



ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
FES



Année 2017

Thèse N° 071/17

LE CATHÉTÉRISME CARDIAQUE PÉDIATRIQUE (a propos de 78 cas)

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 17/04/2017

PAR

M. MOUNI OMAR

Né le 14 Décembre 1990 à Tanger

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Cathétérisme cardiaque pédiatrique - Cathétérisme interventionnel
Cathétérisme diagnostique - Cardiopathies congénitales

JURY

M. HIDA MOUSTAPHA	PRESIDENT
Professeur de Pédiatrie	
M. ATMANI SAMIR	RAPPORTEUR
Professeur agrégé de Pédiatrie	
M. HARANDOU MUSTAPHA.....	} JUGES
Professeur d'Anesthésie réanimation	
M. EL KOUACHE MUSTAPHA	
Professeur agrégé d'Anatomie	
M. LABIB SMAEL.....	
Professeur agrégé d'Anesthésie réanimation	

SOMMAIRE

INTRODUCTION :	9
BASES THEORIQUES :	11
I. Définitions :	12
II. Historique :	13
III. Rappel anatomique et physiologique :	15
1. Anatomie cardiovasculaire :	15
2. Adaptation néonatale à la vie extra-utérine :	21
3. Rappel hémodynamique :	23
3.1. Mécanisme du cycle cardiaque :	23
3.2. Pressions intracardiaques :	24
3.3. Débit cardiaque :	25
3.4. Shunt intracardiaque :	27
3.5. Résistances vasculaires :	28
4. Classification hémodynamique des cardiopathies congénitales :	29
IV. Technique du cathétérisme :	30
1. Matériel et salles du cathétérisme cardiaque :	32
2. Médicaments :	37
3. Anesthésie :	37
4. Procédure du cathétérisme cardiaque :	38
V. Indication du cathétérisme :	42
1. Cathétérisme diagnostique :	42
1.1. Hypertension artérielle pulmonaire (HTAP) :	42
1.2. Cartographie de l'arbre pulmonaire :	43
1.3. Évaluation des shunts intracardiaques :	44
2. Cathétérisme interventionnel :	45

2.1. Ouverture de structures anatomiques anormalement ou normalement fermées :	45
a. Manœuvre de Rashkind ou atrio-séptostomie au ballonnet :	45
b. Dilatation des valves ou valvuloplastie : pulmonaire ou aortique :	47
c. Dilatation des vaisseaux ou angioplastie :.....	50
2.2. Fermeture de structures anatomiques anormalement ouvertes :.....	52
a. Fermeture des communications inter auriculaires :.....	52
b. Fermeture des communications interventriculaires :.....	56
c. Fermeture d'un canal artériel persistant :	57
d. Fermeture de collatérales anormales et autres shunts vasculaires anormaux : ...	62
2.3. Remplacement valvulaire :	63
2.4. Procédé hybride :	64
IV. Complications :.....	66
1. Les complications mécaniques :	66
2. Les complications thromboemboliques :.....	67
3. Les complications électriques :	67
4. Les complications infectieuses :.....	67
5. Les réactions au produit de contraste :	68
6. Les complications systémiques :.....	68
7. Les complications spécifiques du cathétérisme interventionnel :	69
8. Les complications cancéreuses :	69
NOTRE ETUDE :.....	70
I. Matériel d'étude :	71
II. Méthode :	71
Fiche d'exploitation :	71
III. Résultat :	77

1. Données épidémiologiques et étiologiques :.....	77
1.1. Nombre de patients :.....	77
1.2. Répartition selon le sexe :	77
1.3. Répartition selon l'âge :.....	78
1.4. Répartition selon l'indication :	79
2. Cathétérisme diagnostique :.....	83
2.1. Donnée clinique :	83
2.2. Donnée paraclinique :.....	86
2.3. Diagnostic final :	87
2.4. Indications du cathétérisme :.....	88
2.5. Préparation des patients :.....	88
2.6. Matériel utilisé :.....	91
2.7. Procédure :.....	95
3. Cathétérisme interventionnel :.....	99
3.1. Donnée clinique :	99
3.2. Donnée paraclinique :.....	102
3.3. Diagnostic final :	104
3.4. Indication du cathétérisme :	105
3.5. Préparation des patients :.....	105
3.6. Matériel utilisé :.....	107
3.7. Procédure :.....	112
4. Complications :.....	122
5. Difficultés et risques :	126
6. Evolution des patients :.....	127
7. Perspectives d'avenir :.....	129

DISCUSSION :.....	130
I. Données épidémiologiques et étiologiques :.....	131
II. Cathétérisme interventionnel :.....	133
III. Cathétérisme diagnostique :.....	135
VI. Complications :.....	137
CONCLUSION :.....	138
BIBLIOGRAPHIE :.....	147

Liste des abréviations

ADO	: Amplatzer duct occlude.
Ao	: Aorte
AP	: Artère pulmonaire.
APD	: Artère pulmonaire droite.
APG	: Artère pulmonaire gauche.
APSO	: Atrésie pulmonaire à septum ouvert.
ASO	: Amplatzer septal occluder.
AT	: Atrésie tricuspide.
ATCDs	: Antécédents.
BAV	: Bloc auriculo-ventriculaire.
BBD	: Bloc de bronche droit.
BBG	: Bloc de bronche gauche.
CA	: Canal artériel.
CaO ₂	: Contenu artériel en oxygène
CAV	: Canal atrio-ventriculaire
CC	: Cardiopathie congénitale
CHU	: Centre hospitalier universitaire.
CIA	: Communication inter auriculaire.
CIA OS	: Communication inter auriculaire ostium secundum.
CIV	: Communication interventriculaire.
Coa	: Coarctation de l'aorte
Créat	: Créatinine.
CRP	: C réactive protéine
CvO ₂	: Contenu veineux en oxygène.
DAVO ₂	: Différence artério-veineuse en oxygène.
Dc	: Diagnostique
DR	: Détresse respiratoire
ECG	: Electrocardiogramme
ETO	: Echographie trans-œsophagienne
ETT	: Echographie trans-thoracique
FC	: Fréquence cardiaque.

FR	: Fréquence respiratoire.
GB	: Globules blancs.
GR	: Globules rouges.
HAD	: Hypertrophie auriculaire droite.
HAG	: Hypertrophie auriculaire gauche.
Hb	: Hémoglobine
HTAP	: Hypertension artérielle pulmonaire.
HVD	: Hypertrophie ventriculaire droite.
HVD	: Hypertrophie ventriculaire droite.
HVG	: Hypertrophie ventriculaire gauche.
HVG	: Hypertrophie ventriculaire gauche.
ICT	: Indexe cardio-thoracique.
KT	: Cathétérisme.
MPA	: Multipurpose catheter (cathéter à utilisation multiple).
NFS	: Numération de la formule sanguine.
No	: Nombre.
OAD	: Oblique antérieur droit.
OAG	: Oblique antérieur gauche.
OG	: Oreillette gauche.
PAP	: Pression artérielle pulmonaire.
PAPm	: Pression artériel pulmonaire moyenne.
PCA	: Persistance du canal artériel.
Pcap	: Pression capillaire.
PFC	: Plasmas frais congelé.
PLQ	: Plaquettes.
PVC	: Pression veineuse centrale
Qp	: Débit pulmonaire.
Qs	: Débit systémique.
Rp	: Résistance pulmonaire.
Rs	: Résistance systémique.
SaO2	: Saturation artérielle en oxygène.
Sd	: Syndrome.
SP	: Sténose pulmonaire.

TAP	: Tronc artériel pulmonaire
TGV	: Transposition des gros vaisseaux
TP	: Taux de prothrombine
VCI	: Veine cave inférieure
VCS	: Veine cave supérieure
VD	: Ventricule droit
VDDI	: Ventricule droit à double issus
VES	: Volume d'éjection systolique
VG	: Ventricule gauche
VO	: Veine ombilicale
VO ₂	: Consommation en oxygène

INTROCUCTION

Le développement du cathétérisme interventionnel et des techniques non invasives a transformé ces vingt dernières années le paysage de la cardiologie pédiatrique.

Le temps où le premier but du cathétérisme cardiaque était d'informer le chirurgien sur la cardiopathie congénitale est révolu. Depuis, le perfectionnement des technologies non invasives (échographie, scanner, IRM) permet le plus souvent d'évaluer précisément et avec fiabilité, l'anatomie et la physiopathologie de la cardiopathie congénitale. Cela explique que le cathétérisme n'a qu'une place limitée dans l'évaluation hémodynamique des cardiopathies congénitales et c'est dès lors dans le domaine interventionnel qu'il s'impose, en remplacement ou en complément de la chirurgie cardiaque [1].

L'objectif de notre étude est de réaliser un état des lieux des indications et des résultats du cathétérisme cardiaque pédiatrique au CHU de Fès ainsi qu'analyser le type, le résultat et les complications des procédures réalisées.

BASES THEORIQUES

I. Définitions :

Cathétérisme :

Vient du mot grecque « kathetêr » qui signifie « sonde ». Le cathétérisme cardiaque est donc l'introduction d'un tube radio-opaque, flexible appelé « sonde » à travers les vaisseaux et cavités cardiaque afin de les « sonder » dans un but diagnostique ou thérapeutique. La radio-opacité des sondes permet leur visualisation ainsi que le suivi de leur progression à l'aide des rayons X sur un écran de radioscopie. A travers la sonde ou le cathéter, on peut injecter un produit de contraste ou y faire passer du matériel d'intervention percutanée comme les ballons, les prothèses ou les stents [2].

Cathétérisme cardiaque interventionnel ou cardiologie interventionnelle :

Domaine de la cardiologie dans lequel le cathétérisme vise à corriger temporairement ou définitivement les malformations cardiaques ou vasculaires en utilisant du matériel introduit par voie percutanée tel que prothèses, ballons, stents [2], ...

II. Historique :

Le premier geste reconnu comme cathétérisme cardiaque fut posé en 1928 par Werner Frossmann, un chirurgien allemand qui s'introduisit lui-même un tube flexible radio-opaque à travers une veine brachiale, jusque dans l'oreillette droite [3].

En 1966, Rashkind inaugura l'ère du cathétérisme interventionnel en réalisant la toute première séptostomie atriale à l'aide d'un ballonnet, originellement effectuée par voie chirurgicale [4].



Figure No 1 : William Rashkind.

Il a fallu plus de 20 ans pour voir le cathétérisme interventionnel offrir un deuxième geste thérapeutique : il s'agit de la dilatation au ballon (aussi appelée valvuloplastie) de la valve pulmonaire sténosée [5,6], suivie rapidement par la dilatation de la valve aortique [7] puis celle de vaisseaux rétrécis (angioplastie) [8]. Il convient de souligner que ces procédures restaient d'une pratique limitée à l'époque, les indications se limitant aux grands enfants et aux adultes en raison d'un matériel mal adapté aux petits patients.

Le cathétérisme interventionnel a réellement pris son essor à la fin des années 1980. Les matériaux se sont adaptés aux petits poids de sorte qu'actuellement même les nouveau-nés voire les prématurés peuvent bénéficier des techniques de valvulo- ou d'angioplastie. Par la suite, l'ingénierie médicale a proposé une multitude de dispositifs, élargissant de facto le champ de la discipline, les principales limitations demeurant la taille du patient (et donc de ses vaisseaux) ainsi que celle de la lésion (communication ou obstacle) par rapport à la taille du matériel requis lorsqu'une prothèse (coil, stent, ombrelle d'occlusion, ...) doit être implantée.

Actuellement le cathétérisme cardiaque est devenu un outil important en cardiologie pédiatrique car il permet dans plusieurs cas de différer voir même ne pas avoir recours à la chirurgie cardiaque dont les risques sont beaucoup plus importants surtout chez le nouveau-né.

III. Rappel anatomique et physiologique :

1. Anatomie cardiovasculaire :

Le système cardio-vasculaire, aussi appelé appareil circulatoire, est composé par le cœur et les vaisseaux. Il permet la circulation du sang et le transport des gaz respiratoires, des déchets, des nutriments et des molécules signaux au sein de l'organisme.

1.1. Le cœur :

Le cœur est un organe musculaire creux situé dans la cage thoracique, dans un espace appelé médiastin antérieur.

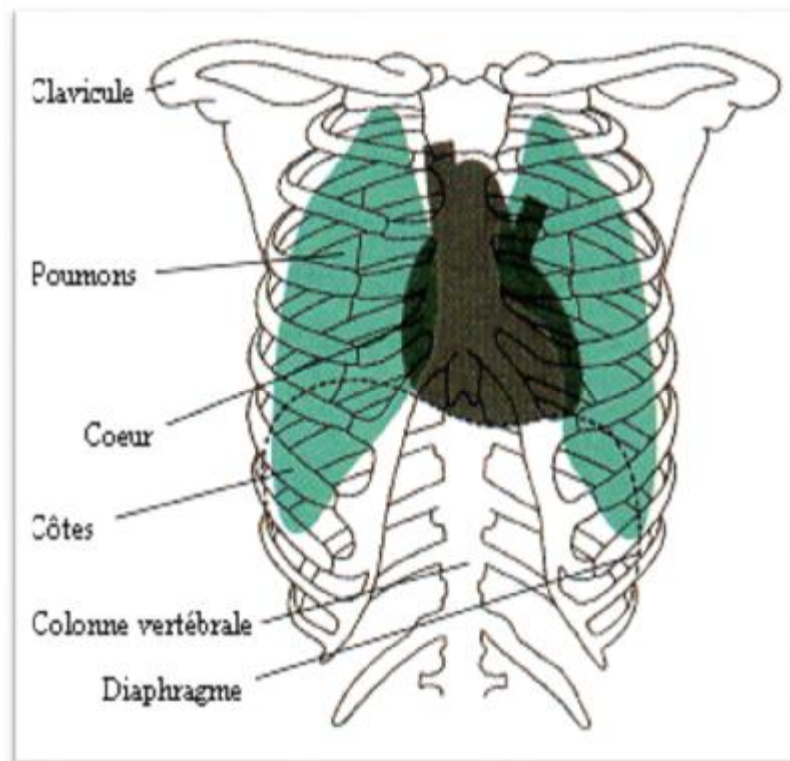


Figure No2 : Situation du cœur dans le médiastin antérieur.

Ce muscle est encore appelé myocarde, c'est un muscle strié qui se contracte automatiquement. Cet automatisme propre au muscle cardiaque est possible grâce à un tissu spécifique qui s'appelle le tissu nodal pourvu de qualités électriques.

Le cœur est composé de 4 cavités cardiaques : l'oreillette droite, l'oreillette gauche, le ventricule droit et le ventricule gauche.

Il peut être divisé en cœur droit et cœur gauche :

Le cœur droit est composé de l'oreillette droite (où s'abouchent les 2 veines caves), du ventricule droit (où s'abouche l'artère pulmonaire, fermée par les valves sigmoïdes pulmonaires) et de la valve tricuspide (qui sépare l'oreillette droite du ventricule droit).

Le cœur droit est composé de l'oreillette droite (où s'abouchent les 2 veines caves), du Ventricule droit (où s'abouche l'artère pulmonaire, fermée par les valves sigmoïdes pulmonaires) et de la valve tricuspide (qui sépare l'oreillette droite du ventricule droit).

De plus, l'oreillette droite est séparée de l'oreillette gauche par une paroi appelée septum inter auriculaire et le ventricule droit est séparé du ventricule gauche par une paroi appelée septum interventriculaire.

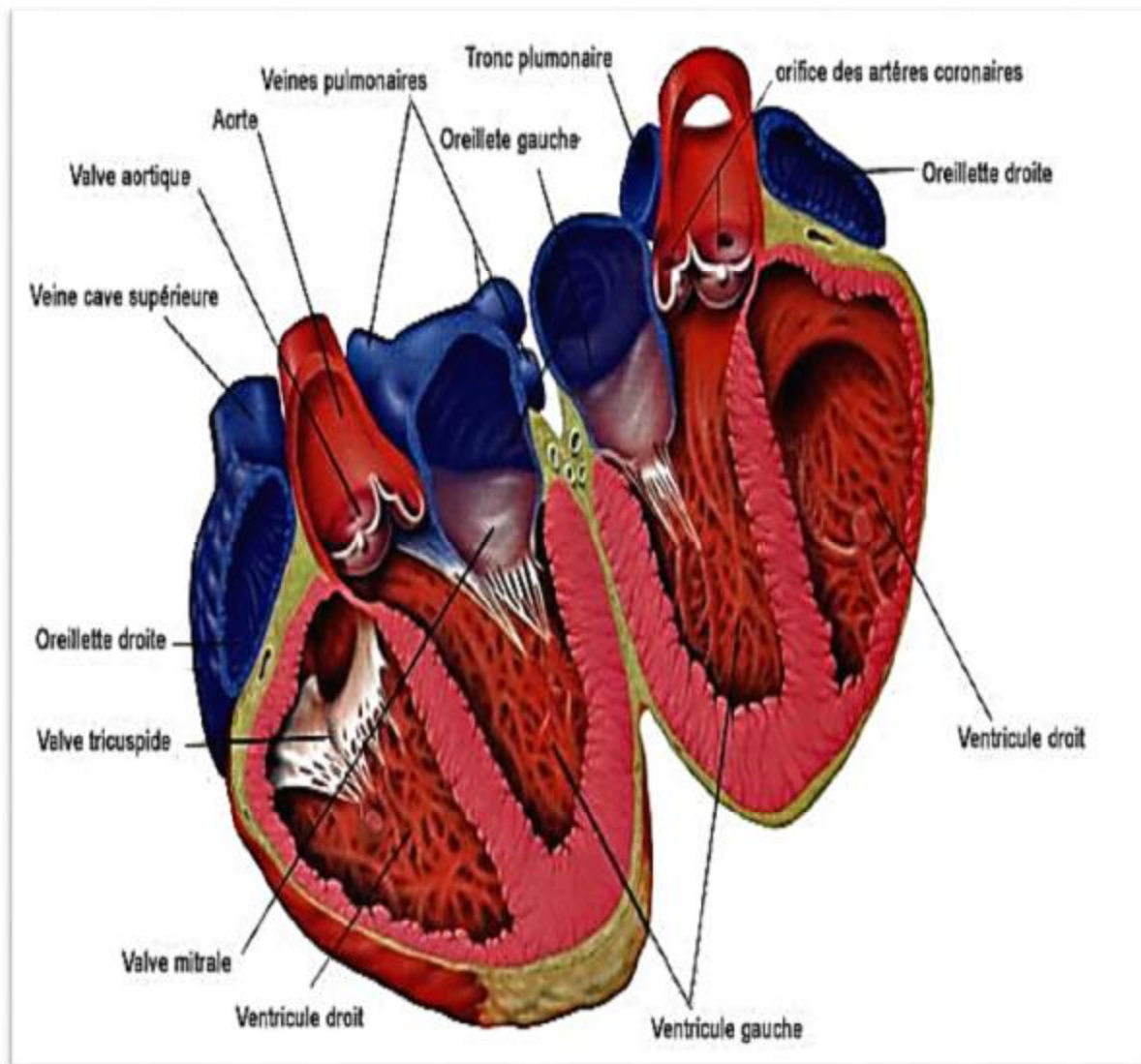


Figure No3 : coupe du cœur.

1.2. Les principaux axes vasculaires :

a. Les troncs pulmonaires :

L'artère pulmonaire sort du ventricule droit et se divise en deux pour irriguer chaque poumon puis pour se diviser encore en artères lobulaires puis encore en petites artères = artérioles et enfin qui aboutissent aux alvéoles pulmonaires.

Les veines pulmonaires transportent du sang riche en oxygène des poumons vers le cœur. Ce sont les seules veines du corps humain à transporter du sang oxygéné. Elles sont au nombre de quatre.

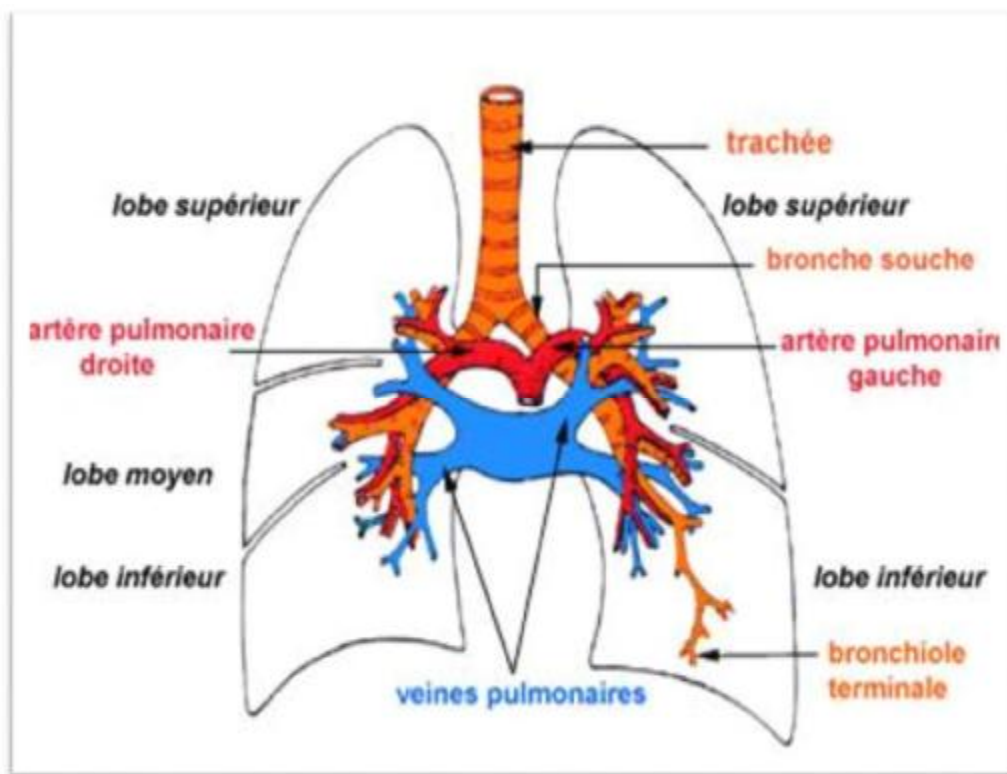


Figure No 4 : Troncs pulmonaires.

b. L'aorte et ses branches :

L'aorte est la plus grande artère du corps. Elle part du ventricule gauche du cœur, forme ce que l'on appelle la crosse aortique qui s'enroule autour du cœur et d'où vont partir :

- les artères coronaires.
- le tronc brachio-céphalique droit qui va se diviser en carotide primitive droite et artère subclavière droite.
- la carotide primitive gauche.
- l'artère subclavière gauche.

Puis elle descend jusque dans l'abdomen tout en donnant :

- les artères intercostales.
- le tronc cœliaque qui vascularise l'abdomen. Puis elle se divise en 2 donnant les 2 artères iliaques droite et gauche qui à leurs tours donnent les artères fémorales.

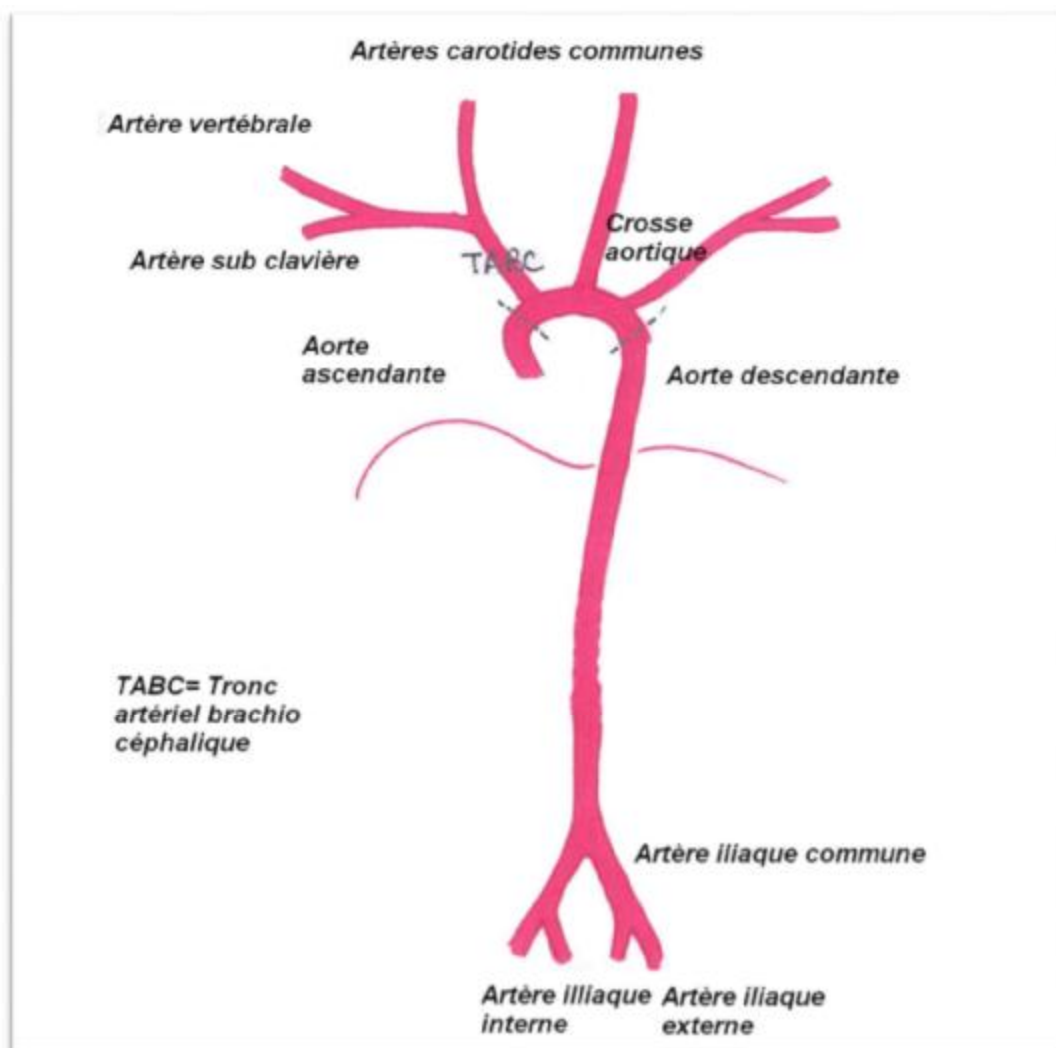


Figure No 5 : Principales branches de l'aorte.

c. Les veines caves :

La plupart des veines suivent les trajets des artères et se trouvent même souvent incluses dans une même gaine de protection. Elles portent le même nom que les artères auxquelles elles se rapportent sauf les gros troncs qui pénètrent dans le cœur (veines caves), le système qui relie le mésentère au foie (veine porte) et les veines de surface de la cuisse (les saphènes)

La veine cave supérieure (VCS) transporte le sang désoxygéné de la moitié supérieure du corps à l'oreillette droite du cœur. Elle reçoit le sang des membres supérieurs, de la tête et du cou. Chez l'adulte, il n'y a pas de valve séparant la VCS de l'oreillette droite.

La veine cave inférieure (VCI) transporte le sang désoxygéné de la moitié inférieure du corps vers le cœur. Elle draine les membres inférieurs, le périnée, le pelvis, les organes péritonéaux (reins) et les organes digestifs abdominaux.

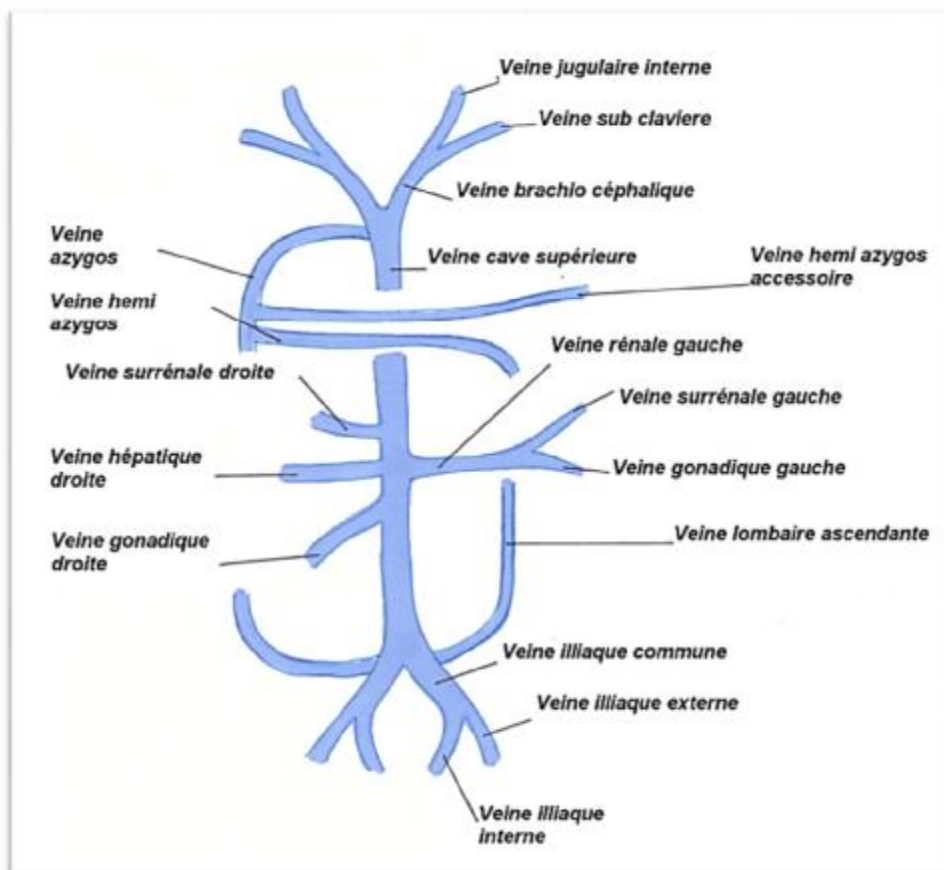


Figure No 6 : Veines abouchant dans les VCI et VCS.

2. Adaptation néonatale à la vie extra-utérine :

2.1. Rappel sur la circulation fœtal :

Avant la naissance, les poumons du fœtus ne sont pas fonctionnels et n'interviennent pas dans l'oxygénation du sang. C'est le placenta qui remplit ce devoir d'oxygénation.

La circulation fœtale est caractérisée par un faible débit pulmonaire (7 à 10 % du débit cardiaque), des résistances systémiques fœto-placentaires basses et deux circuits parallèles droit et gauche communiquant par 3 shunt : ductus venosus (canal d'Arantius), foramen ovale et canal artériel(CA)

2.2. Modification à la naissance :

La naissance entraîne :

- une circulation en série (arrêt de la circulation ombilicale)
- une augmentation brutale des résistances systémiques,
- une chute des résistances pulmonaires avec vasodilatation brutale des artères pulmonaires
- une forte élévation de la saturation en oxygène du sang artériel
- une augmentation des catécholamines
- la fermeture des shunts.

La ligature du cordon ombilical entraîne l'oblitération des vaisseaux ombilicaux. La partie proximale des artères ombilicales reste perméable pour donner naissance aux artères iliaques internes. La veine ombilicale s'oblitère pour former le ligament rond du foie.

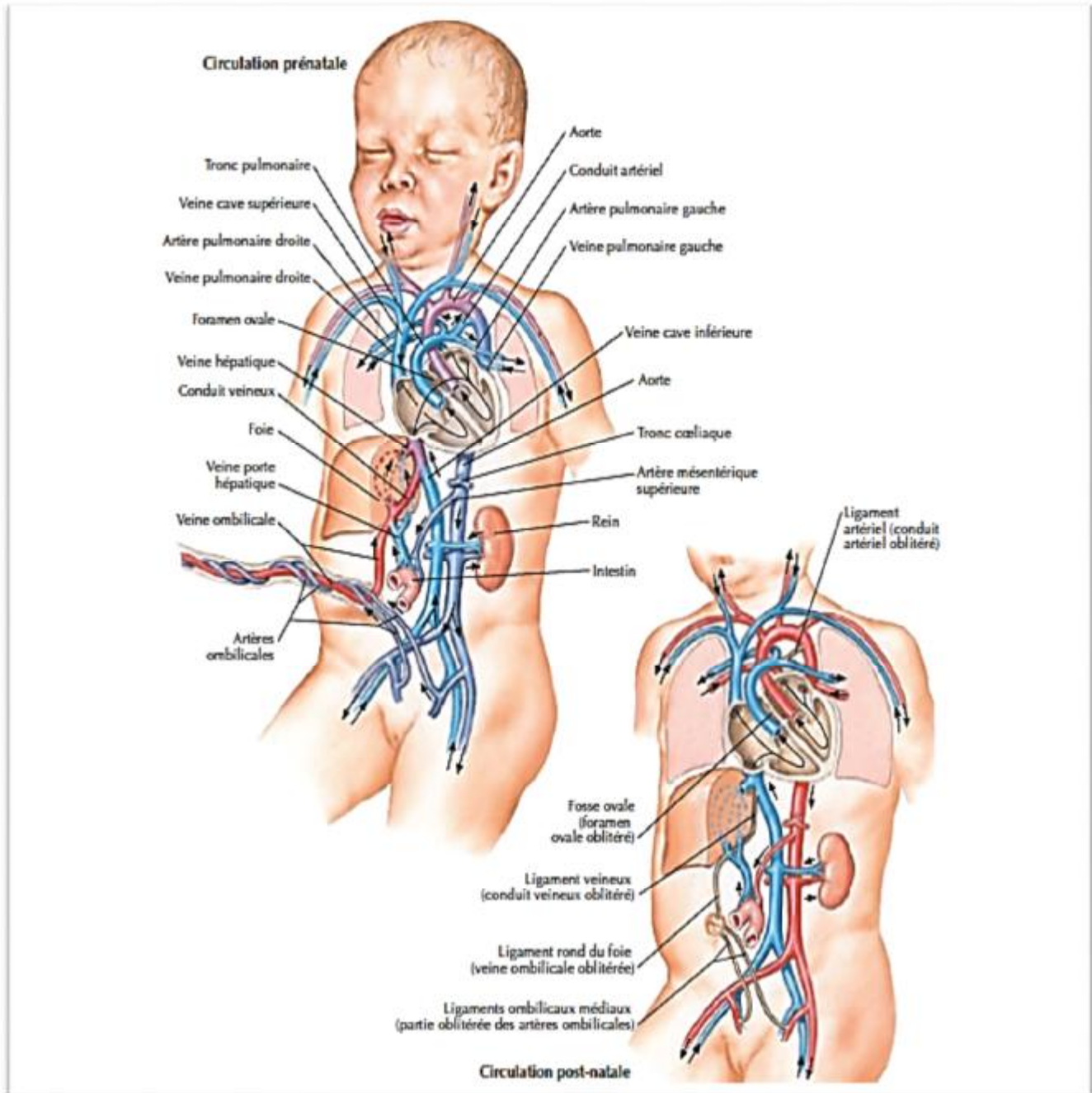


Figure No 7 : Différence entre la circulation foetale et la circulation post-natale [9].

3.Rappel hémodynamique :

3.1.Mécanisme du cycle cardiaque :

La pompe cardiaque assure un débit pulsatile avec une dynamique cyclique d'où le terme de cycle cardiaque. Ce cycle est composé de 4 temps:

La systole ventriculaire se déroule en deux phases

-Contraction iso-volumétrique : Elle met fin à la diastole et survient lorsque les ventricules sont pleins de sang. Cette phase initiale de contraction ventriculaire ferme les valvules auriculo-ventriculaires (mitrale et tricuspide) et élève la pression intra-ventriculaire jusqu'à ce que les valvules sigmoïdes (aortiques et pulmonaires) s'ouvrent : ventricules et artères forment alors une chambre commune.

-Contraction isotonique ou phase d'éjection : Le sang contenu dans les ventricules est chassé, d'abord rapidement, puis à vitesse décroissante lorsque la quantité de sang à éjecter se réduit. A la fin de l'éjection, les sigmoïdes se referment, car la pression dans les ventricules devient inférieure à la pression artérielle.

La diastole ventriculaire se déroule en deux phases

-La phase de relaxation isométrique très courte : La pression dans les ventricules, vides de sang, s'abaisse pour devenir inférieure à celle des oreillettes. Puis les valvules auriculo-ventriculaires s'ouvrent.

-La phase de remplissage ventriculaire correspondant à la plus grande partie de la diastole. Celle-ci se fait en trois temps : Remplissage rapide initial ; Remplissage lent, l'égalisation des pressions entre les oreillettes et ventricules ralentit la vitesse de l'écoulement sanguin, Remplissage rapide terminal, la systole auriculaire chasse le sang qui reste dans les oreillettes, dans les ventricules, et un nouveau cycle cardiaque peut reprendre.

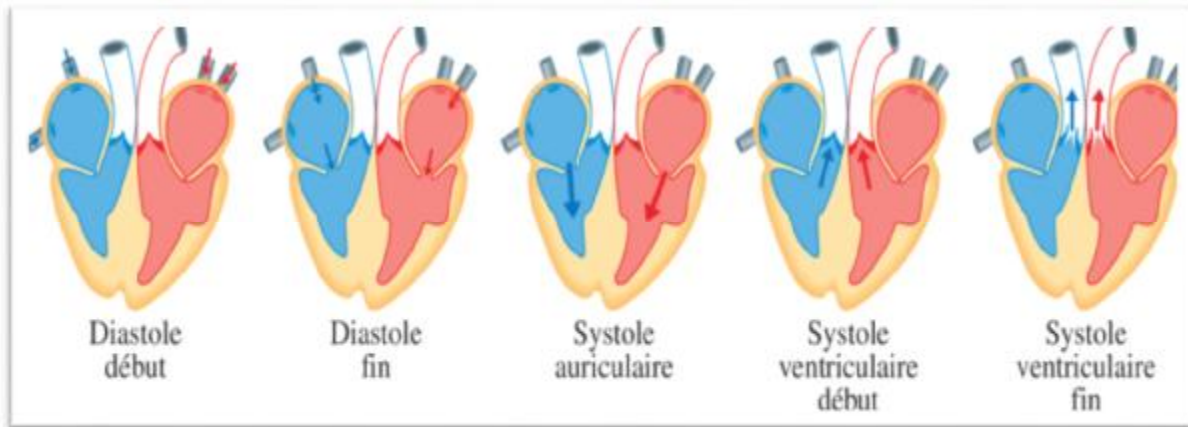


Figure No8 : Etapes du cycle cardiaque.

3.2.Pressions intracardiaques :

OD :

La pression au niveau de l'OD normale varie entre 2 et 8mmHg, elle est déterminée par la pression veineuse centrale, la compliance de l'OD, la fonction de la valve tricuspide et la compliance du VD. La pression veineuse centrale et ainsi la pression au niveau de l'OD sont influencées par la volémie sanguine, le changement de positionnement du corps, le changement reflexe du tonus veineux, la contraction des muscles squelettiques, et le cycle respiratoire [10].

VD :

La pression normale au niveau du VD varie entre 2 et 8mmHg à la fin de la diastole et entre 17 et 32 mmHg durant la systole. La pression au niveau du VD augmente rapidement durant la systole, et lorsqu'elle dépasse la pression de l'OD la valve tricuspide se ferme. La pression continue à augmenter et lorsqu'elle dépasse celle de la pression artérielle pulmonaire, la valve pulmonaire s'ouvre, et ainsi le sang est éjecté vers la circulation pulmonaire [10].

OG :

La pression normale au niveau de l'OG varie entre 2 et 12 mmHg, elle est typiquement mesurée de façon indirecte par prise de la pression artérielle pulmonaire bloquée. Le gonflement d'un ballonnet lors d'un cathétérisme au niveau de l'artère pulmonaire permet de bloquer le flux sanguin et ainsi équilibrer les pressions ce qui permet d'estimer la pression au niveau de l'OG [10].

VG :

La pression au niveau du VG varie entre 90 et 140mmHg durant la systole et 5 et 12mmHg durant la diastole. La pression au niveau du VG est plus élevée qu'au niveau du VD mais elle varie de la même manière [10].

Artère pulmonaire :

La PAP normale varie entre 17 et 32 mmHg durant la systole et entre 4 et 13mmHg durant la diastole. Lorsque la valve pulmonaire est ouverte il n'existe pas de différence de pression entre l'AP et le VD sauf en cas de sténose [10].

Aorte :

La pression au niveau de l'aorte est beaucoup plus élevée qu'au niveau de l'AP. en l'absence d'anomalie valvulaire elle est égale à la pression au niveau du VG [10].

3.3.Débit cardiaque :

Le débit cardiaque correspond à la quantité de sang éjecté par le cœur, il est le produit de la fréquence des battements cardiaques (Fc) par le volume d'éjection systolique (VES) : $Qc = Fc \times VES$ exprimé en ml ou L/min.

Le volume d'éjection systolique (volume sanguin éjecté par chaque ventricule par minute) dépend de la force de contraction du ventricule (ou « force d'éjection ») et de l'ensemble des forces qui s'y opposent (post-charge).

Le débit cardiaque peut être mesuré de différentes manières, les plus utilisées sont la mesure par l'échographie cardiaque ou par cathétérisme droit.

La mesure par cathétérisme est faite par 2 principales méthodes : la méthode de Fick et par thermo-dilution.

La méthode de Fick est la plus souvent utilisée. Elle permet de déterminer le Qc à partir de la différence artério-veineuse en oxygène et de la consommation d'oxygène [10].

$$Q = \frac{VO_2}{(CaO_2 - CvO_2)} \quad Q = \frac{VO_2}{DAVO_2}$$

CaO₂ : Contenu artériel en oxygène, ponctionné au niveau d'une artère, CvO₂ : contenu veineux en oxygène, ponctionné au niveau de l'artère pulmonaire (en mL O₂/L), DAVO₂ : différence artério-veineuse en oxygène (en mL O₂/L), VO₂ : consommation d'O₂ (en L/min)

Ou en fonction des saturations :

$$Qc = \frac{VO_2}{((\text{saturation artérielle } O_2(\%) - \text{saturation veineuse } O_2(\%)) \times Hb \times 1,39 \times 10)}$$

Hb taux d'Hb dans le sang en g/dl.

Le débit pulmonaire peut être calculé en l'absence de shunt par la formule :

$$Qp = \frac{VO_2}{(CvO_2 - CaO_2)}$$

En présence d'un shunt au lieu du contenu en oxygène veineux, nous utilisons le contenu en oxygène du sang veineux mêlé.

Ou en fonction des saturations :

En l'absence de shunt :

$$Qp = \frac{VO_2}{((\text{saturation veine pulmonaire en } O_2 - \text{saturation } O_2 \text{ veineuse}) \times 10 \times Hb \times 1,39)}$$

Lors de la présence d'un shunt :

$$Qp = \frac{VO_2}{((SaO_2 \text{ veine pulmonaire} - Sa O_2 \text{ veineuse mixte}) \times 10 \times Hb \times 1,39)}$$

$$Saturation \text{ veineuse mixte} = \frac{(3 \times \text{saturation } O_2 \text{ VCS} + \text{saturation } O_2 \text{ VCI})}{4}$$

Pour estimer la consommation en O₂ La plupart des praticiens se réfèrent à des équations de régression et/ou à tables de consommation d'oxygène tenant compte de l'âge, du sexe, de la fréquence cardiaque et du type de sédation [11].

3.4.Shunt intracardiaque :

Le shunt intracardiaque se définit par le passage anormal du sang à travers une communication pathologique entre la circulation cardiaque droit et gauche, il peut être gauche-droit (le plus fréquent), droite-gauche ou bidirectionnel.

Le calcul et quantification d'un shunt peut être faite par échographie ou cathétérisme cardiaque.

La quantification d'un shunt gauche-droit ou droit-gauche peut être faite en calculant le rapport Q_p/Q_s par la formule suivante [12] :

$$\frac{Q_p}{Q_s} = \frac{A_o - VCS}{A_o - AP}$$

AO est la saturation systémique, VCS est la saturation cave supérieure, AP est la saturation artérielle pulmonaire

Ce rapport est supérieur à 1 si le shunt est gauche droit le. Il est inférieur à 1 s'il est droit gauche.

Pour le calcul des Shunt bidirectionnel le rapport Q_p/Q_s ne peut être calculé indépendamment de la consommation d'O₂ et nécessite le calcul des débits cardiaques systémique et pulmonaire réels [12].

3.5. Résistances vasculaires :

Les résistances vasculaires se définissent comme étant les forces qui s'opposent à l'écoulement du sang le long des vaisseaux, exprimée par le rapport de la différence de pression (mmHg) entre l'origine et le point considéré du système vasculaire, et le débit cardiaque (ml/s).

La résistance vasculaire systémique (Rs) peut être calculée par la formule suivante :

$$R_s = \frac{PAM - PVC}{Q_c} \times 80$$

PVC : pression veineuse centrale ou pression OD, PAM : pression artérielle moyenne.

La résistance vasculaire pulmonaire peut être calculée par la formule suivante :

$$R_s = \frac{PAP - PAP \text{ bloquée}}{Q_c} \times 80$$

Elles sont exprimées en dynes/sec/cm⁵ ou en unité de Wood (1 unité de Wood = 80 dynes/sec/cm⁵)

RVS normale est de 800 à 1200 dynes/sec/cm⁵. RVP normale est de 40 à 150 dynes/sec/cm⁵ [10].

Le rapport Rp/Rs permet d'estimer la résistance vasculaire pulmonaire, et peut être calculé indépendamment du débit cardiaque et de la consommation d'O₂ [8], il se calcule en divisant la différence entre les pressions artérielle pulmonaire et auriculaire gauche moyennes (en l'absence de sténose des veines pulmonaires) par la différence entre les pressions moyennes aortique et auriculaire droite, quotient lui-même divisé par le rapport débit pulmonaire réel sur débit systémique selon la formule :

$$\frac{R_p}{R_s} = \frac{PAP - PAP \text{ bloquée}}{PAo - PVC} \times \frac{Q_s}{Q_p}$$

4. Classification hémodynamique des cardiopathies congénitales :

D'un point de vue physiopathologique, les cardiopathies congénitales sont classées de manière fonctionnelle en référence au flux sanguin et aux conséquences hémodynamiques de leur anatomie [13]. Cette classification a l'avantage de correspondre aux différentes stratégies chirurgicales.

- § Cardiopathies non-cyanogènes avec shunt G-D. Elles présentent une augmentation du flux pulmonaire qui conduit éventuellement à une hypertension pulmonaire :
 - § CIA, CIV, canal atrio-ventriculaire.
 - § Canal artériel, fistule aorto-pulmonaire.
 - § Retour veineux pulmonaire anormal partiel.
- § Cardiopathies obstructives (non-cyanogènes sans shunt) :
 - § Sténose mitrale, cor triatriatum.
 - § Sténose aortique/sous-aortique.
 - § Coarctation de l'aorte, arc aortique interrompu.
- § Cardiopathies cyanogènes avec shunt D-G présentant une diminution du flux pulmonaire. A l'origine, le débit pulmonaire dépend du canal artériel :
 - § Tétralogie de Fallot.
 - § Atrésie pulmonaire, avec ou sans CIV.
 - § Hypoplasie du cœur droit, atrésie tricuspidiennne.
- § Cardiopathies cyanogènes avec shunt D-G présentant une diminution du flux aortique. A l'origine, le débit systémique dépend du canal artériel :
 - § Hypoplasie du cœur gauche, interruption de l'arc aortique.
 - § Coarctation sévère.
- § Cardiopathies cyanogènes avec shunt mixte ou bidirectionnel :
 - § Ventricule unique, valve atrio-ventriculaire unique.
 - § Ventricule droit à double issue.
 - § Retour veineux pulmonaire anormal total.
 - § Transposition des gros vaisseaux.
 - § Truncus arteriosus.

IV. Technique du cathétérisme :

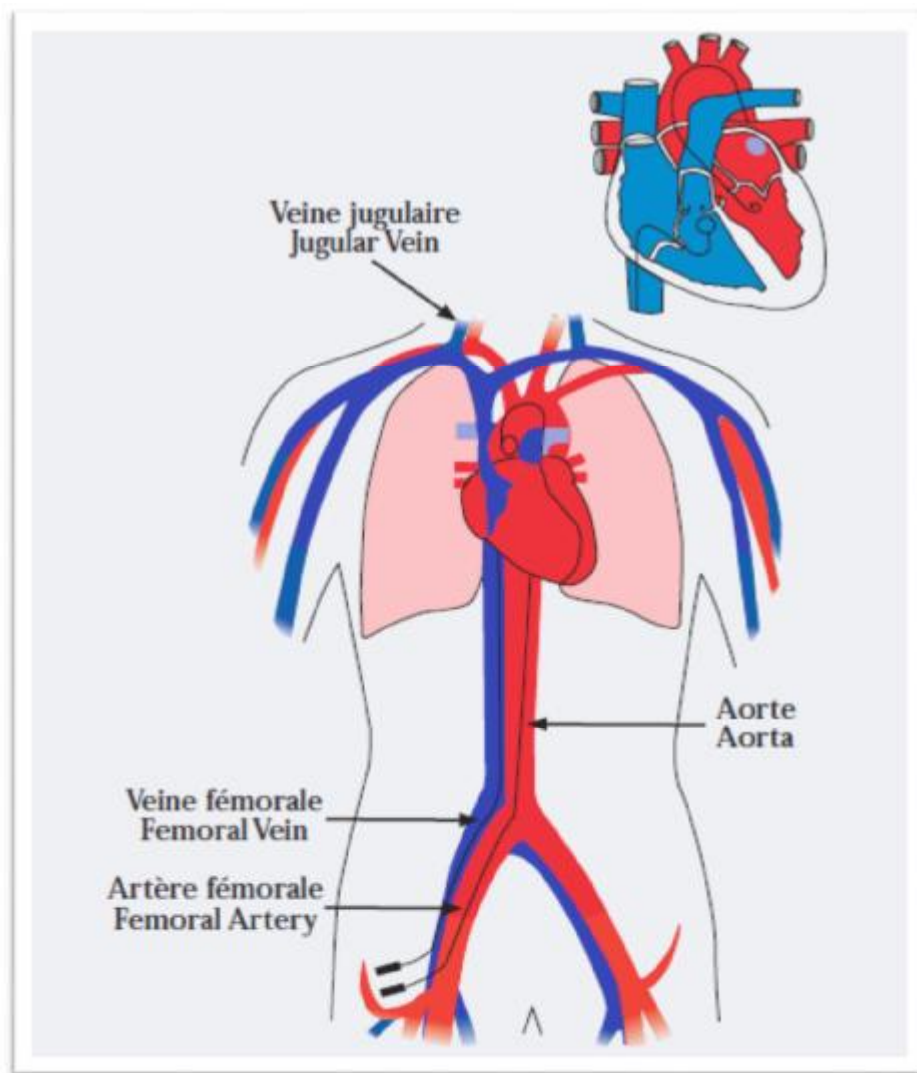


Figure No9 : Trajet de la sonde pour un cathétérisme cardiaque droit ou gauche.

Un cathétérisme cardiaque peut être réalisé soit dans un seul but diagnostique (de plus en plus rare), soit dans un but thérapeutique (interventionnel) ou encore en complément à une chirurgie cardiaque par thoracotomie ou stérnotomie (procédé hybride).

Il existe différentes techniques de cathétérisme, et selon les voies d'abord, on distingue :

Cathétérisme droit : il consiste à opacifier le cœur droit c'est-à-dire les veines systémiques, l'oreillette et le ventricule droit ainsi que les artères pulmonaires leur li et capillaire. Le trajet du cathéter suit toute veine périphérique d'un calibre assez large pour remonter vers le cœur et le ventricule droit.

Cathétérisme gauche : c'est l'opacification du cœur gauche, qui comprend les artères systémiques (aorte et ses branches), et le ventricule gauche. La ponction est généralement réalisée au niveau de l'artère fémorale et le cathéter est avancé par voie rétrograde vers le ventricule gauche en passant par l'artère iliaque et l'aorte.

Cathétérisme gauche et droit peuvent bien évidemment être combinés chez le même patient. La voie d'accès est choisie en fonction de la procédure à réaliser et des antécédents vasculaires du patient (anatomie spécifique (interruption de la veine cave inférieure par exemple), thrombose veineuse ou artérielle). Plusieurs voies d'abord sont parfois nécessaires par une seule procédure [14].

1. Matériel et salles du cathétérisme cardiaque :

1.1. Salle du cathétérisme :

Une salle ou un laboratoire de cathétérisme cardiaque (« cathlab » pour les anglo-saxons) est semblable à une salle d'opération chirurgicale dans laquelle serait disponible un matériel radiologique qui permet l'acquisition et le stockage des images réalisées en cours de procédure [2].



Figure No 10 : Salle de cathétérisme cardiaque.

Ce matériel radiologique est constitué d'un système biplan qui va nous permettre de visualiser les sondes dans les plans orthogonaux et faciliter leur manipulation, limitant ainsi le nombre d'angiographies et par conséquent la quantité du produit de contraste utilisé [15].

Pour pouvoir visualiser la sonde et les différentes structures plusieurs incidences sont disponibles au cours de l'angiographie.

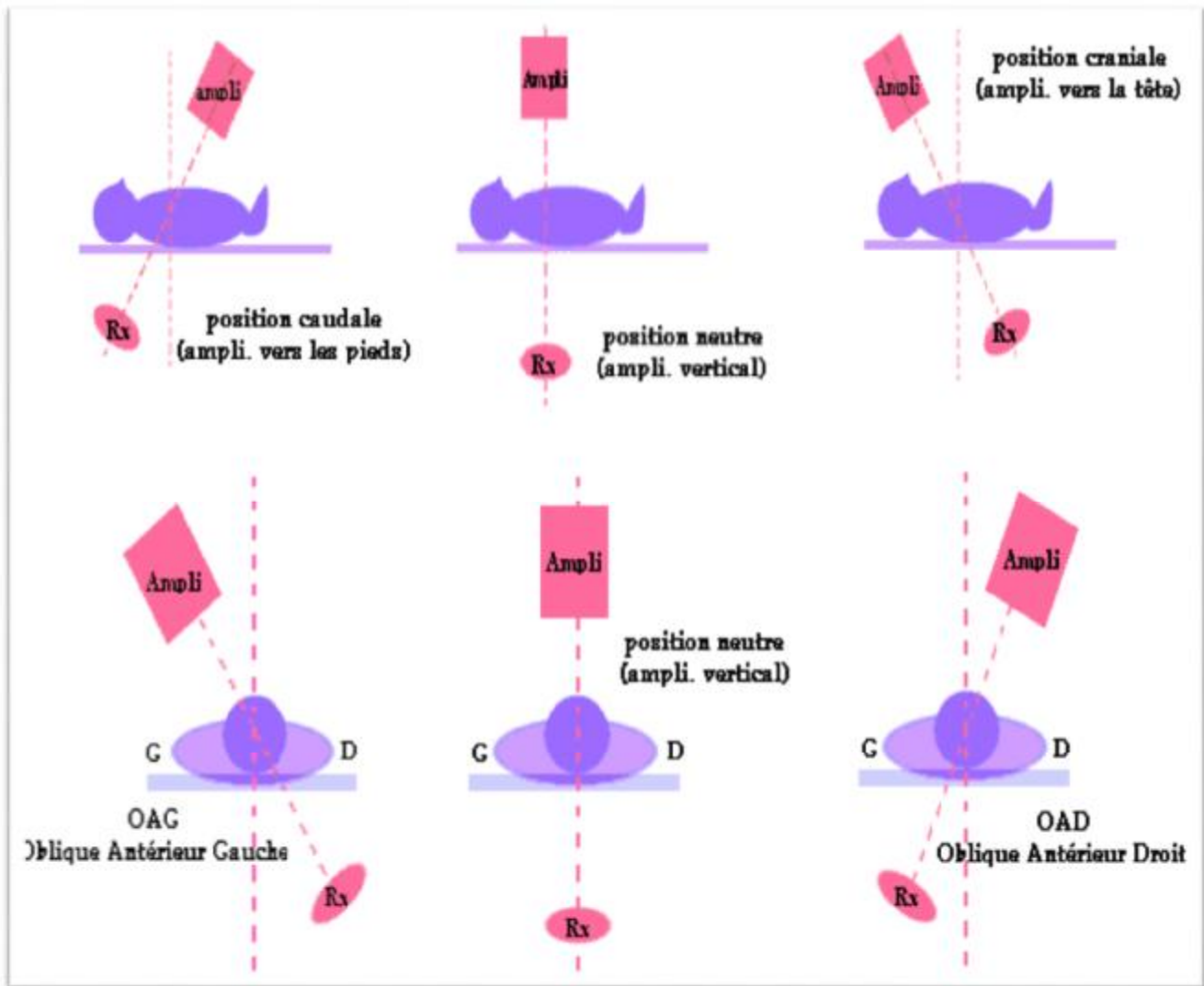


Figure No 11 : Incidences au cours de l'angiographie.

Tableau No 1 : Principales incidences en angiographie et les structures anatomiques visibles [12].

Incidence	Structures anatomiques
Profil strict	Valves cardiaques + tronc de l'artère pulmonaire + canal artériel
OAG 95°	Canal artériel
OAG 45° + angulation crâniale 20 à 30° (incidence hépato-claviculaire)	Valves auriculo-ventriculaires
OAG 60 à 70° + angulation crâniale 20 à 30°	Septum interventriculaire + sortie du VG + origine branche gauche de l'artère pulmonaire
OAD 30° ou OAG 45 à 60°	VG + VD
OAD 30° + angulation crâniale 30°	Sortie du VD

En pratique il faut « personnaliser » les incidences, faire en sorte que les rayons soient perpendiculaires aux structures ou aux flux que l'on cherche à visualiser, en tenant compte de leur position par rapport aux plans orthogonaux (frontal, sagittal, horizontal) [16,17,18].

Le laboratoire de cathétérisme cardiaque est aussi doté du matériel nécessaire aux mesures hémodynamiques (courbe de pression), ainsi qu'un matériel permettant de compenser les déperditions thermiques particulièrement importantes chez le nouveau-né et le petit nourrisson.

1.2. Matériel :

Le matériel utilisé pour un cathétérisme doit être le moins traumatique possible. L'aiguille de ponction doit être adaptée au petit enfant, les introducteurs pédiatriques effilés avec une coaptation parfaite entre ses différents composants (guide, perforateur, introducteur) doit être privilégiée. La sonde idéale doit être suffisamment radio-opaque, de petit calibre, à haut débit, de courbure adaptée, facile à manipuler [8]. Il existe plusieurs types de sonde selon le type de procédure.

Le cathétérisme interventionnel requiert en plus l'utilisation de différents dispositifs tels que des prothèses vasculaires, des stents, des ballons de dilatation, des coils...

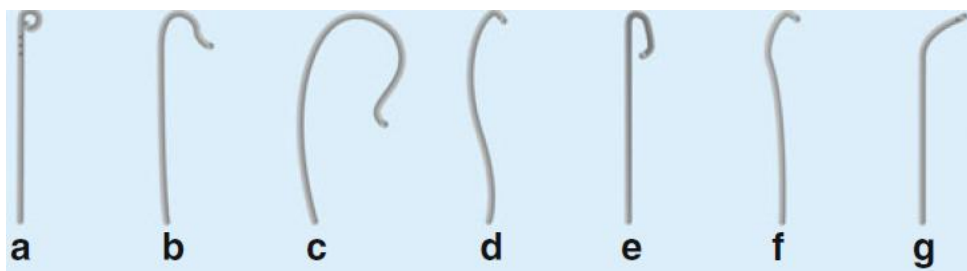


Figure No12 : Quelques types de sondes de cathétérisme [19] :

(a) catheter Pigtail, (b) catheter Amplatz coronaire gauche, (c) catheter Amplatz coronaire droit, (d) internal mammary catheter : mammaire interne, (e) catheter Judkins coronaire gauche, (f) catheter judkins coronaire droit, (g) catheter à utilisation multiple (multipurpose catheter ou MPA).



Ballon de dilatation



stent



Prothèse vasculaire

Figure No 13 : Quelques types de matériaux usités pour un cathétérisme interventionnel.

2.Médicaments :

Les médicaments utilisés lors du cathétérisme [20] sont :

Les anticoagulants : représentés principalement par l'héparine et les antiagrégants plaquettaires, ils sont utilisés de façon non systématique pour prévenir les accidents thromboemboliques mais seulement dans certaines indications bien précises (surtout le cathétérisme artériel).

Les antibiotiques : l'administration d'antibiotique (amoxicilline, ampicilline, C3G...) est généralement faite à but prophylactique (prévention de l'endocardite infectieuse). Elle est non systématique et reste dépendante du risque infectieux et du type de procédure dont va bénéficier le patient.

Les produits de contraste : actuellement Seuls les produits non ioniques à osmolarité basse (iohexol, iopromide, iopamidol) doivent être utilisés car ils ont un risque moins important de réaction adverse.

Les anesthésiants : les produits utilisés sont très nombreux parmi eux on note : Kétamine, Midazolam, Propofol, Fentanyl, Morphine...

3.Anesthésie :

Il est essentiel pour le patient d'avoir bénéficié d'une consultation préopératoire afin d'évaluer son état général et de prévoir la prise en charge postopératoire. Certains patients souffrant de cyanose chronique présentent un risque hémorragique plus important, des culots globulaires doivent être préparés pour une transfusion rapide si nécessaire [19].

Pour le cathétérisme cardiaque une sédation est préférable à une anesthésie générale car la ventilation mécanique peut provoquer une perturbation

hémodynamique et ainsi fausser le résultat des mesures surtout lors du cathétérisme diagnostique [21,22,23].

La sédation doit être accompagné d'une anesthésie locale soit par de la xylocaïne ou une pommade analgésique (EMLA) [20].

Pour le cathétérisme interventionnel une anesthésie générale est préférée à cause de la longue durée de la procédure et de la nécessité de maintenir un patient calme et immobile pour permettre le déploiement précis du matériel [24].

4.Procédure du cathétérisme cardiaque :

Nous reprenons ici les principales étapes d'un cathétérisme cardiaque [2] :

Ø Préparation du matériel à utiliser.

Ø Désinfection cutanée de (des) voie(s) d'accès.

Ø Repérage de la voie d'abord : veine et/ou artère selon types de cathéter,

Plusieurs voies d'abord peuvent être utilisé les plus fréquentes sont :

La voie fémorale : La voie fémorale percutanée est la plus utilisée [19], l'enfant est installé en décubitus dorsal, cuisses en rotation externe et en abduction, genoux et chevilles immobilisés avec un compressif élastique. La ponction veineuse se fait en dedans des battements artériels, légèrement en dessous du pli inguinal et la ponction artérielle se fait au niveau des battements artériels.

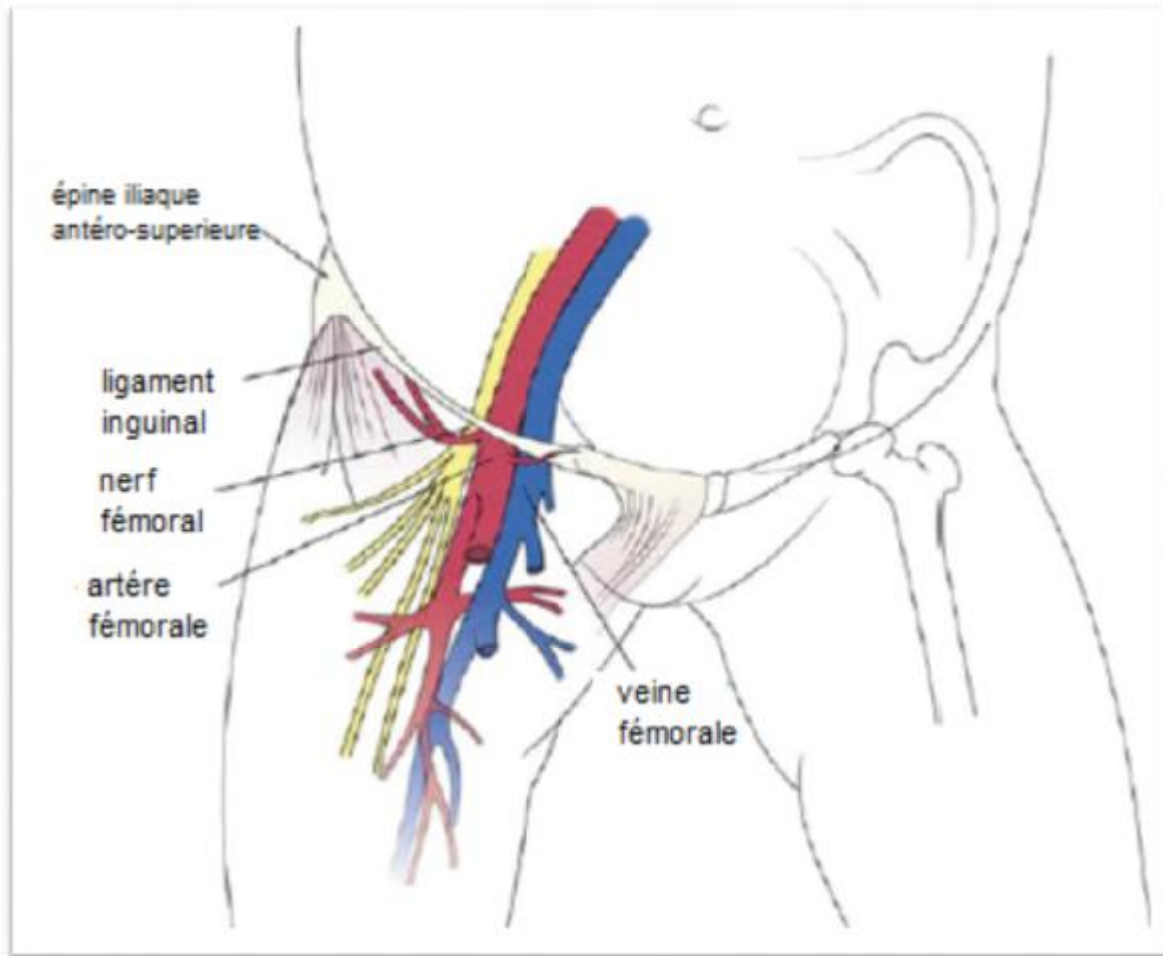


Figure No 14 : Repère anatomique pour un accès fémoral artériel ou veineux.

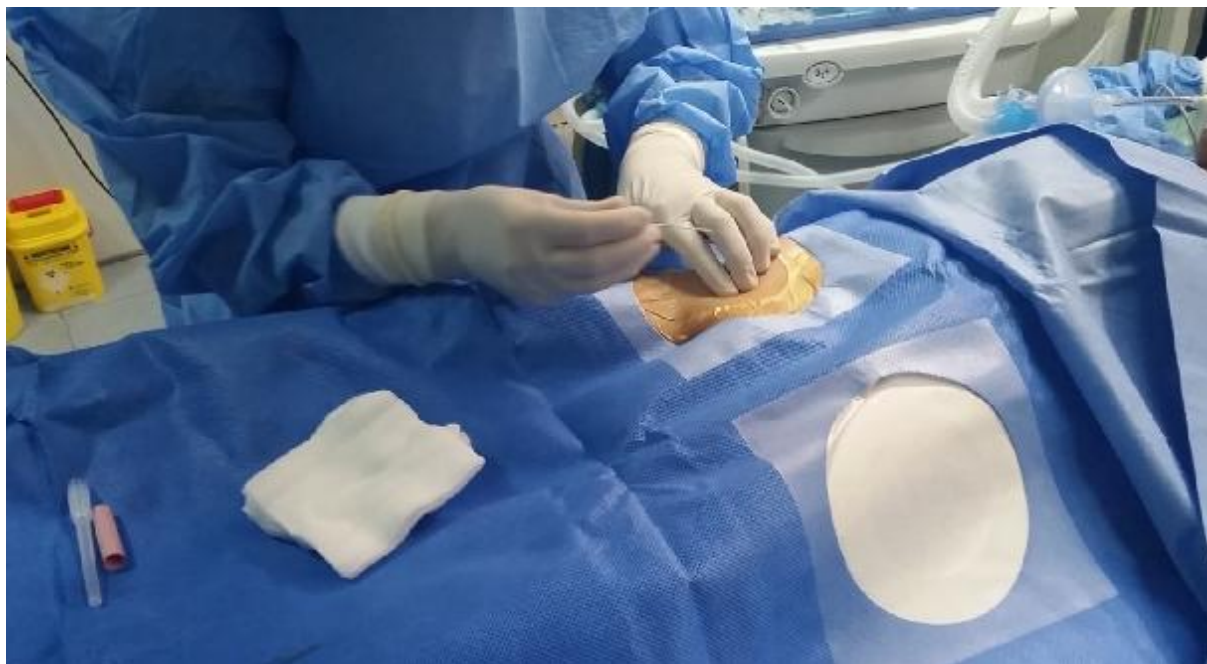


Figure No 15 : Repérage de la veine fémorale droite.

La voie jugulaire interne : En cas de thrombose cave inférieure ou de difficulté d'accès de la voie fémorale la voie jugulaire interne est fréquemment utilisée [19].

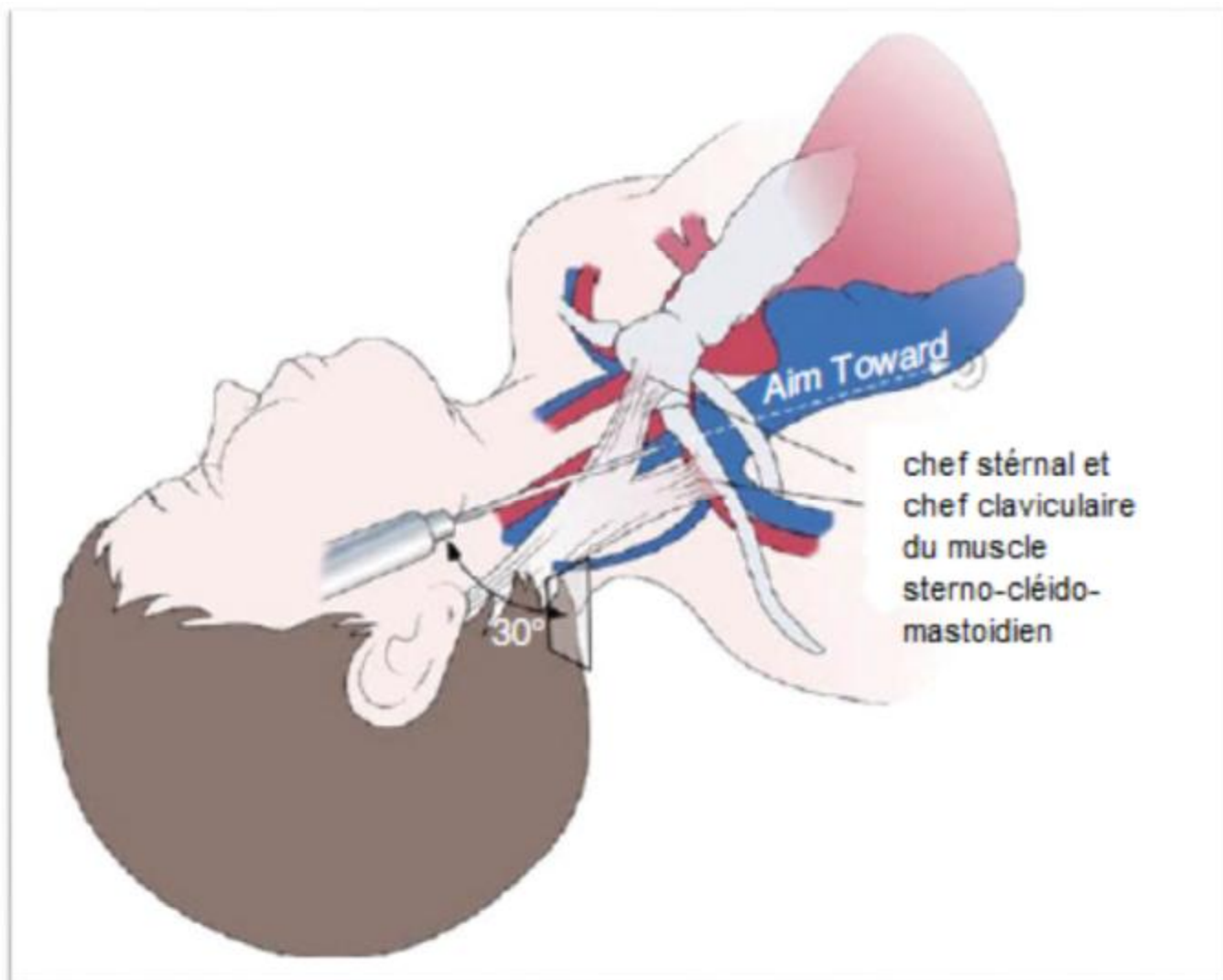


Figure No16 : Repère anatomique pour un accès jugulaire interne.

La voie ombilicale : Les voies veineuse et artérielle ombilicales peuvent être utilisées chez le nouveau-né. Le trajet en baïonnette peut rendre les manipulations de sonde un peu difficiles [19]. Cette voie peut être utilisée pour la réalisation d'une atrio-séptostomie de Rashkind.

La voie Trans hépatique : Réservée à des situations exceptionnelles et à des mains très expérimentées [19], elle nécessite une technique rigoureuse ; elle peut s'aider d'un repérage échographique, et nécessite, lors de l'ablation du matériel, la mise en place de coils pour assurer l'hémostase.

D'autres voies d'accès peuvent être utilisées : la veine sous-clavière, l'artère axillaire, l'artère radiale leurs utilisations sont réservées à des situations particulières [20].

- Ø Introduction d'une aiguille dans une artère ou une veine selon la technique de Seldinger.

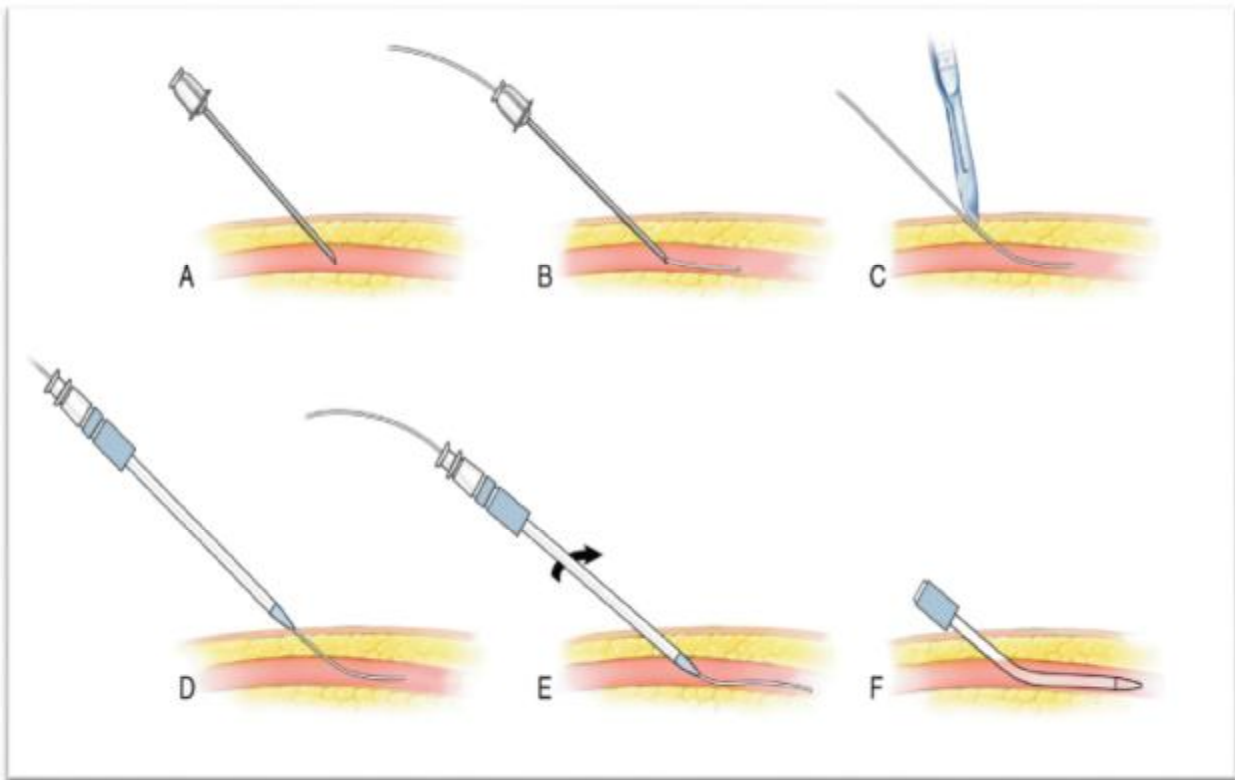


Figure No 17 : Technique de Seldinger [25] :

A : ponction du vaisseau. B : mise en place d'un guide flexible à travers l'aiguille C : retrait de l'aiguille, guide laissé en place, petite incision autour du guide. D : mise en place du dilateur à travers le guide. E : insertion du dilateur et du cathéter au niveau du vaisseau. F : retrait du dilateur alors que le cathéter est laissé en place.

- Ø Introduction d'une sonde à travers la gaine du cathéter jusqu'au niveau des cavités cardiaques ou des vaisseaux à explorer sa manipulation doivent être faites avec douceur, afin d'éviter le traumatisme des parois vasculaires et cardiaques. Le trajet de la sonde est suivi sur un écran par fluoroscopie.

- Ø Procédure proprement dite selon les indications : diagnostique ou interventionnel.

V. Indication du cathétérisme :

1. Cathétérisme diagnostique :

1.1. Hypertension artérielle pulmonaire (HTAP) :

Le cathétérisme cardiaque droit reste un examen clef dans la prise en charge des patients atteints d'hypertension pulmonaire [26]. Il permet d'affirmer le diagnostic de la maladie et d'en préciser le mécanisme. Il permet de rechercher une vaso-réactivité au NO. Enfin, il intervient dans le suivi et l'évaluation des thérapeutiques. Le cathétérisme cardiaque droit est le seul examen qui permet de confirmer le diagnostic d'hypertension pulmonaire qui se définit comme une augmentation de la pression artérielle pulmonaire moyenne (PAPm) supérieure ou égale à 25 mmHg au repos ou 30 mmHg à l'effort.

Deux limites peuvent être cependant avancées à ces deux valeurs. La première est que la limite supérieure de la normale de la PAPm au repos est 20,6 mmHg et non pas 25 mmHg. Il existe donc une sous-population de patients présentant une PAPm entre 21 et 24 mmHg dont on ne connaît pas le devenir. La deuxième limite correspond au seuil de 30 mmHg à l'effort, qui est une valeur arbitraire ne reposant sur aucune donnée validée et devant être tempérée en fonction de l'âge du patient (les niveaux de PAPm à l'effort augmentent avec l'âge).

Le cathétérisme cardiaque droit permet de préciser le mécanisme de l'hypertension pulmonaire [26] qui peut être soit :

-pré capillaire ($P_{cap} \leq 15$ mmHg) avec augmentation des résistances vasculaires pulmonaires (HTAP idiopathique ou associée, HTAP post-embolique...);

-pré capillaire avec hyper débit cardiaque et résistances vasculaires pulmonaires basses ou normales (shunt cardiaque droit-gauche, communication auriculo-ventriculaire...);

- post capillaire ($P_{cap} > 15$ mmHg) avec gradient Trans pulmonaire normal ($PAPm - P_{cap} < 12$ mmHg : HTAP post-capillaire « pure ») ;
- post capillaire avec gradient Trans pulmonaire augmenté ($PAPm - P_{cap} > 12$ mmHg : HTAP mixte) [27].

Dans les cas litigieux, la recherche d'une dysfonction cardiaque gauche peut être sensibilisée soit par des mesures à l'effort, soit par un test de remplissage, positif lorsque la P_{cap} dépasse 20 mmHg après une expansion volémique (500 ml de sérum physiologique en 10 min)

Un test de vasoréactivité au NO doit être réalisé au cours du cathétérisme cardiaque droit. Une réversibilité significative de l'hypertension artérielle pulmonaire sous NO [28] se définit par une baisse de la PAPm d'au moins 10 mmHg en atteignant une valeur inférieure à 40 mmHg, alors que le débit cardiaque reste stable ou augmente légèrement. Le résultat joue un rôle déterminant dans la décision thérapeutique, puisque les « répondeurs » au NO pourront bénéficier d'un traitement vasodilatateur au long cours par inhibiteurs calciques et présenteront un très bon pronostic à long terme.

1.2. Cartographie de l'arbre pulmonaire :

Dans les pathologies du cœur droit, en particulier l'atrésie pulmonaire à septum ouvert (APSO), définie par une obstruction complète de la voie de sortie du ventricule droit, qui se vide en totalité dans la grande circulation par une communication interventriculaire (CIV) et qui s'associe presque toujours d'anomalies complexes de la taille et de la distribution de l'arbre pulmonaire. Il est généralement utile de réaliser un cathétérisme cardiaque, en complément de l'imagerie non invasive (scanner), pour étudier précisément la vascularisation pulmonaire avant d'envisager une attitude chirurgicale palliative ou correctrice.

L'anatomie de cette circulation de suppléance est généralement très polymorphe, formée de collatérales aorto-pulmonaires plus ou moins nombreuses et sténosées, souvent tortueuses et communiquant ou non avec les artères pulmonaires centrales. L'avantage de faire cette cartographie par cathétérisme est d'y associer en cas de besoin simultanément un acte thérapeutique de type embolisation ou dilatation de ces collatérales avant l'intervention chirurgicale [28].

1.3. Évaluation des shunts intracardiaques :

Cette indication est devenue quasi obsolète. Il garde une place importante dans quelques rares cas de cardiopathies congénitales complexes ou vieillies qui demandent encore une exploration fonctionnelle supplémentaire en vue de mesurer le débit pulmonaire et les résistances vasculaires pulmonaires [1].

Ces mesures sont faites sur un patient stable, avant les angiographies et nécessitent plusieurs prélèvements sanguins en séries qui doivent être simultanés ou tout au moins suffisamment rapprochées les unes des autres pour éviter les moindres variations [12].

2.Cathétérisme interventionnel :

2.1.Ouverture de structures anatomiques anormalement ou normalement fermées :

a.Manœuvre de Rashkind ou atrio-séptostomie au ballonnet :

Il s'agit d'une manœuvre réalisée dans certaines malformations cardiaques, notamment la transposition des gros vaisseaux qui consiste à élargir le foramen ovale grâce à une sonde au bout de laquelle se trouve un ballonnet que l'on gonfle, lorsque l'extrémité de la sonde se trouve dans l'oreillette gauche et qu'on tire brusquement vers l'oreillette droite ou la veine cave inférieure pour déchirer au passage le septum inter auriculaire. Ce geste vise à obtenir un mélange sanguin suffisant entre la petite et la grande circulation, permettant ainsi de différer une intervention chirurgicale seul moyen d'assurer une réparation complète ou partielle [4].

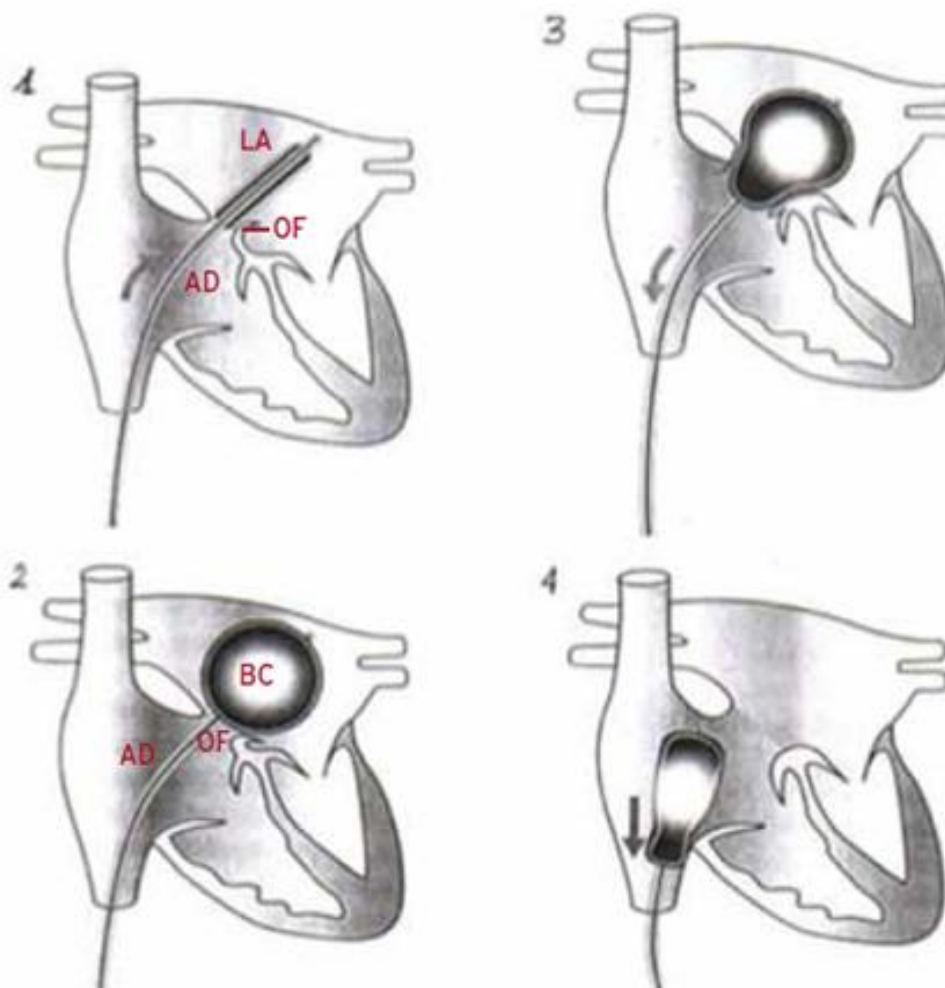


Figure No 18 : Les étapes de la manœuvre de Rashkind [29] :

1 : le cathéter arrivant de la veine cave inférieure traverse la cloison séparant les deux oreillettes en passant par le foramen ovale. 2 : le ballon est gonflé au niveau de l'oreillette gauche. 3 : une traction sur le cathéter permet au ballon de passer de l'oreillette gauche vers la droite en « arrachant » la valve du foramen ovale, créant une large communication inter atriale. 4 : retrait du cathéter.

b. Dilatation des valves ou valvuloplastie : pulmonaire ou aortique :

La sténose valvulaire pulmonaire a été la première malformation cardiaque traitée de façon définitive par dilatation percutanée au ballon en 1984 [30].

Les rétrécissements ou sténoses des valves aortiques et pulmonaires, peuvent se présenter à tous les âges. Une sténose valvulaire correspond à une valve dont l'ouverture n'est pas complète, obstruant ainsi le passage du sang. Elle peut être due à des feuillets valvulaires partiellement soudés ou malformés.

En général, la malformation de la valve est présente dès la naissance, mais le degré de sténose peut se majorer avec le temps, comme il peut parfois s'atténuer.

Lorsque la sténose est ou devient trop sévère, ceci représente un travail excessif pour le ventricule gauche lorsqu'il s'agit de la valve aortique, et pour le ventricule droit lorsqu'il s'agit de la valve pulmonaire. On doit alors 'remodeler' la valvule (plastie valvulaire) afin de réduire l'obstacle au passage du sang. On peut très souvent éviter la chirurgie en recourant à la valvuloplastie percutanée.

La valvuloplastie percutanée consiste à introduire dans le cœur un ballonnet de 2 à 4 cm de long fixé à une sonde (cathéter à ballon, dont l'âme contient un ballonnet gonflable accessible de l'extérieur). Le milieu du ballon dégonflé est placé à hauteur de la valve. Le diamètre du ballon est choisi d'après la mesure angiographique du diamètre de l'anneau valvulaire. Le ballon est gonflé à l'aide d'un liquide radio-opaque, souvent à 2 ou 3 reprises, afin de distendre, voire de déchirer un peu la valve.

Le cathéter à ballon est ensuite retiré. Nous pourrions ensuite par une injection de produit de contraste et par des mesures de pressions évaluer l'efficacité du geste. En général, il faut être prudent afin de ne pas trop ouvrir la valve et ainsi créer une fuite valvulaire.

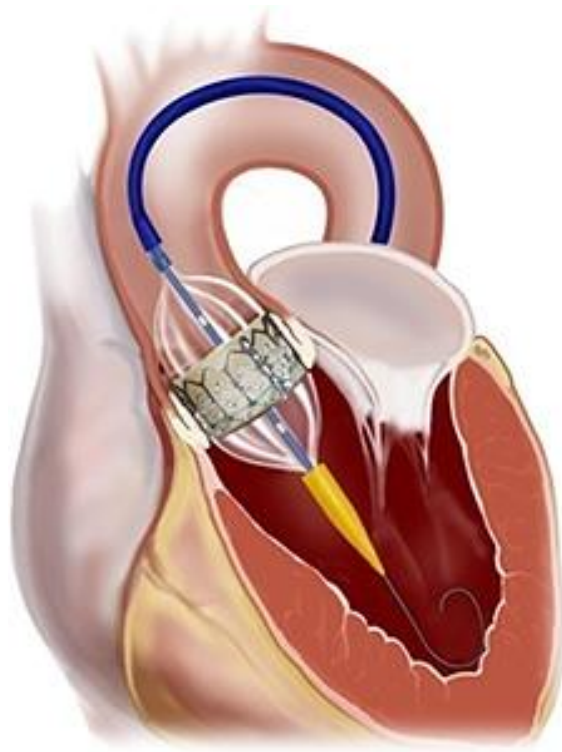


Figure No19 : Principe de la valvuloplastie.

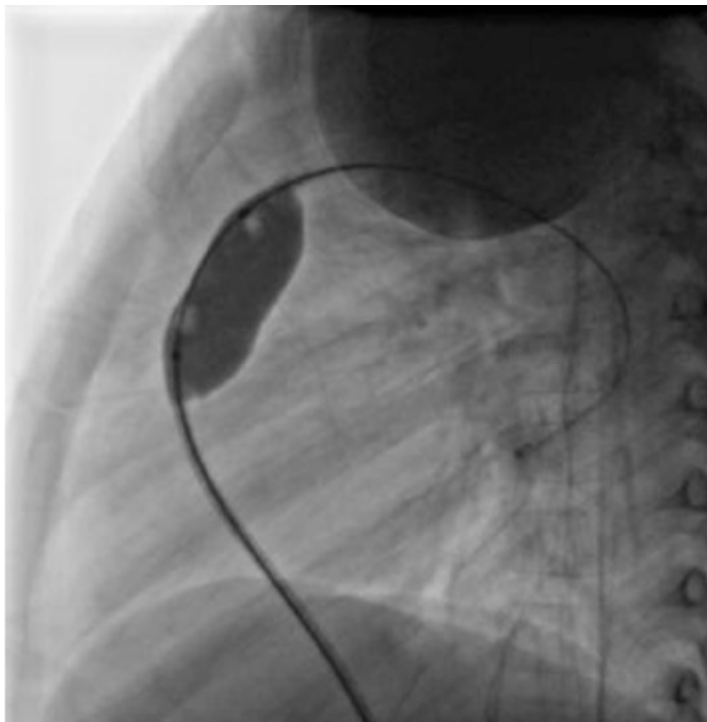


Figure No 20 : Vue latérale d'un ballon de dilatation à travers la valve pulmonaire

[19].

La valvuloplastie percutanée de la valve pulmonaire est maintenant le traitement de choix, les récurrences de la sténose étant très rares et les fuites peu sévères [31,32].

Pour la valve aortique, par contre, ce traitement est toujours palliatif car la valve anormale continue à se dégrader au cours du temps et il arrive un moment où il faut la remplacer, parfois par une valve mécanique nécessitant un traitement définitif aux anticoagulants ou alors par une homogreffe. Il est donc fort intéressant de pouvoir « gagner du temps » avec le cathétérisme interventionnel et de reculer à l'âge adulte le temps chirurgical pour que le patient puisse vivre une enfance sans entrave.

Les sténoses très sévères des valves aortique et pulmonaire peuvent être très mal tolérées dès la naissance et nécessiter une intervention urgente dans la première semaine de vie : c'est dans ces cas particuliers que la valvuloplastie percutanée est la plus précieuse, car beaucoup mieux tolérée que la chirurgie chez ces bébés en très mauvais état hémodynamique.

En cas d'imperforation de la valve pulmonaire (atrésie pulmonaire) la valve pulmonaire est complètement soudée et le sang ne peut y passer. Le maintien du canal artériel perméable est indispensable par prostaglandines. Ensuite, si le ventricule droit est bien développé (ce qui n'est pas toujours le cas), on peut traiter ces enfants par cathétérisme interventionnel : on guide sous la valve imperforée une sonde par laquelle on place un fil d'acier contre la valve. Ce fil est chauffé par radiofréquence et on perce ainsi la valve. On introduit ensuite une succession de ballons de taille croissante jusqu'à ouverture suffisante de la valve [33]



Figure No 21 : Principe de la perforation par radiofréquence.

En cas de sténose mitrale après maladie rhumatismale, la valvuloplastie percutanée peut s'avérer indiquée et efficace. Ceci est très rare dans les pays européens mais très fréquents dans les pays en voie de développement.

c. Dilatation des vaisseaux ou angioplastie :

Les rétrécissements ou sténoses des artères ou veines peuvent être congénitales ou secondaires à une chirurgie (manque de croissance ou cicatrisation excessive à un endroit de suture).

Vu le succès des valvuloplasties, la dilatation au ballon a été utilisée pour des sténoses artérielles ou veineuses, principalement les sténoses artérielles pulmonaires (proximales ou distales) et la coarctation de l'aorte [34,35].

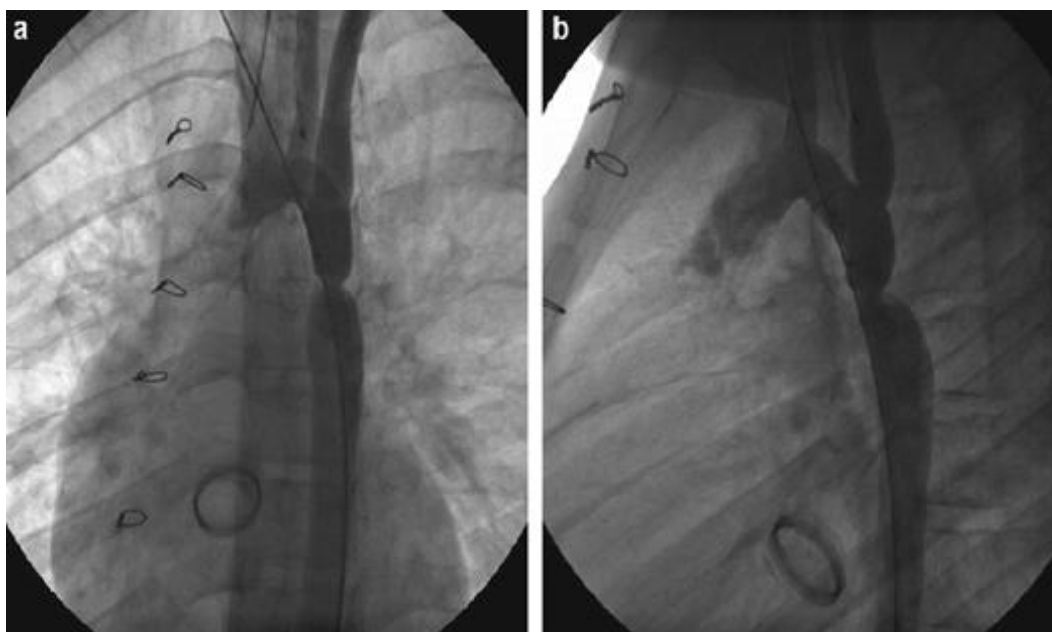


Figure No 22 : Coarctation serrée de l'aorte en oblique antérieur gauche (a) et de profil (b) [1].

Ces indications sont une bonne alternative à la chirurgie, surtout les sténoses résiduelles postopératoires (récidive de coarctation aortique ou sténose artérielle pulmonaire après plastie chirurgicale), avec cependant un résultat à long terme moins bon que pour les valvuloplasties [32,33]. Dans certains cas, les sténoses vasculaires répondent mal à la dilatation par ballon (tissu « élastique » qui reprend sa forme juste

après la dilatation) et on a alors recours à la pose d'un stent (treillis métallique) qui sera ouvert par un ballon afin qu'il s'applique parfaitement à la paroi du vaisseau et le maintienne en position bien ouverte. Comme il s'agit d'un matériel inerte, ce stent doit pouvoir être ré expansible pour suivre la croissance naturelle du vaisseau jusqu'à sa taille adulte, tout en gardant son efficacité sur la sténose. De tels stents ont été élaborés aujourd'hui : de 5 à 10 mm initialement, ils peuvent atteindre après expansion répétée 10 à 24 mm [1].

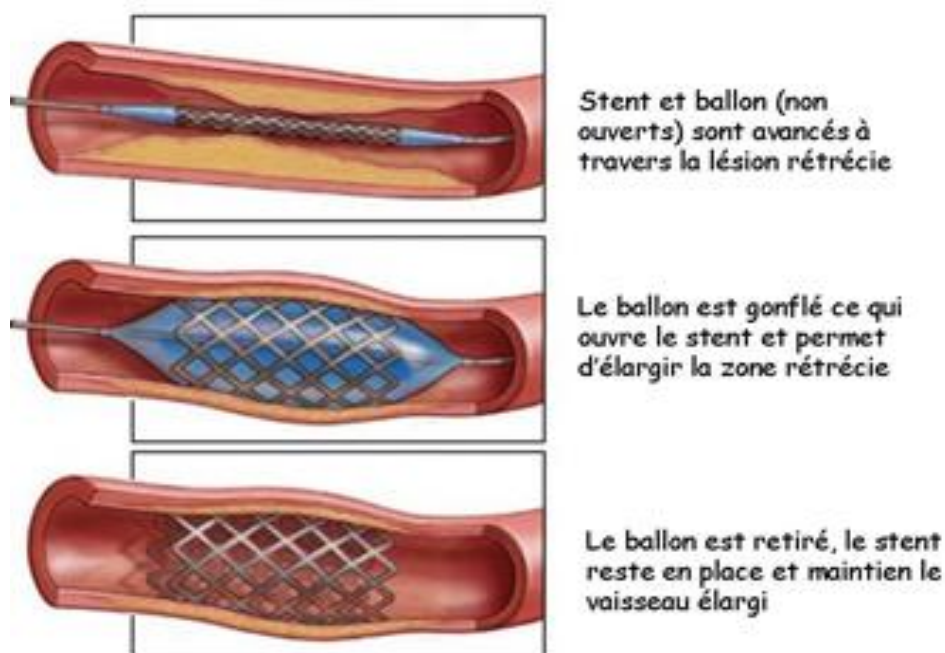


Figure No 23 : Principe de l'angioplastie avec stent d'un segment rétréci.

La dilatation d'une coarctation native se fait chez des enfants âgés de plus d'un an, en l'absence d'hypoplasie de l'arche, avec une efficacité de plus de 80 %. L'indication d'une dilatation percutanée en urgence peut être posée chez le nouveau-né en défaillance multi viscérale, en l'absence de réouverture du canal artériel sous prostaglandines [1].

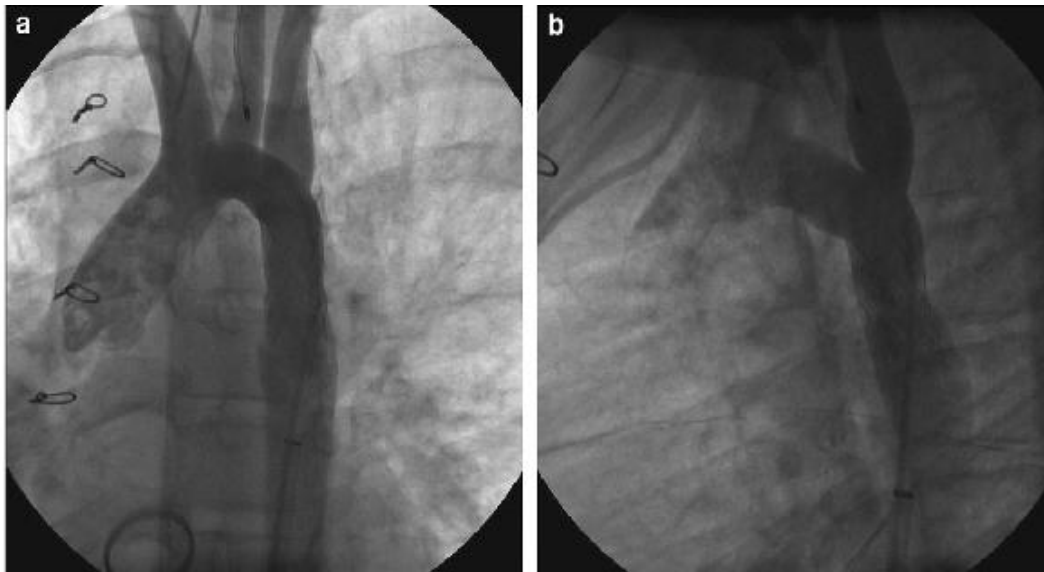


Figure No 24 : Dilatation d'une coarctation aortique par la mise en place d'un stent en oblique antérieur gauche (a) et de profil (b) [1].

Chez l'adolescent et le jeune adulte, on place plus facilement un stent en première intention, en remplacement de la chirurgie [36].

2.2. Fermeture de structures anatomiques anormalement ouvertes :

a. Fermeture des communications inter auriculaires :

La communication inter auriculaire (CIA) ou inter-atriale est une malformation cardiaque congénitale fréquente. Elle correspond à la persistance d'une déhiscence dans le septum inter auriculaire, normalement hermétique après la naissance.

Le cathétérisme interventionnel ne permet de fermer que les communications inter auriculaires de type 'ostium secundum, c'est à dire celles situées dans la partie centrale de la cloison inter auriculaire, à distance des valves.

Par ailleurs, la communication ne doit pas être trop large par rapport à la taille des oreillettes et il faut une 'marge' suffisante pour arrimer la prothèse. La technique n'est donc pas applicable dans tous les cas. Cependant, la proportion de cas récusés

diminue avec l'amélioration constante des dispositifs mis sur le marché et l'expérience du cathétériseur.

La technique utilise une prothèse faite de 2 petits disques ou parapluies.



Figure No25 : 3 types différents de prothèses utilisées pour fermeture de CIA.

Les disques, variables selon le 'constructeurs' sont en général fait de 2 composés [37,38]. D'une part les 'baleines', constitués de nitinol qui est un alliage de nickel et titane, très résistant et qui garde la 'mémoire' de la forme même après déformation extrême. D'autre part, du tissu, qui assure une certaine étanchéité immédiate à la prothèse, et qui est en polyester. Ces prothèses sont très souples et peuvent être étirées à l'extrême, au point de pouvoir entrer dans l'âme d'un cathéter qui sera placé dans l'oreillette gauche. Le premier disque/parapluie est déployé dans l'oreillette gauche et attiré tout contre le bord gauche du trou ; le deuxième disque/parapluie est alors déployé, nécessairement dans l'oreillette droite et, attiré

par son attachement au premier disque/parapluie, il bondit sur le bord droit du trou. Le dispositif de mise en place est ensuite désolidarisé de la prothèse et retiré par le cathéter.

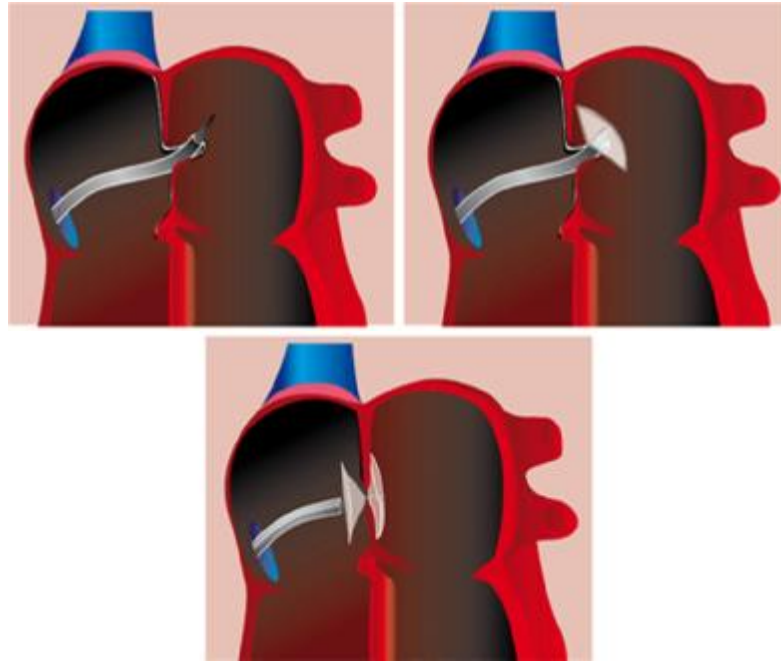


Figure No26 : Etapes de fermeture percutanée de CIA :

La prothèse, repliée dans le cathéter est avancée dans l'OG où le 'parapluie gauche' est libéré. Ensuite, après attraction du dispositif contre la paroi inter auriculaire, la partie droite est déployée. Les 2 disques sont donc placés sur le trou de part et d'autre de la paroi inter auriculaire.

Les 2 disques/parapluies tiennent en place par pincement des parois du trou. La bonne position de la prothèse est contrôlée par radioscopie (elle est radio-opaque) mais également par échocardiographie trans-œsophagienne [1].

Cette technique est également utilisée pour la fermeture des fenestrations après intervention de Fontan fenestré.

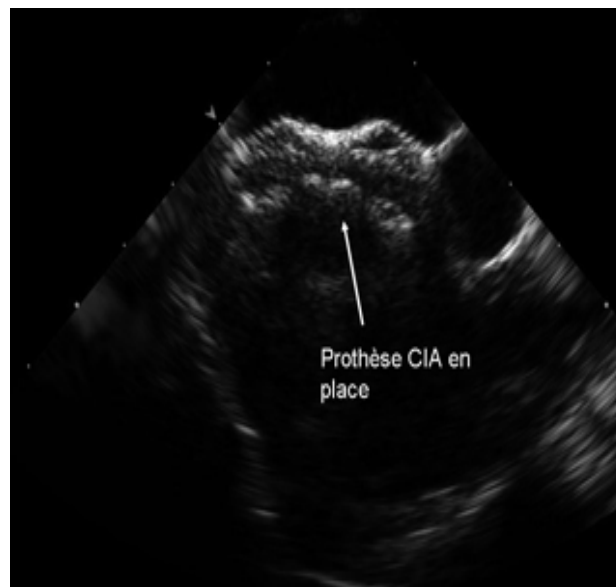


Figure No 27 : Echocardiographie trans-œsophagienne de la prothèse de CIA en place.

La technique de fermeture des communications inter auriculaires de type ostium secundum par cathétérisme interventionnel a maintenant fait ses preuves et constitue le choix thérapeutique de première intention [39], la chirurgie étant réservée aux échecs de la voie percutanée ou aux CIA trop grandes ou avec bord insuffisant.

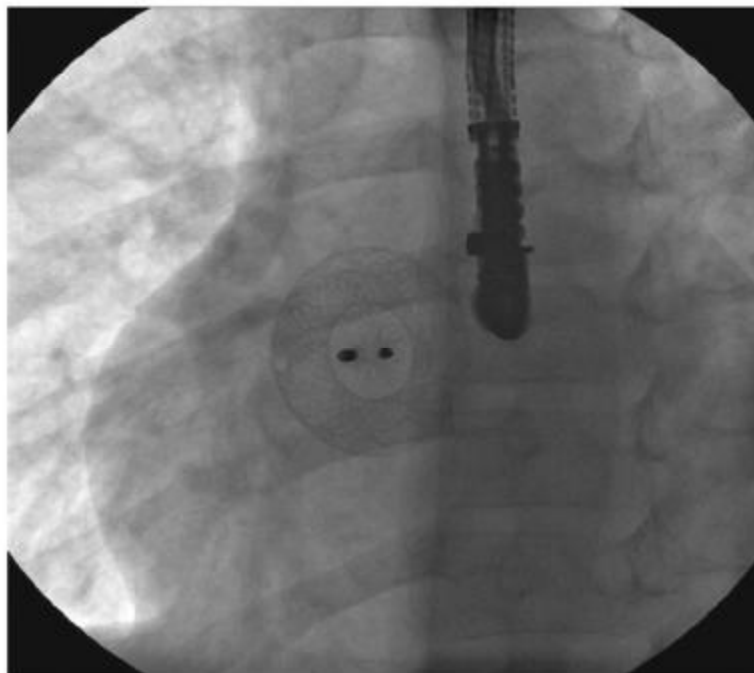


Figure No 28 : Angiographie de profil montrant une Fermeture de CIA par une prothèse : Amplatzer Septal Occluder (ASO) [1].

b. Fermeture des communications interventriculaires :

La communication interventriculaire ou CIV est l'absence de fermeture de la cloison cardiaque qui sépare normalement le ventricule droit du ventricule gauche.

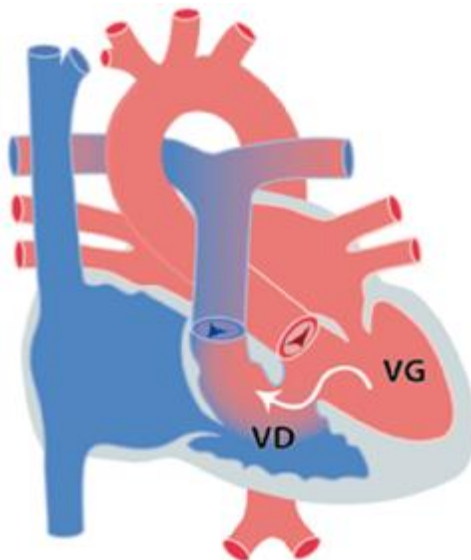


Figure No 29 : Communication interventriculaire.

La communication interventriculaire est la cardiopathie congénitale la plus fréquente (8 cas pour 1 000 naissances) [40].

Lorsque l'indication d'une fermeture de CIV est retenue, la chirurgie est encore à l'heure actuelle souvent le premier choix. Depuis peu cependant, certaines CIV peuvent, dans certains cas bien précis, faire l'objet d'une fermeture percutanée. Le principe de fermeture est le même que dans le cas des CIA mais les prothèses ont des formes et tailles différentes pour répondre aux caractéristiques particulières des CIV. Par ailleurs, la procédure est plus complexe car nécessite un passage des sondes dans le ventricule gauche et dans le ventricule droit.

Cette technique s'avère aujourd'hui surtout utile et indiqué pour le traitement des CIV résiduelles chez l'enfant déjà opéré ou dans les cas de CIV difficilement accessibles par le chirurgien (par exemple certaines CIV musculaires) [41].



Figure No 30 : Deux types de prothèses pour fermeture de 2 types différents de CIV : une située au milieu de la paroi (image de gauche), l'autre située près de la valve aortique (image de droite).

c. Fermeture d'un canal artériel persistant :

La persistance du canal artériel est un état pathologique résultant de l'absence de fermeture physiologique du canal artériel à la naissance.

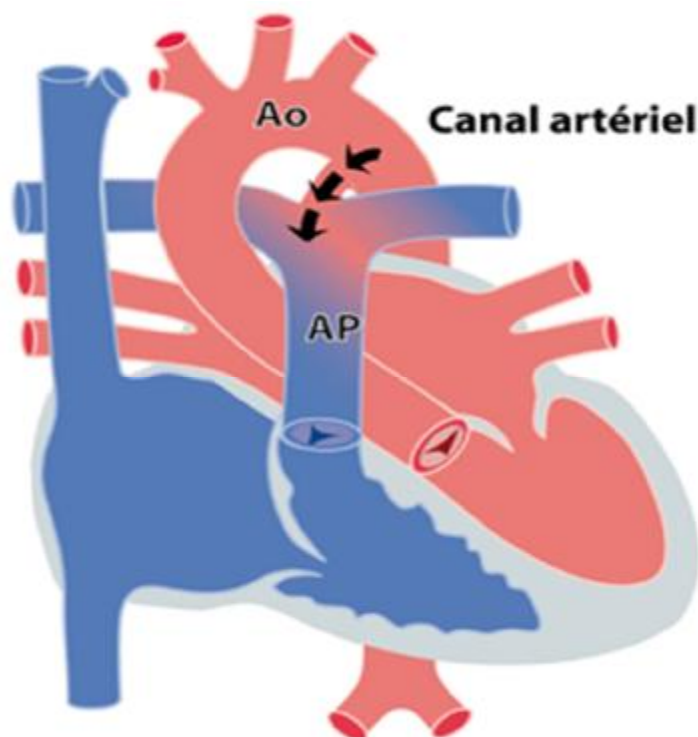


Figure No31 : Canal artériel perméable.

Elle représente près de 5 % des cardiopathies congénitales. Elle est responsable d'une augmentation du débit sanguin pulmonaire et du retour veineux pulmonaire à l'oreillette gauche.

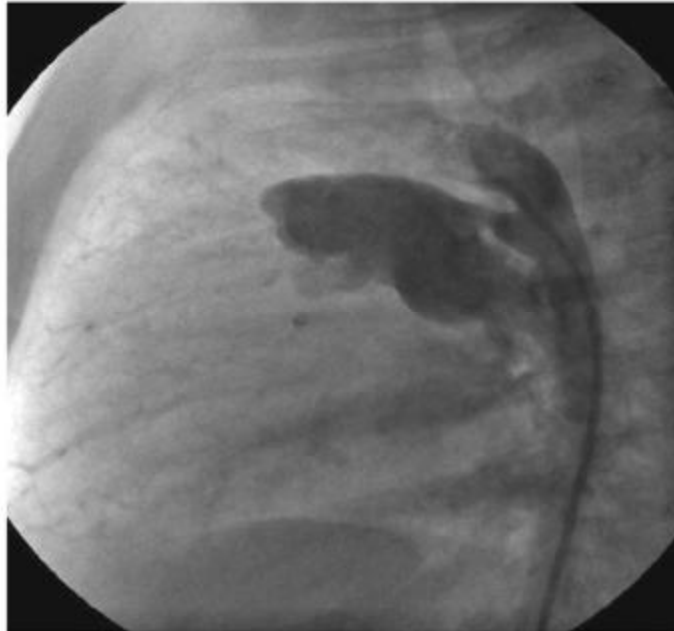


Figure No 32 : Canal artériel perméable réinjectant les artères pulmonaires [1].

Si le canal artériel est large, il peut être responsable d'une dilatation des cavités gauches, d'une défaillance cardiaque, d'une dyspnée et/ou d'une HTAP.

Plus communément, il est de plus petite taille, responsable d'un souffle continu qui conduit au diagnostic. Dans ce cas, c'est le « classique » risque d'endocardite infectieuse qui indique le geste de fermeture.

Portman et Al rapportèrent la première fermeture percutanée en 1967 [42]. Utilisant une technique décrite par Cambier en 1992, la plupart des fermetures percutanées de CA de petites tailles sont faites en utilisant des « coils » vasculaires qui sont délivrés via des cathéters artériels de petites tailles.

Une spire du coil est habituellement fixée dans l'artère pulmonaire et le reste des spires est positionné dans l'ampoule aortique entraînant une agrégation plaquettaire, une obstruction du flux sanguin et en fin une endothélialisation du « coil ». Le taux de fermeture à six mois avoisine les 95 % [43].

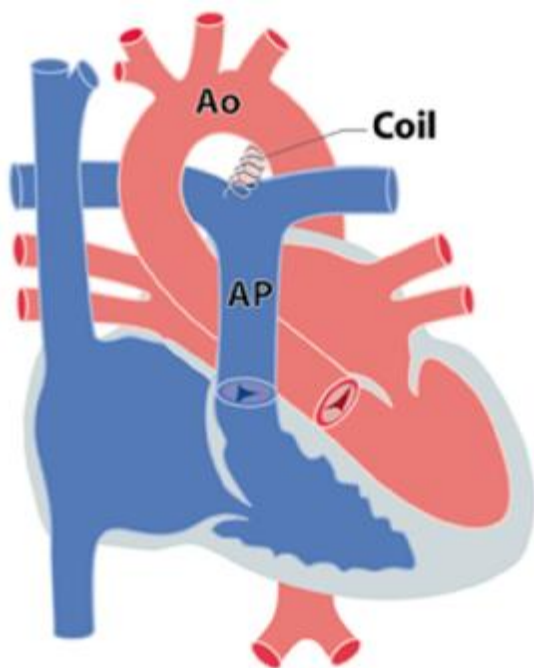


Figure No 33 : Coil et sa position dans le canal artériel.

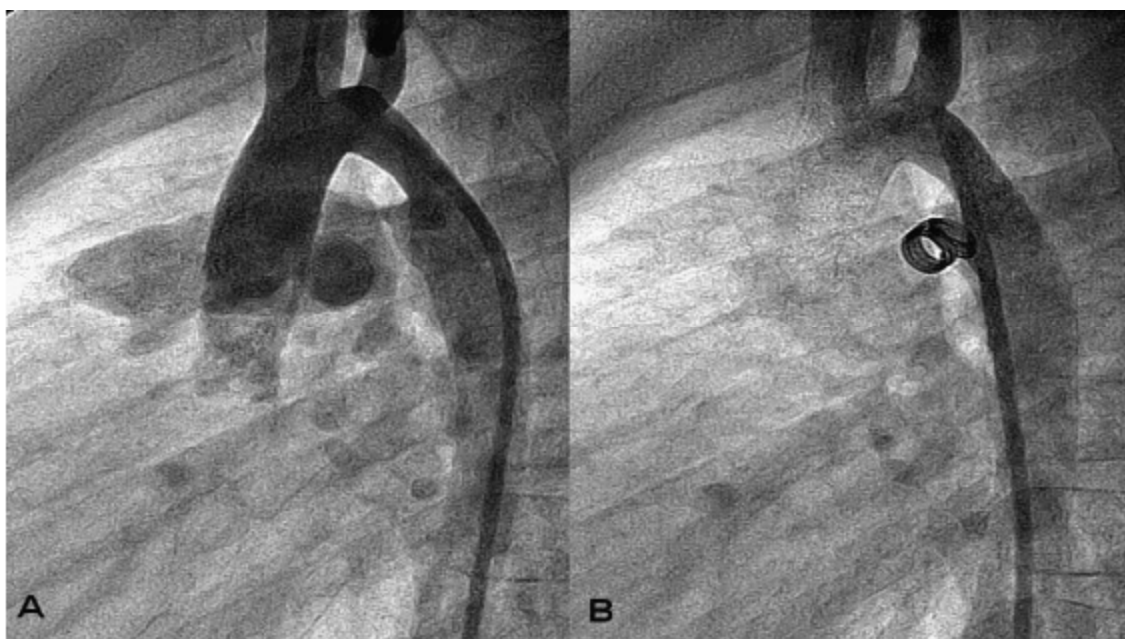


Figure No 34 : Angiographie de profil montrant la fermeture de CA par coil

[46] :

A : Aortographie montrant l'opacification à partir de l'aorte isthmique de tout l'arbre pulmonaire via un canal artériel perméable.

B : Aortographie après la mise en place d'un *coil* démontrant la fermeture du canal artériel et l'absence de shunt résiduel (AP non opacifiée).

Bien que la fermeture des CA de plus de 4 mm soit possible en mettant en place plusieurs « coils » simultanément, l'utilisation d'un « bouchon » d'Amplatzer (Amplatzer Duct Occluder) semble préférable [44,45].

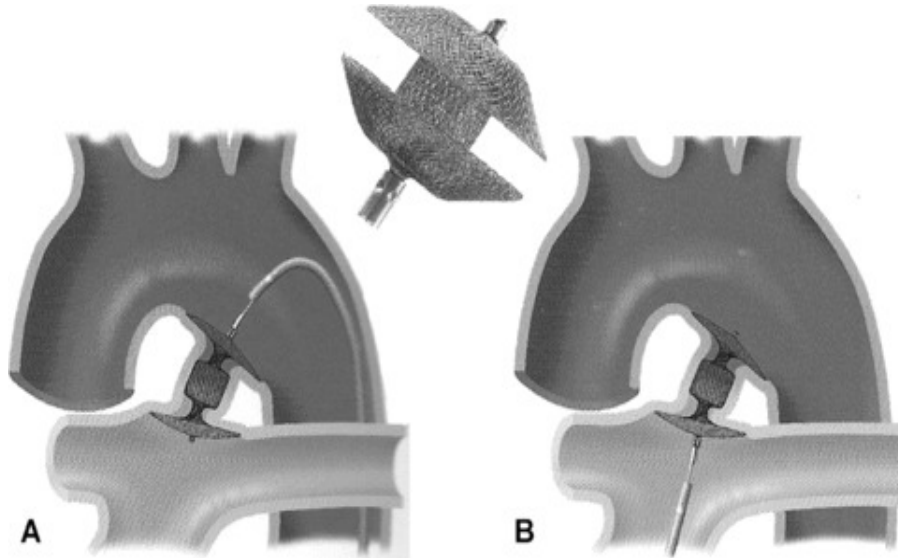


Figure No 35 : Mise en place du bouchon d'Amplatzer II (ADO II) : (A) mise en place du coté artériel aortique. (B) mise en place du côté veineux pulmonaire.

De façon similaire au coil décrit plus haut, le bouchon est fait de fils tressés dont la souplesse permet son insertion dans des cathéters de petites tailles. Il est avancé par voie veineuse dans l'aorte à travers l'artère pulmonaire puis le CA avant d'être largué. Attaché à son câble de largage, il est facilement réintroduit dans le cathéter si le positionnement n'est pas satisfaisant. En forme de bouchon de champagne dont le sommet se trouve dans la région ampullaire, il épouse parfaitement la forme du canal artériel donnant un taux d'occlusion proche de 100 % à six mois.

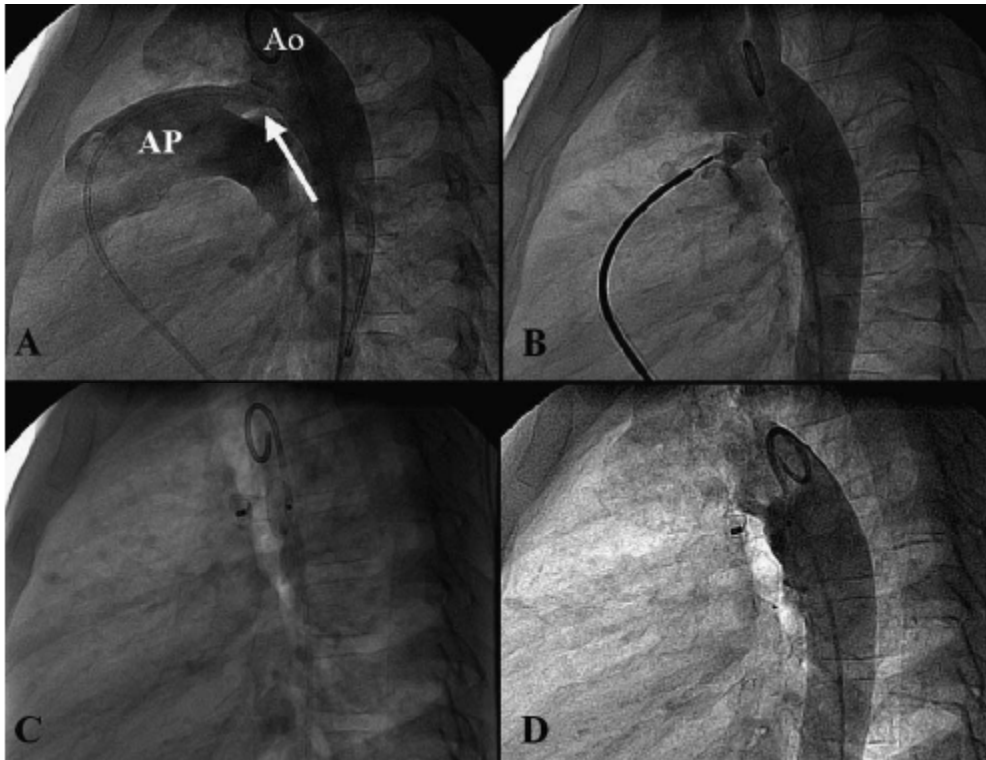


Figure No 36 : Angiographie montrant les différentes étapes de fermeture de CA par prothèse [46] :

A : Aortographie de profil montrant l'opacification à partir de l'aorte isthmique de tout l'arbre pulmonaire via un gros canal artériel perméable. B : Aortographie de profil après la mise en place d'une prothèse Amplatzer Duct Occluder démontrant le bon positionnement de la prothèse. C : La prothèse est maintenue à son câble de largage et peut être réintroduite dans sa gaine si la position est jugée inadéquate. D : Angiographie finale après le largage de la prothèse démontrant la fermeture du canal artériel et l'absence de shunt résiduel (AP non opacifiée).

La seule limitation est le poids de l'enfant : on préconise une fermeture chirurgicale du PCA quand l'enfant pèse moins de 3 kg, à cause de la fréquence et de la sévérité des complications (subocclusion aortique, embolisation de la prothèse) [47]. Cependant, l'arrivée prochaine de dispositifs miniaturisés devrait permettre d'étendre les indications aux prématurés.

d.Fermeture de collatérales anormales et autres shunts vasculaires anormaux :

La procédure interventionnelle permet d'occlure nombre d'anomalies vasculaires telles que les collatérales aorto-pulmonaires, les collatérales veino-veineuses, les fistules coronaires, les fistules artério-veineuses. . .

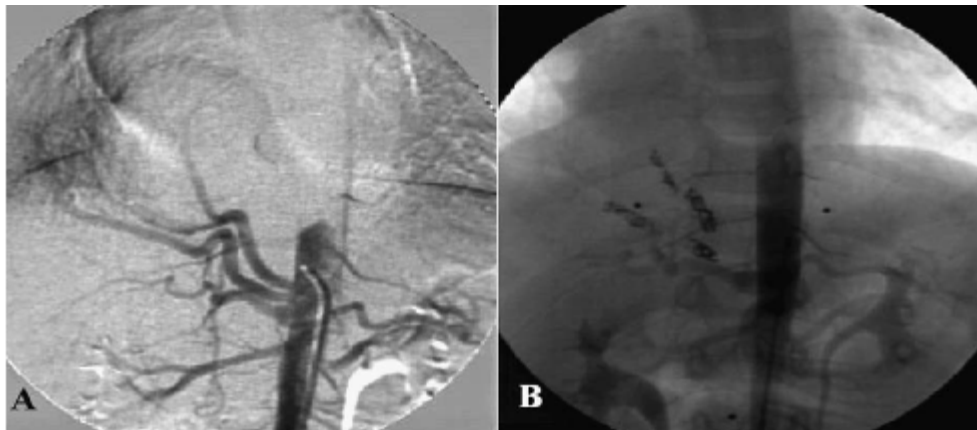


Figure No 37 : Aortographie de face montrant des collatérales naissant de l'aorte descendante [46] : sous-diaphragmatique à destination d'un séquestre pulmonaire (A) occluses à l'aide de coils (B).

La technique est rendue plus ou moins facile selon la localisation et la taille de ces anomalies vasculaires (coils pour les petites et systèmes spécifiques pour les plus grandes) [48]. Par le biais de cette même technique, on peut également emboliser des shunts chirurgicaux, comme par exemple un shunt de Blalock-Taussig (faisant communiquer l'aorte et l'artère pulmonaire) quand celui-ci est devenu inutile et qu'il ne s'est pas occlus spontanément.

2.3. Remplacement valvulaire :

Un des problèmes récurrents de la cardiologie congénitale est la prise en charge de la dilatation du ventricule droit suite à la dysfonction chronique de la voie pulmonaire artificielle (tube valvé ou voie native patchée réalignant le ventricule droit et les artères pulmonaires) implantée lors de la chirurgie palliative ou correctrice dans la petite enfance (tétralogie de Fallot, tronc artériel commun, atrésie pulmonaire).

Avec le temps, cette voie pulmonaire s'altère (usure et absence de croissance) et la fuite et/ou sténose qui en résulte(nt) dilate(nt) progressivement le ventricule droit. Or, il est bien connu qu'au-delà d'un certain degré de dilatation, le risque de mort subite est non négligeable, ce qui justifie une réévaluation pulmonaire [49].

Jusqu'à présent, la solution était chirurgicale, mais, depuis 2000, une nouvelle procédure interventionnelle permet d'implanter sur cette voie pulmonaire artificielle défaillante une nouvelle valve, élaborée à partir d'une veine jugulaire de bœuf montée dans un stent (valve Melody1).

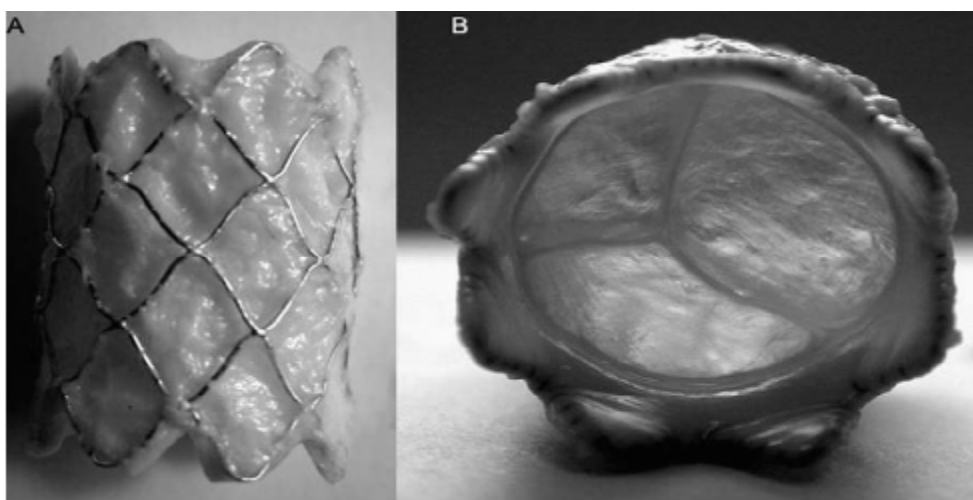


Figure No 38 : Stent vasculaire contenant une valve biologique vue de profil (A) et de dessus la valve étant en position fermée (B) [46].

Cet assemblage est monté en position pulmonaire et s'applique, par dilatation au ballon, à la paroi plus rigide de l'ancienne voie pulmonaire. Les premiers résultats sont très prometteurs, avec une nette amélioration de l'état clinique des patients

corrélée à une diminution significative des pressions et des volumes ventriculaires droits [50].

Techniquement cette procédure interventionnelle est encore très restreinte, car il n'existe qu'un seul diamètre de valve (18 mm) ; elle ne s'applique donc qu'aux voies pulmonaires artificielles sténosées n'excédant pas 22 mm de diamètre. Des travaux sont en cours pour élargir les indications aux voies pulmonaires natives plus larges [51].

Implantation d'autres valves :

Utilisant le même principe que pour la valve pulmonaire, on met actuellement au point des techniques d'implantation percutanée de valves aortiques et mitrales. Ces techniques sont prometteuses pour l'adulte âgé en mauvais état hémodynamique. Leurs possibilités d'utilisation en pédiatrie restent incertaines.

2.4.Procédé hybride :

Si jusqu'à présent, nous vous avons présenté le cathétérisme interventionnel comme alternative transitoire ou définitive à la chirurgie cardiaque, souvent les deux procédures se complètent.

En effet, les pathologies cardiaques congénitales sont souvent complexes et associent différentes malformations. Afin de diminuer la morbidité liée à la chirurgie cardiaque itérative, on a souvent recours au cathétérisme interventionnel pour préparer le terrain chirurgical (fermeture de collatérales aorto-pulmonaires avant une uni focalisation artérielle pulmonaire) ou pour compléter une chirurgie (fermeture par un stent couvert d'une fenestration dans une dérivation cavo-pulmonaire complète ou dilatation de sténoses pulmonaires distales après réparation d'une cardiopathie obstructive du cœur droit) [52].

Un autre exemple de complémentarité est le cerclage chirurgical de l'artère pulmonaire pour une CIV large avec haut potentiel de fermeture spontanée : lorsque

la CIV devient restrictive, la dilatation au ballon du cerclage pulmonaire permet de lever la sténose pulmonaire et de corriger la cardiopathie chirurgicalement acquise.

Enfin, dans la nouvelle approche thérapeutique de l'hypoplasie du cœur gauche, la procédure hybride prend tout son sens, puisque dans la même salle sont réunis en même temps le chirurgien (cerclage des artères pulmonaires) et le cardiologue interventionnel (stenting du canal artériel et atrio-séptostomie).

La collaboration des deux techniques évite ainsi le recours à la circulation extracorporelle, avec des résultats assez proches de la stratégie de Norwood habituellement utilisée [53].

IV. Complications :

Le type, la fréquence et la gravité des complications sont extrêmement variables en fonction de la malformation de l'enfant, du type de l'intervention et de l'état clinique. Pour la plupart des procédures, le risque de complications importantes reste cependant faible mais elles sont d'autant plus fréquentes que l'enfant est plus jeune [54].

Parmi les complications les plus fréquentes on note :

1. Les complications mécaniques :

Elles sont liées au site d'accès vasculaire et la manipulation de la sonde de cathétérisme le long de son trajet.

L'apparition d'un hématome sous cutané ainsi qu'un saignement au niveau du site de ponction sont des complications fréquentes de la mise en place de cathéter. Un saignement d'origine artériel est responsable d'une tuméfaction localisée et/ou un saignement extériorisé, il est ainsi facile à détecter, contrairement à un saignement d'origine veineuse qui peut rester masqué pendant longtemps devenant de plus en plus étendu arrivant dans certain cas jusqu'à la cavité rétro-péritonéale [20].

La manipulation de la sonde de cathétérisme le long des axes vasculaire peut causer des lésions des différentes structures vasculaires ou nerveuses le long de son trajet (artère fémorale, plexus brachial ...). Elle peut aussi être responsable de micro anévrismes ou fistules artério-veineux [12].

Les complications mécaniques au niveau cardiaque sont exceptionnelles, mais elles sont plus graves, elles vont de la simple contusion myocardique jusqu'au a perforations pariétales avec tamponnade. Elles sont généralement faciles à détecter et nécessite souvent un recours à la chirurgie [12].

2. Les complications thromboemboliques :

Les accidents thromboemboliques sont devenus de plus en plus rare. L'héparinisation des solutions de rinçage voire du patient, les précautions prises par l'opérateur (réduire au minimum le nombre de robinets, de raccords, purger régulièrement sondes, lignes et introducteurs) ont considérablement réduit les accidents thromboemboliques par cathétérisme [12].

L'apparition d'embolie gazeuse est très rare mais ses conséquences varient en fonction du siège où il va se loger il peut être asymptomatique comme il peut être la cause de signes neurologiques (hémiparésie, trouble du langage...) s'il se loge au niveau cérébral.

3. Les complications électriques :

Elles sont représentées principalement par des arythmies bénignes transitoires, les sondes peuvent irriter les voies de conduction électrique et causer ainsi des troubles du rythme, soit de type extrasystoles, tachycardie ou blocs atrio-ventriculaires. Le retrait des cathéters suffit souvent pour arrêter ces troubles du rythme mais parfois un traitement médical ou une stimulation par une sonde de pacemaker peuvent être nécessaires [55].

4. Les complications infectieuses :

L'endocardite bactérienne reste une complication rare mais grave du cathétérisme cardiaque [56], l'apparition d'une fièvre inexplicée survenant au décours de l'exploration justifie un contrôle et non pas une antibiothérapie à l'aveugle.

Une infection du site de ponction est possible, mais les complications infectieuses ont pratiquement disparu depuis l'utilisation de matériel à usage unique, de la voie percutanée et l'application d'une asepsie chirurgicale rigoureuse [57,58].

5. Les réactions au produit de contraste :

Elles sont devenues rares depuis l'utilisation des produits non ioniques à osmolarité basse. L'apparition dans les minutes suivant l'injection de rougeurs cutanées, d'un œdème du visage, d'une gêne respiratoire avec modification de voix, doit faire craindre une réaction anaphylactique avec œdème laryngé. Elle implique l'administration immédiate d'un corticoïde à action rapide, la mise à disposition d'adrénaline, de noradrénaline, et une surveillance renforcée [12].

6. Les complications systémiques :

a. Hypothermie :

Principalement chez le nouveau-né lors des gestes de longue durée, elle peut être évitée avec l'utilisation d'un matériel permettant de compenser les déperditions thermiques [19].

b. Hypovolémie :

Un saignement occulte au niveau du site de ponction peut être responsable d'une hypovolémie qui peut conduire à un état de choc. Une surveillance stricte du patient permet de prévenir cette complication [19].

c. Hypoxémie et acidose :

Sont des complications rares qui peuvent être vues chez les patients déjà cyanotique et qui nécessitent une supplémentation en oxygène [19].

7. Les complications spécifiques du cathétérisme interventionnel :

Le cathétérisme interventionnel peut être responsable de plusieurs complications Spécifiques, elles sont néanmoins exceptionnelles et varient grandement en fonctions du type de procédure et du matériel utilisé, on note par exemple : le déplacement de prothèse, l'embolisation de prothèse, fuite valvulaire sur valvuloplastie, rupture d'un ballon de dilatation en endovasculaire, difficulté de mise en place d'un stent... [20]

8. Les complications cancéreuses :

Le développement des cancers chez les patients ayant subi un ou plusieurs cathétérismes dans l'enfance a fait l'objet de récentes études assez larges incriminantes les radiations utilisées lors de la fluoroscopie. Des études internationales multicentriques sont d'ailleurs toujours en cours pour évaluer plus précisément ce risque [59].

Grâce à l'amélioration du matériel, à l'accumulation de l'expérience et à l'anticoagulation, toutes ces complications sont devenues rarissimes, mais l'introduction de nouvelles techniques, toujours plus ambitieuses, font naître de nouveaux risques. Il est dès lors indispensable de pratiquer tout cathétérisme cardiaque interventionnel pédiatrique dans un centre pourvu de chirurgie cardiaque congénitale, dernier recours salvateur en cas de complication sévère.

NOTRE ETUDE

I. Matériel d'étude :

Notre travail est une étude rétrospective portant sur 78 patients admis au service de pédiatrie au CHU Hassan II de Fès sur une période de 18 mois (entre avril 2015 et octobre 2016).

II. Méthode :

Cette étude a concerné tous les patients ayant bénéficiés d'un cathétérisme cardiaque au service de pédiatrie du CHU Hassan II, que ce soit dans un but diagnostique ou thérapeutique.

Pour mener cette étude, tous les éléments ont été recueillis à partir des dossiers et des comptes rendus de cathétérismes et ont été rapportés sur des fiches d'exploitations.

Fiche d'exploitation :

Identité :

Nom :

Prénom :

Adresse :

Date de naissance :

Antécédents :

Respiratoires :

Allergiques :

Malformations :

Pathologies sous-jacentes :

Signes fonctionnels :

Dyspnée : " oui " non

Cyanose : " oui " non

Autres :

Examen clinique :

Examen général :

Poids :Kg taille :cm T° :°C TA :mmHg

FC :bat/min FR :cycle/min SaO₂ à l'aire libre :% sousO₂ :
.....%

Examen cardio-vasculaire :

Pouls périphérique :

Auscultation :

Signes d'insuffisance cardiaque : " oui " non

Type :

Signes respiratoires :

Paraclinique :

Bilan biologique :

NFS : Hb : GB : PLQ :

Ionogramme : Urée : Créat : Na⁺ : K⁺ :

CRP :

Radio du thorax :

.....
.....

ECG :

.....
.....

Echographie cardiaque :

Cavité dilatée : " oui " non type :

taille :

Communication anormale : " oui " non type : taille :

HTAP : " oui " non vélocité : mmHg

Fuite : " oui " non type :

Sténose pulmonaire : " oui " non gradient : ...
mmHg

Sténose aortique : " oui " non gradient :mmHg

Autres :

Diagnostic final :

.....

Traitement reçus en préopératoire :

.....

Indication du cathétérisme :

.....

Déroulement de la procédure :

Anesthésie :

Matériel utilisé :

Introducteur :

Sonde :

Guide :

Prothèse :

Ballonnet :

Voie d'abord :

Trajet de la sonde :

.....

Etude hémodynamique :

Mesure des pressions et saturations :

Siege de la sonde	SaO ₂ (%)	Pression moyenne (mmHg)	Pression instantanée (mmHg) max/min
VCS			
VCI			
Aorte			
OD			
OG			
VD			
VG			
TAP			
APG			
APD			

Mesures des résistances et débits :

Qp/Qs =

Rp/Rs =

Etude anatomique :

Incidence :

Structure visualisée :

Cathétérisme interventionnel :

Type de procédure :

Déroulement de la procédure :

.....
.....
.....
.....

Complication ou difficulté au cours de la procédure :

.....
.....

Complications post opératoire :

.....
.....

Evolution des patients :

.....
.....
.....

III. Résultat :

1. Données épidémiologiques et étiologiques :

1.1. Nombre de patients :

Durant la période allant d'avril 2015 à octobre 2016, 78 patients ont bénéficiés d'un cathétérisme cardiaque au service de pédiatrie du CHU de Fès dans un but thérapeutique ou diagnostic.

1.2. Répartition selon le sexe :

Parmi nos patients, 37 étaient de sexe masculin, soit 47% des cas et 41 étaient de sexe féminin soit 53% des cas, on note donc une distribution équilibrée avec une légère prédominance féminine et un sexe ratio de 0,9.

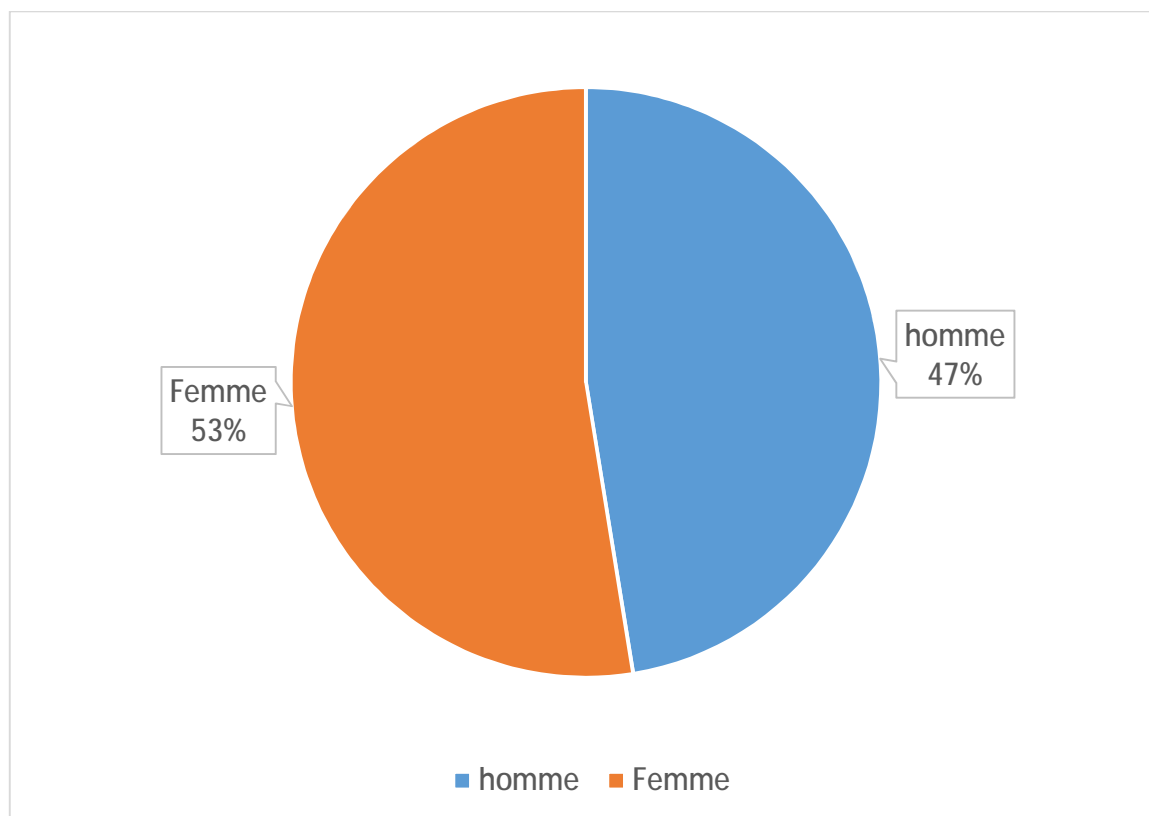


Figure No 39 : Répartition des cas selon le sexe.

1.3. Répartition selon l'âge :

L'âge de nos patients était varié, avec des extrêmes d'âge allant de 3 jours à 17 ans et une moyenne d'âge de 5ans et 9 mois. La tranche d'âge la plus concernée étant de 2 à 6ans.

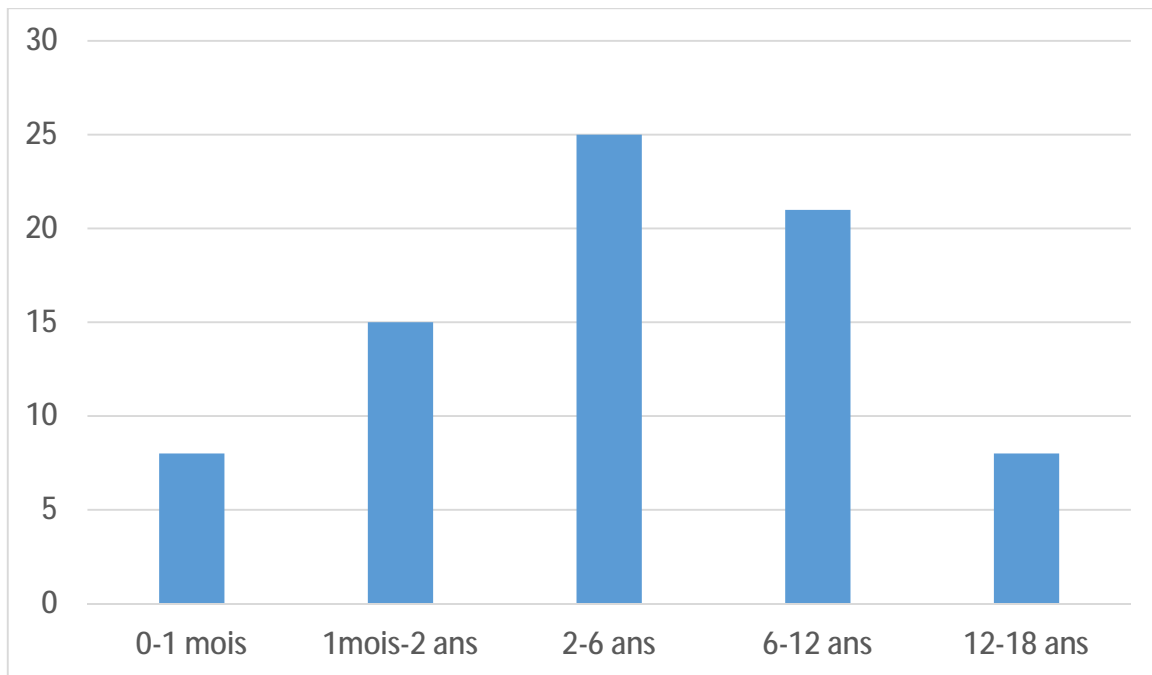


Figure No 40 : Nombre de cas selon l'âge.

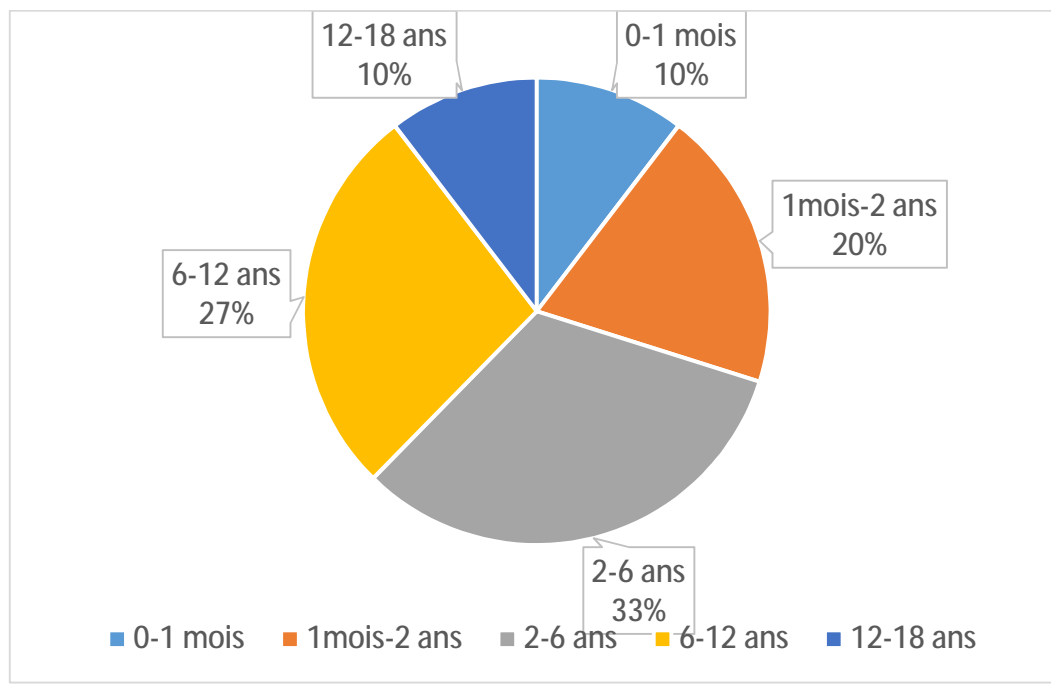


Figure No 41 : Répartition des cas selon l'âge.

1.4. Répartition selon l'indication :

Nos malades ont bénéficié d'un cathétérisme cardiaque dans un but diagnostique chez 20 patients (26% des cas) et dans un but thérapeutique chez 58 patients (74% des cas).

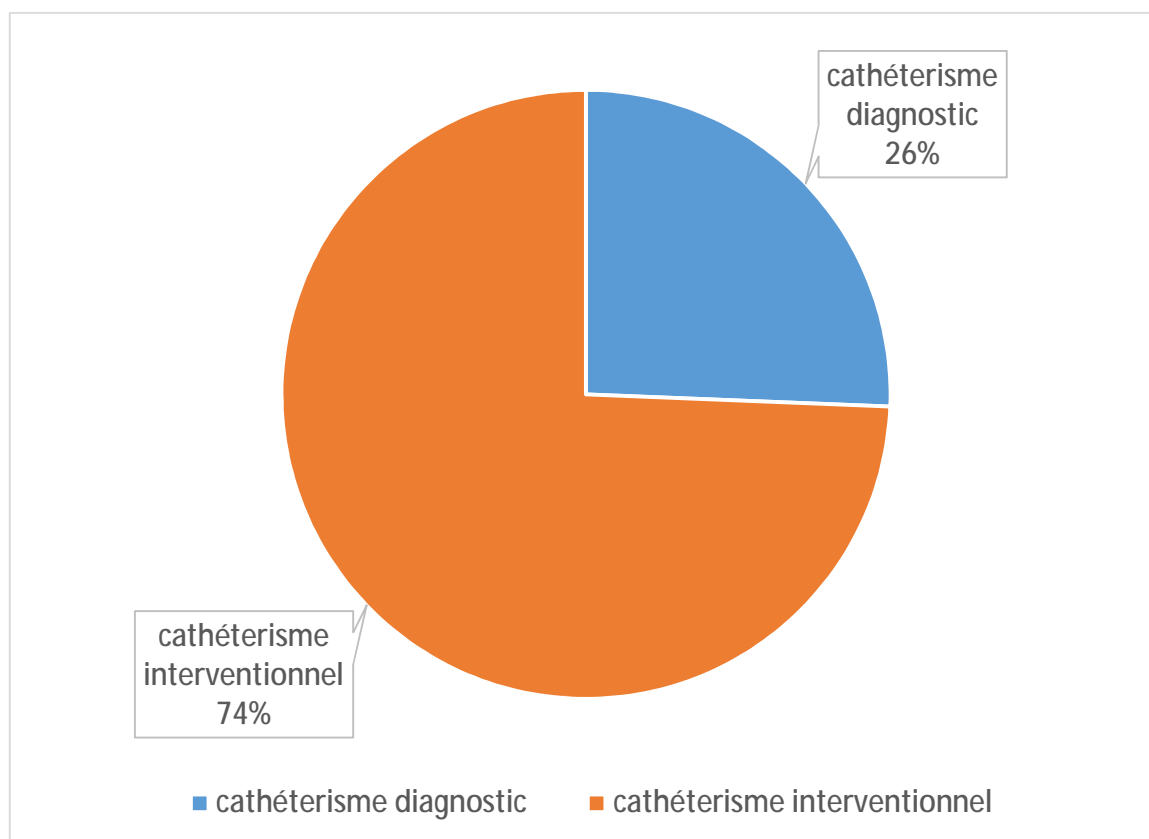


Figure No 42 : Répartition des cas selon le type de cathétérisme.

Nous avons noté une légère prédominance masculine, avec 55% des cas pour le cathétérisme diagnostique et le contraire pour le cathétérisme interventionnel, avec une prédominance féminine avec 55% des cas.

Tableau No 2 : Répartition des cas selon le type de cathétérisme et le sexe.

	Nombre de Cathétérisme diagnostique		Nombre de Cathétérisme interventionnel	
	No	%	No	%
Femme	9	(45%)	32	(55%)
Homme	11	(55%)	26	(45%)
TOTAL	20		58	

Tableau No 3 : Répartition des cas selon l'âge et le type de cathétérisme.

	Nombre de Cathétérisme diagnostique	Nombre Cathétérisme interventionnel	Total
0 à 1mois	0	8	8
1 mois à 2 ans	3	12	15
2 à 6 ans	8	17	25
6 à 12ans	5	16	21
12 à 18ans	4	4	8

a. Indication du cathétérisme diagnostique :

Le cathétérisme diagnostique a été réalisé chez 20 patients dans le but de :

- Réaliser une étude anatomique et de déterminer l'anatomie cardiaque là où l'échographie cardiaque a eu peu d'efficacité.
- Rechercher une HTAP afin de déterminer l'opérabilité des patients.
- Planifier la chirurgie cardiaque.

Les pathologies pour lesquelles les patients ont bénéficié d'un cathétérisme diagnostique étaient les suivantes :

Tableau No 4 : Répartition des cathétérismes diagnostiques selon la cardiopathie.

Pathologie	Nombre de cas	Pourcentage
CIV	11	55%
TGV	4	20%
Tétralogie de Fallot	2	10%
CAV	2	10%
Fenêtre aorto-pulmonaire	1	5%

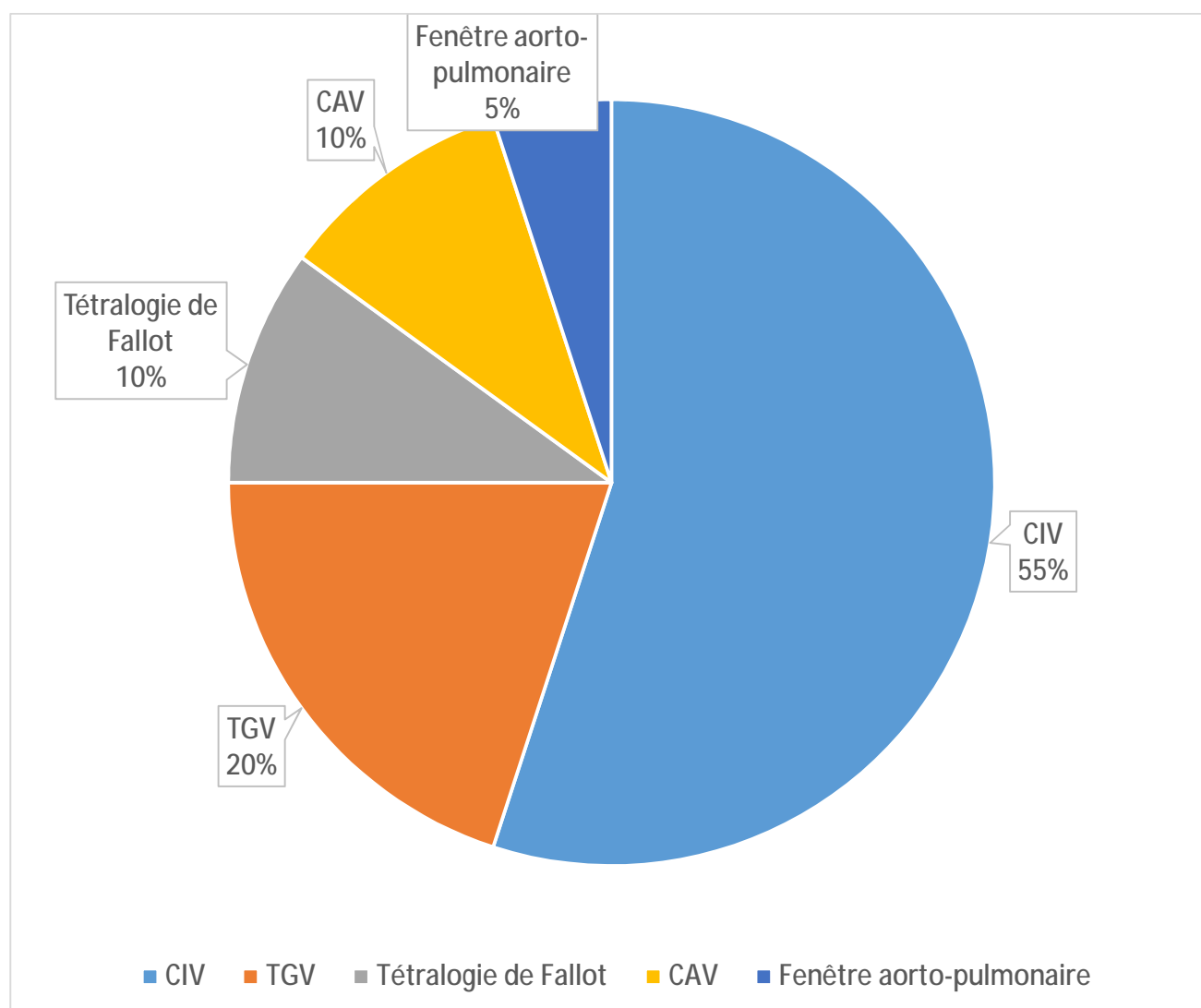


Figure No 43 : Répartition des cathétérismes diagnostiques selon la cardiopathie.

b. Indication du cathétérisme interventionnel :

Les indications les plus fréquentes pour un cathétérisme interventionnel sont : la fermeture de persistance de canal artériel avec 41% des cas, suivis par la dilatation de sténose pulmonaire avec 29% des cas.

Les indications étaient les suivantes :

Tableau No 5 : Répartition des cas selon l'indication du cathétérisme interventionnel.

Indications	Nombre de cas	Pourcentage
Fermeture de CA	24	41%
Dilatation SP	17	29%
Atrio-séptostomie de Rashkind	8	14%
Fermeture de CIA	5	8%
Dilatation de coarctation de l'aorte	3	5,1%
Dilatation de SP + fermeture de CA	1	1,7%

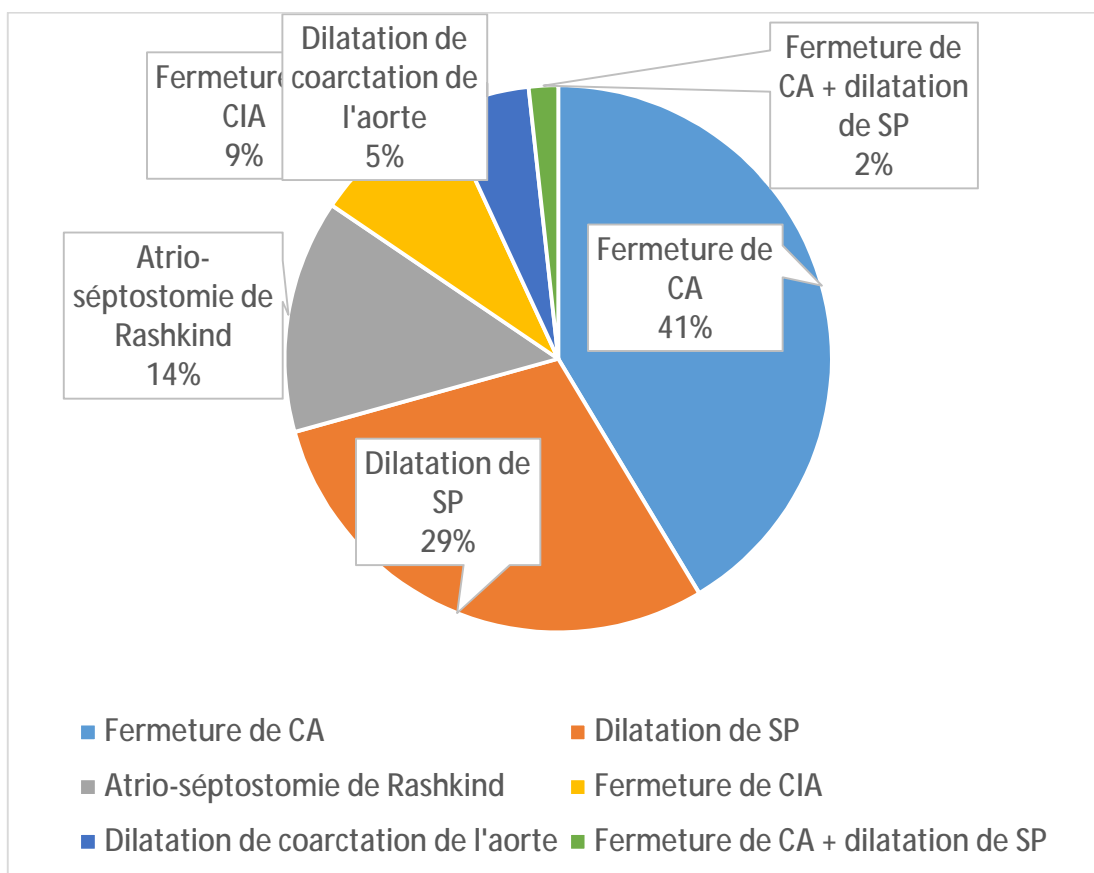


Figure No 44 : Répartition des cas selon l'indication du cathétérisme interventionnel.

2. Cathétérisme diagnostique :

2.1. Donnée clinique :

a. Antécédents médicaux :

Les ATCDs pathologiques notables retrouvés chez nos patients étaient :

- la présence de pathologies malformatives associées chez 25% des cas, la trisomie 21 étant la plus fréquente (20% des cas).

- Des infections respiratoires à répétitions Chez 25% des patients.

- les ATCDs de chirurgies cardiovasculaires : 25% des patients étaient déjà opérés pour leur cardiopathies et avait bénéficié d'un cerclage de l'AP.

Aucun ATCDs allergiques n'a été retrouvé chez nos patients.

Tableau No 6 : ATCDs pathologiques des patients ayant bénéficié d'un cathétérisme diagnostique.

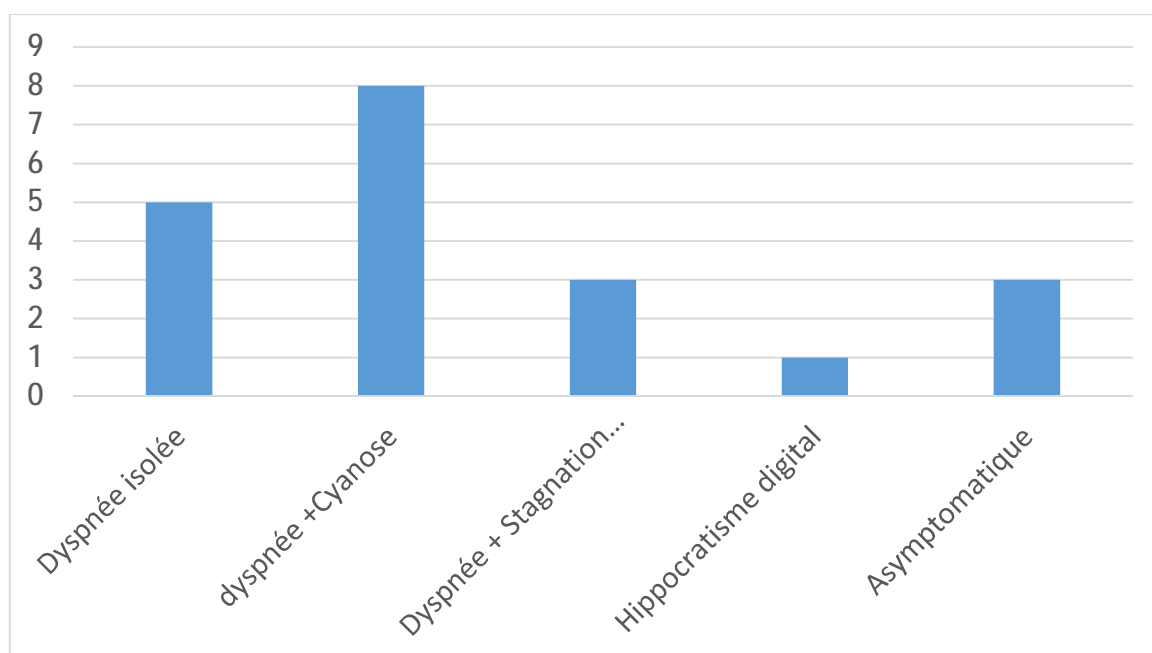
ATCDs	Nombre de cas	Pourcentage
Atcds malformatifs :		
- trisomie 21.	4	20%
- atrésie de l'œsophage.	1	5%
Atcds respiratoire :		
Infection respiratoire à répétition.	5	25%
Atcds chirurgicaux :		
Cerclage de l'AP.	5	25%

b. Signes fonctionnels :

La dyspnée était le symptôme le plus fréquent, présente chez 65% des patients, suivi par la cyanose, présente en association avec la dyspnée chez 40% des cas. La stagnation pondérale était rapportée chez 15% des cas et un hippocratisme digital chez 5% des cas. 15% des patients étaient asymptomatique.

Tableau No 7 : Signes fonctionnels des patients.

Signes fonctionnels	Nombre de cas	Pourcentage
Dyspnée isolée	5	25%
Cyanose + dyspnée	8	40%
Stagnation pondérale	3	15%
Hippocratisme digital	1	5%
Asymptomatique	3	15%

**Figure No 45 : Nombre de cas selon les signes fonctionnels présents.**

c. Signes physiques :

Examen cardio-vasculaire :

L'examen cardiovasculaire a retrouvé la présence d'un souffle à l'auscultation cardiaque chez tous nos patients, ses caractéristiques nous ont orienté vers le diagnostic.

Tableau No 8 : Résultat de l'auscultation cardiaque.

Auscultation cardiaque	Nombre de cas	Pourcentage
Souffle systolique para-sternal gauche avec irradiation en rayon de roue.	7	35%
Souffle continu au niveau des 4 foyers.	4	20%
Souffle systolique au foyer pulmonaire.	2	10%
Souffle systolique au niveau des 4 foyers.	2	10%
Souffle systolique pulmonaire+ souffle diastolique tricuspide et mitrale.	2	10%
Souffle systolique para-sternal gauche.	1	5%
Bruits du cœur perçus à droite +souffles continus au 4 foyer	2	10%

Les signes d'insuffisance cardiaque ont été retrouvés chez 4 patients (20% des cas) et sont représentés par une hépatomégalie, splénomégalie, turgescence spontanée des veines jugulaires et un reflux hépato-jugulaire.

Dans le reste de l'examen nous avons retrouvé :

-Des signes de luttés respiratoires avec une SaO₂ anormale chez 4 patients (20% des cas)

-Un retard de croissance chez 8 patients (40% des cas)

2.2. Donnée paraclinique :

Tous nos patients ont bénéficié d'une échographie cardiaque qui a permis de poser le diagnostic. Nous avons trouvé :

Tableau No 9 : Répartition des cas selon les principales anomalies échographiques retrouvés.

Anomalie échographique	Nombre de cas	Pourcentage
CIV	11	55%
TGV	4	20%
CAV	2	10%
Tétralogie de Fallot	2	10%
Fenêtre aorto-pulmonaire	1	5%

Parmi les 11 patients présentant une CIV ,8 patients ont présenté une HTAP associée, 2 avaient une CIA associée,2 avait une dilatation importante des artères pulmonaires,1 avait une hypoplasie de l'artère pulmonaire gauche, 1 avait une dilatation du VD et 1 avait une CIA et un CA associés.

Tableau No 10 : Signes échographiques associés à la présence de CIV.

Signes échographiques associés à une CIV (11 cas)	Nombre de cas
HTAP	8
CIA	2
CIA + CA	1
Dilatation de l'AP	1
Dilatation du VD	1
Hypoplasie de l'AP	1

Parmi les 4 patients qui ont présenté une TGV, 2 ont présenté une cardiopathie a type de ventricule unique dont 1 avait une dextrocardie et une sténose pulmonaire associé, les 2 autres ont présenté une HTAP associée à une atrésie tricuspide chez 1 patient.

Tableau No 11 : Signes échographiques associés à la présence de TGV.

Signes échographiques associés à une TGV (4 cas)	Nombre de cas
VU	2
HTAP	2
Dextrocardie	1
Sténose pulmonaire	1
Atrésie tricuspide	1

Parmi les 2 patients présentant une tétralogie de Fallot, 1 a présenté une forme irrégulière avec la présence de collatéral sur l'aorte horizontale.

Les 2 patients présentant une CAV avaient une HTAP associée et 1 avait une dextrocardie associée.

2.3. Diagnostic final :

Tableau No 12 : Répartition des cas selon le diagnostic final.

Diagnostic	Nombre de cas	Pourcentage
CIV :	11	55%
-CIV isolée	7	
-CIV + CIA	2	
-CIV + CIA + CA	1	
-CIV+ hypoplasie artère pulmonaire gauche	1	
TGV :	4	20%
-TGV simple	2	
-TGV + VU	1	
-TGV + VU + Dextrocardie	1	
CAV :	2	10%
-CAV simple	1	
-CAV + dextrocardie	1	
Tétralogie de Fallot :	2	10%
-Forme simple	1	
-Présence de collatérales aortiques	1	
-Fenêtre aorto-pulmonaire	1	5%

2.4. Indications du cathétérisme :

Le cathétérisme diagnostique a été réalisé chez 20 patients dans le but de :

- Réaliser une étude anatomique et de déterminer l'anatomie cardiaque là où l'échographie cardiaque a eu peu d'efficacité.
- Rechercher une HTAP afin de déterminer l'opérabilité des patients.
- Rechercher des collatérales aortiques ou pulmonaires dans les cardiopathies cyanogènes.
- Planifier la chirurgie cardiaque.

2.5. Préparation des patients :a. Bilan préopératoire :

Tous nos patients ont bénéficié d'un bilan préopératoire consistant d'un ECG, Radio thoracique bilan biologique (Bilan de crasse, Ionogramme, CRP)

Anomalie de l'ECG :

Les anomalies retrouvées dans l'ECG étaient les suivantes :

Tableau No 13 : Anomalie de l'ECG.

Anomalie	Nombre de cas	Pourcentage
HVG	2	10%
HVD	2	10%
HAD	2	10%
HAG	0	0%
BBD	0	0%
BBG	0	0%

Anomalie de la radio thoracique :

Une cardiomégalie a été retrouvée chez 6 patients (30% des cas) avec un ICT allant de 0,55 à 0,75 avec une moyenne de 0,65.

Une surcharge pulmonaire bilatérale a été retrouvée chez 8 patients (40% des cas), une surcharge unilatérale avec un poumon hypoplasique unilatéral a été retrouvée chez 1 patient (5% des cas). Une dextrocardie a été retrouvée chez 2 patients (10% des cas). Un foyer infectieux a été retrouvé chez un patient.

*Bilan biologique :*Tableau No 14 : Anomalie du bilan biologique.

	Nombre de cas	Pourcentage
Anomalie de NFS :		
-anémie	4	20%
-hyperleucocytose	2	20%
-thrombopénie		10%
TP diminué	2	10%
Anomalie de l'ionogramme :		
-hypokaliémie	1	5%
-CRP augmenté	1	5%

Une parmi les anémies retrouvées avait une Hb inférieure à 6g/dl et a nécessité une transfusion avant le geste. Les autres étaient toutes hypochromes microcytaires avec une Hb supérieure à 10g/dl, ne nécessitant pas de prise en charge particulière en préopératoire.

b. Préparation générale :

3 patients ont nécessité une préparation spécifique avant le geste :

-Un patient a nécessité une transfusion par CG avant le geste pour une anémie à 5,4 Hb/dl avec une NFS de contrôle à 13,2 Hb/dl.

-Un patient a nécessité une supplémentation potassique par voie orale.

-Un patient a reçu une antibiothérapie pour le traitement de son infection pulmonaire.

Le reste a seulement bénéficié d'une antibioprofylaxie à base d'amoxicilline protégée, et n'a pas nécessité de préparation générale particulière.

c. Anesthésie :

Tous nos patients étaient à au moins 6h de jeun avant le geste.

Tous nos cathétérismes ont été effectués chez des patients sous anesthésie générale

Nous avons préféré l'anesthésie générale chez tous nos patients en raison de la durée prolongée prévus pour les gestes.

L'anesthésie a été induite par sevoflurane 8% par inhalation, puis injection par voie veineuse de Prpofol®, Sufentanyl® et Esmeron®.

d. Préparation locale :

Tous nos patients ont bénéficié d'une préparation locale au niveau du bloc opératoire qui a consisté d'un rasage, lavage et stérilisation du site d'accès ainsi qu'une anesthésie locale par Xylocaïne 2%.

2.6. Matériel utilisé :

a. Salle de KT :

Il s'agit d'une salle commune aux angiographies et aux cathétérismes de l'adulte et l'enfant contenant :

-Une table de cathétérisme avec un système biplan et moniteurs pour visualiser les sondes.

-Un injecteur automatique de produit de contraste.

-Un matériel d'anesthésie ainsi qu'un chariot d'urgence avec défibrillateur.

-Un appareil d'échographie avec sonde d'ETT et d'ETO.



Figure No 46 : Salle de cathétérisme du CHU Hassan II.

b. Personnel du cathétérisme cardiaque pédiatrique :

Notre équipe responsable du cathétérisme cardiaque pédiatrique est composée d'un médecin cardiologue interventionniste et une équipe d'infirmières et de techniciens spécialisés ainsi que des médecins réanimateurs.



Figure No 47 : Equipe du cathétérisme cardiaque pédiatrique du CHU Hassan II

c. Matériel à utilisation unique commun à tous le cathétérisme :

Chez tous nos patients nous avons utilisé des Angiopack Kimmel®, qui consistent en des packs de matériel préparés pour les angiographies et qui contiennent :

- Des champs stériles.
- Un bâtonnet éponge pour badigeonnage.
- Plusieurs casaques chirurgicales.
- Des bassinets de tailles différentes pour rinçage des sondes.
- Des seringues et aiguilles de tailles différentes.
- Un tube collecteur.



Figure No 48 : Pack préparé pour angiographie.

La solution de rinçage utilisé a consisté de SS 5% + héparine non fractionnée et le produit de contraste utilisé était l'iopromide : Ultravist®300

d. Matériel spécifique :

Le matériel utilisé a varié selon le type de cardiopathie. Pour chaque cathétérisme nous avons utilisé :

- un ou plusieurs introducteurs pour accéder aux vaisseaux.
- un ou plusieurs guides pour guider la sonde de cathétérisme le long de son trajet.
- une ou plusieurs sondes de cathétérisme selon les cavités à explorer et les mesures hémodynamiques désirées.

Au total, pour tous nos patients nous avons utilisé :

- Introducteur : Nous avons utilisé plusieurs types d'introducteurs dont la taille a varié entre 4Fr et 8Fr, le 5Fr étant le plus fréquemment utilisé.
- Guide : Nous avons utilisé plusieurs types de guides avec un diamètre de 0,025 pouce (0,64mm), 0,032 pouce (0,81mm) et 0,035 pouce (0,89mm) avec une extrémité rectiligne ou courbée.
- Sonde : Le type de sonde utilisé était : MPA et Pigtail leur taille a varié entre 4Fr et 6Fr, la MPA 5Fr étant la plus utilisée. Nous avons aussi utilisé des sondes avec ballonnet dans leurs extrémités pour les mesures hémodynamiques plus précises et la mesure des pressions bloquées, ces sondes étaient : Balloon wedge pressure catheter® 5Fr, double wedge pressure catheter® 5Fr, Berman angiographic balloon catheter® 4Fr et 5Fr.

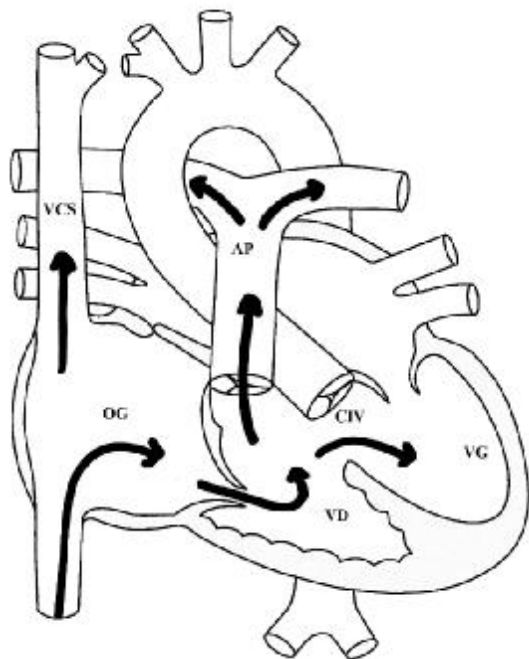
2.7. Procédure :

a. Voie d'abord :

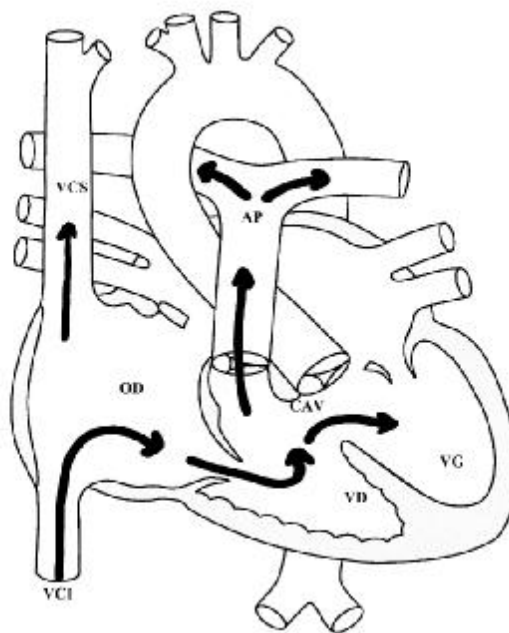
La voie veineuse fémorale droite a été utilisée chez tous nos patients, en associations à la voie artérielle fémorale droite chez un seul patient.

b. Trajet de la sonde :

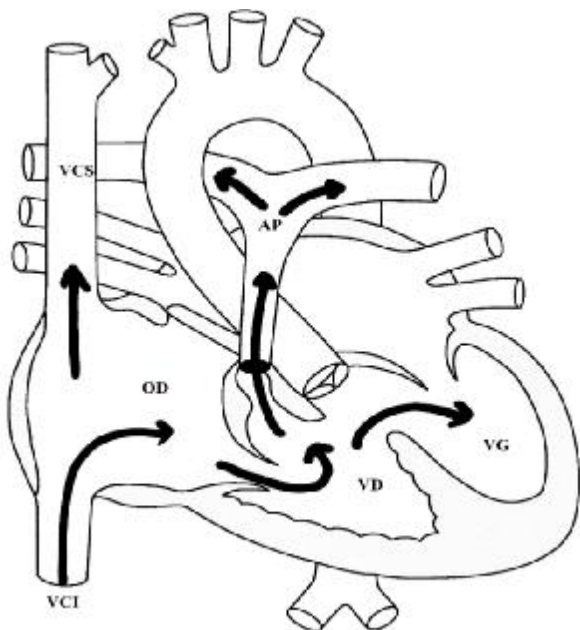
La montée de sonde s'est déroulé sans soucis chez tous nos patients et a suivis le trajet de la veine fémorale jusqu'à l'OD puis le VD et ensuite les AP chez 16 patients (80% des cas). Le passage vers le VG et l'aorte a été fait chez 15 patients (75% des cas) à travers une CIV chez 13 patients et une CAV chez 2 patients.



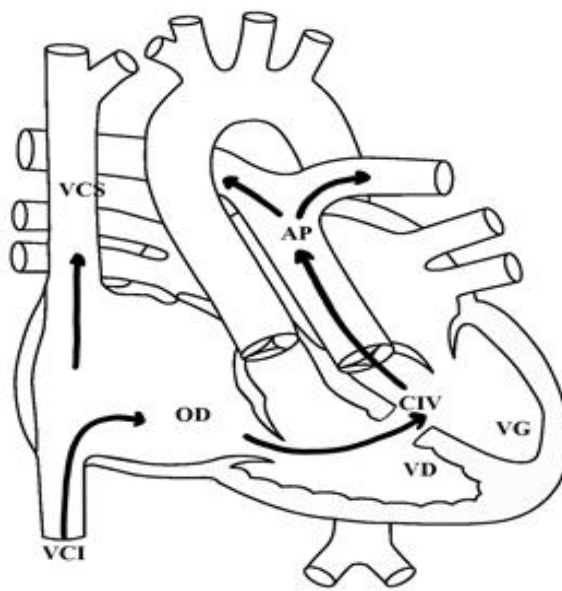
CIV



CAV



Tétralogie de Fallot



TGV

Figure No 49 : Trajet de la sonde selon les pathologies explorées.

Chez 4 patients présentant une TGV le passage vers l'AP a été fait par le VG à travers une CIV.

Chez un patient la voie artérielle a été utilisée pour accéder à l'aorte, le VG et l'OG.

Le long du trajet de la sonde nous avons pris des clichés angiographiques, des mesures de pressions et des prélèvements sanguins pour mesurer la SaO₂.

c. Etude hémodynamique et anatomique :

Chez les patients qui ont présenté une CIV (11cas) :

L'étude anatomique a permis de confirmer le diagnostic de CIV chez tous nos patients et a aussi retrouvé une dilatation importante de l'AP chez 2 patients, une agénésie de l'AP gauche chez un patient, et une fenêtre aorto-pulmonaire associée chez un patient. Nous avons aussi trouvé une anomalie de naissance des artères coronaires chez un patient qui est décédé au cours de la procédure.

L'étude hémodynamique a confirmé la présence d'une cardiopathie de shunt-gauche droit chez tous nos patients avec un rapport Qp/Qs supérieur à 1,5. Une HTAP a été retrouvée chez 8 patients, avec une PAP bloquée élevée chez un patients et un rapport Rp/Rs supérieur à 0,3 ce qui a contrindiqué la chirurgie chez ce patient.

Chez les 4 patients qui ont présenté une TGV :

L'étude anatomique a confirmé le diagnostic de TGV chez tous nos patients avec la présence d'un VU type gauche chez 2 patients, une dextrocardie chez un patient et une dilatation importante de l'AP chez un autre.

L'étude hémodynamique a confirmé la présence d'une cardiopathie de shunt gauche droit chez tous nos patients avec un rapport Qp/Qs supérieur à 1,5, une HTAP a été retrouvée chez tous nos patients avec une PAP bloquée élevée et un rapport Rp/Rs supérieur à 0,3 chez un patient ce qui a contrindiqué la chirurgie chez ce patient.

Chez les 2 patients qui ont présenté une tétralogie de Fallot :

L'étude anatomique a confirmé par injection de produit de contraste dans le VD la présence de collatérale multiple au niveau de l'aorte horizontale chez un patient, nous n'avons pas trouver d'autres anomalies anatomiques chez nos patients.

L'étude hémodynamique a confirmé la présence d'une cardiopathie shunt droit gauche avec un rapport Qp/Qs inférieur à 1 et n'a pas retrouvé d'HTAP chez nos patients.

Chez les 2 patients qui ont présenté une CAV :

L'étude anatomique a permis de confirmer le diagnostic de CAV, la dextrocardie chez un patient et n'a pas retrouvé d'autre anomalie associée.

L'étude hémodynamique a retrouvé une cardiopathie de shunt gauche droit avec un rapport Qp/Qs supérieur à 1 chez nos 2 patients, une HTAP a été retrouvée, avec une PAP bloqué augmenté chez les 2 et un rapport Rs/Rp supérieur à 0,3 ce qui a contraindiqué la chirurgie chez eux.

Chez le patient ayant présenté une fenêtre aorto-pulmonaire :

L'étude anatomique a confirmé le diagnostic et n'a pas retrouvé d'autres anomalies associées.

L'étude hémodynamique a confirmé la présence de cardiopathie de shunt gauche droit avec un rapport Qp/Qs égale à 2 et une HTAP avec une PAP bloqué normale et un rapport Rs/Rp inférieur à 0,3 ce qui a été en faveur d'une fermeture chirurgicale.

Tableau No 15 : Résultat final du cathétérisme diagnostique.

Diagnostic	Opérable		Non opérable		Décès	
	No	%	No	%	No	%
CIV	9	82%	1	9%	1	9%
TGV	3	75%	1	25%	0	0%
CAV	0	0%	2	100%	0	0%
Tétralogie de Fallot	2	100%	0	0%	0	0%
Fenêtre aorto-pulmonaire	1	100%	0	0%	0	0%
Total	15	75%	4	20%	1	5%

3.Cathétérisme interventionnel :

3.1. Données cliniques :

a.Antécédents :

Comme pour le cathétérisme diagnostique les ATCDs les plus fréquents sont les ATCDs malformatifs (23% des cas), avec une trisomie 21 présente chez 13% des cas, suivis par les infections respiratoires à répétitions chez 8,6% des cas

Tableau No 16 : ATCDs pathologiques des patients ayant bénéficiés d'un cathétérisme interventionnel.

ATCDs	Nombre de cas	Pourcentage
ATCDs malformatifs :	13	23%
-Trisomie 21	8	13%
-Atrésie de l'œsophage	1	1,7%
-Atrésie des voies biliaires	2	3,4%
- Sd de William Beuren	1	1,7%
- Sd de Di George	1	1,7%
ATCD respiratoire :	6	10,3%
-Infections respiratoires à répétition	5	8,6%
-Tbk traité	1	1,7%
ATCDs chirurgicaux :	4	5,1%
-Coarctation opérée	1	1,7%
-Cathétérisme cardiaque (1SP + 1 Coa Ao)	2	3,4%
-tétralogie de Fallot opéré	1	1,7%

A noter que 3,4% des patients avaient déjà été opérés et 3,4% des cas avaient déjà bénéficiés d'un cathétérisme pour leurs cardiopathies. Aucun ATCDs allergiques n'a été retrouvé chez nos patients.

b. Signes fonctionnels :

La dyspnée était le symptôme le plus fréquent, présent dans 58% des cas (34cas), isolé chez 41% des cas et associé à une cyanose chez 17% des cas. Nous avons retrouvé la présence d'une détresse respiratoire avec cyanose chez 13% des cas. A noter que 25% de nos patients étaient asymptomatiques et la cardiopathie n'a été retrouvée que par la découverte fortuite d'un souffle à l'auscultation cardiaque.

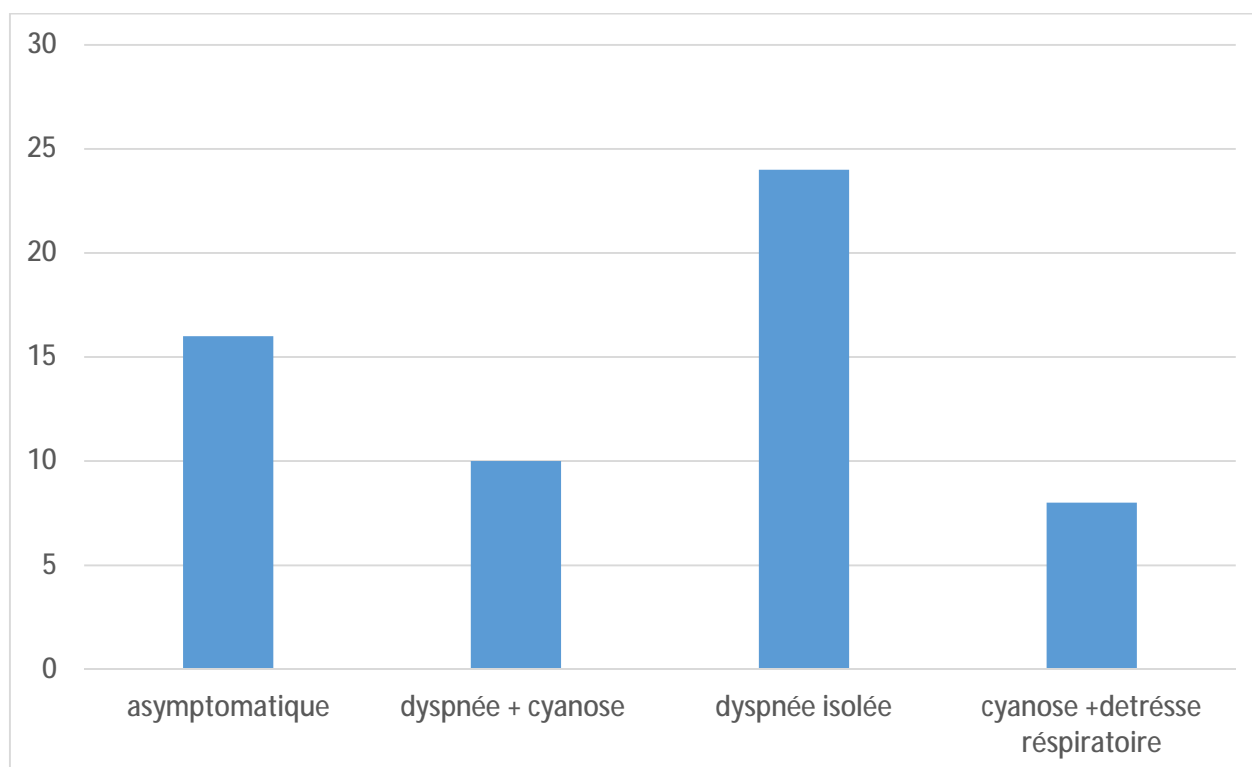


Figure No 50 : Nombre de cas selon les signes fonctionnels présents.

c. Données de l'Examen clinique :

Examen cardio-vasculaire :

L'examen cardiovasculaire a retrouvé la présence d'un souffle cardiaque chez 95% des cas ses caractéristique nous ont orienté vers le diagnostic

Tableau No 17 : Résultat de l'auscultation cardiaque.

Type de souffle	Nombre de cas	Pourcentage
-Souffle continu à renforcement systolique au niveau du foyer pulmonaire mais plus intense au niveau sous claviculaire gauche.	24	41%
-Souffle systolique au foyer pulmonaire	17	29%
-Souffle discret diffus à l'auscultation	7	13%
-Souffle continue au foyer pulmonaire avec éclat de B2	5	8,5%
-Souffle systolique para-sternal	2	3,5%
-Pas de souffle	3	5%

Les signes d'insuffisance cardiaque ont été retrouvés chez 2 patients (3,5% des cas) et sont représentés par une hépatomégalie.

On note aussi un pouls fémoral non perçus chez 1 patient (1,7% des cas).

Dans le reste de l'examen nous avons trouvé :

-Des signes de lutttes respiratoires avec une saturation capillaire en O₂ anormale chez 9 patients (15% des cas)

-Un retard de croissance chez 14 patients (24% des cas).

3.2. Données paracliniques :

Tous nos patients ont bénéficié d'une échographie cardiaque qui permis de poser le diagnostic mais a eu aussi un rôle dans l'indication du cathétérisme.

Les résultats étaient les suivants :

Tableau No 18 : Répartition des cas selon les principales anomalies échographiques

retrouvé.

Anomalies retrouvés	Nombre de cas
Communications anormales :	30
-Canal artériel perméable	24
-Canal artériel perméable + sténose pulmonaire	1
-CIA isolées	5
-CIA+SP	2
Sténose :	20
-Valve pulmonaire	16
-Coarctation aorte	3
Transpositions des gros vaisseaux	8
Totales	58

Un canal artériel perméable a été retrouvé chez 25 patient soit 41% des cas, isolés chez 9 patients, associés a des signes de retentissements chez 15 patients (dilatations des cavités (12cas), HTAP (7cas) et fuites valvulaires (1cas)) et associé à une sténose pulmonaire dans 1 cas.

Tableau No 19 : Signes échographiques associés à la présence de CA.

Signes échographiques associé à la présence de PCA	Nombre de cas
HTAP	7
Dilatation des cavités	12
Fuite valvulaire	1
SP	1

La taille des CA a varié avec un diamètre en moyenne de 4,5 mm du coté pulmonaire et de 7,1mm du coté aortique, le plus petit avait une taille de 3mm du coté pulmonaire et 4 mm du coté aortique, le plus grand avait une taille de 8 mm du coté pulmonaire et de 12 mm du coté aortique.

Une sténose pulmonaire a été retrouvé chez 18 patients, soit 31% des cas, isolée chez 7 patients, associée à une hypertrophie des cavités droites chez 10 patients, une CIA chez 2 patients, un CA chez 1 patient et à une insuffisance tricuspide chez 1 patient.

Tableau No 20 : Signes échographique associés à la présence de SP.

Signes échographique associés à la présence de SP	Nombre de cas
HTAP	7
Dilatation des cavités	10
CIA	2
CA	1
Insuffisance tricuspide	1

Le gradient max de pression VD/AP des sténoses a varié entre 65 et 140 mmHg avec une moyenne de 96 mmHg.

Tableau No 21 : Répartition des cas selon le degré de SP.

Gradient max de pression VD/AP	Nombre de cas
60 à 90mmHg sténose très serrée	9
90 à 120 mmHg sténose extrêmement serrée	5
>120mmHg sténose critique	4

Ces sténoses pulmonaires sont sévères ce qui est tout à fait normal car la dilatation de SP par cathétérisme n'est indiquée que chez les sténoses sévères [60].

Chez 8 patients nous avons retrouvé une D-transposition des gros vaisseaux, associé à une CIA restrictive d'une taille moyenne de 4 mm allant de 3 à 5mm.

Une CIA isolée : CIA OS avec de bonne berge dont la fermeture percutanée est possible a été retrouvé chez 5 patients, avec une taille allant de 15 à 20mm (15,15,16,17 et 20mm) et une moyenne de 16,5mm.

3 patients ont présenté une coarctation de l'aorte avec un gradient de pression moyen de 60mmHg, associés à une hypertrophie des cavités droites chez 2 patients.

3.3. Diagnostic final :

Tableau No 22 : Répartition des cas selon le diagnostic final.

Diagnostic final	Nombre de cas
CA	24
SP	17
Transposition des gros vaisseaux	8
CIA	5
Coarctation de l'aorte	3
CA+SP	1

3.4. Indication du cathétérisme :Tableau No 23 : Répartition des cas selon l'indication du cathétérisme.

Indication du cathétérisme	Nombre de cas
Fermeture de CA	24
Dilatation de SP	17
Atrio-séptostomie de Rashkind	8
Fermeture de CIA	5
Dilatation de coarctation de l'aorte	3
Fermeture de CA + dilatation de SP	1

3.5. Préparation des patients :a. Bilan préopératoire :

Tous nos patients ont bénéficié d'un bilan préopératoire consistant d'un ECG, Radio thoracique et bilan biologique (Bilan de crasse, Ionogramme, CRP)

Anomalie de l'ECG :

Les anomalies retrouvées à l'ECG étaient les suivantes :

Tableau No 24 : Anomalie de l'ECG.

Anomalie	Nombre de cas	Pourcentage
HVG	7	12%
HVD	10	17%
HAD	6	10%
HAG	2	3,5%
BBD	0	0%
BBG	0	0%

Anomalie de la radio thoracique :

Une cardiomégalie a été retrouvée chez 14 patients (24% des cas) avec un ICT allant de 0,56 à 0,8 avec une moyenne de 0,67. Un poumon de surcharge a été retrouvé chez 10 patients (17% des cas). Un foyer infectieux pulmonaire a été retrouvé chez un patient.

Anomalie du bilan biologique :

Les anomalies du bilan biologique retrouvées étaient les suivantes :

Tableau No 25 : Anomalie du bilan biologique.

Anomalie du bilan	Nombre de cas	Pourcentage
Anomalie de NFS :		
-anémie	5	8,6%
-hyperleucocytose	6	10%
-thrombopénie	2	3,4%
TP diminué	3	5%
CRP augmenté	1	1,7%

Les anémies retrouvées étaient toutes hypochromes microcytaires avec une Hb supérieure à 10g/dl ne nécessitant pas de prise en charge particulière avant le geste.

Aucunes anomalies de l'ionogramme et notamment de la fonction rénale n'a été retrouvées.

b.Préparation générale :

Un seul patient a nécessité une préparation spécifique qui a consisté d'un traitement de son infection pulmonaire par antibiothérapie.

Le reste a seulement bénéficié d'une antibioprophylaxie à base d'amoxicilline protégée, et n'a pas nécessité de préparation générale particulière.

c.Anesthésie :

Tous nos patients étaient à au moins 6h de jeun avant le geste.

Nous avons préféré l'anesthésie générale chez tous nos patients en raison de la durée prolongée prévus pour les gestes.

L'anesthésie a été induite par sevoflurane 8% par inhalation puis injection par voie veineuse de Prpofol®, Sufentanyl® et Esmeron®

d.Préparation locale :

Tous nos patients ont bénéficié d'une préparation locale au niveau du bloc opératoire qui a consisté d'un rasage, lavage et stérilisation du site d'accès ainsi qu'une anesthésie locale par Xylocaïne 2%.

3.6.Matériel utilisé :

a.Matériel à utilisation unique, salle et personnel de cathétérisme :

Voir chapitre cathétérisme diagnostique

b.Matériel spécifique :

Le matériel utilisé a varié selon le type de cardiopathie et l'indication du cathétérisme. Pour chaque cathétérisme nous avons utilisé :

-un ou plusieurs introducteurs pour accéder au vaisseau.

-un ou plusieurs guides pour guider la sonde de cathétérisme le long de son trajet.

-une ou plusieurs sondes de cathétérisme selon les cavités à explorer et les mesures hémodynamiques désirées et la procédure à effectuer.

-une prothèse vasculaire, ballonnet de dilatation ou stent selon l'indication du cathétérisme.

Au total, pour tous nos patients nous avons utilisé :

-Introducteurs : Nous avons utilisé plusieurs types d'introducteurs dont la taille a varié entre 4Fr et 10Fr, le 5Fr étant le plus fréquemment utilisé.

-Guides : Nous avons utilisé plusieurs types de guides avec un diamètre de 0,025 pouce (0,64mm), 0,032 pouce (0,81mm) et 0,035 pouce (0,89mm) avec une extrémité rectiligne ou courbée.

-Sondes : Le type de sonde utilisé était : MPA, Pigtail et Multitrack leurs tailles ont varié entre 3Fr et 7Fr, la MPA 5Fr étant la plus utilisée. Nous avons aussi utilisé chez 6 patients des sondes avec ballonnet dans leurs extrémités pour les mesures

hémodynamiques plus précises et la mesure de pression bloquée, ces sondes étaient : balloon wedge pressure KT 4Fr et Berman angiographic balloon KT 6Fr.

-Prothèses : Nous avons utilisé 3 types de prothèse :

• Amplatzer Duct Occluder® pour les CA avec une taille allant de 4/5mm à 10/12mm variant selon la taille du CA.



Figure No 51: Amplatzer Duct Occluder®.

Tableau No 26 : Répartition des Amplatzer Duct Occluder® selon leurs tailles.

Prothèse utilisé	Nombre de cas
Amplatzer Duct Occluder® 4/5mm	4
Amplatzer Duct Occluder® 4/6mm	2
Amplatzer Duct Occluder® 6/8mm	9
Amplatzer Duct Occluder® 8/10mm	6
Amplatzer Duct Occluder® 10/12mm	2
Totale	25

ÿ Amplatzer Septal Occluder® pour les CIA chez 5 patients avec des tailles de 20, 22, 24, 26 et 36mm, variant selon la taille de la CIA.



Figure No 52: Amplatzer septal Occluder®.

ÿ Covered Cp Stent® de 2,8mm de diamètre chez 2 patients pour coarctation de l'aorte.



Figure No 53: Covered Cp Stent®.

-Ballonnet : Les ballonnets Tyshack® et NuCLEUS® ont été utilisés pour la dilatation des SP et les ballonnet Z-Med® pour les coarctations de l'aorte, la taille de ces ballonnets a varié en fonction du diamètre de l'anneau valvulaire et du diamètre de la coarctation. Les sondes d'atrio-septostomie de Rashkind ont été utilisées chez 8 patients,



Tyshack®



NuCLEUS®



Z-Med®



Sonde d'atrio-séptostomie

Figure No 54 : les différents ballonnets utilisés.

Tableau No 27 : Ballonnets utilisés pour le cathétérisme interventionnel.

Taille des Ballonnets		Nombre de cas
Diamètre	Longueur	
8mm	3cm	1
9mm	3cm	2
12mm	2cm	1
14mm	3cm	4
14mm	4cm	1
16mm	3cm	1
16mm	4cm	4
18mm	3cm	1
18mm	4cm	1
20mm	3cm	1
20mm	4cm	1
20mm	5cm	1
23mm	4cm	1
Ballonet Z-Med®:		3
10mm	3cm	1
12mm	3cm	1
14mm	3cm	1
Sonde d'atrio-séptostomie de Rashkind :		8
6Fr	-	7
5Fr	-	1

3.7. Procédure :

a. Voie d'abord :

Nous avons utilisé 3 voies d'accès chez nos patients : VFD, AFD et VO.

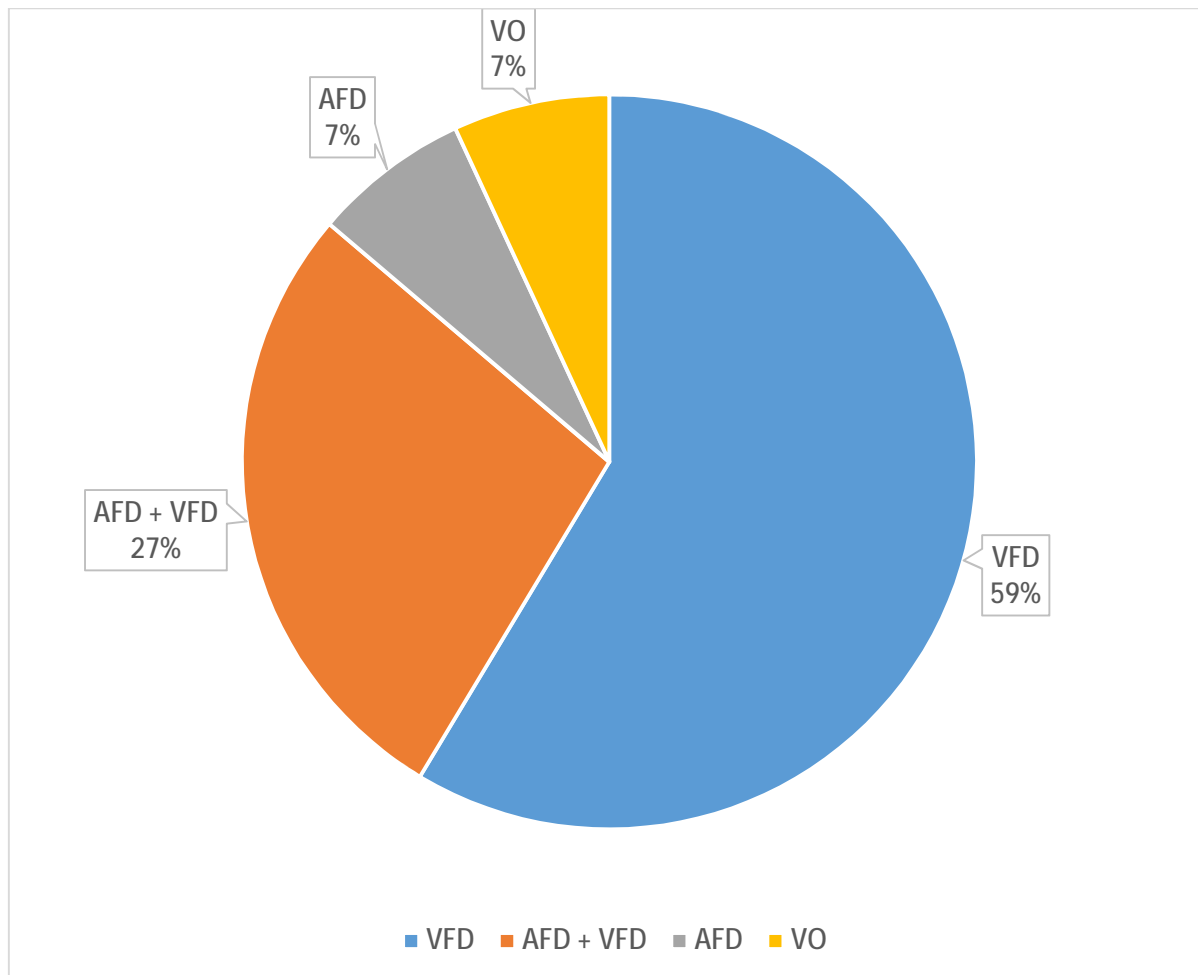


Figure No55 : Répartition des cas selon la voie d'accès vasculaire.

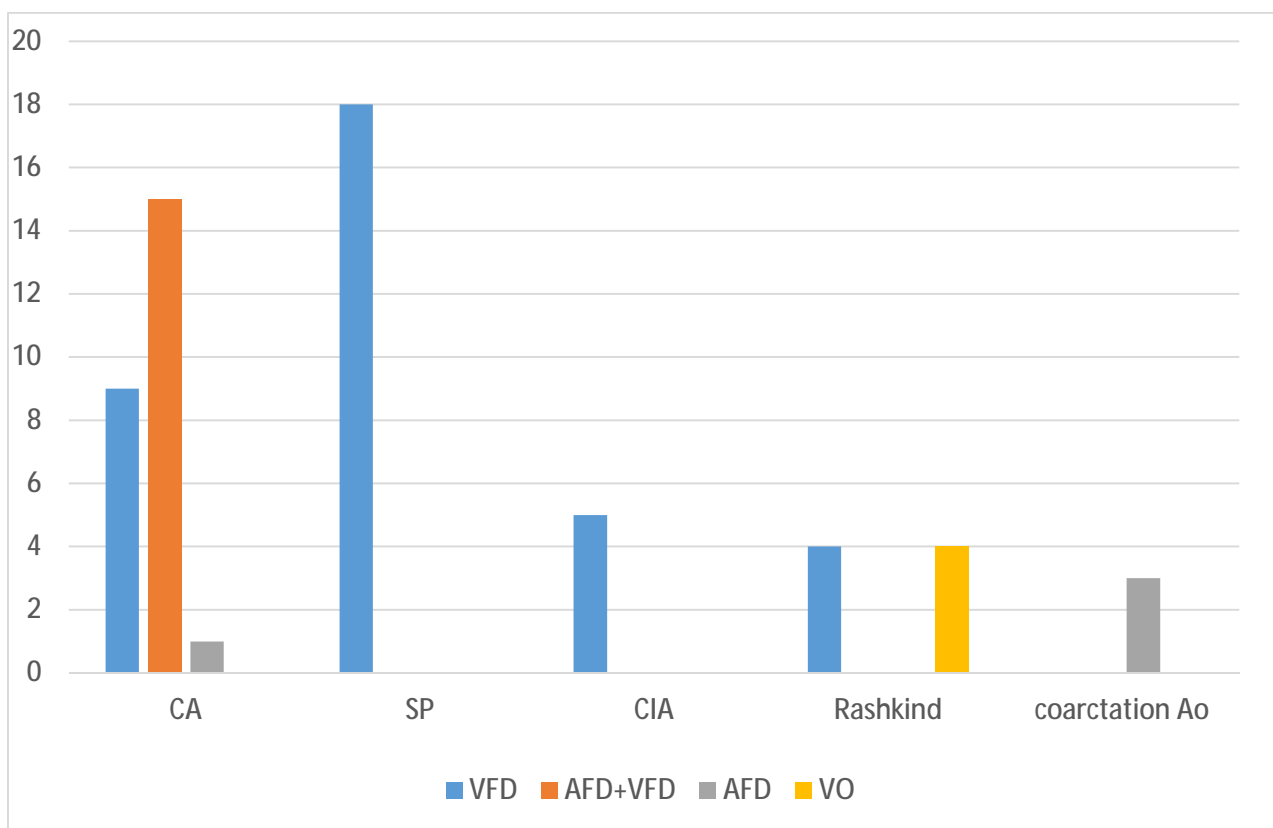


Figure No 56 : Voie d'accès vasculaire selon l'indication du cathétérisme.

b. Trajet de la sonde :

La montée de sonde s'est déroulée sans problème chez tous nos patients. Le trajet a varié selon la voie d'accès et l'indication du cathétérisme. Les pressions ont été mesurées le long du trajet de la sonde pour l'étude hémodynamique.

Chez les patients ayant présenté un CA (25 cas) :

La montée de sonde a suivi le trajet de la VFD jusqu'à la VCI puis OD et VD puis les AP et l'aorte à travers le CA. A noter que nous n'avons pas franchir le CA chez 2 patients.

Chez 13 patients nous avons utilisé l'AFD pour pouvoir accéder à l'aorte et franchir le CA du côté artériel.

Chez les patients ayant présenté une SP (17cas) :

Nous avons seulement cathétérisé les cavités droites, la sonde est montée à travers la VFD jusqu'à la VCI puis l'OD, le VD et enfin les AP.

Chez les patients ayant présenté une TGV (8cas) :

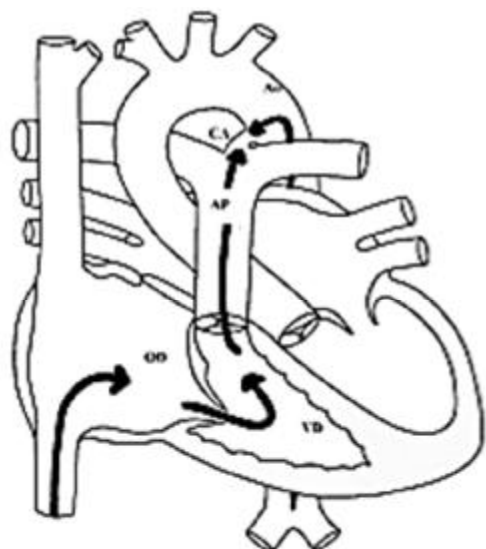
La sonde est montée à travers la VFD jusqu'à la VCI chez 4 patients et à travers la VO, puis la veine porte et jusqu'à la VCI chez 4 patients, puis la sonde a traversé l'OD et est arrivé à l'OG à travers le foramen ovale.

Chez les patients porteurs de CIA (5 cas) :

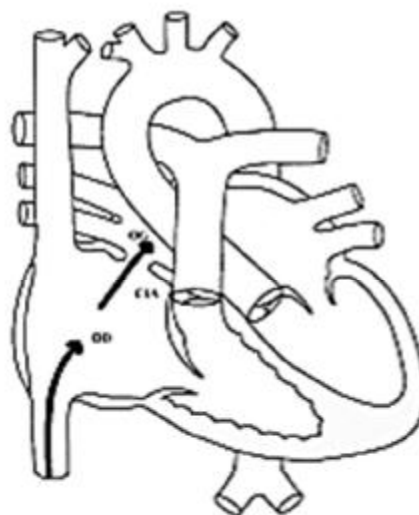
La sonde est montée par la VFD jusqu'à la VCI puis l'OD puis a traversé la CIA jusqu'à l'OG.

Chez les patients porteurs de coarctation de l'aorte (2 cas) :

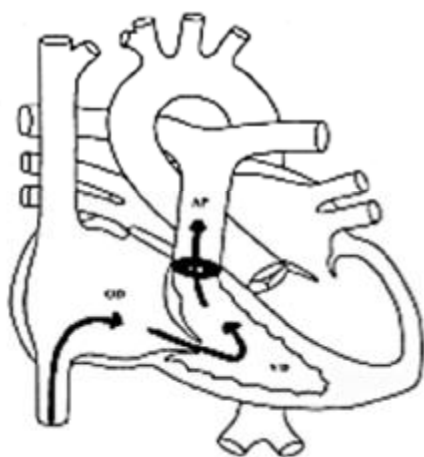
La sonde est montée par voie artérielle à travers l'AFD jusqu'au niveau de la coarctation l'aorte.



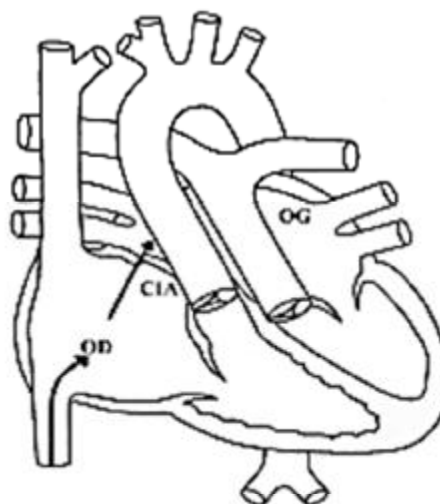
Fermeture de CA



Fermeture de CIA



Dilatation de SP



Atrio-séptostomie de Rashkind



Dilatation de coarctation de l'aorte

Figure No 57 : Trajet de la sonde selon le type de cathétérisme interventionnel.

c. Etude anatomique et hémodynamique :

Chez les patients porteurs d'un CA (25 cas) :

L'étude hémodynamique a confirmé la présence d'HTAP chez 5 patients avec une pression élevée au niveau du VD chez 2 patients.

La montée de sondes Pigtail par voie artérielle a permis de réaliser des aortographies de profil (ou en OAG) qui ont permis de visualiser les CA, ainsi que déterminer leurs positions et leurs tailles, qui a été en moyenne de 4,5mm du côté pulmonaire et de 6,3mm du côté aortique.

Tableau No 28 : Répartition des CA selon leurs tailles en angiographie.

Taille du CA	Petite taille ≤ 2mm	Taille moyenne >2mm et ≤5mm	Grande taille >5mm
Nombre de cas	4	13	9

Les types de CA selon la classification de Krichenko [61] que nous avons trouvé étaient les suivants :

Tableau No 29 : Répartition des CA selon leurs types en angiographie.

Type de CA	Nombre de cas
A conique	13
B fenêtre	2
C tubulé	4
D complexe	2
E allongé	3

Nous n'avons pas trouvé de malformation associée chez tous les patients porteurs de CA.

Les caractéristiques angiographiques des CA retrouvés étaient les suivantes :

Tableau No30 : Caractéristiques angiographiques des CA retrouvés

Cas	Taille	Type	Prothèse utilisée
1	6mm	A	8/10
2	4mm	C	6/8
3	2mm	A	Non fermé
4	5,5mm	A	8/10
5	2,5mm	C	4/5
6	2,7mm	C	Echec de fermeture
7	2mm	A	Non fermé
8	9mm	A	10/12
9	3,5mm	D	6/8
10	4mm	A	6/8
11	4,5mm	A	6/8
12	4mm	A	6/8
13	2mm	A	Non fermé
14	6mm	E	8/10
15	7,2mm	A	6/8
16	5mm	A	4/5
17	4mm	B	4/6
18	7,6mm	E	10/12
19	3,5mm	A	6/8
20	4,2mm	E	6/8
21	4mm	A	4/5
22	5,7mm	D	8/10
23	5,5mm	B	8/10
24	2mm	A	4/5
25	6mm	C	8/10

Chez les patients porteurs de SP (18 cas) :

L'étude hémodynamique a objectivé une pression élevée au niveau du VD chez tous nos patients avec une maxima variant entre 55 à 150mmHg et une moyenne de 92mmHg et minima variant entre 0 à 30mmHg avec une moyenne de 7mmHg.

Le gradient de pression max VD/AP a varié entre 60 et 130mmHg avec une moyenne de 92mmHg.

Tableau No 31 : Répartition des SP selon le gradient de pression VD/AP.

Gradient max de pression VD/AP	Nombre de cas
60 à 90mmHg sténose très serrée	9
90 à 120 mmHg sténose extrêmement serrée	4
>120mmHg sténose critique	5

L'étude anatomique a permis de visualiser la sténose en angiographie, ainsi que mesurer la taille des anneaux pulmonaires qui a varié entre 8 et 20mm avec une moyenne de 13,5mm.

Chez les patients porteurs de coarctation de l'aorte :

L'étude hémodynamique a objectivé des gradients de pression à travers la coarctation de 22, 30 et 35 mmHg.

L'étude anatomique a objectivé une dilatation de la sous Clavière ainsi que la partie proximale de l'aorte descendant avec une aorte horizontale de 8,10 et 12mm de diamètre. La zone isthmique avait un diamètre de 5, 6 et 7mm.

Tableau No 32 : Caractéristiques des coarctations de l'aorte.

Cas	Gradient de pression	Diamètre de la zone isthmique	Diamètre de de l'aorte horizontale
1	22mmHg	8mm	5mm
2	30mmHg	12mm	7mm
3	35mmHg	10mm	6mm

Chez les patients porteurs de CIA (5cas) :

L'étude anatomique avec des clichés angiographiques en OAG 30° a permis de visualiser les CIA et n'a pas objectivé d'autres malformations associées chez les 5 patients.

Chez les patients ayant bénéficiés d'un Rashkind (8cas) :

L'étude anatomique a permis de confirmer le diagnostic de TGV et le caractère restrictif des CIA présentes.

d.Procédure interventionnelle :*Fermeture de CA :*

La fermeture des CA a été effectuée sans soucis chez 18 patients et s'est déroulé comme suivant : La sonde est montée par voie veineuse jusqu'au niveau de l'AP, puis elle traverse le CA jusqu'au niveau de l'aorte ascendante, la sonde est remplacée par un guide d'échange à travers du quelle nous allons monter une gaine longue. Le guide est ensuite retiré et la prothèse qui a été fixé dans son système de livraison est monté à travers la gaine jusqu'à l'aorte ascendante. Le disque de la prothèse est ouvert et ensuite tiré à travers le CA jusqu'à son ampoule. Sa bonne position est vérifiée par angiographie : pas de shunt résiduel, pas d'obstruction de l'AP ou l'aorte ascendante, avant d'être largué. Une aortographie de contrôle est réalisée 5 à 10 min après.

3 patients ont présenté un shunt résiduel au contrôle angiographie, 1 patients a nécessité le redéploiement de la prothèse à cause de son instabilité (CA tubulé et long 7mm). Chez 3 patients les CA n'ont pas été fermés à cause de la trop petite taille du CA et de la normalité de l'hémodynamie. Chez un seul patient le CA n'a pas pu être fermé pour des raisons techniques.

Tableau No 33 : Résultat de la fermeture des CA.

	Nombre de cas	Pourcentage
Fermeture avec succès du CA	18	72%
Fermeture avec succès du CA mais présence d'un shunt résiduel	3	12%
Décision de ne pas fermer le CA	3	12%
Echec de fermeture de CA	1	4%

On note aussi la diminution de la pression pulmonaire chez les patients porteurs d'HTAP et sa disparition chez tous nos patients avec une diminution de la PAP max de 30mmHg en moyenne.

Dilatation de SP :

La dilatation de SP s'est déroulée comme suivant : le ballonnet de dilatation a été introduit par voie veineuse et monté par voie rétrograde jusqu'au niveau du VD puis le ballonnet est placé au niveau de la valve pulmonaire, sa position est vérifiée par fluoroscopie, le ballonnet est gonflé 2 à 4 fois (par le produit de contraste) sous contrôle angiographique pour assurer une dilatation de la valve pulmonaire. Ensuite les pressions sont mesurées au niveau du VD et l'artère pulmonaire pour vérifier la diminution du gradient de pression.

La dilatation de sténose pulmonaire s'est déroulée avec succès chez 11 patients (gradient résiduel inférieur à 35mmHg), avec succès partiel chez 4 patients (gradient résiduel entre 35 et 60 mmHg) s'est soldée par un échec chez 3 patients (gradient résiduel supérieur à 60mmHg).

Tableau No 34 : Résultat des dilatations de SP.

	Nombre de cas	Pourcentage
Succès	11	61%
Succès partiel	4	22%
Echec	3	17%

Atrio-séptostomie de Rashkind :

L'atrio-séptostomie de Rashkind a été effectuée chez tous nos patients (8cas) avec succès et a permis de créer des CIA non restrictives de 7 à 9mm de diamètre, on note aussi une amélioration de la SaO₂ de 28% en moyenne.

Fermeture de CIA :

La fermeture de CIA a été effectuée avec succès chez tous nos patients (5cas), sans difficultés notables et s'est déroulé comme suivant : La prothèse est placée dans sa gaine de délivrance et montée par voie antérograde jusqu' au travers de la CIA au niveau de l'OG sous contrôle fluoroscopique. L'un des deux disques de rétention de la prothèse est ensuite déployé puis retiré en arrière pour venir buter contre le septum inter auriculaire. Une fois ce disque bien positionné le reste de la prothèse est expandu à travers la CIA. Une angiographie de profil de contrôle ainsi qu'une manœuvre de vas et viens est réalisée pour vérifier le bon positionnement de la prothèse et l'absence de shunt résiduel trop important. Puis la prothèse est larguée, le bon positionnement de la prothèse a aussi été vérifié par, ETT et ETO.

Dilatation de coarctation de l'aorte :

La dilatation de la coarctation de l'aorte a été effectuée avec succès chez tous nos patients (3cas), sans difficultés notables, un stent a été mis en place avec succès chez 2 patients, le stent est monté manuellement sur le ballonnet de dilatation et il est introduit et monté par voie artérielle jusqu'au niveau de la coarctation ou le ballonnet est dilaté de 2 à 3 reprises et le stent est mise en place sous contrôle angiographique. Le dernier patient a seulement bénéficié d'une dilatation par ballonnet. Le gradient résiduel était non significatif chez 2 patients (inferieur a 10mmHg) et entre 20-30mmHg chez le dernier.

Tableau No 35 : Résultat du cathétérisme interventionnel.

Procédure	Succès		Succès partiel		Echec	
	No	%	No	%	No	%
Fermeture de CA	22	84%	3	12%	1	4%
Dilatation de SP	11	61%	4	22%	3	17%
Rashkind	8	100%	0	0%	0	0%
Fermeture de CIA	5	100%	0	0%	0	0%
Dilatation de COA de l'Ao	3	100%	0	0%	0	0%
Total	49	84,5%	7	12%	4	3,5%

4. Complications :

4.1. Au cours de la procédure

Les complications au cours de la procédure étaient relativement rares, présentes seulement chez 5 patients (6,4% des cas), elles ont consisté en :

- deux cas de saignement important du site de ponction ayant nécessité une transfusion de PFC et culot globulaire.

- deux épisodes de bradycardie extrême ayant nécessité l'administration et d'adrénaline et un MCE, sans séquelles.

- Un décès suite un arrêt cardiaque par fibrillation ventriculaire au cours de la procédure.

4.2. Après la procédure :

Cinq patients (6,4% des cas) ont présenté une complication après la procédure :

- deux cas de thrombophlébite du membre inférieur au niveau du site de ponction, traité par anticoagulant sans séquelles notables.

- un cas d'infection post-opératoire, traité par antibiothérapie avec bonne évolution.

- Une réaction allergique au produit de contraste faite d'une éruption cutanée et qui a disparu après administration de corticoïde.

-un décès suite à un arrêt cardiorespiratoire en postopératoire.

Nous avons donc constaté un taux de complications totale de 12,8% avec des complications variant de la simple infection post opératoire jusqu'au décès par arrêt cardiorespiratoire. A noter que la plupart de ces complications ont été traitées sans séquelles notables.

Tableau No 36 : Complications du cathétérisme cardiaque pédiatrique

Complications	Nombre de cas	Pourcentage
Episode de bradycardie extrême	2	2,5%
Saignement du site de ponction	2	2,5%
Thrombophlébite du membre inferieur	2	2,5%
Infection post-opératoire	1	1,25%
Réaction allergique	1	1,25%
Décès	2	2,5%
Total	10	12,8%

4.3. Complication selon le type de cathétérisme :

La procédure ayant le taux de complications le plus élevé était l'atrio-séptostomie de Rashkind avec des complications chez 25% des cas, suivis par la dilatation de la sténose pulmonaire avec 21% et le cathétérisme diagnostique avec 10%. A noter que les fermetures de CIA et les dilatations de coarctations aortiques n'ont pas présenté de complications.

Tableau No 37 : Nombre de complications selon le type de cathétérisme.

	Fermeture de CA	Dilatation de SP	Fermeture de CIA	Rashkind	Dilatation de COA de l'Aon	KT diagnostique
Episode de bradycardie extrême	1	1	0	0	0	0
Saignement du site de ponction	0	2	0	0	0	0
Thrombophlébite du membre inferieur	0	1	0	1	0	0
Infection post-opératoire	1	0	0	0	0	0
Réaction allergique	0	0	0	0	0	1
Décès	0	0	0	1	0	1
Total	2	4	0	2	0	2
% des complications par rapport au type de procédure	8%	21%	0%	25%	0%	10%

4.4. Complication selon l'âge :

Dans notre étude nous avons aussi constaté une fréquence plus élevée des complications chez les enfants d'âge plus jeune, toutes les complications sont apparues chez les enfants de moins de 6 ans.

Tableau No 38 : Répartitions des complications selon l'âge.

	De 0 à 1 mois	De 1 mois a 2 ans	De 2 à 6 ans	Plus de 6 ans
Episode de bradycardie extrême	0	1	1	0
Saignement du site de ponction	0	1	1	0
Thrombophlébite du membre inferieur	1	1	0	0
Infection post-opératoire	0	0	1	0
Réaction allergique	0	0	1	0
Décès	1	1	0	0
Total	2	4	4	0
% des complications	2,5%	5,1%	5,1%	0%

5. Difficultés et risques :

Le risque d'irradiation est non négligeable pour nos patients, étant donné la plus grande sensibilité des enfants aux irradiations et leurs plus grandes espérances de vie, il peut être responsable de l'apparition de cancers et notamment de leucémie chez eux à un âge plus avancé.

Ce risque est aussi présent pour le personnel médical, ce qui nécessite la prise de précaution (tablier en plomb, diminuer la durée du geste autant que possible...). Ce risque n'a néanmoins pas été évalué dans notre étude étant donné la durée de recul beaucoup plus importante nécessaire.

La pratique du cathétérisme cardiaque pédiatrique est relativement récente au CHU Hassan II, par conséquent la salle utilisée n'est pas bien adaptée à l'enfant. Elle est aussi située à distance du service de pédiatrie : au niveau du service de radiologie, ce qui rend la prise en charge en cas d'urgence encore plus difficile.

6. Evolution des patients :

Le recul moyen chez nos patients était de 1 an et 41 jours.

Les patients ayant bénéficié d'un cathétérisme diagnostique favorable à la chirurgie (15 patients) ont été référés vers le service de chirurgie cardiovasculaire, 10 d'entre eux ont été opérés avec succès et 5 sont programmés pour chirurgie.

Les 4 patients chez qui le cathétérisme a contraindiqué la chirurgie sont sous traitement médical et suivis dans notre formation.

Tableau No 39 : Devenir des patients ayant bénéficié d'un cathétérisme diagnostique.

	Patients opérés	Patients programmés pour la chirurgie	Patients sous traitement médical	Patient décédé
Nombre de cas	10	5	4	1
Pourcentage	50%	25%	20%	5%

Le suivi de nos patients après le cathétérisme interventionnel a été fait soit dans notre formation pour la plupart des malades, certains patients ont été adressés vers la chirurgie cardio-vasculaire pour complément de prise en charge.

Le suivi a été simple chez 46 patients (24 CA, 13SP, 5CIA et 3coarcation de l'aorte et un CA+SP), nous avons constaté une nette amélioration des signes cliniques, une radio thoracique de contrôle a été réalisée chez les patients chez qui une prothèse a été mise en place. Une échographie de contrôle a été effectuée chez tous nos patients.

Un deuxième cathétérisme est prévu chez 2 patients présentant une SP, une cure chirurgicale a été effectuée chez 2 autres patients avec SP (une avec succès, l'autre a échoué, le patient est décédé durant l'intervention).

Chez les patients ayant bénéficié d'un Rashkind : 4 ont été opérés avec succès, 3 sont programmés pour chirurgie et le dernier est décédé en post-opératoire du cathétérisme.

Tableau No 40 : Devenir des patients ayant bénéficié d'un cathétérisme interventionnel.

	Suites simples	2eme cathétérisme prévus	Chirurgie prévus	Opéré avec succès	Décès
Nombre de cas	46	2	4	5	2
Pourcentage	77%	3,4%	6,8%	8,6%	3,4%

Tableau No 41 : Devenir des patients ayant bénéficié d'un cathétérisme cardiaque

	Fermeture de CA	Dilatation de SP	Fermeture de CIA	Rashkind	Dilatation de Coa de l'Ao	KT Dc	Total	%
Suites simples	25	13	5	0	3	0	6	68%
Opéré avec succès	0	1	0	4	0	10	5	9,2%
2ème cathétérisme prévus	0	2	0	0	0	0	2	2,5%
Echec chirurgical : décès	0	1	0	0	0	0	1	1,28%
Programmé pour chirurgie	0	0	0	3	0	5	8	10,2%
Traitement médical seul : (Contre-indication à la chirurgie)	0	0	0	0	0	4	4	5,1%
Décès après le cathétérisme	0	0	0	1	0	1	2	2,5%

7.Perspectives d'avenir :

Le cathétérisme cardiaque est une activité récente en cardiologie pédiatrique. Elle présente de belles perspectives d'avenir comme alternative à la chirurgie cardiaque. Elle reste néanmoins de pratique peu courante au Maroc, surtout concernant le cathétérisme interventionnel.

Dans notre formation nous prévoyons d'augmenter le nombre de fermetures de CIA et de dilatation de coarctation de l'aorte avec mise en place d'un stent. Nous envisageons aussi de réaliser des fermetures percutanées de CIV, des implantations de prothèses valvulaires pulmonaires et des cartographies des artères pulmonaires dans les APSO.

DISCUSSION

I. Données épidémiologiques et étiologiques :

1. Répartition selon le sexe :

Dans notre série nous avons constaté une légère prédominance féminine, 53% des patients étant de sexe féminin avec un sexe ratio de 0,9, dans une autre étude réalisée en Egypte en 2017, à propos de 1887 patients l'inverse a été constaté, 53% des patients étant de sexe masculin avec un sexe ratio de 1,12 [62].

2. Répartition selon l'âge :

Dans notre étude nous avons réalisé un cathétérisme chez des patients âgés de moins de 2 ans dans 30% des cas, âgés entre 2 et 6 ans dans 33% des cas et chez des patients âgés de plus de 6 ans dans 37% des cas. En comparaisons dans l'étude égyptienne, 42% des patients étaient âgés de moins de 2ans, 35% des patients étaient âgés entre 2 et 6ans et 22% des patients étaient âgés de plus de 6ans [62].

Nous constatons donc une réalisation de cathétérisme cardiaque à un âge plus jeune dans l'étude égyptienne par rapport à notre étude.

Tableau No 42 : Comparaison de la répartition des patients selon l'âge.

Age	Notre étude		Etude égyptienne	
	No	%	No	%
0 à 2 ans	23 cas	30%	795 cas	42%
2 à 6 ans	25 cas	33%	676 cas	35%
Plus de 6 ans	29 cas	37%	416 cas	22%

3. Répartition selon l'indication :

Dans notre série 74% des cathétérismes étaient interventionnels et 26% étaient diagnostiques, dans l'étude égyptienne 55% des cathétérismes étaient interventionnels et 45% étaient diagnostique [62].

Nous avons retrouvé donc une prédominance plus importante des cathétérismes interventionnels dans notre série par rapport à l'étude égyptienne.

Tableau No 43 : Comparaison de la répartition selon le type de cathétérisme.

	Notre étude		Etude égyptienne	
	No	%	No	%
Cathétérisme diagnostique	20 cas	26%	837 cas	45%
Cathétérisme interventionnel	58 cas	74%	1080 cas	55%

Comme dans notre étude tous les cathétérismes ont été réalisés sous anesthésie générale dans l'étude égyptienne.

II. Cathétérisme interventionnel :

L'indication de cathétérisme interventionnel la plus fréquente dans notre série était la fermeture de canal artériel par prothèse, avec 41% des cas, en comparaison dans l'étude égyptienne l'indication la plus fréquente était la dilatation de SP par ballonnet, avec 32,3% des cas [62].

Tableau No 44 : Comparaison de la répartition selon l'indication du cathétérisme interventionnel.

	Notre étude	Etude égyptienne
Dilatation de SP par ballonnet	29%	32,8%
Fermeture de CA par prothèse	41%	19,3%
Fermeture de CIV	0%	18,5%
Fermeture de CIA	8%	8,7%
Atrio-septostomie de Rashkind	14%	0%
Dilatation de coarctation de l'aorte	5,1	3,3%
Mise en place d'un Pacemaker	0%	11,7%
Perforation de SP par radiofréquence	0%	3,4%
Stent de CIA	0%	2%

Nous constatons des indications plus variées dans l'étude égyptienne par rapport à notre étude, étant donnée leur nombre de patients plus important. Dans notre série nous n'avons pas effectué de fermeture de CIV, de mise en place de pacemaker par cathétérisme ni de perforation de SP par radiofréquence. On note aussi qu'ils ont opté pour la mise en place d'un stent de CIA au lieu de la manœuvre de Rashkind.

Notre taux de succès (partiel ou total) était de 96,5%, les dilatations de SP ayant le taux de succès le plus faible (84% des cas). Les Rashkind, fermeture de CIA et dilatation de coarctation de l'aorte ayant un taux de succès à 100%.

Dans l'étude égyptienne le taux de succès total était de 94% avec le succès le plus important pour la dilatation de la SP à 97% et le plus faible pour dilatation de coarctation à 89%.

Tableau No 45 : Comparaison du taux de réussite selon le type de procédure interventionnel.

Procédure	Taux de réussite dans notre étude	Taux de réussite dans l'étude égyptienne
Fermeture de CA	96%	95,3%
Dilatation de SP	84%	97%
Rashkind	100%	-
Fermeture de CIA	100%	94,8%
Dilatation de coarctation de l'aorte	100%	89%
Total	96,5%	94%

III. Cathétérisme diagnostique :

Dans notre série la CIV était la pathologie la plus cathétérisée avec 55% des cathétérismes diagnostiques, suivis par la TGV et la fenêtre aorto-pulmonaire étant la plus rare, avec 5% des cas. En comparaisons dans l'étude égyptienne, la CIV était elle aussi la pathologie la plus catheterisée dans un but diagnostique avec 36% des cas, suivi par la tétralogie de Fallot avec 26% des cas, la TGV avec 21% des cas et enfin le VDDI avec 15% des cas [62].

Dans une autre étude réalisée en inde en 2014 à propos de 300 cathétérismes diagnostiques, la pathologie la plus cathétérisée était la tétralogie de Fallot avec 44% des cas, suivis des CIV avec 14,3% des cas, des VDDI avec 6,3% des cas, des CIA avec 5% des cas et des fenêtres aorto-pulmonaire et coarctation de l'aorte avec 3,3% des cas chacun. A noter que dans cette étude que 7,6% des cathétérismes étaient réalisés dans un but de contrôle chirurgical (chirurgie de Glenn ou cerclage AP) [63].

Tableau No 46 : Comparaison des types de cardiopathies ayant bénéficiés de cathétérisme diagnostique.

Pathologie	Notre série	Etude égyptienne	Etude indienne
CIV	55%	26%	14,3%
TGV	20%	21%	1,3%
Tétralogie de Fallot	10%	26%	44%
VDDI	-	15%	6,3%
CAV	10%	-	0,3%
Coarctation aorte	-	-	3,3%
Fenêtre aorto-pulmonaire	5%	-	3,3%
CIA	-	-	5%
CA	-	-	3,6%
Contrôle chirurgicale	-	-	7,6%
Autres cardiopathies	-	12%	11%

Dans notre étude le cathétérisme diagnostique était favorable à la chirurgie chez 91% de nos patients porteurs de CIV, en comparaison dans l'étude indienne le cathétérisme était favorable à la chirurgie chez seulement 53% des patients.

Notre étude et l'étude indienne ont trouvé exactement le même résultat pour les patients porteurs de TGV, avec 3 patients opérables et 1 patient non opérable.

Comme dans notre étude les patients porteurs de CAV n'étaient pas opérables dans l'étude indienne.

Nous avons découvert la présence de collatérales chez la moitié de nos patients porteurs de tétralogie de Fallot, ce qui se rapproche du résultat de l'étude indienne qui a trouvé des collatérales chez 42% des patients.

Notre patient porteur de fenêtre aorto-pulmonaire était opérable en comparaison dans l'étude indienne 90% des patients porteurs de fenêtre aorto-pulmonaire étaient opérables [63].

Tableau No 47 : Comparaison des résultats du cathétérisme diagnostique.

	Notre étude		Etude indienne	
	Opérable	Non opérable	Opérable	Non opérable
CIV	92%	8%	53%	47%
TGV	75%	25%	75%	25%
CAV	0%	100%	0%	100%
Fenêtre aorto-pulmonaire	100%	0%	90%	10%

VI. Complications :

Des complications sont apparues chez 12,8% des patients, ce qui se rapproche des résultats de l'étude indienne qui a trouvé des complications chez 13% des patients [63]

Nous avons constaté un taux de décès nettement plus élevé dans notre série, un taux de saignement, de bradycardie et de réaction allergique légèrement plus élevé dans notre série et un taux de thrombophlébite qui est comparable, par contre notre taux d'infection postopératoire et d'hématome du site de ponction est beaucoup moins importante. Nous n'avons aussi pas retrouvé de crises cyanotiques ni de crises convulsives chez nos patients.

Tableau No 48 : Comparaison du taux de complications.

	Notre étude		Etude indienne	
	No	%	No	%
Thrombophlébite du membre inférieur	2	2,5 %	8	2,6%
Saignement du site de ponction	2	2,5%	4	1,3%
Hématome du site de ponction	0	0%	6	2%
Infection post-opératoire	1	1,2%	12	4%
Décès par Arrêt cardio-respiratoire	2	2,5%	0	0%
Bradycardie extrême	2	2,5%	0	0%
Eruption cutanée	1	1,2%	2	0,6%
Crise convulsive	0	0%	2	0,6%
Crise cyanotique	0	0%	5	1,5%
Total	10	12,8%	39	13%

CONCLUSION

Le cathétérisme cardiaque pédiatrique peut avoir un rôle diagnostique ou thérapeutique dans les cardiopathies congénitales de l'enfant.

Le rôle du cathétérisme interventionnel est devenu de plus en plus important, il est devenu une alternative plus sûre à la chirurgie dans certaines pathologies cardiaques et l'a même surpassé dans d'autres devenant le traitement de choix.

Le cathétérisme diagnostique a un rôle de plus en plus limité dans le diagnostic des cardiopathies congénitales mais garde un rôle important dans le diagnostic de l'HTAP et dans le bilan d'opérabilité de certaines cardiopathies congénitales.

Au CHU Hassan II, le recours au cathétérisme cardiaque en pédiatrie est relativement récent, il a permis d'éviter la chirurgie chez beaucoup de patients et de prévenir d'éventuelles complications chirurgicales chez d'autres.

Dans notre étude les cathétérismes interventionnels ont été prédominants avec 74% des cas. La cardiopathie la plus fréquemment traitée était la persistance du CA, avec un taux de succès à 96%. Les complications étaient rares et ont généralement été prise en charge sans séquelles.

RESUMES

Résumé :

Le cathétérisme cardiaque pédiatrique a un rôle important dans le diagnostic et surtout dans le traitement de certaines cardiopathies congénitales de l'enfant.

Notre étude, à propos de 78 patients avait pour objectif de réaliser un état des lieux du cathétérisme cardiaque au CHU de FES, ainsi qu'analyser le type, le résultat et les principales complications des procédures effectuées.

L'âge de nos patients a varié entre 3 jours et 17 ans, avec une moyenne de 5 ans et 7 mois. La répartition selon le sexe était assez équitable avec un sexe ratio de 0,9. La nature de la cardiopathie a été déterminée chez tous nos patients par échographie trans-thoracique.

Les indications du cathétérisme ont été très variées, avec un cathétérisme diagnostique réalisé chez 26% des patients et un cathétérisme interventionnel chez 74%.

Les indications des cathétérismes interventionnels étaient les suivantes : fermeture de CA (41% des cas), dilatation de SP (29% des cas), atrio-séptostomie de Rashkind (14% des cas), fermeture de CIA (9% des cas), dilatation de Coa de l'Ao (5% des cas) et enfin une fermeture de CA et dilatation de SP associée (2% des cas).

Les indications du cathétérisme diagnostique étaient de réaliser une étude anatomique et de déterminer l'anatomie cardiaque là où l'échographie cardiaque a eu peu d'efficacité, rechercher une HTAP afin de déterminer l'opérabilité des patients et enfin planifier la chirurgie cardiaque.

Le cathétérisme diagnostique a été effectué pour les cardiopathies suivantes : CIV (55% des cas), TGV (20% des cas), tétralogie de Fallot (10% des cas), CAV (10% des cas) et enfin une fenêtré aorto-pulmonaire (5% des cas).

Le taux de succès pour le cathétérisme interventionnel était de 96,5% (partiel ou total), il a varié selon l'indication : 100% pour les fermetures de CIA, manœuvres de Rashkind et dilatations de Coa de l'Ao, 96% pour les fermetures de CA et 83% pour les dilatations de SP.

Les patients ayant bénéficié d'un cathétérisme diagnostique étaient opérables dans 75% des cas, non opérable dans 20% des cas et un patient, soit 5% des cas est décédé au cours du geste.

Les complications étaient rares et ont été pris en charge sans séquelles chez la plupart de nos patients. Elles sont apparues chez seulement 12,8% des patients. Elles ont varié de la simple infection post opératoire (1,25% des cas) jusqu'au décès (2,5% des cas) par arrêt cardiorespiratoire en passant par la thrombophlébite du membre inférieure (2,5% des cas) et la réaction allergique au produit de contraste (1,25% des cas).

Le suivi de nos patients a été simple chez 68% des cas, 2,5% des cas sont programmés pour un deuxième cathétérisme, 9,2% de nos patients ont été opérés pour leurs cardiopathies avec succès et 10,2% sont programmé pour chirurgie. Celle-ci a échoué chez 1,28% des cas (le patient est décédé) et a été contrindiquée chez 5,1% de nos patients qui sont maintenant sous traitement médical seul. Enfin 2,5% de nos patients sont décédés des suites de complications du cathétérisme.

Pour conclure Le cathétérisme cardiaque est une activité récente en cardiologie pédiatrique au CHU de FES. Elle présente de belles perspectives d'avenir comme alternative à la chirurgie cardiaque. Nous prévoyons non seulement d'augmenter le nombre de patients traités mais aussi d'élargir les indications pour le cathétérisme interventionnel dans notre formation.

Abstract

The pediatric cardiac catheterization has an important role in the diagnostic and mostly in the treatment of children's congenital heart disease.

Our study of 78 cases had the goal of realizing a general overview of cardiac catheterization at the university hospital of Fez, and to analyze the types, outcomes and main complications of the performed procedures.

The age of our patients has varied between 3 days and 17 years, with a median age of 5 years and 7 months. The distribution according to gender was pretty equal, with a sex ratio of 0,9. The nature of the heart disease was determined with a heart ultrasound in all our cases.

The indications of the catheterizations were very varied, a diagnostic catheterization was done in 26% of our cases, and an interventional catheterization was done in 74%.

The indications of interventional catheterization were as follow: closure of persistence of ductus arteriosus (41% of cases), pulmonary stenosis dilation (29% of cases), Rashkind maneuver (14% of cases), closure of atrial septal defect (9% of cases), dilation of coarctation of the aorta (5% of cases) and finally a closure of persistence of ductus arteriosus associated with a pulmonary stenosis dilation (2% of cases).

The indications of diagnostic catheterization were to define complete anatomy where echo window was poor, to assess pulmonary artery pressure so as to plan suitability for surgery and to plan surgery procedure.

The diagnostic catheterization was performed in the following heart diseases: ventricular septal defect (55% of cases), transposition of great arteries (20% of cases), atrio-ventricular canal (10% of cases), tetralogy of Fallot (10% of cases), pulmonary-aortic window (5% of cases).

The success of interventional procedure (total or partial) was 96,5%, it varied according to the type of procedure: 100% for atrial septal defect closure, dilation of coarctation of the aorta and Rashkind maneuver. 96% for closure of persistence of ductus arteriosus and 83% for pulmonary stenosis dilation.

75% of patient who underwent diagnostic catheterization were operable, 20% were not and 5% (1 case) died during the procedure.

The complications were varied and were generally treated without consequences. Only 12,8% of our patients had any complications. They varied from the simple postop infection (1,25% of cases) to cardiovascular arrest and death (2,5% of cases) including thrombosis of the lower limb (2,5% of cases), and allergic reaction to the contrast product (1,25% of cases).

The patients follow up were simple in 68% of cases. 2,5% of our patients are planned for a second cardiac catheterization. 9,2% of patients were successfully operated for their heart condition and 1,28% died during surgery. 10,2% of patients are planned for surgery, 5,1% were inoperable and are under medication only. Finally, 2,5 of our patients died due to complications of cardiac catheterizations.

To conclude the cardiac catheterization is a recent activity in the pediatric cardiology department at the University Hospital of Fez, with a promising future as an alternative to heart surgery. In our department, we not only intend to augment the number of patient treated but to also widen the indications of interventional procedures.

كانت بحالات نابيديطالدى 68٪ ما لم رضى، تمت مجة 2.5٪ نه لمقطئارنفة، 9.2٪ من رضى نللد تفاو امن
عملج رة ادي بة نجاح، 1.28٪ توفوا بعد فتلعملية، تمت مجة 10.2٪ ما لم رضى اللد تفاو لفلج رة، و 5.1٪ نه م لا
يمكن اذته لمخير، 2.5٪ من رضى ناتوفوا بسبب مضاعفات للقطرة.
أخيراً، قطرة القلب نشا جديد في قدم طب القلادى الأطفال في المدهشفى الجامعي بفللدي يهلمد قبل واعكديل
لج رة القلب توقع ياد عدللم رضى وتديع نطو القطلارفة اذلية في قدمنا.

BIBLIOGRAPHIE

- 1: I. Van Aerschot, Y. Boudjemline.
Cathétérisme interventionnel et chirurgie cardiaque. Archives de pédiatrie 19 (2012) 96–102.
- 2: Senga JL, Lubenga Y, Shiku JD, Moniotte S. Le cathétérisme cardiaque interventionnel : Etat de la question et revue de la littérature. Annal Afrique Medical; Vol 8, No4, Sept 2015. 2155-2167.
- 3: Noon JA.
A history of pediatric specialties: the development of pediatric cardiology. Pediatrics Res 2004; 56:298-306.
- 4 : Rashkind WJ, Miller WW.
Creation of an atrial septal defect without thoracotomy. A palliative approach to complete transposition of the great arteries. JAMA 1966; 196 :991–2.
- 5: Semb BKJ, Tjønneland S, Stake G, Aabyholm G.
'Balloon valvulotomy' of congenital pulmonary valve stenosis with tricuspid valve insufficiency. Cardiovasc Radiol 1979; 2:239 –241.
- 6: Kan JS, White RI Jr, Mitchell SE, Gardner TJ.
Percutaneous balloon valvuloplasty: a new method for treating congenital pulmonary valve stenosis. N Engl J Med 1982; 307:540 –542.
- 7: Lababidi Z.
Aortic balloon valvuloplasty. Am Heart J 1983;106(pt1):751–752.
- 8: Lock JE, Bass JL, Amplatz K, Fuhrman BP, Casteneda-Zuniga.
Balloon dilation angioplasty of aortic coarctations in infants and children. Circulation 1983; 68:109 –116.
- 9: FRANK H. NETTER, MD
Atlas d'anatomie humaine Vol 5 ;242-242.

10: Wiley, John.

Cardiovascular Hemodynamics for the clinician. 2017. 17-102.

11: Lafarge CG, Miettinen OS.

The estimation of oxygen consumption. *Cardiovasc Res.* 1970; 4: 23-30.

12: Rouault F.

Cathétérisme cardiaque, angiographies du petit enfant et de l'enfant. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Cardiologie*, 2003, 11-940-A-95, 2003, 9 p.

13 : Iselin M.

Classification des cardiopathies congénitales. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale (Elsevier, Paris), Radiodiagnostic - Cœur-poumon*, 32-015-A- 11.1999, 3p.

14: Burzotta F, Trani C, Mazzari MA, Tommasino A, Niccolo G, Porto I, Lzonz AM, Tinelli

G, Coluccia V, De Vita M, Brancati M, Mongiardo R, Schiavoni G, CreaF,

vascular complications and acces crossover in 10676 transradial percutaneous coronary procedures. *Am heart J* 2012; 163: 230-238.

15: Hugh D. Allen, MD; Robert H. Beekman III, MD; Arthur Garson, Jr, MD, MPH; Ziyad

M. Hijazi, MD, MPH; Charles Mullins, MD; Martin P. O'Laughlin, MD; Kathryn A. Taubert,

Pediatric Therapeutic Cardiac Catheterization: A Statement for Healthcare Professionals from the Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association *PhD Circulation.* 1998; 97:609-625.

16: BargerLMJr, Elliott LP, Soto B, BreamPR,

CurryGC. Axial cineangiography in congenital heart disease. Section I: technical and anatomic considerations. *Circulation* 1977; 56: 1075-1083.

17: Elliott LP, BargerLMJr, BreamPR, Soto B,

CurryGC. Axial cineangiography in congenital heart disease. *Circulation* 1977; 56: 1084-1093.

18: Fellows KE, Keane JF, Freed MD.

Angle views in congenital heart disease. *Circulation* 1977; 56: 485-490.

19: G. Butera et al. (eds.),

Cardiac Catheterization for Congenital Heart Disease: From Fetal Life to Adulthood, 2015.

20: Charles E. Mullins

Cardiac Catheterization in Congenital Heart Disease: Pediatric and Adult 2007.

21: Hanslik A, Moysich A, Laser KT, Mlezoch E, Kececioglu D,

has NA percutaneous closure of atrial septal defects in spontaneously breathing children under deep sedation: a feasible and safety concept. *Pediatr cardiol* 2014; 35: 215-222.

22: Bernard PA, Ballard H, Shneider D.

current approaches to pediatric heart catheterizations. *Pediatric reports* 2011; 25: 127-134.

23: Hamid M.

Anesthesia for cardiac catheterization procedures. *Heart, lung and vessels* 2014; 6: 225-231.

24: Bergersen L I Foerster S I A; C. Marshall I Meadows J.

Congenital Heart Disease: The Catheterization Manual 2009; BN: 978-0-387-77291-2.

25: Seldinger, SI,

Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique, *Acta radiologica*, vol. 39, no 5, 1953, p. 368-76.

26: Eur Heart J

Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Task Force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS) endorsed by the International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT). 2009 ;30 :2493-537.

27: O. Sitbon, J.-L. Vachiery Rev.

Exploration hémodynamique : cathétérisme ? IRM ? Maladies Respiratoires Actualités 2009 ; 1 : 154-156.

28: I. Van Aerschot, L. Iserin, Y. Boudjemline.

Le cathétérisme interventionnel dans les cardiopathies congénitales adultes GUCH and interventional cardiac catheterization.

29: Jean-Louis Leclerc,

Fonds pour la Chirurgie Cardiaque trimestriel n° 39 • décembre 2013 : objective Cœur :3-7.

30: Tynan M, Jones O, Joseph MC, et al.

Relief of pulmonary valve stenosis in first week of life by percutaneous balloon valvuloplasty. Lancet 1984 ;1(8371): 273.

31: Rao PS.

Balloon pulmonary valvuloplasty in children. J Invasive Cardiol 2005;17(6):323-5.

32: Rao PS, Wilson AD, Thapar MK, et al.

Balloon pulmonary valvuloplasty in the management of cyanotic congenital heart defects. Cathet Cardiovasc Diagn 1992 ;25(1) :16-24.

- 33: Agnoletti G, Piechaud JF, Bonhoeffer P, Aggoun Y, Abdel-Massih T, Boudjemline Y, et al.
Perforation of the atretic pulmonary valve. Long-term follow-up. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41:1399–403.
- 34: Rao PS.
Long-term follow-up results after balloon dilatation of pulmonic stenosis, aortic stenosis, and coarctation of the aorta: a review. *Prog Cardiovasc Dis* 1999 ;42(1) :59–74.
- 35: Law MA, Shamszad P, Nugent AW, et al.
Pulmonary artery stents: longterm follow-up. *Catheter Cardiovasc Interv* 2010;75(5):757–64.
- 36: Rao PS.
Stents in the management of aortic coarctation in young children. *JACC Cardiovasc Interv* 2009 ;2(9) :884–6.
- 37: Lock JE, Rome JJ, Davis R et al.
Transcatheter closure of atrial septaldefects: experimental studies. *Circulation* 1989; 79:1091–1099.
- 38: Latson LA.
Transcatheter closure of atrial septal defects. In: Rao PS, ed. *Transcatheter Therapy in Pediatric Cardiology*. New York, NY: Wiley-Liss; 1993:335–348.2)
Semb BKJ, Tjønneland S, Stake G, Aabyholm G. 'Balloon valvulotomy' of congenital pulmonary valve stenosis with tricuspid valve insufficiency. *Cardiovasc Radiol* 1979 ; 2 :239 –241.

39: Berger F, Vogel M, Alexi-Meskishvili V, et al.

Comparison of results and complications of surgical and Amplatzer device closure of atrial septal defects. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;118(4):674-8 [Discussion 678-80].

40: Lui F, Yang Y-N, Xie X, Lie X-M, Ma X, Fu Z-Y et al

Prevalence on congenital heart disease in Xinjiang multiethnic region of china. *PLoS ONE* 2015; 10 :11.

41: Balzer DT.

Transcatheter closure of intracardiac shunts. *Current Treatment Options Cardiovasc Med* 2004 ;6(5) :417-22.

42: Porstmann W, Wierny L, Warnke H.

Closure of persistent ductus arteriosus without thoracotomy. *Ger Med Mon* 1967; 12:259-61.

43: Balzer DT.

Transcatheter closure of intracardiac shunts. *Curr Treat Options Cardiovasc Med* 2004;6(5):417-22.

44: Saliba Z, Aggoun Y, Hausse AO, Acar P, Bonnet D.

Fermeture percutanée du canal artériel par la prothèse occlusive Amplatzer. *Arch Mal Cœur* 2000; 93: 533-545.

45: Godart F, Rey C, Devos P, Brevière GM, Vaksman G, Francart C.

Transcatheter occlusion of moderate to large patent arterial duct above 2.5 mm, with the Amplatzer Duct Occluder. Comparisons with the Rashkind, buttoned devices, and coils in 116 consecutive patients. *Cardiol Young* 2003 ; 13 : 413-9.

46: Y. Boudjemline

Le cathétérisme interventionnel en cardiologie pédiatrique : techniques et indications ; article : *Archives de pédiatrie* 11 (2004) 276-284.

47: Abadir S, Boudjemline Y, Rey C, et al.

Significant persistent ductus arteriosus in infants less or equal to 6 kg: percutaneous closure or surgery? *Arch Cardiovasc Dis* 2009;102(6-7):533-40.

48: Di Bernardo S, Mivelas Y, Meijboom EJ, et al.

Traitement des cardiopathies congénitales par cathétérisme interventionnel. *Rev Med Suisse* 2005; 1 :2049-55.

49: Hijazi ZM, Hakim F, Al-Fadley F, et al.

Transcatheter closure of single muscular ventricular septal defects using the amplatzer muscular VSD occluder: initial results and technical considerations. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000 ; 49(2) :167-72.

50: Boudjemline Y, Khambadkone S, Bonnet D, et al.

Non-surgical replacement of the pulmonary valve: from experimental research to human application. *Arch Pediatr* 2004 ;11(10):1239-44.

51: Boudjemline Y.

Pulmonary valve replacement: extending the indications to the whole spectrum of pulmonary valve disease. *Future Cardiol* 2007 ;3(1) :35-41.

52: Waight DJ, Hijazi ZM.

Pediatric interventional cardiology: the cardiologist's role and relationship with pediatric cardiothoracic surgery. *Adv Card Surg* 2001; 13:143-67.

53: Bockeria L, Alekyan B, Berishvili D, et al.

A modified hybrid stage I procedure for treatment of hypoplastic left heart syndrome: an original surgical approach. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010; 2:142-5 Published online 2010 May 7.

54: Stanger P, Heymann MA, Tarnoff H, Hoffman JI, Rudolph AM.

Complications of cardiac catheterization of neonates, infants and children. *Circulation* 1974; 50: 595-608.

- 55: Ovaert C, Kammache I, Bonello B, Habib G, Fraisse A.
Transcatheter closure of intracardiac shunts. Archives of Cardiovascular Diseases Supplements 2011; 3:154-62.
- 56: McElhinney DB, Benson LN, Eicken A, Kreutzer J, Padera RF, Zahn EM,
infective endocarditis after transcatheter pulmonary valve replacement using the Melody valve : combined results of 3 prospective North American and European studies Catheter cardiovasc interv, 2013; 6: 292-300.
- 57: Djer MM, Saputro DD, Putra ST, Idris NS,
transcatheter closure of patent ductus arteriosus: 11 years of clinical experience in Cipto Mangunkusumo Hospital Jakarta Indonesia Pediatr Cardiol 2015; 36:1070-1074.
- 58: Rakza, A. Bouissou, A. Laffargue, A. Fily, J.F. Diependaele, S. Dalmas T.
Le cathétérisme veineux central chez l'enfant archives de Pédiatrie 2008;15:1454-146350: Braysson H, Réhel JL,
- 59: Boudjemline Y, Petit J, Girodon B, Aubert B, Laurier D, Bonnet D, Bernier M-O,
Risk of cancer associated with cardiac catheterization procedures during childhood: a cohort study in France BMC public health 2013; 13:266.
- 60 : Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM et al.
ESC guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010). Eur Heart J 2010;31: 2915-57.
- 61: Krichenko A, Benson LN, Burrows P, Möes CAF, McLaughlin P, Freedom RM.
Angiographic classification of the isolated, persistently patent ductus arteriosus and implications for percutaneous catheter occlusion. Am J Cardiol. 1989 Apr;63(12):877-80.
- 62: A.M. Fattouh, R. Sobhy, M. Abo-Seif, F.M. Abd-El,
Retrospective analysis of cardiac catheterization procedures in a tertiary care pediatric cardiac center. article: Egyptian Pediatric Association Gazette 2017.
- 63: Prabhat Kumar, Vidya Sagar Joshi, and P.V. Madhu,
Diagnostic pediatric cardiac catheterization: Experience of a tertiary care pediatric cardiac center. article: Published online 2013 Apr 9.