *Circulation* 1961; 23: 16-20.
- [37]. Stark J, Berry CL, Silove ED. The evaluation of materials used for pulmonary artery banding. Experimental study in piglets. *Ann ThoracSurg* 1972; 13: 163-169.
- [38]. Fishman NH, Roe BB. An adjustable pulmonary artery band. *Arch Surg* 1971; 102: 143.
- [39]. Stark J, Aberdeen E, Waterston DJ et al. Pulmonary artery constriction (banding): a report of 146 cases. *Surgery* 1969; 65: 808-818.
- [40]. Stark J, Tynan M, Aberdeen E. Spontaneous closure of ventricular septal defect following pulmonary artery constriction (banding). *Am Heart J* 1970; 79: 548-551.
- [41]. Bonnet D, Sidi D, Vouhe PR. Absorbable pulmonary artery banding in tricuspid atresia. *Ann ThoracSurg* 2001; 71: 360-361; discussion, 361-

362.

- [42]. Fishman NH, Roe BB. An adjustable pulmonary artery band. *Arch Surg* 1971; 102: 143.
- [43]. Corno AF, Bonnet D, Sekarski N et al. Remote control of pulmonary blood flow: initial clinical experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1775-1780.
- [44]. Hunt CE, Formanek G, Levine MA et al. Banding of the pulmonary artery. Results in 111 children. *Circulation* 1971; 43: 395-406.
- [45]. Stark J, Berry CL, Silove ED. The evaluation of materials used for pulmonary artery banding. Experimental study in piglets. *Ann Thorac Surg* 1972; 13: 163-169.
- [46]. Berry CL. Changes in the wall of the pulmonary artery after banding. *J Pathol* 1969; 99: 29-32.
- [47]. Hunt CE, Formanek G, Levine MA et al. Banding of the pulmonary artery. Results in 111 children. *Circulation* 1971; 43: 395-406.
- [48]. Freed MD, Rosenthal A, Plauth WH Jr et al. Development of subaortic stenosis after pulmonary artery banding. *Circulation* 1973; 48: III7-10.
- [49]. Edgett JW Jr, Nelson WP, Hall RJ et al. Spontaneous closure of a ventricular septal defect after banding of the pulmonary artery. *Am J Cardiol* 1968; 22: 729-732.
- [50]. Stark J, Tynan M, Aberdeen E. Spontaneous closure of ventricular septal defect following pulmonary artery constriction (banding). *Am Heart J* 1970; 79: 548-551.
- [51]. Osborn JR, Hall RJ, Winn DF Jr et al. An unusual late complication of pulmonary artery banding. *Circulation* 1966; 34: 61-64.
- [52]. V.T. Tsang and J. Stark .Pulmonary Artery Banding.

- [53]. V.T.Tsang and J. Stark .Pulmonary Artery Banding.
- [54]. Timothy J. Gardner and Thomas L. Spray .Operative Cardiac Surgery.
- [55]. Timothy J. Gardner and Thomas L. Spray .Operative Cardiac Surgery.
- [56]. Horowitz MD; Culpepper WS; Williams LC; Sundgaard–Riise K; Ochsner JL. *Ann Thorac Surg.* 1989; 48(3):444–50 (ISSN: 0003–4975). Pulmonary artery banding: analysis of a 25–year experience.
- [57]. Paulo Pinho, Ulrich O. Von Oppell*, Johan Brink, John Hewitson Department of Cardiothoracic Surgery, School of Medicine, University of Cape Town, 7925 Cape Town, South Africa. Pulmonary artery banding; adequacy and long–term outcome
- [58]. Yoshimura N, Yamaguchi M, Oka S, Yoshida M, Murakami H. Pulmonary artery banding still has an important role in the treatment of congenital heart disease. *Ann ThoracSurg* 2005;**79**:1463.
- [59]. Brooks A, Geldenhuys A, Zuhlke L, Human P, Zilla P. Pulmonary artery banding still a valuable option in developing countries? *Eur J Cardio–ThoracSurg* 2012;**41**:272–6.
- [60]. Pulmonary artery banding in the current era: Is it still useful? MaziarGholampourDehaki, Ali SadeghpourTabaee, ChangizAzadiAhmadabadi, AlirezaAlizadehGhavidel, GholamrezaOmra Department of Cardiovascular Surgery, Rajaie Cardiovascular Medical and Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- [61]. Pulmonary Artery Banding in Developing Countries: Is it Still Relevant? ZahiraZouizra, GaëlBiaou*, YassineBoukaidi, SoukainaBenbakh, Salwa El Karimi and DrissiBoumzebra Cardiovascular Surgery Unit, Mohammed VI Teaching Hospital, Marrakech, Morocco
- [62]. Hoseinikhah H, Moeinipour A, Zarifian A, Sheikh Andalibi MS, Moeinipour

- Y, AbbassiTeshnisi M, et al. Indications, Results and Mortality of Pulmonary Artery Banding Procedure: a Brief Review and Five- year Experiences. *Int J Pediatr* 2016; 4(5): 1733–44.
- [63]. Neveux J-Y. Macé L. Communications interventriculaires. *EMC-Tachniques chirurgicales-Thorax* 2004; 42-780.
- [64]. LAMAACHI Khadija, thèse N124/2011 : la chirurgie palliative des cardiopathies congénitales.
- [65]. Pulmonary Artery Banding in Developing Countries: Is it Still Relevant? ZahiraZouizra, GaëlBiaou*, YassineBoukaidi, SoukainaBenbakh, Salwa El Karimi and DrissiBoumzebra Cardiovascular Surgery Unit, Mohammed VI Teaching Hospital, Marrakech, Morocco
- [66]. LAMAACHI Khadija, thèse N124/2011 : la chirurgie palliative des cardiopathies congénitales.
- [67]. HirooTakayama, MD, AkihikoSekiguchi, MD, PhD, MasahideChikada, MD, PhD, MioNoma, MD, PhD, Akira Ishizawa, MD, PhD, and ShinichiTakamoto, MD, PhD. Department of Cardiothoracic Surgery, Tokyo University Hospital, and Division of Cardiovascular Surgery and Pediatric Cardiology, National Children's Hospital, Tokyo, Japan. Mortality of Pulmonary Artery Banding in the Current Era: Recent Mortality of PA Banding
- [68]. Horowitz MD; Culpepper WS; Williams LC; Sundgaard-Riise K; Ochsner JL. *Ann Thorac Surg.* 1989; 48(3):444–50 (ISSN: 0003–4975). Pulmonary artery banding: analysis of a 25-year experience.
- [69]. V.T.Tsang and J. Stark .Pulmonary Artery Banding.
- [70]. Paulo Pinho, Ulrich O. Von Oppell*, Johan Brink, John Hewitson Department of Cardiothoracic Surgery, School of Medicine, University of Cape Town, 7925 Cape Town, South Africa. Pulmonary artery banding; adequacy and

long-term outcome

- [71]. Brooks A, Geldenhuys A, Zuhlke L, Human P, Zilla P. Pulmonary artery banding still a valuable option in developing countries? *Eur J Cardio-ThoracSurg* 2012;41:272-6.
- [72]. Valente AS, Mesquita F, Mejia AC, Maia IC, Maior MS, Branco CK et al. Pulmonary artery banding: a simple procedure? A critical analysis at a tertiary center. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009;24:327-33.
- [73]. LAMAACHI Khadija, thèse N124/2011 : la chirurgie palliative des cardiopathies congénitales.
- [74]. Pulmonary Artery Banding in Developing Countries: Is it Still Relevant? ZahiraZouizra, GaëlBiaou*, YassineBoukaidi, SoukainaBenbakh, Salwa El Karimi and DrissiBoumzebra Cardiovascular Surgery Unit, Mohammed VI Teaching Hospital, Marrakech, Morocco
- [75]. Hoseinikhah H, Moeinipour A, Zarifian A, Sheikh Andalibi MS, Moeinipour Y, AbbassiTeshnisi M, et al. Indications, Results and Mortality of Pulmonary Artery Banding Procedure: a Brief Review and Five- year Experiences. *Int J Pediatr* 2016; 4(5): 1733-44.
- [76]. Banding of the Pulmonary Artery Results in 111 Children By CARL E. HUNT, M.D., GUSTAVE FORMANEK, M.D., MYRON A. LEVINE, M.D., ALDO CASTANEDA, M.D., AND JAMES H. MOLLER, M.D.
- [77]. Paulo Pinho, Ulrich O. Von Oppell*, Johan Brink, John Hewitson Department of Cardiothoracic Surgery, School of Medicine, University of Cape Town, 7925 Cape Town, South Africa. Pulmonary artery banding; adequacy and long-term outcome
- [78]. HirooTakayama, MD, AkihikoSekiguchi, MD, PhD, MasahideChikada, MD, PhD, MioNoma, MD, PhD, Akira Ishizawa, MD, PhD, and ShinichiTakamoto,

MD, PhD. Department of Cardiothoracic Surgery, Tokyo University Hospital, and Division of Cardiovascular Surgery and Pediatric Cardiology, National Children's Hospital, Tokyo, Japan. Mortality of Pulmonary Artery Banding in the Current Era: Recent Mortality of PA Banding

- [79]. Horowitz MD; Culpepper WS; Williams LC; Sundgaard-Riise K; Ochsner JL. *Ann Thorac Surg.* 1989; 48(3):444–50 (ISSN: 0003–4975). Pulmonary artery banding: analysis of a 25–year experience.
- [80]. Paulo Pinho, Ulrich O. Von Oppell*, Johan Brink, John Hewitson Department of Cardiothoracic Surgery, School of Medicine, University of Cape Town, 7925 Cape Town, South Africa. Pulmonary artery banding; adequacy and long–term outcome
- [81]. Yoshimura N, Yamaguchi M, Oka S, Yoshida M, Murakami H. Pulmonary artery banding still has an important role in the treatment of congenital heart disease. *Ann ThoracSurg* 2005;**79**:1463.
- [82]. Brooks A, Geldenhuys A, Zuhlke L, Human P, Zilla P. Pulmonary artery banding still a valuable option in developing countries? *Eur J Cardio–ThoracSurg* 2012;**41**:272–6.
- [83]. Valente AS, Mesquita F, Mejia AC, Maia IC, Maior MS, Branco CK et al. Pulmonary artery banding: a simple procedure? A critical analysis at a tertiary center. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009;**24**:327–33.
- [84]. Yoshimura N, Yamaguchi M, Oka S, Yoshida M, Murakami H. Pulmonary artery banding still has an important role in the treatment of congenital heart disease. *Ann ThoracSurg* 2005;**79**:1463.
- [85]. Brooks A, Geldenhuys A, Zuhlke L, Human P, Zilla P. Pulmonary artery banding still a valuable option in developing countries? *Eur J Cardio–ThoracSurg* 2012;**41**:272–6.

- [86]. LAMAACHI Khadija, thèse N124/2011 : la chirurgie palliative des cardiopathies congénitales.
- [87]. Pulmonary artery banding in the current era: Is it still useful?
MaziarGholampourDehaki, Ali SadeghpourTabaee,
ChangizAzadiAhmadabadi, AlirezaAlizadehGhavidel, GholamrezaOmra
Department of Cardiovascular Surgery, Rajaie Cardiovascular Medical and
Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Ira
- [88]. LAMAACHI Khadija, thèse N124/2011 : la chirurgie palliative des cardiopathies congénitales.