

PLAN

**ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA
COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE**

INTRODUCTION	13
RAPPELS THEORIQUES	16
I. HISTORIQUE	17
II. ANATOMIE.....	19
1. Aorte normale	19
a. Aorte thoracique.....	20
b. Aorte abdominale	22
2. Coarctation de l'aorte	23
III. EPIDEMIOLOGIE	25
IV. EMBRYOLOGIE	26
V. MORPHOGENESE.....	28
VI. PHYSIOPATHOLOGIE	29
VII. DIAGNOSTIC	32
1. Présentation clinique	32
2. Présentations paraclinique	32
2.1. La radiographie thoracique	32
2.2. L'électrocardiogrammes	32
2.3. L'échocardiographie doppler	33
2.4. L'angiographie numérisée	33
2.5. L'imagerie par résonance magnétique	33
3. Formes anatomiques	37
3.1. Selon le siège anatomique de la coarctation	37
a. COARCTATION PRE-DUCTALE	37
b. COARCTATION POST-DUCTALE	38
3.2. Selon le rapport avec l'artère sous clavier	38
3.3. Selon le degré de la sténose	39
3.4. Selon l'étendu de la sténose	39
3.5. Selon les associations	39

**ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA
COARCTATION DE L’AORTE PEDIATRIQUE**

VIII. DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL	41
IX. PRISE EN CHARGE	42
1. But du traitement	42
2. Les moyens de traitements	42
2.1. Traitement Chirurgical	42
2.2. Traitement endovasculaire	47
PARTIE PRATIQUE	53
I. MATERIEL ET METHODE	54
A. PATIENTS :	54
B. FICHES D’EXPLOITATION	54
C. ANALYSE STATISTIQUE	55
RESULTATS	56
I. EPIDEMIOLOGIE	57
1. Age	57
2. Sexe	58
3. Facteurs étiologiques	58
4. Consanguinité	59
5. Les lésions extracardiaque associées	59
II. ETUDE CLINIQUE	60
1. Circonstances de découverte	60
2. Signes cliniques.....	61
III. EXAMENS COMPLEMENTAIRES	62
1. Radiographie pulmonaire	62
2. ECG	62
3. Echocardiographie doppler	62
IV. TRAITEMENT	67
A. Traitement médical pré opératoire	67
B. Traitement curatif	69

**ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA
COARCTATION DE L’AORTE PEDIATRIQUE**

1. Traitement chirurgical	69
a. Age de la prise en charge chirurgical	69
b. Poids à l’intervention	70
c. Technique chirurgicale	70
d. Réanimation post- opératoire	70
e. Complications postopératoires	70
f. Traitement médical post opératoire	71
g. Évolution et pronostic	71
h. Mortalité	72
2. Le traitement interventionnel	73
a. Age du traitement interventionnel	73
b. Poids à l’intervention	74
c. Indication	74
d. Type de la procédure	74
e. Résultats	75
f. La mortalité	76
DISCUSSION	78
I. EPIDEMIOLOGIE	79
1. Incidence	79
2. Age à l’admission	82
3. Le sexe	83
4. Facteurs étiologiques	84
II. ETUDE CLINIQUE	85
1. Circonstances de découverte	85
2. Signes physiques	87
3. Examens complémentaires	88
III. PRISE EN CHARGE THERAPEUTIQUE.....	91
1. Type de l’intervention	91

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA
COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

2. Age de l'intervention	92
3. Poids à l'intervention	93
4. Résultats de l'intervention	94
5. Suites et complications	95
6. Synthèse :.....	96
CONCLUSION	100
ANNEXE	102
RESUMES.....	106
BIBLIOGRAPHIE.....	111

ABREVIATIONS

Ao	: Aorte
Ao asc	: Aorte ascendante.
Ao hor	: Aorte horizontale.
ASCD	: Artère sous-clavière droite
ASCG	: Artère sous-clavière gauche
AVCI	: Accident vasculaire ischémique.
BBD	: Bloc de branche droit
BIB	: Ballon in ballon.
Bpm	: Battements par minute
CA	: Canal artériel
CAV	: Canal atrio-ventriculaire
C.C	: Cardiopathies congénitales.
CEC	: Circulation extra corporelle.
CFD	: Dynamique des fluides.
CIA	: Communication inter auriculaire
CIV	: Communication interventriculaire
CMG	: Cardiomégalie
CoA	: Coarctation de l'aorte
CP	: Cheathman platine.
Cpm	: Cycles par minute.
DC	: Décès.
DP	: Dialyse péritonéale.
DR	: Détresse respiratoire.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

ECCG	: Electrocardiogramme
FC	: Fréquence cardiaque
FE	: Fraction d'éjection.
FR	: Fréquence respiratoire
G-D	: Gauche-Droit.
HTA	: Hypertension artérielle
HTAP	: Hypertension artérielle pulmonaire
HVD	: Hypertrophie ventriculaire droite
HVG	: Hypertrophie ventriculaire gauche
IAo	: Insuffisance Aortique
IC	: Insuffisance cardiaque
ICT	: Index cardio thoracique.
IEC	: Inhibiteur de l'enzyme de conversion.
IM	: Insuffisance mitral.
IP	: Insuffisance pulmonaire.
IRCT	: Insuffisance rénale chronique terminale.
IRM	: Imagerie par résonance magnétique.
IT	: Insuffisance tricuspide.
KT	: Cathétérisme cardiaque
MI	: membre inférieur.
MIP	: Projection d'intensité maximale.
OD	: Oreillette droite.
OG	: Oreillette gauche.
PCA	: Persistance du canal artériel.
PGE1	: Prostaglandine E1.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

RME	: Réanimation mère enfant.
RNN	: Réanimation néonatale.
SIV	: Septum inter-ventriculaire.
TA	: Tension artérielle
TABC	: Tronc artériel brachio-céphalique
TDM	: Tomodensimètre.
TGV	: Transposition des gros vaisseaux
TTT	: Traitement.
T4-T5	: 4eme et 5eme vertèbres thoraciques
VCS	: Veine cave supérieure
VD	: Ventricule droit
VG	: Ventricule gauche
VR	: Réalité virtuelle
VV	: Voie veineuse.
3D	: Trois dimensions.
5F	: 5 frensh.
11F	: 11 frensh.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cœur, vue de face.....	19
Figure 2 : les 3 portions de l'aorte.....	21
Figure 3 ; Coarctation de l'aorte	23
Figure 4 : Modèle de dynamique des fluides numérique (CFD) spécifique au patient. Images IRM de la crosse aortique	24
Figure 5. Développement des arcs aortiques.....	27
Figure 6 : Cette figure montre les relations du canal artériel avec l'artère pulmonaire et l'isthme aortique.....	28
Figure 7 :	30
Figure 8 : Schéma illustrant les conséquences physiopathologiques de la coarctation de l'aorte.	31
Figure 9. Échographie néonatale sans et avec doppler couleur en coupe sagittale oblique d'une CoA à révélation précoce avec hypoplasie de l'aorte horizontale (flèche).	34
Figure 10. Angio-IRM post-gadolinium, reconstruction 3D MIP d'une forme peu serrée chez une patiente avec syndrome de Turner.	35
Figure 11. Angioscanner dans une forme de diagnostic tardif pendant l'enfance, reconstruction 3D VR montrant les collatérales notamment à partir des artères mammaires internes et iliaques(flèche).....	36
Figure 12. Présentation schématique des sites ce coarctation aortique.....	37
Figure 13 : Coarctation et sous-clavière.	38
Figure 14. Coarctation et communication inter auriculaire. " Kinking " aortique (aorte" trop longue "et sinuosité en epsilon). Petit canal artériel juxtastrictural.....	42
Figure 15 : Le principe de L'intervention de Crafoord	43
Figure 16 : L'aortoplastie par patch prothétique.....	44
Figure 17 : Mise en place d'une prothèse vasculaire.....	45
Figure 18 : Techniques de reconstruction chirurgicale dans les coarctations	46
Figure 19 : Procédure d'une angioplastie par ballon d'une CoA.....	47

**ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA
COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE**

Figure 20 : Image montre les différents types de stent CP.....	49
Figure 21 :	51
Figure 22 : Angio TDM montrant une coarctation de l'aorte thoracique descendante.	52
Figure 23 : Angio TDM de contrôle 3mois après l'intervention montrant l'aorte thoracique dilaté d'une façon appropriée.	52
Figure 24. Âge au moment de diagnostic.....	57
Figure 25 : Répartition de la coarctation selon le sexe	58
Figure 26. Répartition de la coarctation selon la consanguinité	59
Figure 27 : Circonstance de découverte	61
Figure 28 : Dilatation des cavités cardiaques	63
Figure 29 : La fréquence de l'HTAP dans notre série	63
Figure 30 : La fréquence des valvulopathies associées dans notre série.....	65
Figure 31 : La fréquence des anomalies cardiovasculaires associées dans notre série	66
Figure 32 : Traitement médical pré opératoire	68
Figure 33 : Âge au moment de l'intervention.	69
Figure 34 : Âge au moment de l'intervention.	73
Figure 35 : Synthèse récapitulative	77
Figure 36 : Incidence annuelle des coarctations pris en charge au sein de notre service	80
Figure 37 : Fréquence moyenne par an dans notre série et les séries internationales	81
Figure 38 : Revue de la littérature pour le trans-cathéter et la thérapie chirurgicale pour la coarctation native et récurrente de l'arc aortique dans différents groupes d'âge.....	98
Figure 39: Les principales modalités du traitement de la coarctation de l'aorte.....	99

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Patients opérés ayant décédés dans notre série, contexte de décès et la cause de décès	72
Tableau 2 : Incidence de la CoA parmi les cardiopathies congénitales (C.C.).....	80
Tableau 3 : L'âge moyenne de diagnostic des différentes séries étudiées.....	82
Tableau 4 : Comparaison du pourcentage du sexe masculin de notre série avec les différentes séries	83
Tableau 5 : Le pourcentage de Sd de Turner des différentes séries.....	84
Tableau 6 : Principaux motifs d'hospitalisation dans les différentes séries	86
Tableau 7 : HTA et anomalie de la palpation des pouls fémoraux.....	87
Tableau 8 : Répartition des lésions cardiaques associées (en %)......	89
Tableau 9 : Type de l'intervention selon les différentes séries internationales	91
Tableau 10 : Age de l'intervention selon les différentes séries internationales	92
Tableau 11 : Poids de l'intervention selon les différentes séries internationales	93
Tableau 12 : Résultats des deux traitements selon les différentes séries internationales.....	94
Tableau 13 : Suites et complications selon les différentes séries internationales	95

INTRODUCTION

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

La coarctation aortique (CoA) est définie comme un rétrécissement focal du calibre de l'aorte, C'est une malformation relativement fréquente (6 à 9 % des cardiopathies congénitales) touchant environ un nouveau-né sur 3000 avec prédominance masculine (deux à trois fois plus).

Le plus souvent isolée, elle peut s'associer à d'autres malformations cardiaques (surtout CIV, une hypoplasie de l'aorte horizontale, sténose valvulaire aortique, la bicuspidie aortique (50%) ou extra cardiaque (syndrome de Turner où la coarctation de l'aorte est présente dans 25% des cas).

En fonction de la situation de la sténose par rapport au canal artériel on distingue trois types : préductale, juxtaductale et postductale [1].

La première correction de cette anomalie est réalisée chirurgicalement par Clarence Crafoord en 1944 en Suède puis Robert Gross en 1945 aux Etats Unis. Avant cette dernière, l'espérance de vie des patients atteints d'une telle anomalie était courte (on évaluait 5% de survivants à l'âge de 34 ans). Depuis des techniques interventionnelles (l'angioplastie avec dilatation au ballon, puis l'implantation de stent) sont apparues et font l'objet d'un grand nombre de débats et discussions quant à savoir quel est le traitement optimum de ce genre d'affection. Ces 30 dernières années, de nombreuses études se sont penchées sur la coarctation aortique, son traitement, son devenir... Pour cela, ces travaux se sont intéressés au suivi des patients traités d'une coarctation aortique, en étudiant leur mortalité, morbidité et confort de vie à plus ou moins long terme... [2].

Nous avons effectué une étude rétrospective, portant sur 37 cas de coarctation de l'aorte, ayant été traités à l'unité médico-chirurgicale cardio-pédiatrique au CHU Hassan II Fès sur une période de 9 ans, allant de janvier 2011 au 11 mai 2020.

Dans une première partie, nous aborderons, de façon générale et théorique, la

coarctation de l'aorte dans son ensemble, puis nous nous pencherons sur le traitement chirurgicale et interventionnel par cathétérisme auquel nous avons eu le plus recours pour notre population : L'angioplastie par ballonnet avec ou sans pose de stent.

Nous exposerons, dans la deuxième partie les caractéristiques épidémiologiques, cliniques, paracliniques, thérapeutiques et évolutives de nos patients, tout en évaluant la réponse immédiate et à court terme à l'angioplastie et au stenting, ainsi que leurs complications avec une comparaison entre le traitement angioplastique et chirurgical.

RAPPELS THEORIQUES

I. HISTORIQUE

La coarctation de l'aorte a été décrite pour la première fois anatomiquement par Morgagni en 1760 et cliniquement par Paris en 1791 [3].

Dès 1827, Meckel constatait à l'autopsie des érosions costales [4].

En 1835, Legrand a porté le premier diagnostic de la maladie in vivo, relayé par la suite par Scheele en 1870, Wernicke en 1875 et Potain en 1892 qui ont établi les signes cliniques de la maladie [5].

La première et la plus grande série post mortem a été publiée par Abott en 1928, qui a assemblé les résultats de 200 cas précédemment documentés, rapportés par Paris en 1791. Reifenstein, Levine et Goss ont rapporté 104 autres cas entre 1928 et 1947. La médiane de survie de ces 304 cas était de 31 ans, 26% ont décédés à cause des complications cardiaques, rupture aortique dans 21% des cas, endocardite infectieuse 18 %, hémorragie intracrânienne 12% (suite à une rupture des anévrismes cérébraux) [6].

Les grands travaux d'ensemble datent de ce siècle : Bonnet en 1903 a utilisé pour la première fois le terme de syndrome de coarctation infantile (PCA+ CIV+ HYPOPLASIE AORTIQUE+ COARCTATION), Lamboy, Marre et Pezzi (1925) Abbot (1928), enfin Johnson (1951) qui insista sur le rôle du canal artériel.

Campbell a assemblé les données de trois des quatre séries pré-chirurgicales publiées entre 1933 et 1956, dans une cohorte combinée de 181 patients suivis, 22 décès ont été observés, correspondant à un taux de mortalité de 1.6% par an pour les deux premières décennies et 6.7% pour au-delà de la sixième décennie [6]. Bonnet a classé pour la première fois les formes de coarctations en types infantile et adulte.

En 1944, Blalock a réalisé la première expérimentation chirurgicale sur des animaux en utilisant la carotide primitive gauche et la sous-clavière gauche pour court-circuiter la sténose aortique [7]. La correction chirurgicale réussie de la coarctation de l'aorte par technique de résection anastomose termino-terminale a été décrite pour la première fois par Crafoord et Nylin en 1945. 8 mois plus tard, la deuxième intervention était effectuée par GROSS et HUFNAGEL, tandis qu'en 1952 KIRKLIN appliquait la technique pour les nourrissons.

A partir de 1972, le traitement chirurgical a ainsi diminué le taux de mortalité de 65 à 35% [7].

L'angioplastie percutanée avec dilatation par ballonnet a été réalisée chez le nouveau-né, pour la première fois en 1982.

La technique d'angioplastie d'élargissement a été mise au point en 1961 par Voss.

Vers le début des années 80, la technique de Crafoord a été modifiée afin d'éviter au maximum le risque de recoarctation et c'est actuellement l'intervention de choix en chirurgie de CoA.

Les progrès les plus récents (Kachaner 1990) sont faits vers la possibilité de redilater, par la perfusion de PGE1, l'extrémité aortique du canal artériel à condition qu'il ne soit pas organiquement fermé et on peut ainsi espérer une disparition ou, au minimum, une atténuation de l'obstacle aortique au prix d'un shunt G-D ductal en règle modéré et bien toléré [8].

II. ANATOMIE

1. Aorte normale

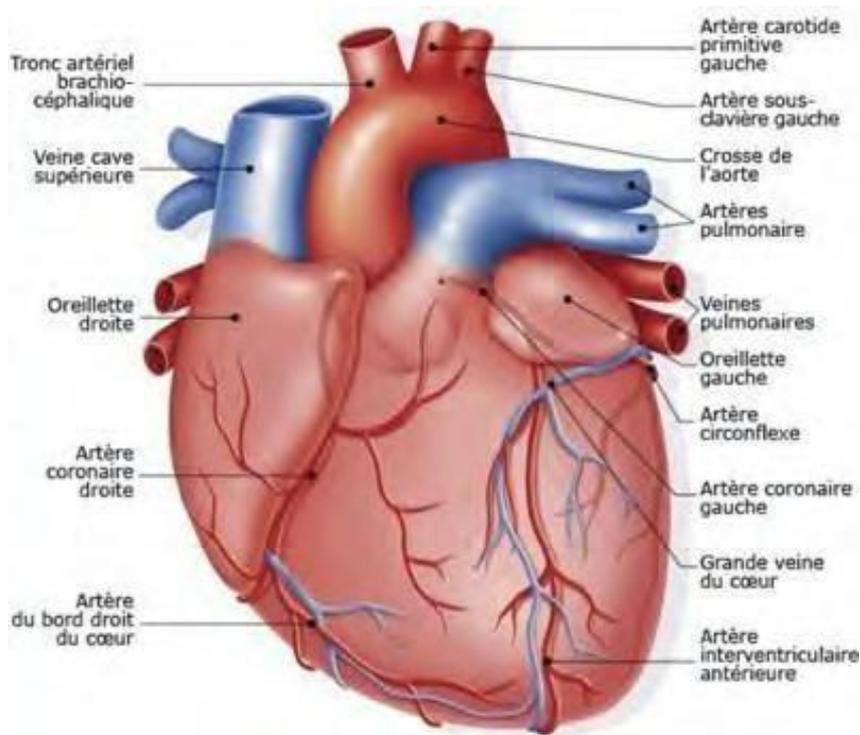


Figure 1 : Cœur, vue de face

L'aorte est la plus grande artère du corps, et à l'origine de toutes les artères.

Elle part du ventricule gauche du cœur et apporte notamment du sang oxygéné à toutes les parties du corps via la circulation. Elle monte et décrit une courbe dont la concavité inférieure s'appuie sur le pédicule pulmonaire gauche, elle arrive ainsi sur la face latérale gauche du corps de la 4^{ème} vertèbre dorsale, l'aorte prend alors une direction descendante et gagne le diaphragme en se rapprochant peu à peu de la ligne médiane. Elle est classiquement divisée en aorte thoracique et aorte abdominale.

a. Aorte thoracique

De l'orifice aortique du ventricule gauche jusqu'au orifice aortique du diaphragme, elle comprend trois segments : l'aorte ascendante, horizontale et descendante.

➤ **Aorte ascendante**

Elle prend son origine au niveau de l'ostium aortique situé à la base du VG, en regard du bord inférieure du 3ième cartilage costal gauche, en arrière de la partie gauche du sternum, puis elle prend un trajet ascendant, légèrement vers l'arrière et la droite, et se poursuit jusqu'au niveau du 2ième cartilage costal droit, à ce niveau elle pénètre dans le médiastin supérieur et se poursuit par l'arc de l'aorte.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

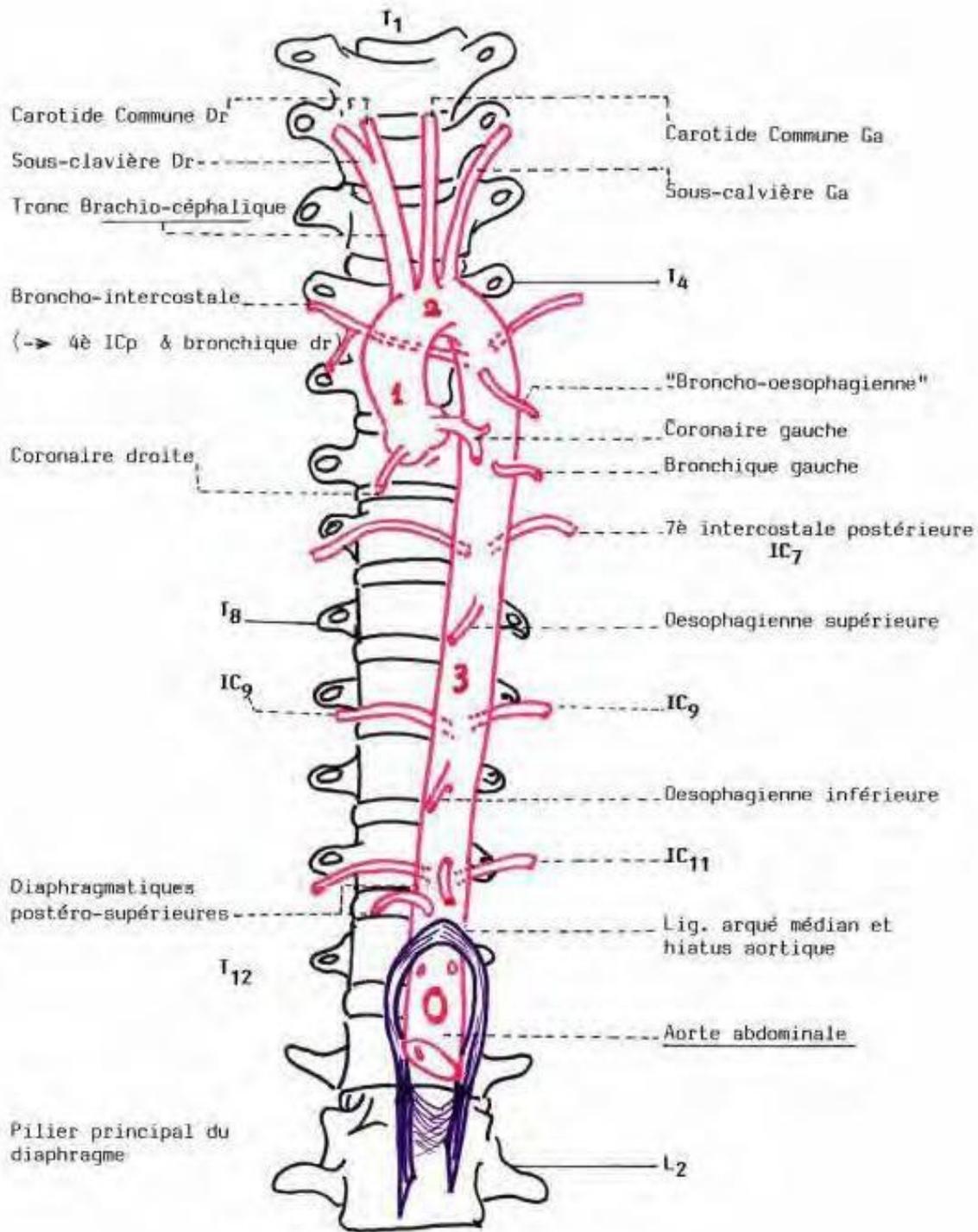


Figure 2 : Les 3 portions de l'aorte

➤ Aorte horizontale ou crosse aortique

L`aorte horizontale est appelé également arche aortique, il se dirige en haut, en arrière, puis vers la gauche au sein du médiastin supérieur, et se termine à gauche au niveau vertébral T4–T5, passe au-dessus de l'artère pulmonaire et la bronche souche gauche. Trois vaisseaux naissent de cette crosse aortique, le tronc artériel brachio-céphalique, l'artère carotide primitive gauche, et l'artère subclavières gauche. Ces vaisseaux irriguent la tête et les bras.

Elle est classiquement subdivisée en 3 segments :

- Proximal entre TABC et la carotide gauche
- Distal entre la carotide gauche et la sous-clavière gauche
- L'isthme entre la sous-clavière gauche et l'insertion du canal artériel

➤ Aorte descendante

L'aorte descend ensuite dans le tronc, dans le médiastin, en arrière du cœur et en avant de l'œsophage dans sa partie supérieure, en arrière dans sa partie inférieure. On note que cette partie est relativement fixée par rapport aux deux autres segments. La jonction entre l'aorte horizontale et descendante est appelée isthme aortique. Elle traverse ensuite le diaphragme au niveau du hiatus aortique et devient l'aorte abdominale.

b. Aorte abdominale

Durant son trajet dans l'abdomen, l'aorte courte à gauche de la veine cave inférieure et en avant de la colonne vertébrale. La totalité des vaisseaux irrigant les organes abdominaux naissent de l'aorte abdominale. Bien qu'il existe de nombreuses variantes anatomiques reconnues, la topographie vasculaire la plus fréquente est, de haut en bas : le tronc cœliaque, les artères rénales, l'artère mésentérique supérieure, les artères gonadiques et l'artère mésentérique inférieure.

L'aorte se termine en bifurquant en deux branches en regard de la 4e vertèbre lombaire : les artères iliaques communes droite et gauche. Celles-ci irriguent le bassin et donnent les artères irriguant les membres inférieurs.

2. Coarctation de l'aorte :

La définition de la coarctation de l'aorte consiste le plus souvent en un rétrécissement circulaire à la jonction de la crosse de l'aorte et de l'aorte descendante, juste en face du départ du canal artériel [9]. Ce rétrécissement peut parfois être plus étendu et concerner toute la longueur de l'isthme aortique ou s'accompagner, en amont, d'une hypoplasie plus ou moins longue de l'aorte transverse.

Les coarctations de l'aorte abdominale, rares, constituent également une autre maladie.

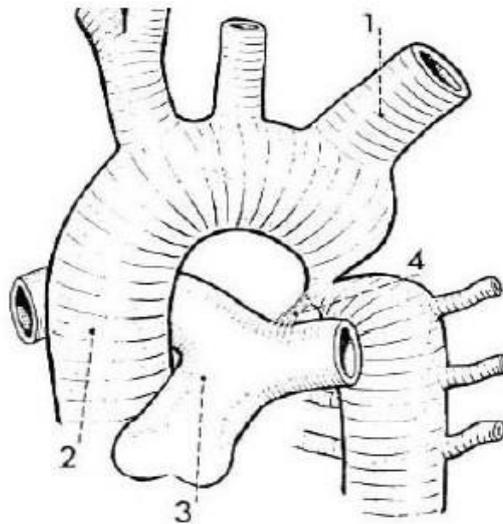


Figure 3 ; Coarctation de l'aorte [9].

1. Artère sous Clavière gauche
2. Aorte ascendante
3. Artère pulmonaire
4. Canal artériel

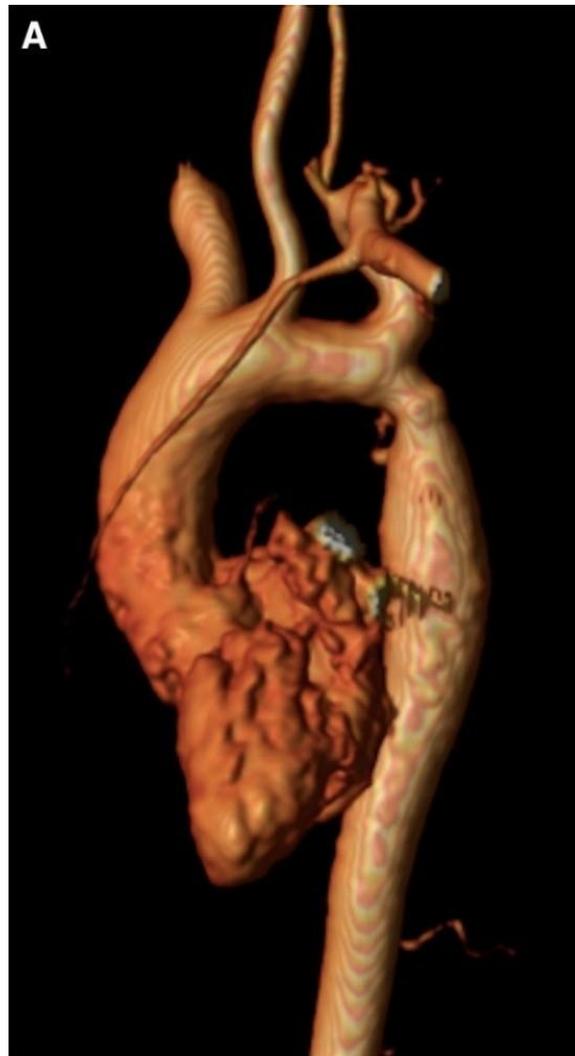


Figure 4 : Modèle de dynamique des fluides numérique (CFD) spécifique au patient.
Images IRM de la crosse aortique [10].

III. EPIDEMIOLOGIE : [11].

La coarctation de l'aorte est une malformation assez fréquente, elle représente entre 5% et 8% de l'ensemble des cardiopathies congénitales, mais il existe également des coarctations d'autres sièges, notamment au niveau abdominal qui sont beaucoup plus rares.

Les facteurs de risques incriminés dans la CoA sont :

- Le sexe : la CoA se voit 2 à 3 fois plus chez le garçon que chez la fille. Les formes isolées sont plus fréquemment rencontrées chez le garçon tandis que l'incidence des formes complexes se répartit équitablement entre les deux sexes.
- La race et ethnie : la CoA se voit plus chez les blancs.
- Les facteurs génétiques : CoA autosomique dominante, Syndrome de Turner (15 à 25 %), des cas familiaux ont été rapportés dans la littérature.
- Facteurs maternels : Expositions aux solvants organiques, aux produits pétroliers.
- Consommation des anticonvulsivants (épilepsie).
- Les variations saisonnières.

IV. EMBRYOLOGIE :

Initialement mais non simultanément, se développent six arcs aortiques, droits et gauches, reliant un tronc ventral à un tronc dorsal. La régression et la différenciation de ces arcs au cours du deuxième mois de la vie fœtale donnent leur structure définitive l'aorte, à l'artère pulmonaire et à leurs branches intra thoraciques. Le quatrième arc gauche devient le segment de la crosse aortique en aval de la carotide gauche, le cinquième arc gauche régresse, la partie proximale du sixième arc gauche donne l'artère pulmonaire et sa partie distale, le canal artériel. De l'aorte thoracique dorsale, naît à ce niveau l'artère sous-clavière gauche. Le canal artériel dérive de la partie dorsale du sixième arc gauche [12].

Durant la vie fœtale, la quantité du sang, qui traverse l'artère pulmonaire et le canal artériel vers l'aorte descendante, atteint 60% du débit total contre 10% seulement à travers l'isthme aortique, segment de la crosse compris entre l'artère sous-clavière gauche et le canal artériel [13]. Des phénomènes de raccourcissement et d'élargissement modèlent la crosse pour lui donner son architecture normale, mais à la naissance il persiste à l'état physiologique un rétrécissement relatif de l'isthme qui va s'atténuer durant les premières semaines de la vie [13].

En effet la lésion primitive consiste en un repli, le plus souvent localisé de la media, encochant la lumière de l'aorte et parfois l'obstruant totalement. Ce n'est qu'ultérieurement à la suite des traumatismes circulatoires locaux que l'intima est altérée par un processus de fibrose hypertrophique [12].

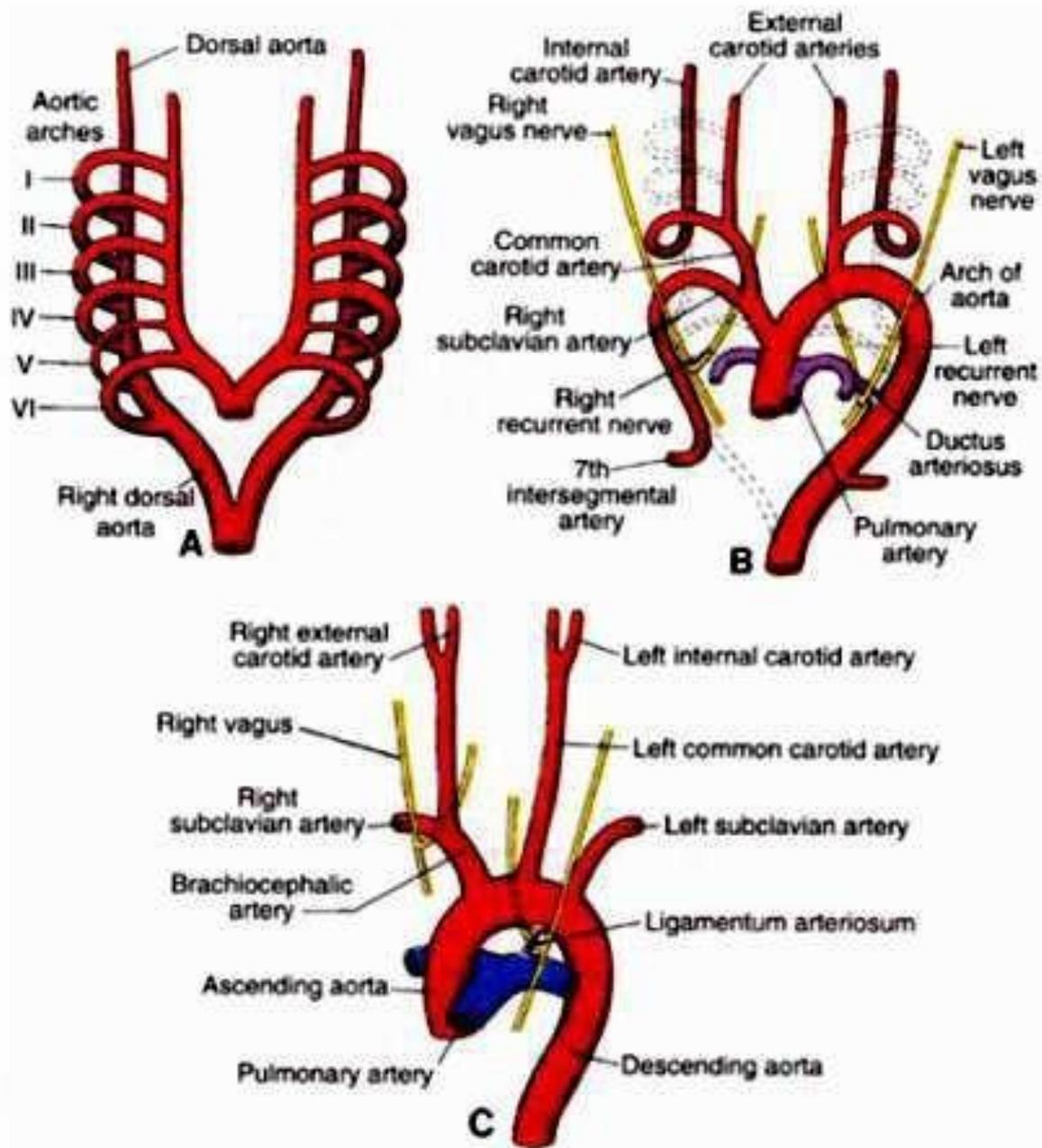


Figure 5. Développement des arcs aortiques [14].

V. MORPHOGENESE

Nous pouvons suggérer plusieurs hypothèses quant à la survenue d'une coarctation de l'aorte :

- Théorie hémodynamique : selon laquelle l'hypoplasie de la région isthmique serait liée à une réduction du débit aortique pendant la vie fœtale, secondaire à certaines cardiopathies telles qu'une CIV, une sténose sous aortique ou un vaisseau anormal (VCS gauche).
- Théorie mécanique : faisant intervenir la constriction du canal artériel en période postnatale.
- Théorie génétique : selon une observation de S. Gerboni en 1993 : 5 cas de cardiopathies congénitales étaient recensés sur 3 générations différentes d'une même famille ; 4 cas étaient des coarctations aortiques. Cela laisse supposer une hérédité autosomique dominante pour certains cas familiaux [15].
- La coarctation aortique pourrait également être liée à des anomalies de migration des cellules de la crête neurale [16].

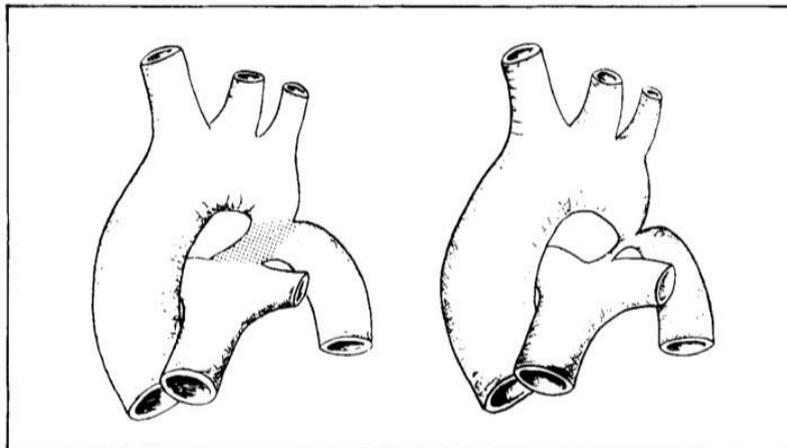


Figure 6 : Cette figure montre les relations du canal artériel avec l'artère pulmonaire et l'isthme aortique.

VI. PHYSIOPATHOLOGIE :

La coarctation réalise un obstacle sur l'isthme aortique qui ne se complète qu'après la fermeture du canal artériel. L'expression clinique de cette malformation sera donc variable selon la sévérité de ces deux phénomènes :

- Si l'obstacle est peu serré et que le canal artériel se ferme progressivement, le ventricule gauche s'adapte progressivement en s'hypertrophiant. Il n'y aura pas d'insuffisance cardiaque mais une hypertension artérielle en amont de l'obstacle apparaîtra et sera proportionnelle à la sévérité de la coarctation.
- Si l'obstacle est serré et que le canal artériel se ferme brutalement, le ventricule gauche n'aura pas le temps de s'adapter à ces contraintes, il apparaîtra alors rapidement une insuffisance ventriculaire gauche avec bas débit cardiaque.

Ceci est illustré par la figure 7, ci-dessous, empruntée à E. Rosenthal [17].

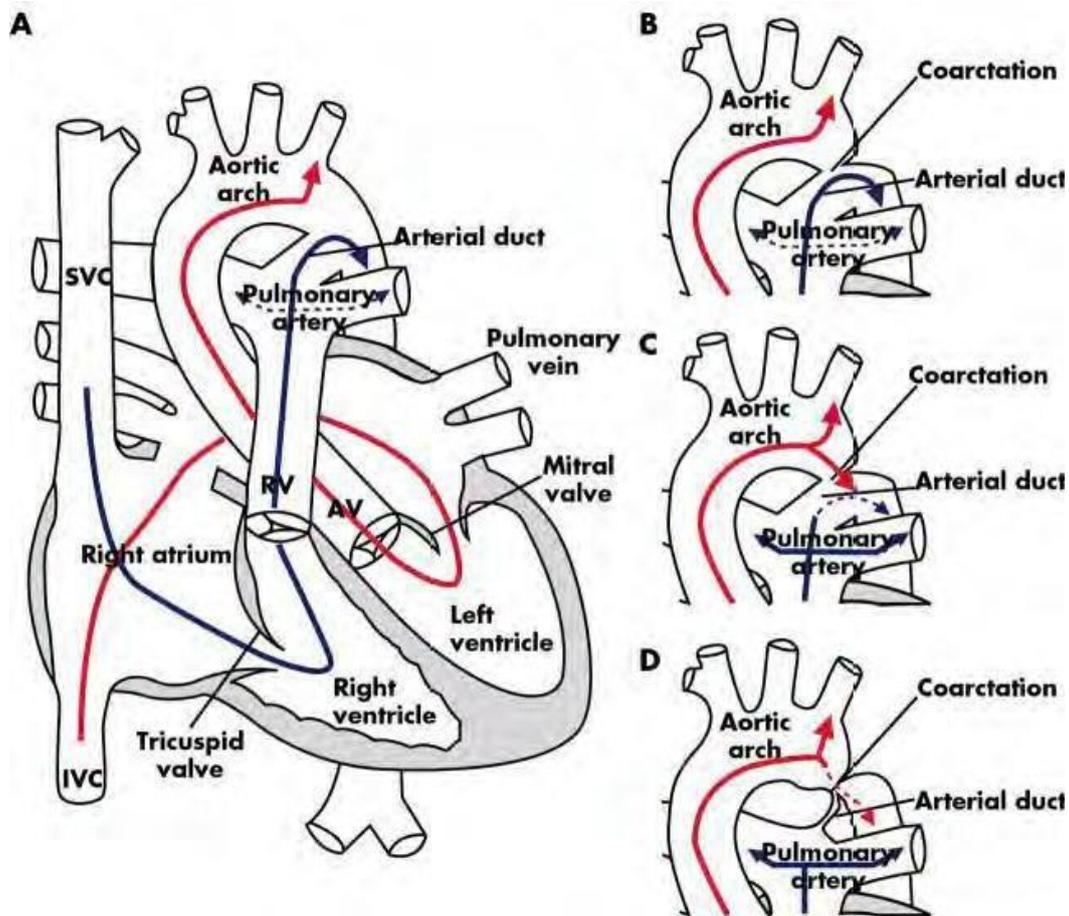


Figure 7 :

- **Schéma A :** circulation fœtale, l'aorte descendante est intégralement vascularisée par l'artère pulmonaire via le canal artériel.
- **Schéma B :** la coarctation de l'aorte in utéro n'affecte donc pas la vascularisation systémique de l'ensemble du corps.
- **Schéma C :** juste après la naissance, une augmentation brutale du débit sanguin pulmonaire conduit à la diminution du débit sanguin dans le canal artériel.
- **Schéma D :** à la fermeture du canal artériel, la coarctation aortique deviendra symptomatique puisque le ventricule gauche « travaillera » contre un obstacle et que l'aorte descendante sera nettement moins bien vascularisée.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

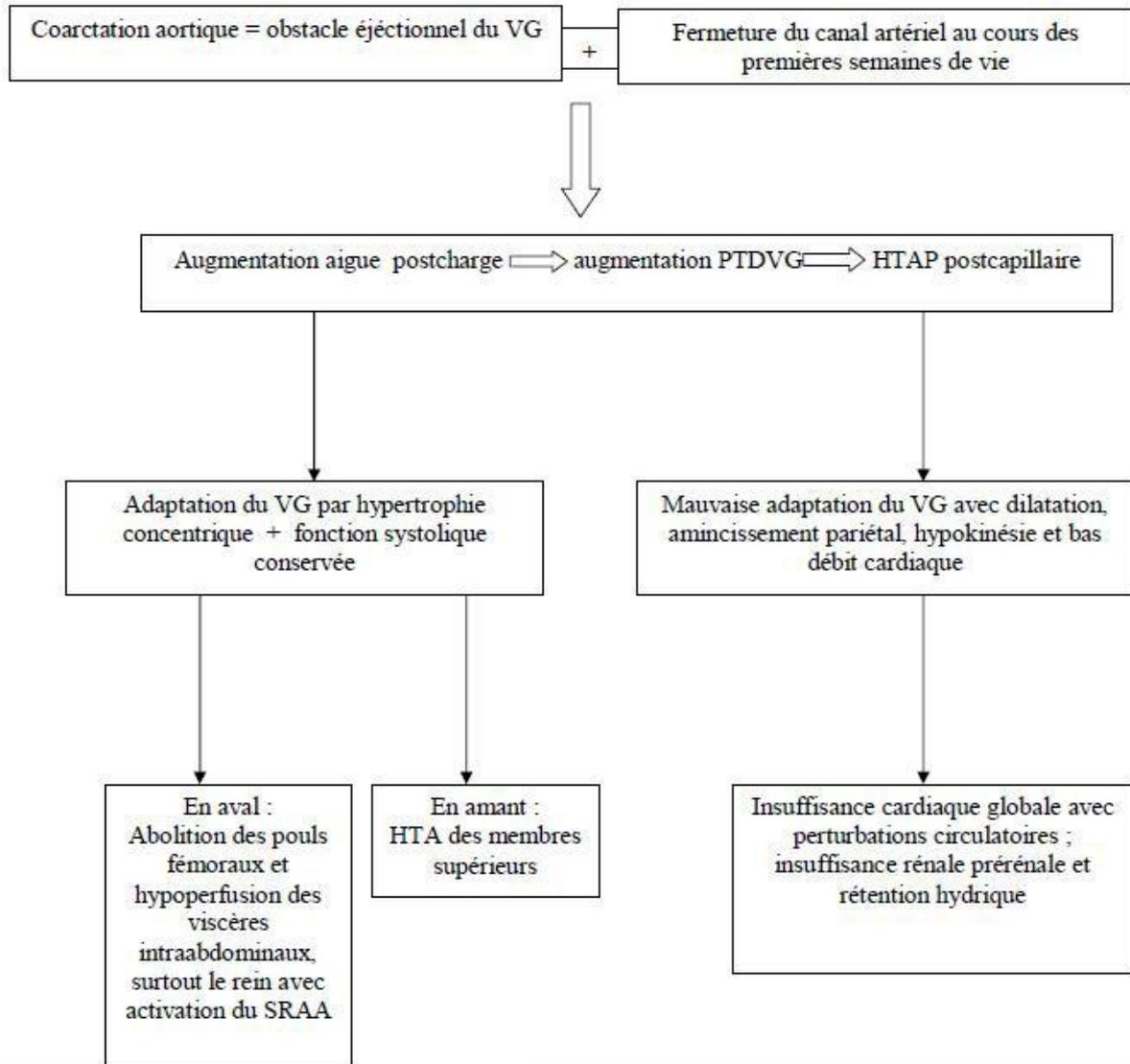


Figure 8 : Schéma illustrant les conséquences physiopathologiques de la coarctation de l'aorte.

VII. DIAGNOSTIC :

1. Présentation clinique :

Le diagnostic de coarctation aortique est avant tout clinique, la différence de palpation entre les pouls huméraux trop forts et les pouls fémoraux trop faibles ou absents, affirme le diagnostic.

Une hypoplasie de l'aorte sus jacente est fréquemment associée surtout en cas de communication inter ventriculaire. Elle peut englober la sous Clavière gauche diminuant d'autant le pouls huméral gauche, lorsqu'il s'y associe une sous Clavière droite rétro œsophagienne, le pouls huméral droit peut également être diminué ou aboli, dans ce cas, les pouls carotidiens sont parfaitement perçus voire trop forts [18].

Un souffle systolique doux est souvent perçu en sous claviculaire gauche et dans le dos, en position para vertébrale.

L'hypertension artérielle est habituelle et proportionnelle à l'importance de l'obstacle isthmique, le diagnostic est confirmé lorsqu'on trouve une différence de 20 mm Hg entre les membres supérieurs et inférieurs.

Il est également décrit que ces enfants peuvent avoir un comportement irritable lié à l'HTA et aux troubles digestifs [18].

2. Présentations paracliniques : [19] [20].

2.1. La radiographie thoracique :

La radiographie thoracique est sensiblement normale, avec un cœur dont la pointe peut être légèrement globuleuse.

2.2. L'électrocardiogrammes :

Après quelques jours voire semaines de vie, il peut apparaître une surcharge ventriculaire gauche.

2.3. L'échocardiographie doppler :

Elle confirme le diagnostic clinique de coarctation de l'aorte.

Elle précise son siège et son étendue chez le nourrisson, mais chez le grand enfant la qualité de l'image échographique de la région isthmique ne permet pas toujours de visualiser la coarctation.

Elle apprécie son retentissement sur l'importance de l'hypertrophie ventriculaire gauche et sur les indices de contractilité. La sévérité de l'obstacle est évaluée sur l'importance du gradient systolo-diastolique au doppler.

Elle recherche une hypoplasie aortique associée et d'autres anomalies.

2.4. L'angiographie numérisée :

Elle reste indiquée lorsque la qualité de l'image échographique de la région isthmique ne permet pas de visualiser la coarctation avec précision ou quand l'anatomie de la crosse prête à confusion.

Elle peut donc préciser son siège exact ainsi que son étendue.

2.5. L'imagerie par résonance magnétique :

Elle permet une analyse fine de la région isthmique, de plus c'est un examen non invasif.

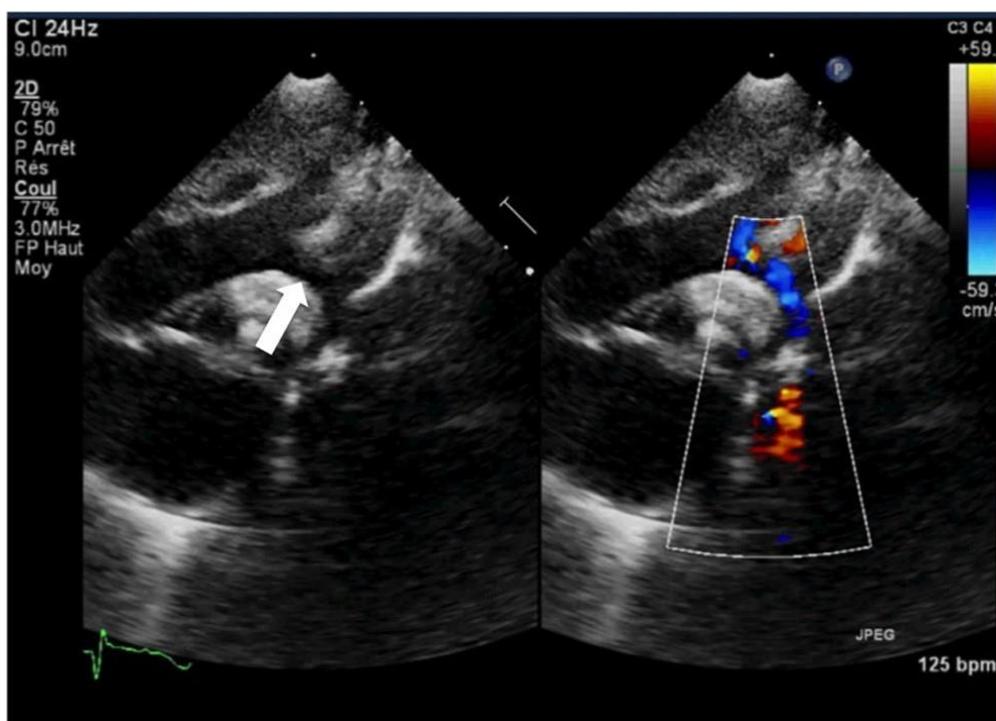


Figure 9 : Échographie néonatale sans et avec doppler couleur en coupe sagittale oblique d'une CoA à révélation précoce avec hypoplasie de l'aorte horizontale (flèche).

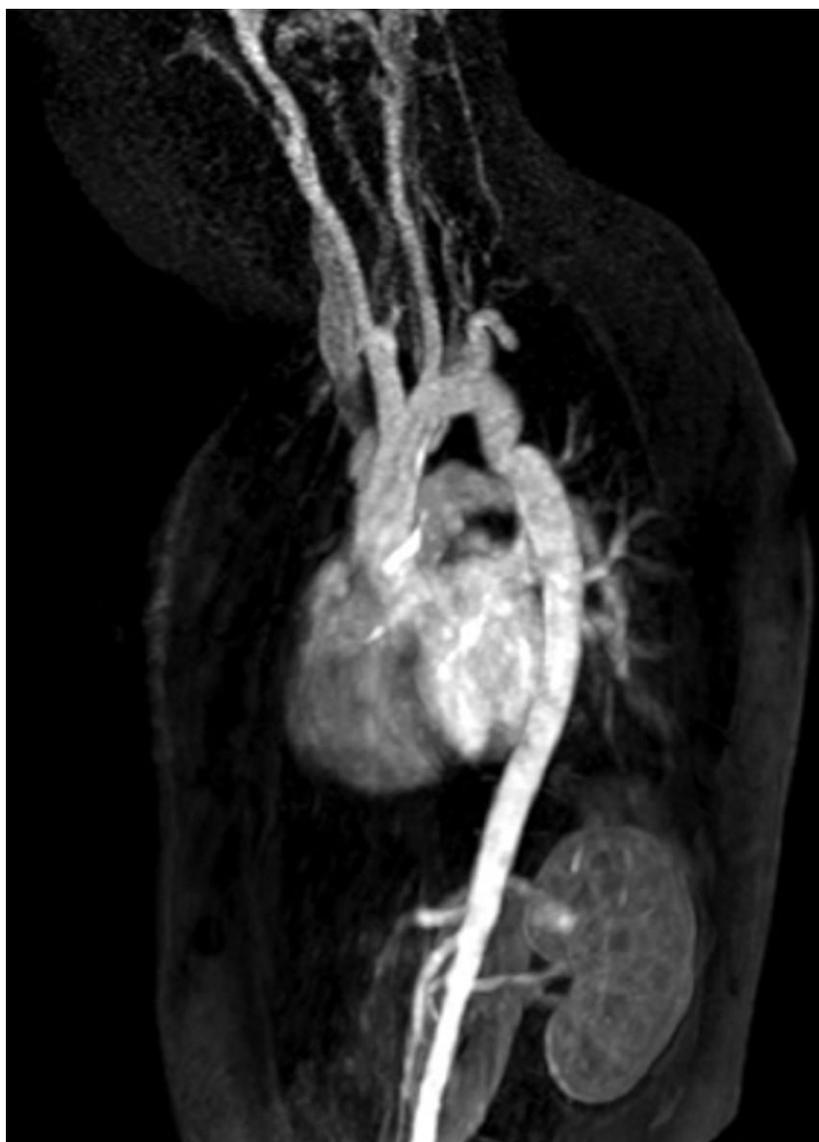


Figure 10 : Angio-IRM post-gadolinium, reconstruction 3D MIP d'une forme peu serrée chez une patiente avec syndrome de Turner.



Figure 11. Angioscanner dans une forme de diagnostic tardif pendant l'enfance, reconstruction 3D VR montrant les collatérales notamment à partir des artères mammaires internes et iliaques(flèche).

3. Formes anatomiques : [19] [20].

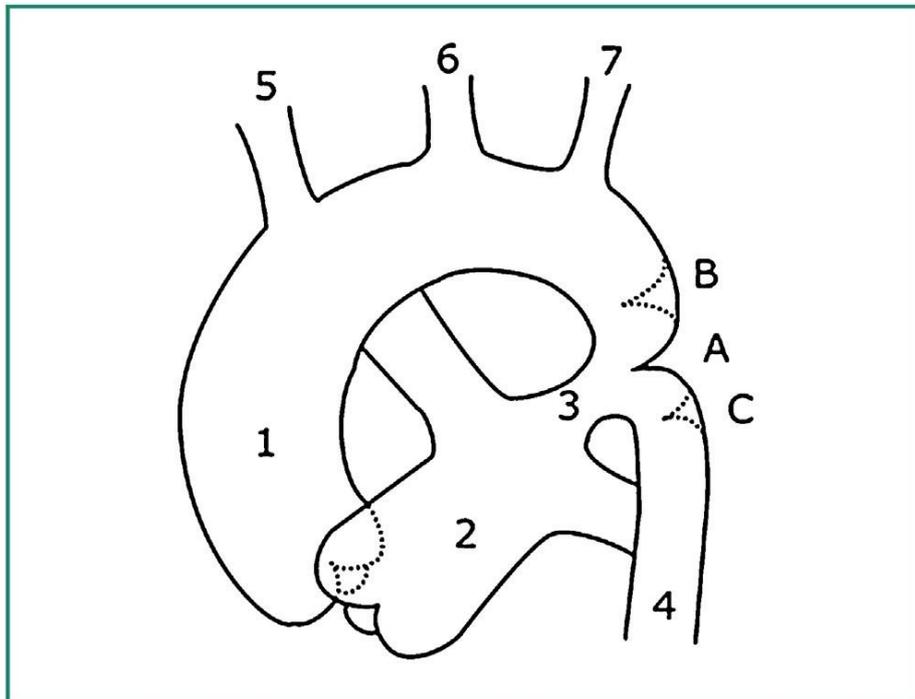


Figure 12 : Présentation schématique des sites de coarctation aortique : 1) aorte ascendante, 2) artère pulmonaire principale, 3) canal artériel, 4) aorte thoracique descendante, 5) tronc artériel brachio-céphalique, 6) carotide commune gauche, 7) sous-clavière gauche, A : site typique, B : forme préductale, C : forme postductales.

3.1. Selon le siège anatomique de la coarctation :

a. COARCTATION PRE-DUCTALE :

La coarctation est située en amont de l'isthme où se situe le ligament artériel.

Cette variété rare est généralement symptomatique précocement, chez le nouveau-né ou le nourrisson.

b. COARCTATION POST-DUCTALE :

La coarctation est située en aval du ligament artériel, le tableau clinique est généralement silencieux jusqu'à l'adolescence ou l'âge adulte où il entraîne des signes d'hypertension artérielle.

3.2. Selon le rapport avec l'artère sous clavier :

L'artère sous-clavière gauche, ou, parfois, l'artère sous-clavière droite dont le trajet dans ce cas est rétro-œsophagien peuvent naître au-dessous de la coarctation: les pouls et la tension artérielle sont abaissés du côté intéressé, la circulation collatérale se développe du côté opposé. Des phénomènes de vol sous-clavier peuvent s'observer. Parfois l'origine des deux artères sous-clavières est sous structurale [20].

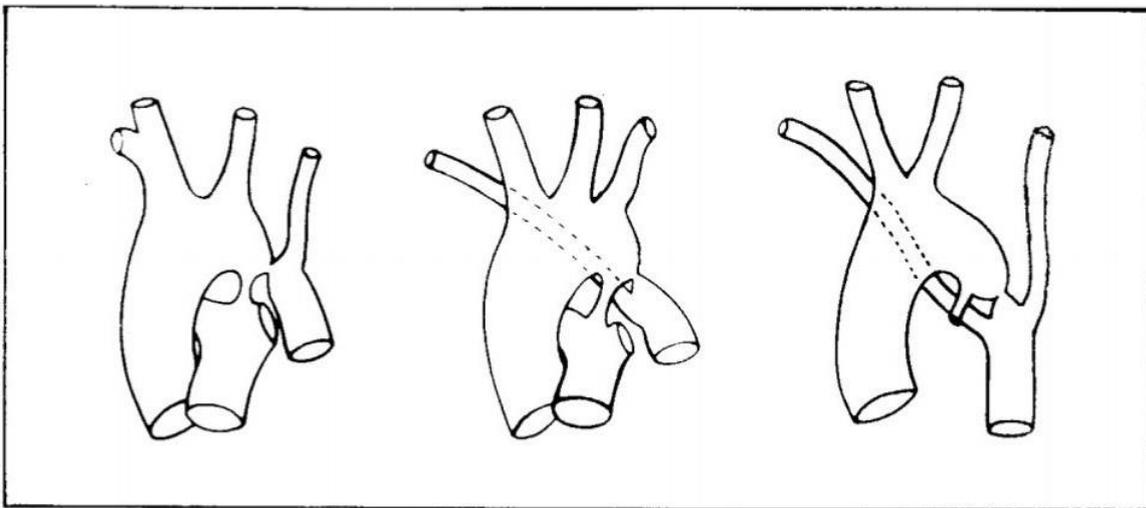


Figure 13 : Coarctation et sous-clavière. A gauche, la sous-clavière naît en aval de la coarctation et les pouls ne sont pas perçus au membre supérieur gauche. Au milieu, la sous-clavière droite est rétro-œsophagienne, elle naît en aval de la coarctation et les pouls ne sont pas perçus au membre supérieur droit. A droite, il y a l'association des deux et les pouls ne sont perçus à aucun membre.

3.3. Selon le degré de la sténose :

Il y'a des formes légères dites " angiographiques " où la réduction de la lumière aortique est inférieure à 50 % : elles relèvent d'une simple surveillance [20].

3.4. Selon l'étendu de la sténose :

Une hypoplasie aortique étendue peut poser un problème chirurgical difficile [20].

3.5. Selon les associations :

Les shunts associés, viennent au second plan : ils sont de faible importance, qu'il s'agisse d'un canal artériel sus- ou juxta structural, ou d'une petite communication interventriculaire.

Les malformations aortiques et mitrales souvent parlantes, peuvent néanmoins être méconnues : leur recherche doit être systématique, notamment en échocardiographie où elles sont aisément reconnues : bicuspidie aortique, présente dans 27 à 52 % des cas, sténose aortique, insuffisance aortique, l'une et l'autre pouvant compliquer une bicuspidie ; insuffisance et sténose de l'orifice mitral.

Plusieurs lésions sténosantes et étagées peuvent s'associer comme dans le complexe de Shone (valve mitrale en parachute, anneau supra valvulaire mitral, sténose sous-aortique et coarctation de l'aorte), Hypoplasie du cœur gauche, transposition (TGV/CIV/Coarctation, Taussig Bing), atrésie tricuspide ...

Elle peut, bien que rarement lorsque la coarctation est isolée, s'associer à d'autres malformations non cardiaques ou être associée à des anomalies chromosomiques comme le syndrome de Turner par exemple [20].

➤ Formes cliniques :

- **Sans défaillance ventriculaire gauche**

Le plus souvent, la découverte fortuite d'un souffle, d'une hypertension

artérielle ou d'une abolition des pouls fémoraux conduit au diagnostic chez un nouveau-né, un nourrisson ou un enfant asymptomatique [9].

Les complications de ce type de coarctation sont le fait de diagnostics tardifs :

- L'HTA peut devenir menaçante et source de complications (convulsions). Au-delà de 10-15 ans d'évolution, elle peut devenir irréversible [20].
- L'évolution peut se faire vers une myocardopathie hypokinétique non hypertrophique dont la réversibilité est incertaine [13].
- **Avec défaillance ventriculaire gauche**

Habituellement, la survenue précoce d'une insuffisance cardiaque parfois dramatique chez un nouveau-né ou plus rarement un nourrisson conduit au diagnostic.

Après une phase de latence de quelques jours après la naissance, survient une insuffisance cardiaque globale sévère pouvant aller jusqu'au collapsus. Les signes de coarctation sont souvent masqués par les symptômes d'insuffisance cardiaque aigue, avec une pression artérielle basse et une abolition ou une forte diminution de tous les pouls périphériques [20].

En l'absence de traitement, l'évolution est souvent fatale. C'est une urgence thérapeutique, la constatation anténatale de petites cavités gauches et d'une crosse aortique étroite devrait attirer l'attention et permettre, par un examen écho cardiographique néonatal, de confirmer le diagnostic puis de traiter la coarctation avant la survenue de l'insuffisance cardiaque [18,21].

- Coarctation complexes : [13]

La coarctation peut s'inscrire dans un contexte de malformation cardiaque plus complexe comme le ventricule unique ou le canal atrioventriculaire complet. Elle peut, bien que rarement lorsque la coarctation est isolée, s'associer à d'autres malformations non cardiaques ou être associée à des anomalies chromosomiques comme le syndrome de Turner par exemple.

VIII. DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL :

Le diagnostic de coarctation est facile pour peu qu'on palpe les pouls aux quatre membres et que l'on mesure la tension artérielle : c'est la différence entre membres supérieurs et inférieurs qu'il faut mettre en évidence, car les modifications, prises isolément, peuvent sembler discrètes. L'auscultation reste parfois pauvre, la radiographie thoracique normale, ainsi que l'ECG.

Les encoches costales connaissent d'autres étiologies, à vrai dire rares cardiopathies cyanogènes à faible débit pulmonaire, fistules artérioveineuses, tumeurs neurogènes.

Le diagnostic le plus trompeur est celui de la pseudocoarctation ou "kinking " de l'aorte : le souffle peut prêter à confusion, mais il n'y a pas de gradient tensionnel ni de circulation collatérale. L'échocardiographie avec Doppler, et l'IRM lèvent en général facilement le doute en montrant l'absence de gradient, et l'aspect particulier de l'aorte trop longue et sinueuse. Mais on sait que coarctation et " kinking " peuvent coexister, et que le kinking peut se compliquer de coarctation [20].

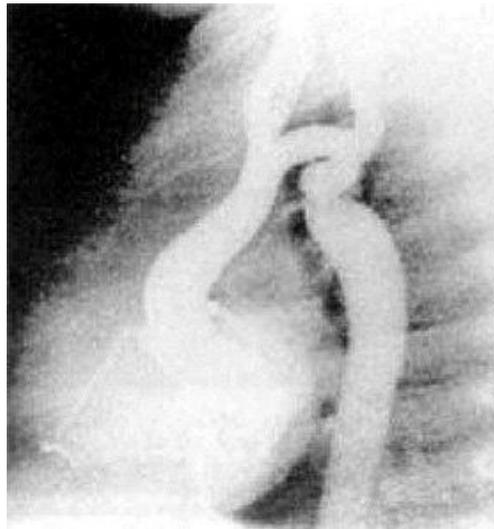


Figure 14. Coarctation et communication inter auriculaire. " Kinking " aortique (aorte" trop longue "et sinuosité en epsilon). Petit canal artériel juxtastrictural

IX. PRISE EN CHARGE :

1. But du traitement : [20]

Le traitement de la coarctation de l'aorte vise à améliorer l'espérance et la qualité de vie en réduisant l'incidence des affections invalidantes aortiques et cardiaques telles que l'anévrisme de l'aorte ascendante, les maladies coronariennes, l'hypertension artérielle et les valvulopathies aortiques et mitrales.

2. Les moyens de traitements : [20], [22]

2.1. Traitement Chirurgical :

- L'intervention de Crafoord : résection de la zone coarctée et anastomose terminoterminal qui correspond à une suture bout à bout des deux segments sus- et sous-jacents.

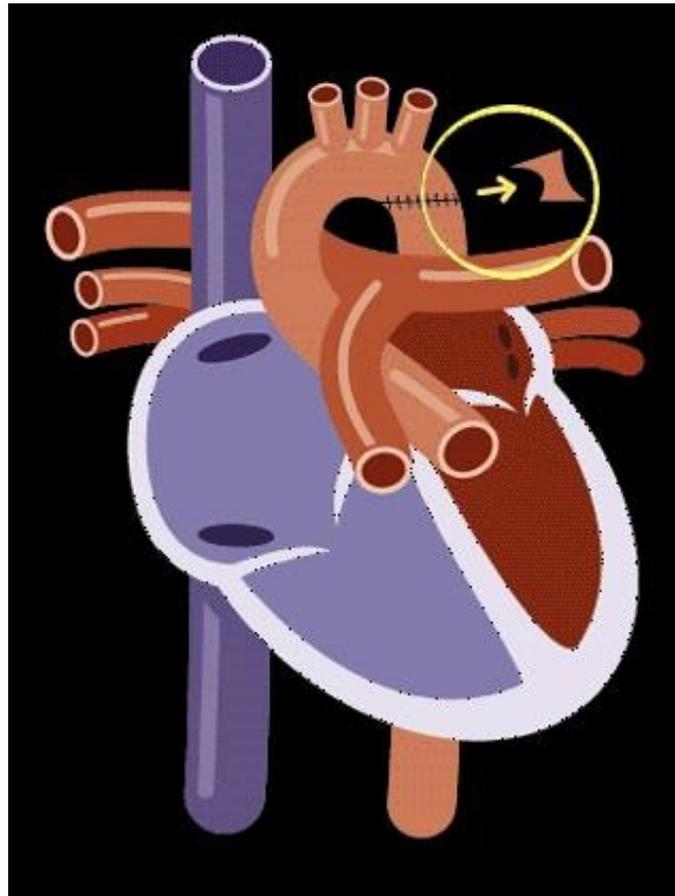


Figure 15 : Le principe de L'intervention de Crafoord

- L'intervention de Crafoord modifié : résection de la zone coarctée et anastomose terminoterminal pouvant être complétée par une plastie extensive de l'aorte horizontale.
- L'intervention de Waldhausen ou volet sous clavier : l'artère sous clavière gauche est sectionnée et basculée vers le bas pour élargir l'isthme aortique.
- L'aortoplastie par patch prothétique.

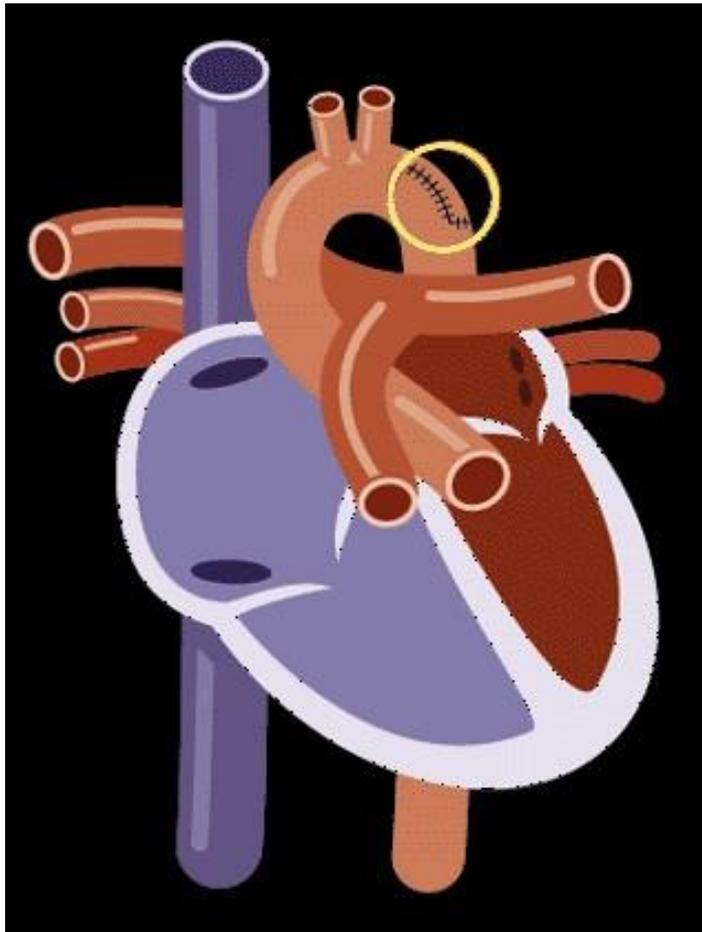


Figure 16 : L'aortoplastie par patch prothétique.

- L'Intervention chirurgicale de Blalock–Clagett : elle se pratique quand celle de Crafoord n'est pas possible. Au cours de l'intervention de Blalock–Clagett le chirurgien pratique une anastomose de l'artère sous-clavière gauche avec l'aorte au-dessous de la sténose. Il s'agit d'une anastomose terminoterminal de Clagett obtenue après avoir procédé à la résection de l'isthme qui est rétréci (sténosé).

Elle est également utilisée pour réaliser une intervention de type termino-latérale de Blalock quand la résection est impossible.

- La résection et l'interposition d'une prothèse vasculaire (tube) ou d'un autre bypass.

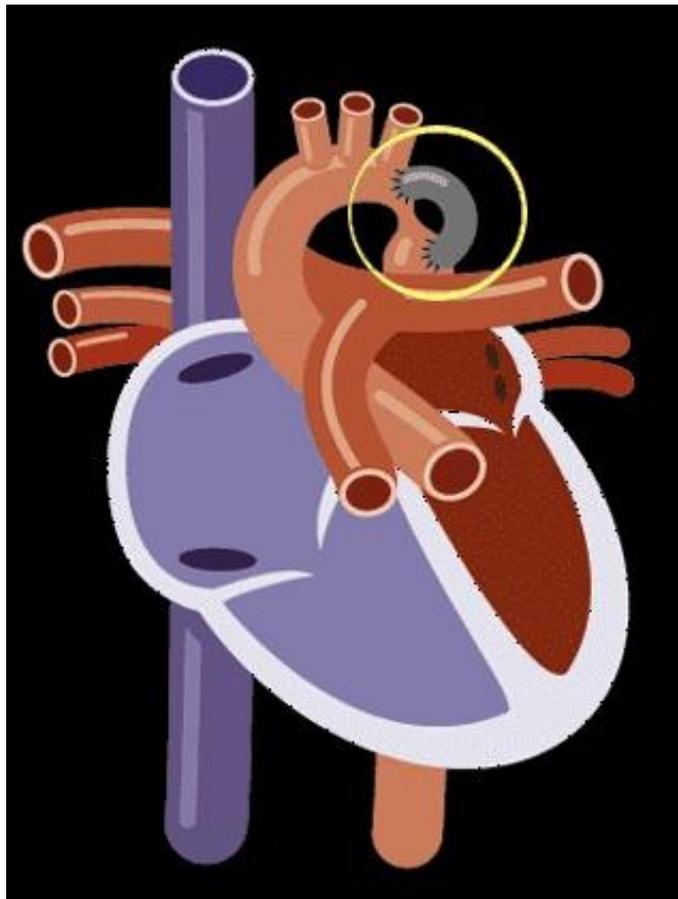


Figure 17 : Mise en place d'une prothèse vasculaire

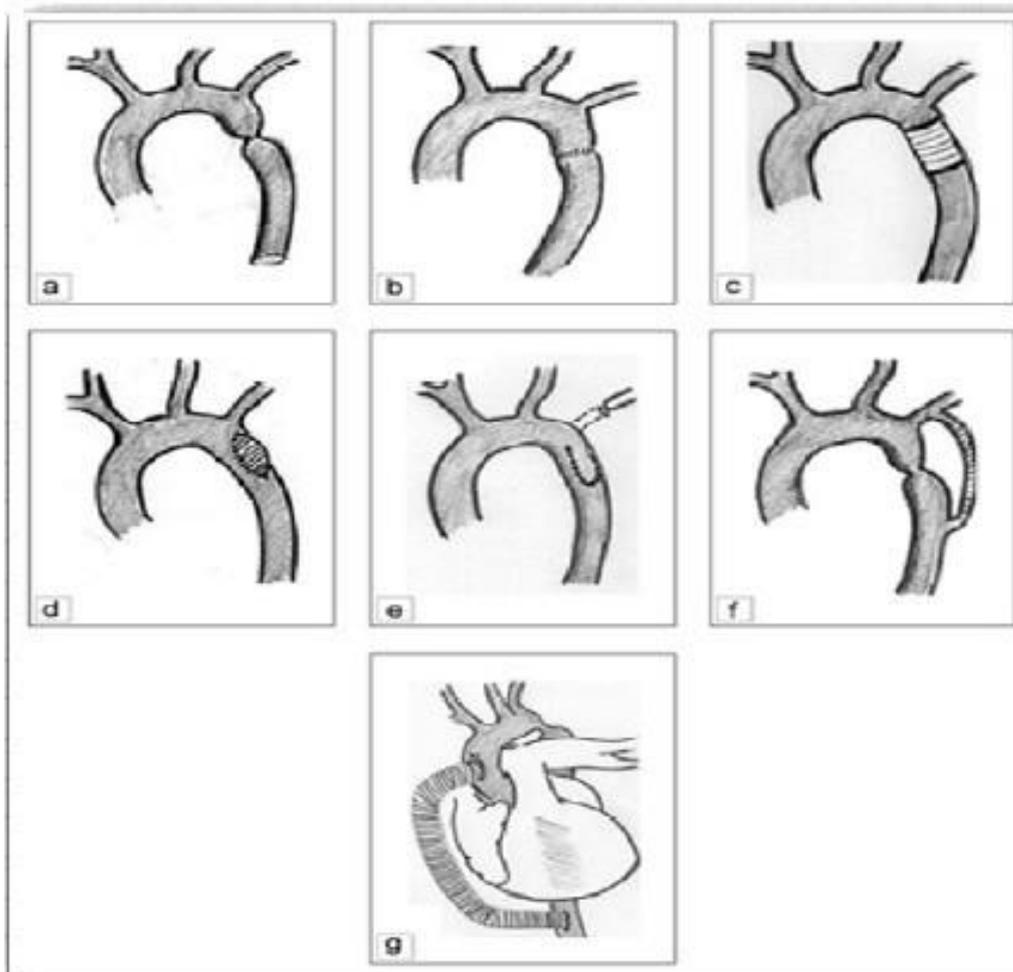


Figure 18 : Techniques de reconstruction chirurgicale dans les coarctations

- a. Situation initiale.
- b. Résection anastomose directe.
- c. Résection interposition de prothèse.
- d. Patch d'aortoplastie.
- e. Flap sous clavier
- f. Pontage sous-Calvo-aortique
- g. Pontage aorte ascendante - descendante par voie antérieure, extra anatomique.

2.2. Traitement endovasculaire : [23]

a. Angioplastie aortique percutanée par sonde a ballonnet :

La procédure est menée sous surveillance permanente des constantes habituelles (rythme cardiaque, tension artérielle, respiration, oxygénation) et sous héparine (100 à 150 mg/Kg, une deuxième dose à 75 mg /Kg est nécessaire si la procédure dépasse 2heures).

Elle est réalisée sous anesthésie local avec une simple sédation ou sous anesthésie générale.

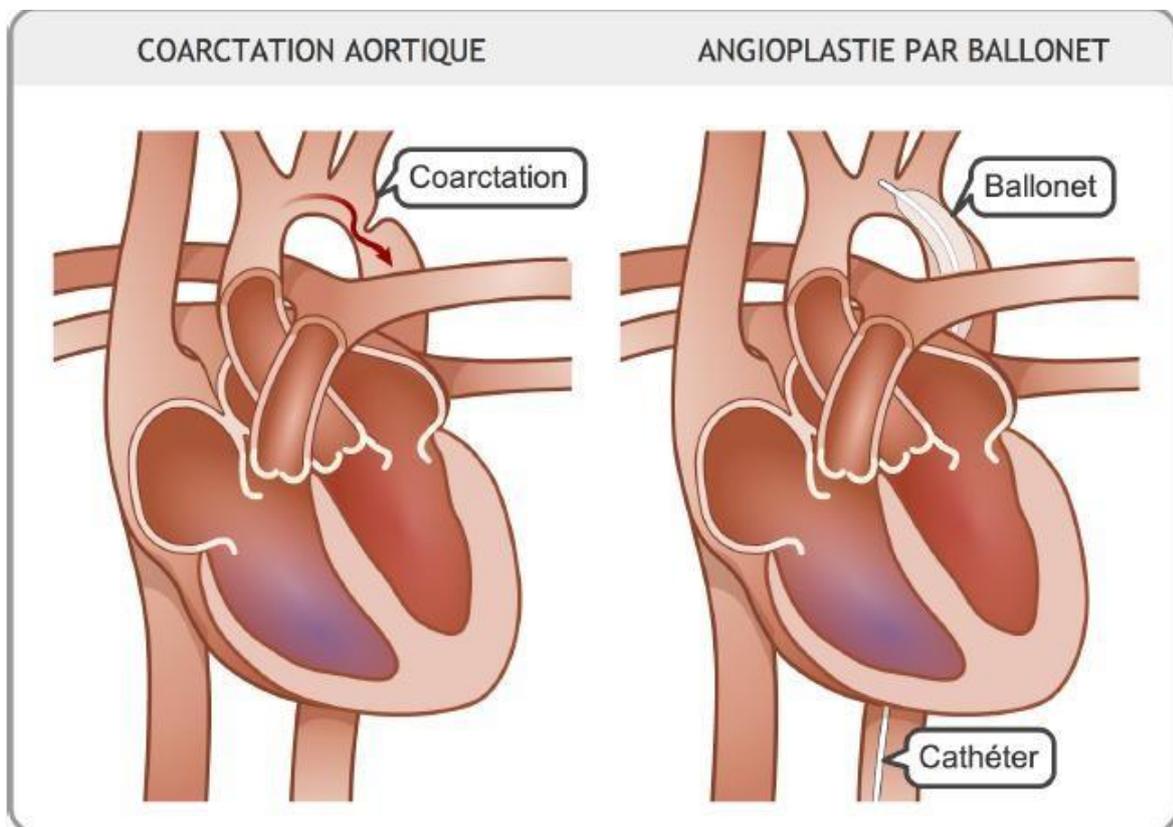


Figure 19 : Procédure d'une angioplastie par ballon d'une CoA.

Elle est faite au cours d'un cathétérisme, le plus souvent par voie artérielle fémorale (voie rétrograde), parfois par voie axillaire (voie antérograde) et chez le nouveau-né par voie ombilicale (voie rétrograde).

Ce cathétérisme permet de mesurer le gradient de pression de part et d'autre de la sténose, par retrait, ou de préférence par mesure simultanée des pressions en amont et en aval. Une aortographie est réalisée, le plus souvent en incidence oblique antérieure gauche et de profil. Les diamètres de l'aorte ascendante, transverse, de l'isthme de la coarctation, de l'aorte descendante au-dessous de la coarctation et au niveau du diaphragme sont mesurés.

Un guide d'échange, dont l'extrémité recourbée en large boucle, est placé soit dans le ventricule gauche, soit dans l'aorte ascendante, permet l'introduction de la sonde à ballonnet. La longueur du ballon varie entre 2 et 4 cm.

Le choix du diamètre du ballon varie selon les auteurs :

- 1 à 1,5 mm au plus, supérieur au plus petit diamètre de l'aorte, soit en amont (c'est le cas le plus fréquent), soit en aval de la sténose.
- 1 à 2 mm à celui de l'aorte au niveau de l'artère sous-clavière mais jamais supérieur à celui de l'aorte au niveau du diaphragme.
- Ce diamètre peut être 2 à 3 fois celui de la coarctation.

A travers le guide d'échange déjà en place, la sonde à ballonnet est montée puis positionnée au centre de la coarctation. Un gonflage, à faible pression du ballonnet rempli de produit de contraste dilué, permet de repérer, l'encoche due à la sténose et la faire coïncider avec le milieu du ballonnet. La position du ballonnet doit respecter le flux dans les vaisseaux de l'arche aortique principalement la carotide gauche. Une surveillance, par échographie doppler, de la carotide gauche est utilisée par certaines équipes pour monitorer le flux sanguin cérébral pendant l'inflation du ballonnet, la position du ballonnet sera ajustée si le signal de flux de la carotide gauche est compromis.

Le ballonnet est alors gonflé pendant des durées courtes (5 à 10 secondes) mais répétitives (2 à 5 fois) jusqu'à la disparition de l'encoche due à la sténose utilisant des pressions faibles au départ et des pressions plus élevées si nécessaire.

Les pressions d'inflation sont contrôlées par un manomètre adapté selon les recommandations préconisées par les laboratoires pour le style choisi (de 3 à 10 atmosphères). Sur le guide d'échange laissé en place dans l'aorte ascendante est montée une sonde qui permet une étude hémodynamique et angiographique de contrôle. L'angioplastie est répétée avec un ballonnet plus large (mais jamais supérieur au diamètre de l'aorte au niveau de diaphragme), si le gradient résiduel est supérieur à 20 mm Hg avec des évidences angiographiques de persistance de la sténose sans lésions intimaux significatives.

b. Angioplastie combinée à la mise en place d'endoprothèse :

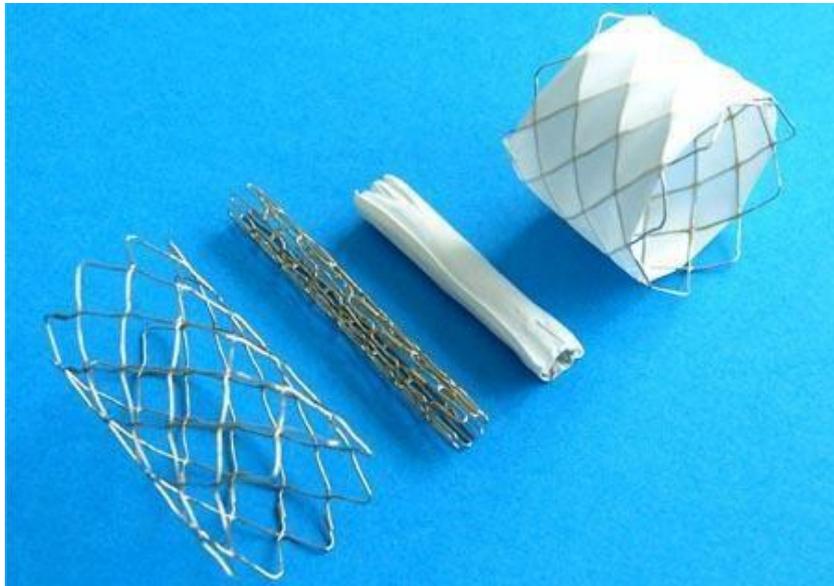


Figure 20 : Image montre les différents types de stent CP.

La procédure est menée sous surveillance permanente des constantes habituelles (rythme cardiaque, tension artérielle, respiration, oxygénation) et sous héparine. Elle est réalisée en décubitus dorsal et sous anesthésie local avec une simple sédation ou sous anesthésie général.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

La voie d'abord se fait à partir de l'artère fémorale commune gauche par la ponction de cette dernière (percutanée /abord chirurgical) avec mise en place d'un introducteur 5F et montée d'un guide Terumo 0,035'' (260cm), on pousse le guide dans l'aorte thoracique jusqu'au le franchissement de la sténose puis on le positionne dans l'aorte ascendante. L'introducteur 5F sera échangé par un autre introducteur 11F, on introduit un cathéter guide droit (1mètre) puis on échange le guide Térumo Par une Amplatz (180cm).

A travers le guide, la sonde a ballonnet de 16mm/08cm est montée puis positionnée au centre de la coarctation. Un gonflage à faible pression du ballonnet rempli de produit de contraste dilué, permet de repérer (repérage osseux) et de marquer l'encoche de la sténose. On retire le ballon et on place le stent CP (cheathman platinum) dans la partie moyenne du ballon, on remonte le ballon dans l'aorte thoracique et on positionne le stent au niveau de site marqué. Le stent est ensuite largué avec toute prudence de migration, une fois largué on retire le ballon et on insère un cathéter Pigtail dans l'aorte ascendante. On réalise une acquisition de contrôle par un injecteur semi-automatique.

Le résultat permet de juger le besoin de réaliser une deuxième angioplastie par sonde à ballonnet.

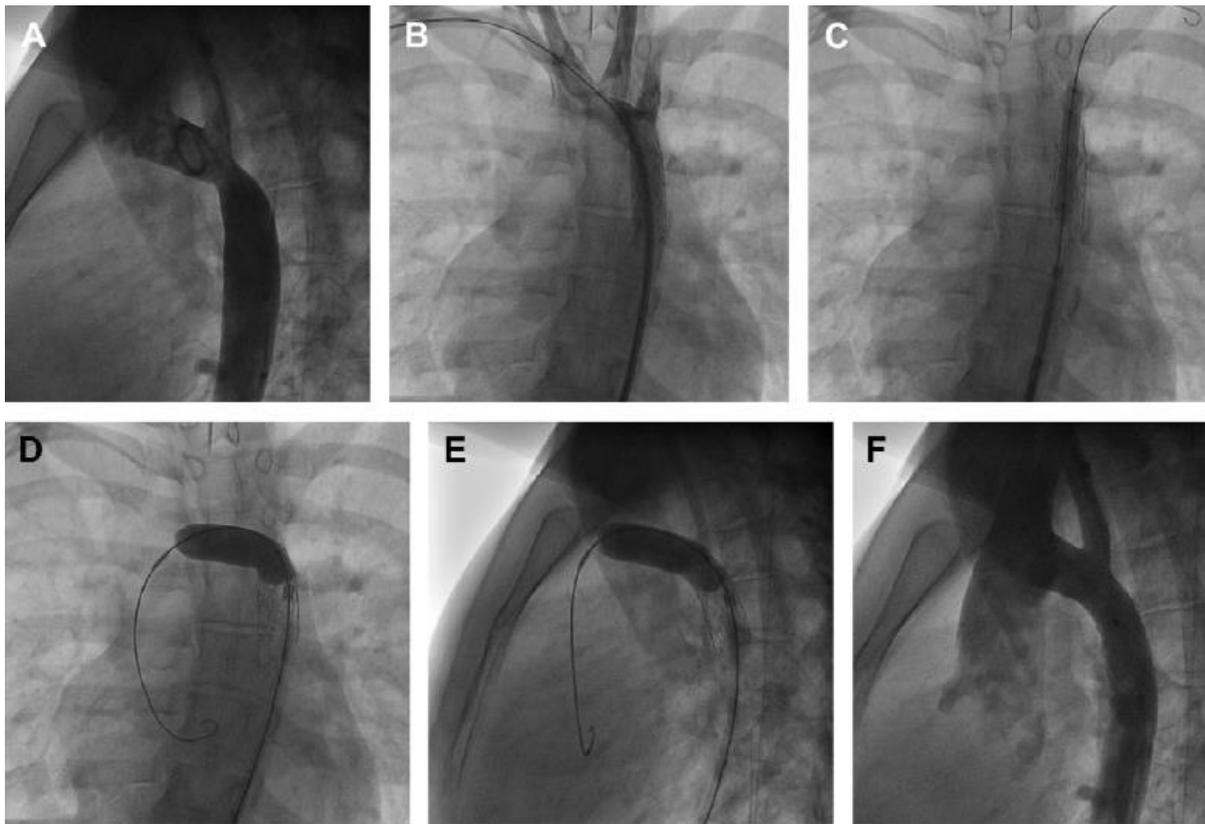


Figure 21 :

- A. Vue latérale montre une CoA modérée au niveau de l'isthme aortique.
- B. Vue antéro postérieure montre le guide Rosen à droite de l'artère sous-clavière.
- C. Le guide est situé à gauche de l'artère sous claviculaire mené d'un ballon de 6mm pour placer le stent à la paroi artérielle.
- D. E : Vue antéro postérieure et latérale montre le guide situé au niveau l'aorte ascendante, de sorte que l'extrémité inférieure du ballon fixe le stent contre la paroi de l'arche aortique.
- F : L'arche est dilatée d'une façon appropriée par le stent.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE



Figure 22 [24] : Angio TDM montrant une coarctation de l'aorte thoracique descendante.

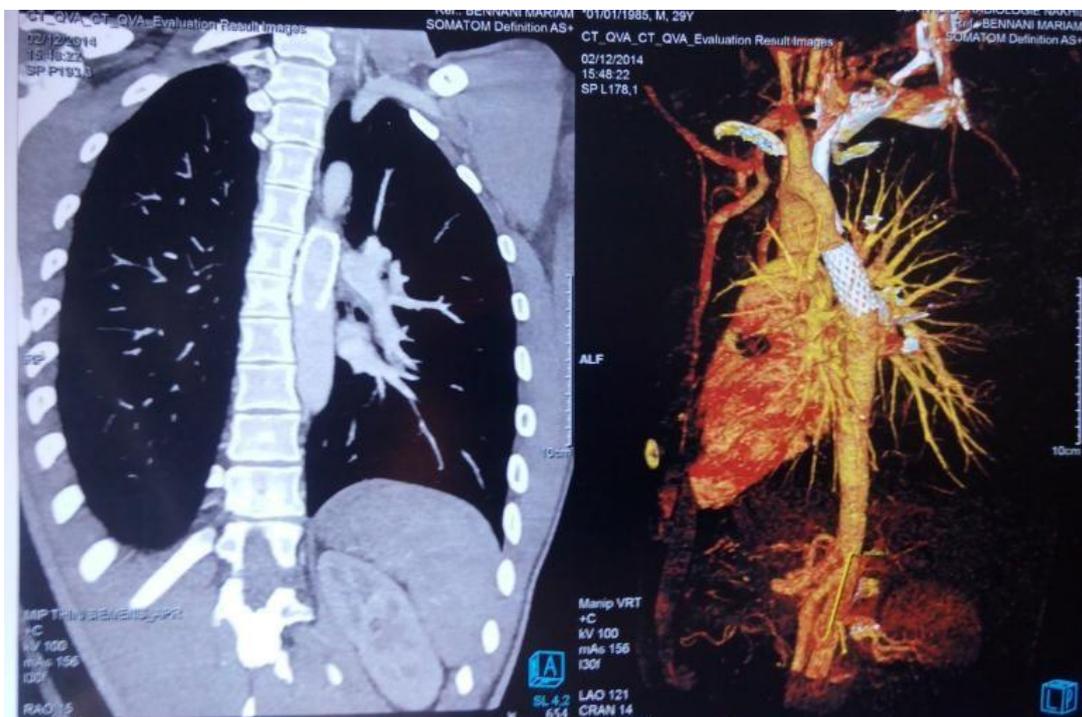


Figure 23 [24] : angio TDM de contrôle 3 mois après l'intervention montrant l'aorte thoracique dilatée d'une façon appropriée.

PARTIE PRATIQUE

I. MATERIEL ET METHODE

A. PATIENTS :

Nous avons effectué une étude rétrospective, portant sur 37 cas de coarctation de l'aorte, colligés dans le service de Pédiatrie et de réanimation néonatale au CHU Hassane II de Fès durant une période de 9 ans, allant de janvier 2011 au 11 mai 2020.

Les caractéristiques cliniques, les données des différents examens complémentaires, les indications, les moyens et les méthodes thérapeutiques, ainsi que les résultats du traitement ont été analysés.

Tous les patients ont été diagnostiqué à Fès par le Pr Atmani. L'acte chirurgicale est réalisé par plusieurs chirurgiens, la dilatation percutanée est réalisée par un seul operateur le Pr Atmani cardio-pédiatre au CHU de Fès

CRITERES D'INCLUSION :

Dans notre étude, les critères d'inclusion sont les suivants :

- Patients d'âge pédiatrique au moment du diagnostic (âgés de 0 à 15 ans).
- Patients opérés pour une coarctation de l'aorte et ayant gardé un gradient plus de 40 mmhg entre 0 et 15 ans.
- Patients ayant une coarctation de l'aorte, qu'elle soit native ou une re-coarctation après le traitement chirurgicale avant l'âge de 15ans.

B. FICHES D'EXPLOITATION (Annexe 1) :

Nous avons consigné sur une fiche d'exploitation préalablement établie par nos soins les données recueillies à partir des dossiers cliniques des patients, du registre informatisé des cardiopathies pédiatriques de l'unité médico-chirurgicale de cardiologie pédiatrique, du système informatisé intégré Hozix, des registres d'hospitalisation au service de pédiatrie et de réanimation néonatale.

C. ANALYSE STATISTIQUE :

Le recueil des données a été fait par la fiche d'exploitation et la saisie et le calcul ont été réalisés à l'aide du logiciel Excel.

RESULTATS

I. EPIDEMIOLOGIE :

Durant la période de notre étude, allant de Janvier 2011 au 11 mai 2020, 37 cas de coarctation de l'aorte ont été pris en charge au service de Pédiatrie et de réanimation néonatale au CHU Hassane II de Fès.

1. Age :

L'âge des patients au moment du diagnostic était compris entre 10jours et 14ans, avec une moyenne de 3ans.

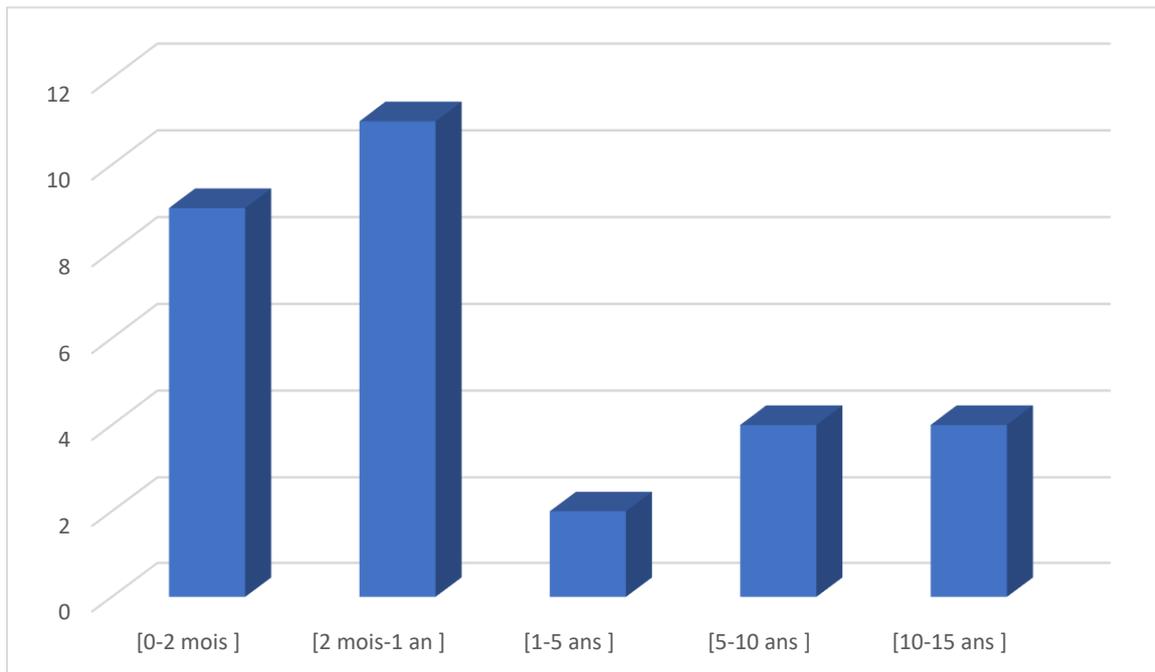


Figure 24. Âge au moment de diagnostic

2. Sexe :

Sur les 37 cas de notre série, 9 (24.32%) étaient de sexe féminin et 28 (75.68%) de sexe masculin ; soit un sexe ratio F/H de : 3.11.

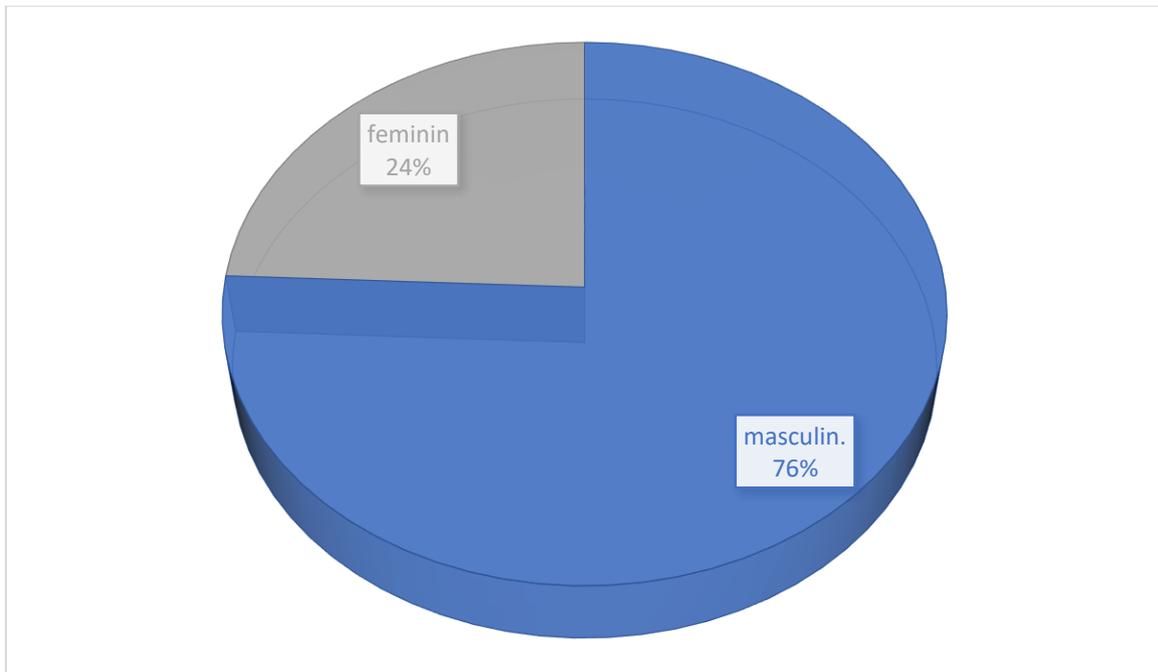


Figure 25 : Répartition de la coarctation selon le sexe

3. Facteurs étiologiques :

Dans notre série, il n'y a pas de cas similaire dans la famille, cependant on note un cas de décès dans la fratrie à l'âge de 4 mois dans un contexte de mort subite, un cas de grossesse gémellaire avec G2 sain.

a. ATCDs personnels

Notre étude a décelé 5 cas de syndrome dysmorphique dont 2 cas de Turner chez des filles âgées de 18 jours et 6 ans, et un cas de Williams Beuren chez un garçon de 3 ans.

b. Pathologies maternelles

On a trouvé 3 cas d'anamnèse infectieuse positive et 1 cas de mère thalassémique transfusée au 3^{ème} trimestre.

4. Consanguinité :

La notion de consanguinité parentale est notée chez 11 de nos patients, soit dans 29.72% des cas, reparti selon 3 degrés, dont la majorité est de premier degré.

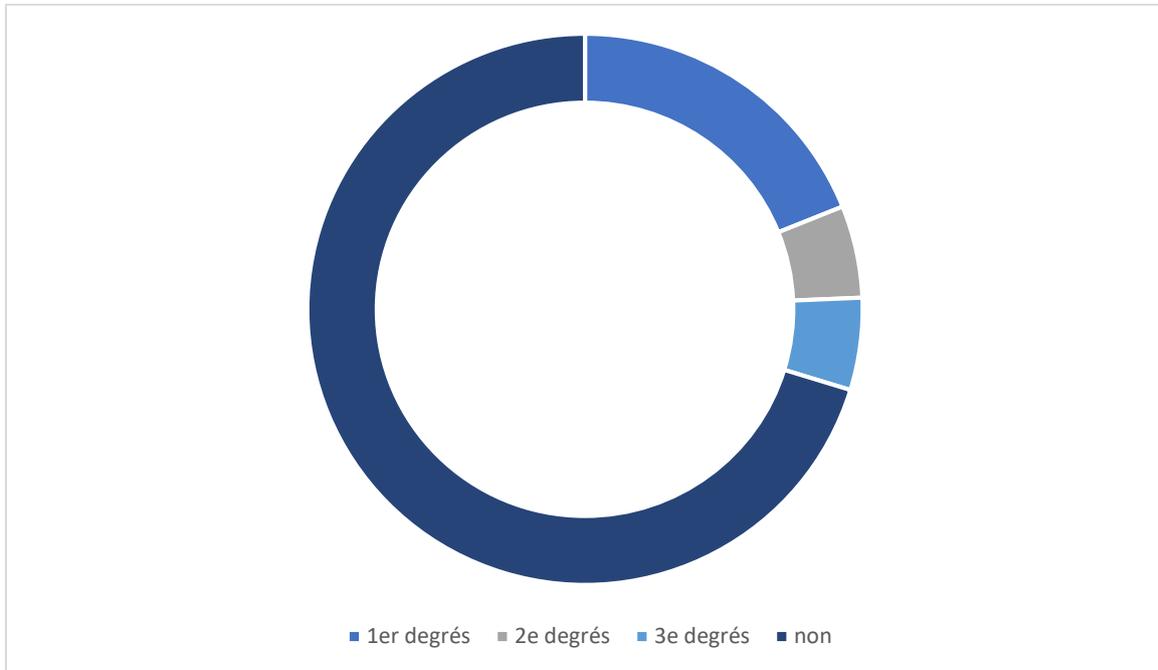


Figure 26. Répartition de la coarctation selon la consanguinité

5. Les lésions extracardiaque associées :

Nous avons colligé un cas d'uropathie malformative découverte lors du suivie anténatal, ainsi qu'un cas d'IRCT sous DP.

II. ETUDE CLINIQUE :

1. Circonstances de découverte :

Dans notre étude, les signes cliniques ayant été à l'origine de la découverte chez nos patients de la coarctation de l'aorte étaient dénombrés par ordre décroissant comme suit :

- Dyspnée : la dyspnée a ramené 8 de nos malades à consulter soit un pourcentage de 21.62%
- Détresse respiratoire : la DR a été signalée chez 7 patients, soit dans 18.91% des cas.
- Découverte fortuite d'un souffle lors de l'examen clinique : aussi cette situation a été décrite chez 7 patients, soit dans 18.91%.
- Cyanose : elle était au premier plan chez 4malades, soit dans 10.81% des cas.
- L'HTA : a été révélatrice chez 3 patients, soit dans 8.1% des cas.
- L'insuffisance cardiaque : est à l'origine de la découverte de la coarctation chez 3cas, soit dans 8.1% des cas.
- Les troubles alimentaires : il a été soulevé chez 2 patients, soit dans 5.4% des cas.
- Un cas de myalgies des MI.
- Un cas de convulsion partielle avec fatigabilité.
- Un cas de masse pulsatile sus sternale.

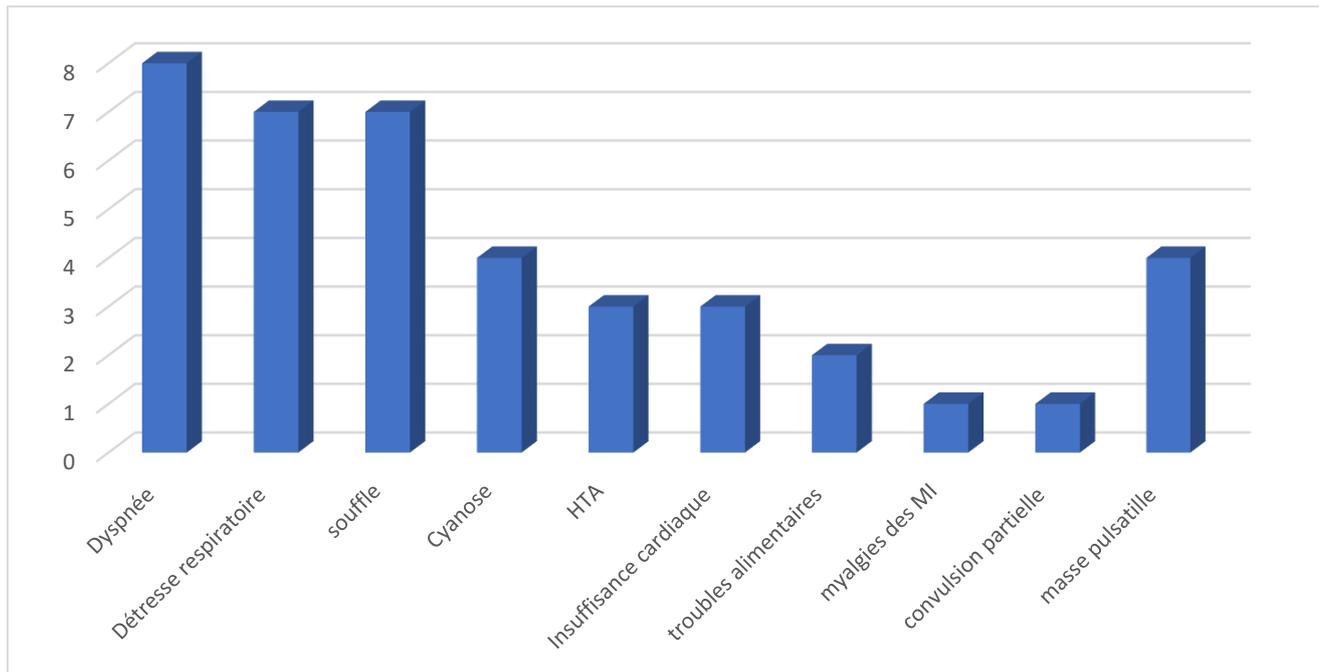


Figure 27. Circonstance de découverte

2. Signes cliniques

- Les Pouls fémoraux : Dans notre série : Les pouls fémoraux sont diminués chez 30 patients et absents chez 3 autres. Le pouls diminué ou abolis constitue le principal signe de la pathologie étudié qui est pathologique chez la majorité des malades de notre série soit 89% d'où l'intérêt de palper les pouls fémoraux systématiquement à la naissance.
- La tension artérielle : L'hypertension artérielle est définie (selon le sexe, l'âge et la taille) comme une pression artérielle systolique ou diastolique, mesurée à plus de 3 reprises, supérieure au 95e percentile. Une HTA aux membres supérieurs avec hypotension artérielle aux membres inférieurs a été trouvée chez 16 patients soit 60% des cas.
- Les auscultations pathologiques : L'auscultation cardiaque a trouvé 30 patients avec un souffle systolique soit 81% des cas.

- L'insuffisance cardiaque : 16% des patients ont des signes d'insuffisance cardiaque : hépatomégalie, œdèmes des membres inférieurs, tachycardie et bruit de galop.

III. EXAMENS COMPLEMENTAIRES :

1. Radiographie pulmonaire :

Tous nos malades ont bénéficié d'une radiographie thoracique de face. On note la présence d'une cardiomégalie chez 23 cas soit un taux de 62%.

2. ECG :

Il n'est pas spécifique, Chez le nouveau-né : il montre habituellement une HVD isolée, rarement qu'on trouve une hypertrophie ventriculaire combinée en cas de désadaptation ventriculaire, des troubles de la repolarisation sont fréquents on les attribue à l'atteinte coronarienne, myocardique, ou péricardique. Chez le grand enfant, l'ECG est normal ou aspect de BBD, l'HVG apparaît plus tardivement (retentissement de l'HTA).

Dans notre série, l'HVG est présente chez 42% des cas.

3. Echocardiographie doppler :

Cet examen a été réalisé chez tous les patients de notre série et il a permis de poser le diagnostic de Coarctation de l'aorte dans 100% des cas. Il a aussi permis d'étudier les paramètres suivants :

- Dilatation des cavités cardiaques :

Dans notre série on constate que 21 malades avaient un VG et une OG dilatés soit un taux de 56%, 2 malades avaient un VD dilaté soit un taux de 5%, et 1 malade avait un OD dilaté soit un taux de 2.7%.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

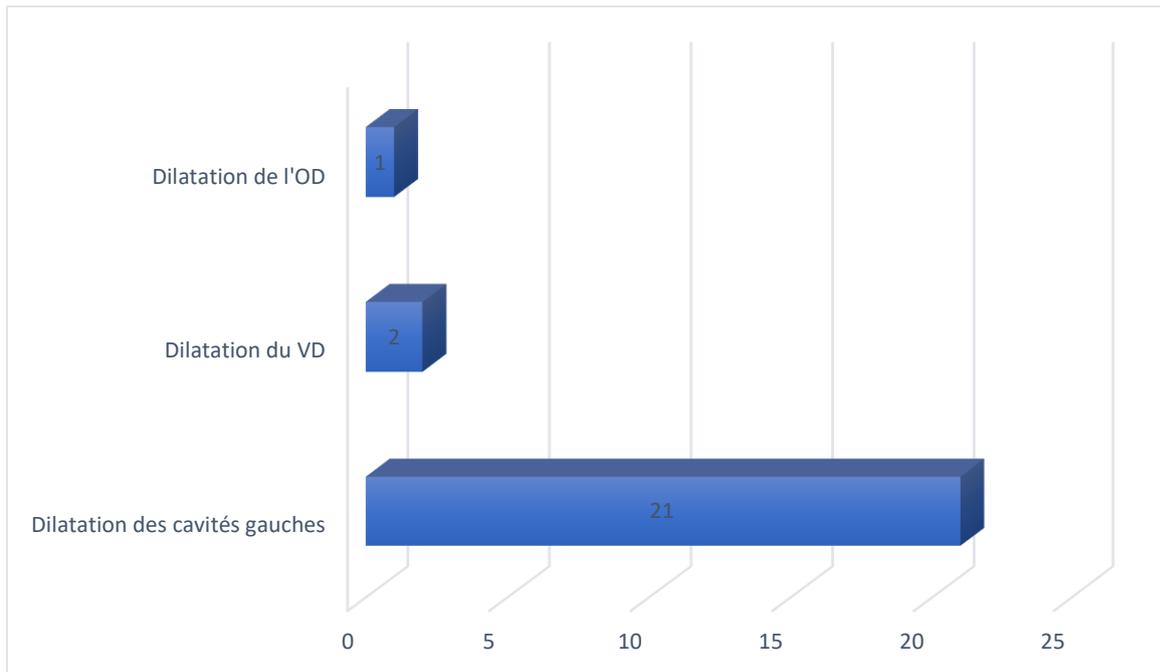


Figure 28 : Dilatation des cavités cardiaques

- La présence d'HTAP :

Elle était présente chez 12 malades soit un taux de 32.43%.

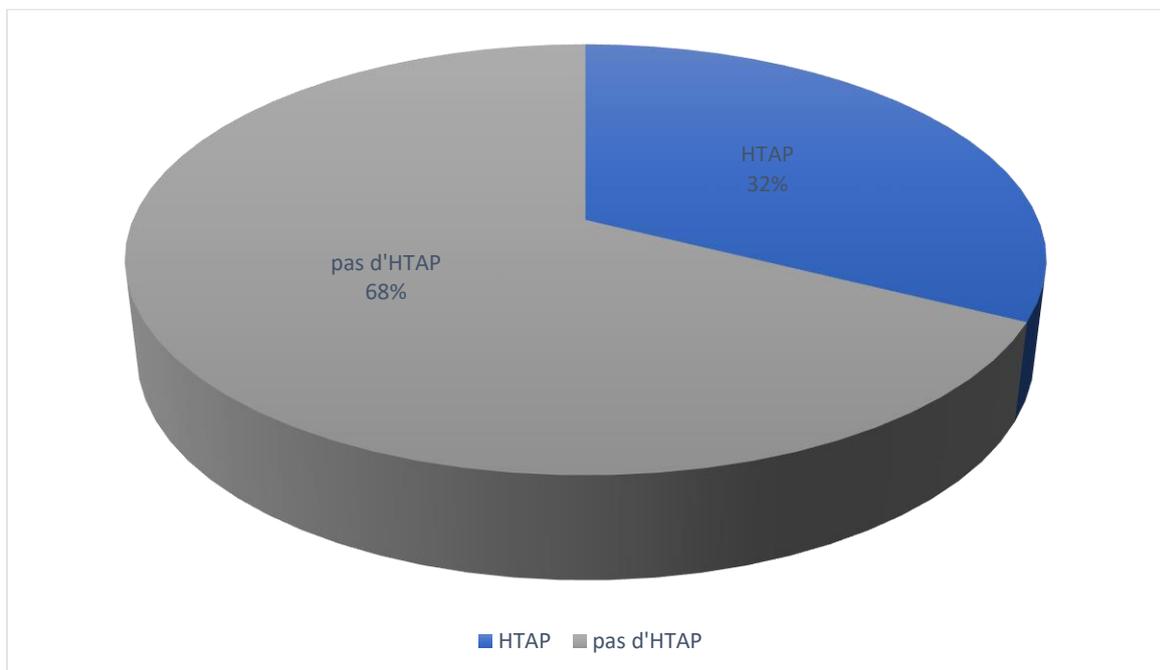


Figure 29 : la fréquence de l'HTAP dans notre série

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

- Caractéristique de la coarctation :
 - 28 cas de CoA native soit (75.68%) et 9 cas de recoarctation soit (24.32%).
 - 11 cas de CoA isolée soit 30 % et 26 cas de CoA associée à d'autres malformations cardiaques soit 70%.
 - La localisation de la coarctation : la forme isthmique est la plus fréquente : 30 cas (81%).
 - Le diamètre de la sténose varie de 2 à 6 mm avec une moyenne 2.91 mm
 - L'étendue de la sténosé varie de 2 à 15 mm avec une moyenne 6.81 mm
 - L'hypoplasie de la crosse de l'aorte est présente chez 2 patients soit 5 %.
 - Un cas complexe d'un syndrome de Shone avec des sténoses étagées avec hypoplasie segmentaire sur l'aorte horizontale isthmique et descendante avec un très gros canal.
 - La position de la sténosé par rapport à ASCG varie de 0 à 15 mm avec une moyenne de 3.2mm.
- Lésions associées :
 - ❖ Valvulopathie :
 - IM : 6 cas soit 16.21%
 - IT : 1 cas soit 2.7 %
 - Rétrécissement aortique : 1 cas
 - IAo : 2 cas soit 5 %

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

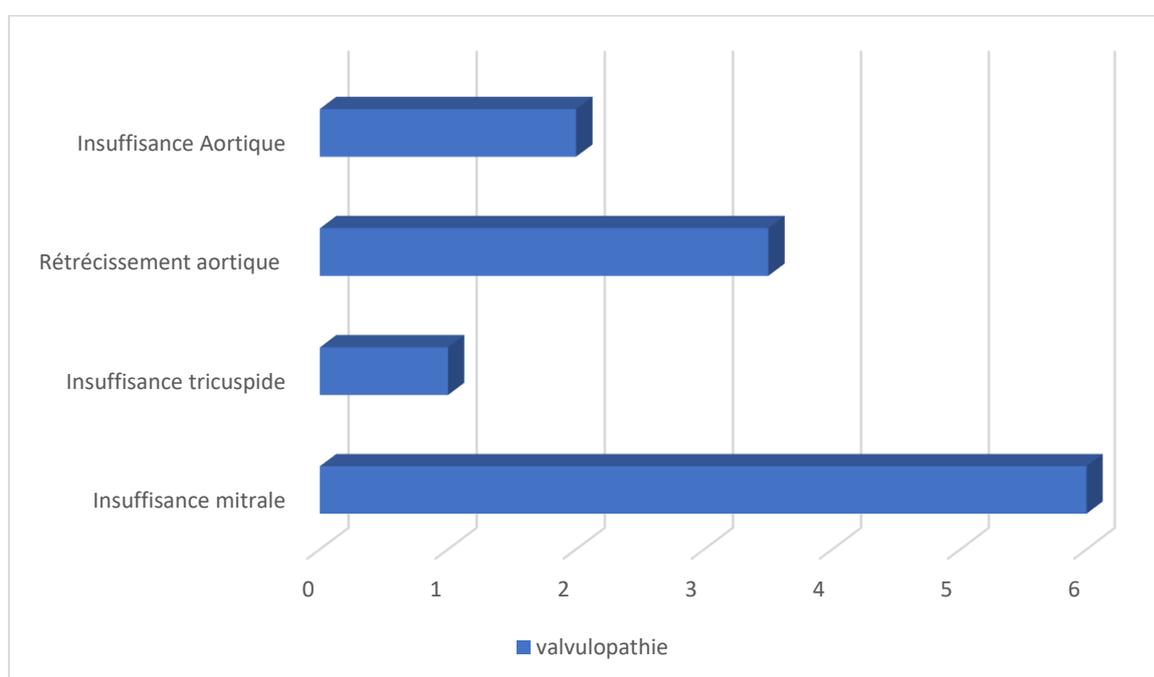


Figure 30 : La fréquence des valvulopathies associées dans notre série

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

❖ Les anomalies cardiovasculaires associées :

- CIV : 6 cas soit 16.21 %
- CIA : 2 cas soit 5 %
- CAV : 0 cas
- Canal artériel : 8 cas soit 21.62 %
- Sténose valvulaire : 3 cas soit 8.1%
- Sténose supra aortique dans le cadre d'un syndrome de Williams et Beuren : 1 cas
- Sténose sous valvulaire : 1 cas soit 2.7%
- Dilatation post sténotique : 3 cas soit 8.1%
- Bicuspidie aortique : 6 cas soit 16.21 %

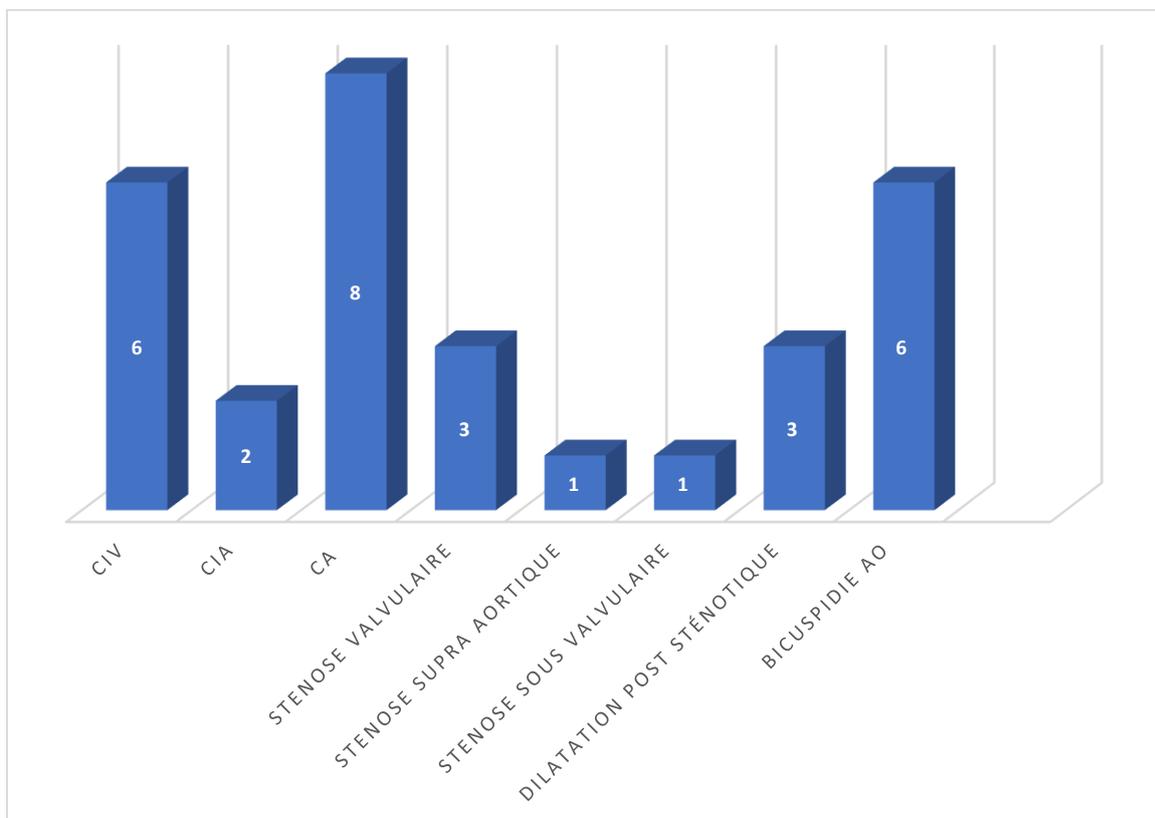


Figure 31 : La fréquence des anomalies cardiovasculaires associées dans notre série

IV. TRAITEMENT :

A. Traitement médical pré opératoire :

La prise en charge médicale vise à stabiliser le malade avant toute intervention.

Elle repose sur :

- Le traitement anti-hypertenseur a été instauré par voie orale chez les la plupart des malades hypertendus, la molécule la plus utilisée est les bêtabloquants dans 45% des cas, avec recours aux inhibiteurs calciques par VV (Loxen) dans les cas sèvres 6%.
- Les diurétiques ont été nécessaire chez les patients avec une IC soit 68%
- Le traitement digitalo-diurétique dans 1 cas d'insuffisance cardiaque : (Digoxine, Lasilix, Potassium).
- Les mesures de réanimation avec intubation ventilation dans 1 cas de défaillance cardiaque sévère chez un patient de 10 jours sur CoA serrée d'installation aigue avec une grande détresse respiratoire. Il a été intubé et mis sous Dobutamine.
- L'antibiothérapie en cas d'infection associée chez 30% des malades qui présentent essentiellement des infections respiratoires.

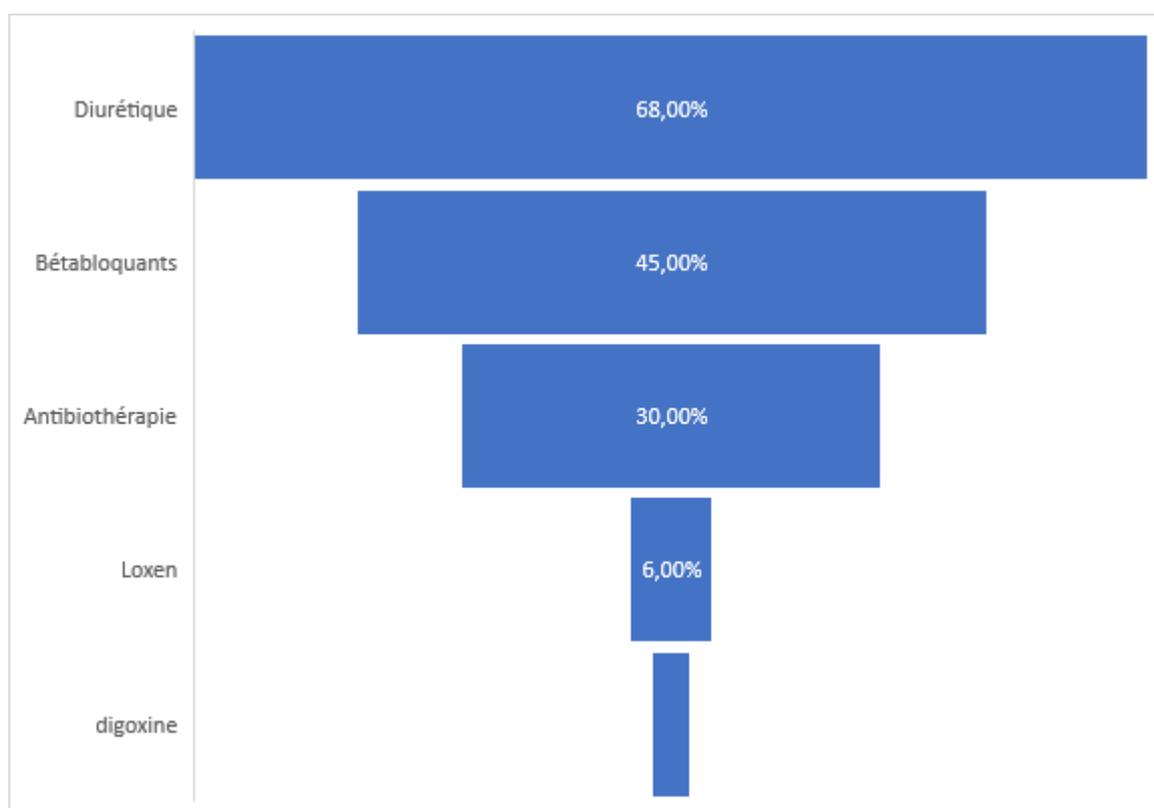


Figure 32 : Traitement médical pré opératoire

B. Traitement curatif :

1. Traitement chirurgical :

Le traitement chirurgical a été indiqué chez 27 malades soit 72.97% des malades.

a. Age de la prise en charge chirurgicale :

La moyenne d'âge de prise en charge chirurgicale est de 35 mois, avec des extrêmes de 27 jours à 14 ans, on remarque un grand effectif dans la tranche de [0 - 1 an] 70%.

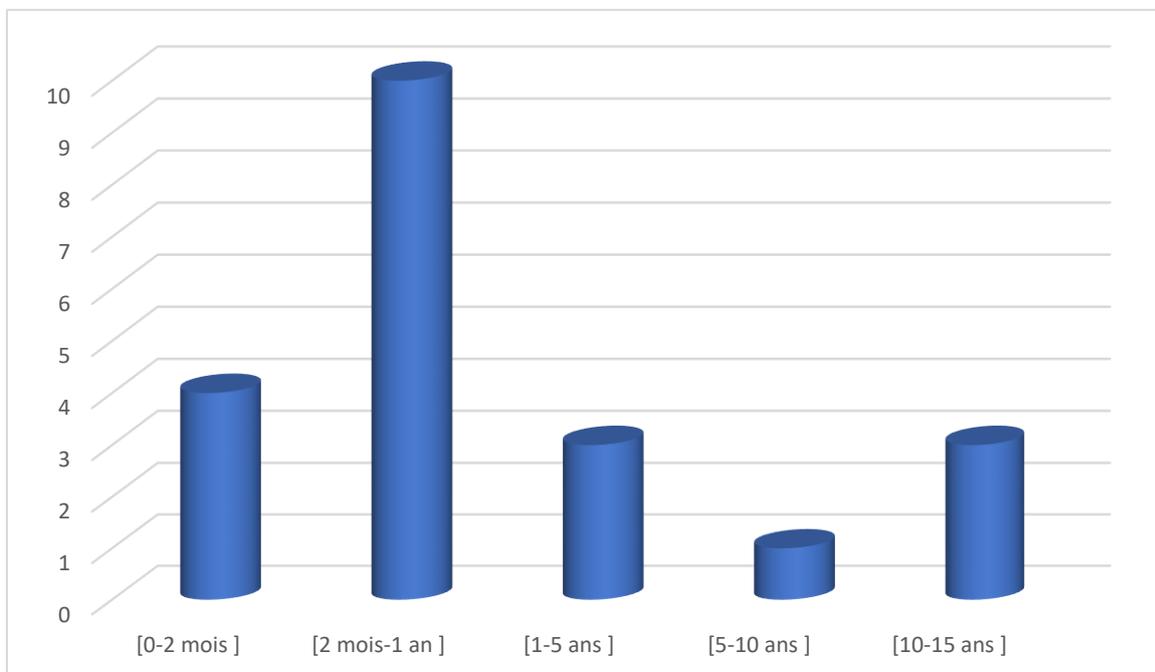


Figure 33 : Âge au moment de l'intervention.

b. Poids à l'intervention :

Le poids moyen à l'intervention était de 7.71 kg avec des extrêmes de 3 à 30 kg.

c. Technique chirurgicale :

- Une chirurgie à cœur fermé a été faite chez 25 malades représentée par : CRAFOORD (12 cas soit 44.44%) CRAFOORD modifiée (13 cas soit 48.14%).
- La CEC était nécessaire chez 2 enfants soit un taux de 7.4 %.
- Pour les CoA avec PCA : 3 patients ont bénéficié d'une ligature du CA soit 11.11% des malades opérés.
- Cinq enfants ont bénéficié d'un cerclage de l'artère pulmonaire en premier car il y a présence et association d'une large CIV soit un taux de 18.51% des malades opérés.

d. Réanimation post- opératoire :

Tous les malades ont séjourné au service de réanimation (RNN et RME) dont la moyenne de séjour était de 5.56jours.

Durant leur séjour, 2 malades étaient transfusés soit un taux de 7.4 %, 13 malades ont bénéficié d'une antibiothérapie curative soit un taux de 48.14%.

On note avoir eu recours avant :

- Au milrinone chez 2 patients 5.4%.
- Au traitement diurétique chez la plupart des patients 68 %.

e. Complications postopératoires :

L'évolution postopératoire immédiate était marquée par l'absence de complications chez 17patients, soit dans 63% des cas. Les 37% des cas restants ont présenté des complications diverses. Parmi ces complications :

- Les troubles de conduction et de rythme : représentés essentiellement par

des bradycardies chez 5 cas soit 18.51%.

- Le Saignement incontrôlable sur plaie de l'aorte chez 1 malade (3.7%) car présence d'un gros canal en regard.
- Un cas de sténose isthmique serrée chez un nouveau-né qui a été dilatée après
- Des épanchements cavitaires : 3 cas sans gravité (11.11%)
- Autres complications : 1 patient a présenté une hémorragie minime des ventricules cérébraux.

f. Traitement médical post opératoire :

La plupart des malades ont été mis sous traitement anti hypertenseur (14 cas soit 52% des malades opérés), plusieurs molécules ont été utilisés :

- Diurétiques (Lasilix) : 6 malades.
- IEC : 4 malades.
- Béta-bloquants : 4 malades.
- Inhibiteurs calciques : 2 malades.

g. Évolution et pronostic :

- L'évolution était favorable chez 8 patients soit 30% avec un gradient résiduelle minime sans gravité chez 7 d'entre eux et n'ont pas nécessité une autre intervention.
- La recoarctation 15 cas (55.55 %), dont 1 cas a été repris chirurgicalement et 14 ont bénéficié du traitement interventionnel par cathétérisme cardiaque (52% des malades opérés).
- HTA résiduelle : aucun.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

h. Mortalité :

Parmi tous les malades opérés de notre série, 4 sont décédés soit un pourcentage de 14.81%.

Parmi ces décès, 3 cas avaient une coarctation associée à d'autres cardiopathies et un cas avait une coarctation isolée.

Tableau 1 : Patients opérés ayant décédés dans notre série, contexte de décès et la cause de décès

	Age Diagnostique (mois)	Age chirurgie	Poids (kg)	pathologie	VG hypokinétique	HTAP	HTA	TTT chirurgicale	Délais du DC	Cause du DC
Patient 1	Naissance	31 jours	3.9	Coa + CIA + hypoplasie crosse Aorte+IM+IT	VG assez adapté	1	0	Cœur fermé	6 j	Bradycardie + Infection Pulmonaire (Kaliémie limite 3.8mEq)
Patient 2		5 mois	4	Coa isolée	VG très hypokinétique Gradient max le plus élevé 100mmhg	1	1	Cœur fermé	0 j	Bradycardie suivie d'asystolie
Patient 3		3 mois et 7 jours	3.6	Coa + IM+IP+IT	Hypokinétique avec FE 40%	1	1	Cœur fermé	3 j	Bradycardie suivie d'asystolie
Patient 4		10 jours	3.5	Coa + IM+IP+IT	1	1	0	Cœur fermé	5 j	Hémorragie Ventriculaire Cérébrale Thrombopénie à 20.000

2. Le traitement interventionnel :

Le traitement interventionnel par cathétérisme cardiaque des coarctations aortiques (dilatation percutanée par ballonnet avec ou sans stenting) est un moyen thérapeutique très efficace, que la coarctation soit native ou une récursive.

Dans notre série 23 malades ont bénéficié du traitement interventionnel soit 62.16%, 9 d'entre eux étaient sur une coarctation native soit 24.32% et 14 sur une recoarctation post chirurgicale soit 37.83%.

a. Age du traitement interventionnel :

La moyenne d'âge est de 7.26 ans, avec des extrêmes de 14 jours a 15 ans

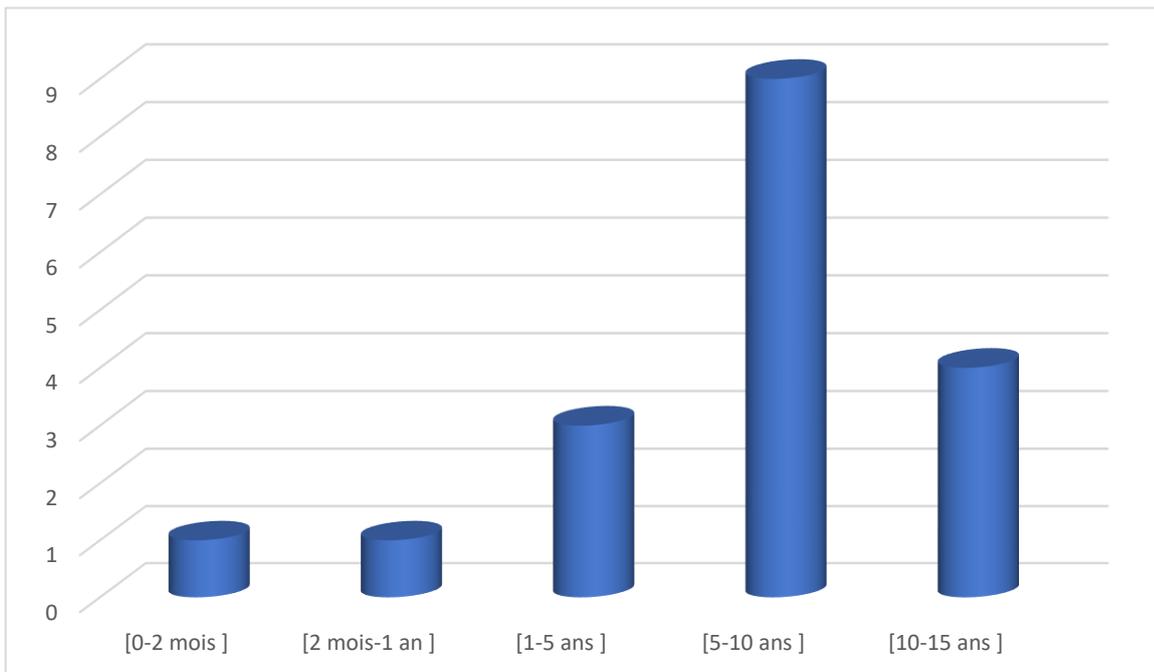


Figure 34 : Âge au moment de l'intervention.

b. Poids à l'intervention :

Le poids moyen à l'intervention était de 24.76 kg avec des extrêmes de 3 à 52 kg.

c. Indication

Les indications étaient dominées par :

- L'insuffisance cardiaque chez deux nouveau-nés. Dans ce cas la dilatation était réalisée pour améliorer les conditions opératoires en améliorant la souffrance myocardique et les conditions métaboliques.
- L'HTA avec gradient tensionnel avec un pourcentage de 56.52%.
- L'HVG chez 6 malades soit 26%.
- Persistance d'un gradient important plus de 40 mmhg chez tous les patients à l'exception d'un nouveau-né.
- On note aussi un cas d'IC sévère sur insuffisance rénale sévère nécessitant une dialyse péritonéale sur une coarctation méconnue.

d. Type de la procédure :

- Dilatation par ballonnet :
 - Le traitement interventionnel a été indiqué chez 23 malades, cependant deux d'entre eux n'ont pas bénéficié de dilatation, l'un présenté une lusoria et le deuxième la dilatation a été jugé non nécessaire en per-geste.
 - Pour les 21 malades restants :
 - Un malade a bénéficié initialement de la dilatation seule, puis d'une seconde dilatation avec pose de stent 3 ans après.
 - 11 malades ont bénéficié d'une dilatation seule, les 9 autres ont bénéficié d'une dilatation avec mise en place d'un stent.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

- Les deux tiers de ces ballonnets sont de type tayshack, le reste type BIB.
- Le diamètre moyen est de 10.75mm avec des extrêmes de 4 à 16mm.
- Stenting : 9 malades ont bénéficié de stenting
 - 7 d'entre eux par un stent de taille 2.8mm, un stent de 3.4 mm et un seul stent de taille 3.9mm.
 - Parmi ces malades 4 malades présentaient des coarctations natives et 5 présentaient des recoarctations.

e. Résultats :

- Seulement 3 malades ont gardé un léger gradient moins de 20 mm hg soit 13%.
- Complications : 3 malades soit 13% ont présenté des complications
 - Un malade a présenté AVCI sylvien. Il s'agit d'une coarctation avec gros anévrisme et syndrome inflammatoire important suggérant une maladie auto-immune derrière en cause de ses troubles thromboemboliques.
 - Un malade a présenté 2 pseudos anévrismes de très petite taille en dessous du stent.
 - Le dernier malade a présenté une insuffisance rénale aigue.
- Gradient résiduel de 30 mm hg : on note la persistance d'un gradient Ao asc/Ao hor chez un malade soit 4.34%.
- Suite : les suites étaient simples chez la plupart des malades (N=20, 87%),

f. La mortalité :

On déplore 3 décès

- Le premier sur rupture d'anévrisme sur maladie de système.
- Le deuxième qui présente dysfonction VG sévère sur double obstacle ; une coarctation sévère et sténose valvulaire et ceci la dilatation de la coarctation et de la sténose aortique.
- Le troisième est un nouveau-né décédé par infection néonatale malgré une dilatation efficace qui a anéanti le gradient.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

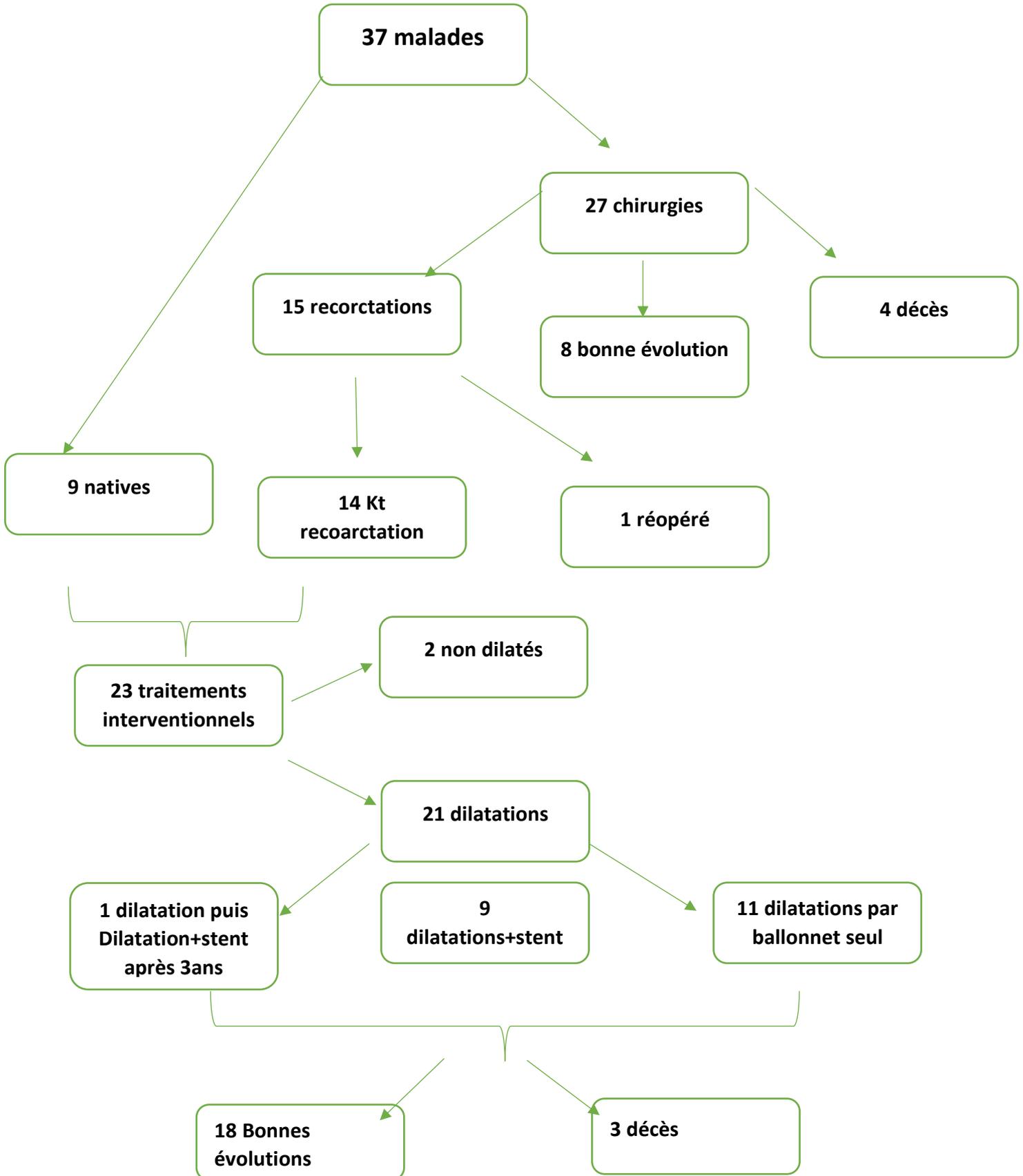


Figure 35 : Synthèse récapitulative

DISCUSSION

Dans ce chapitre nous allons procéder à une comparaison des résultats de notre étude avec ceux des autres séries de la littérature et essayer de tirer des conclusions fondées sur l'expérience de notre service et des autres auteurs étrangers, avec une revue de la littérature sur les avancées et les limites du traitement endovasculaire.

I. EPIDEMIOLOGIE :

1. Incidence :

La Coarctation de l'aorte (CoA) représente 6 à 8% des cardiopathies congénitales, elle occupe la cinquième place avec une incidence estimée à 1 dans 2500 naissances vivantes [25]. Il est probable que la fréquence est plus élevée chez les bébés mort-nés [26]. La fréquence serait de 0,06 % dans la population générale, de 18 % dans la fratrie d'un sujet ayant une coarctation et de 27 % dans sa descendance [27]. Elle affecte les Caucasiens 7 fois plus que les autres races [28]. 75% des enfants atteints de cette maladie souffre d'une autre anomalie cardiaque principalement la PCA, la bicuspidie, l'anomalie du SIV et l'anomalie de la valve mitrale.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

Tableau 2 : incidence de la CoA parmi les cardiopathies congénitales (C.C.)

Série	Nombre de cas des CC	Fréquence (%)
Benamar [4] Maroc (1992–98)	326	5,5
Stephensen [33] Iceland (90–1999)	740	3.8
Botto [34] Atlanta (1968–97)	5813	4,6
Tazanni [35] Amina Maroc (1993–1997)	880	3.18
I.ELALJ [36] Maroc (2010)	445	1,8
O. AKKAR [37] Maroc (2010)	427	1,9
Pradat [38] South Carolina (2003)	19168	3,6
Rosenthal [17] 2005	–	7
Kirsty T [38] 1997	–	4.34
T.Bouhout [31] 2009	–	4,3

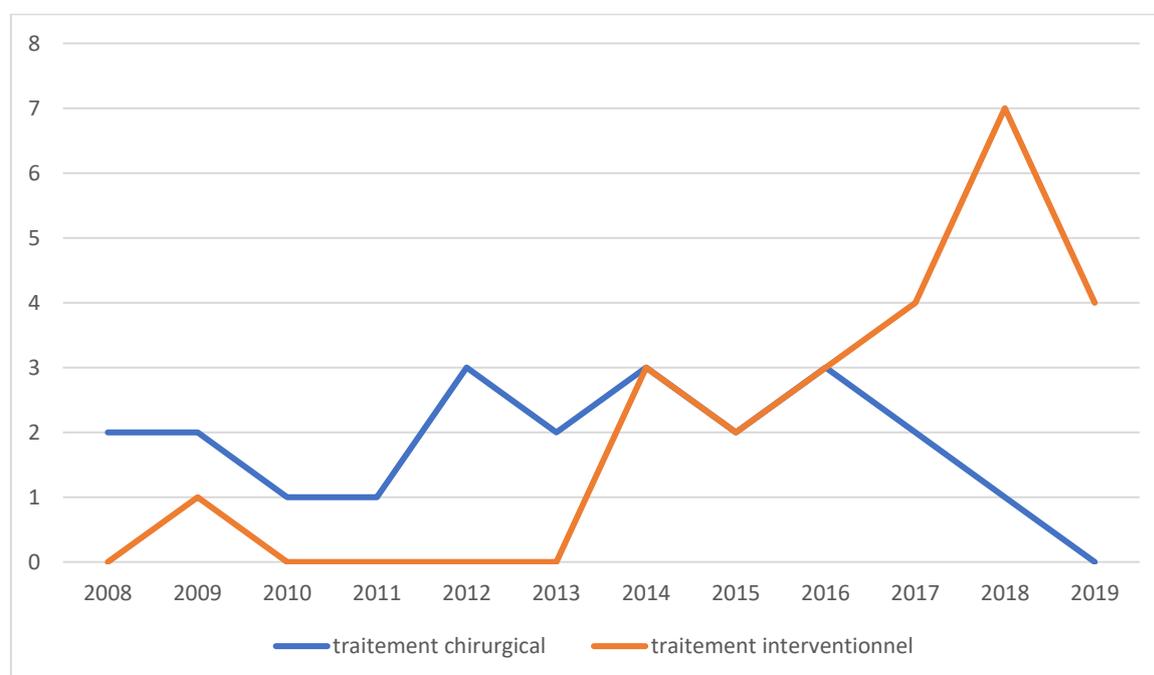


Figure 36 : Incidence annuelle des coarctations pris en charge au sein de notre service

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

Nous avons remarqué une réduction de l'activité chirurgicale au profit de la pratique interventionnelle à partir de l'année 2014.

Nous avons aussi remarqué une augmentation du nombre de cas colligés au niveau du service au cours des années (2016 – 2017) cela peut être expliqué par l'amélioration et le développement des moyens de dépistage et par la sensibilisation des pédiatres sur l'intérêt de la palpation systématique des pouls périphériques et fémoraux.

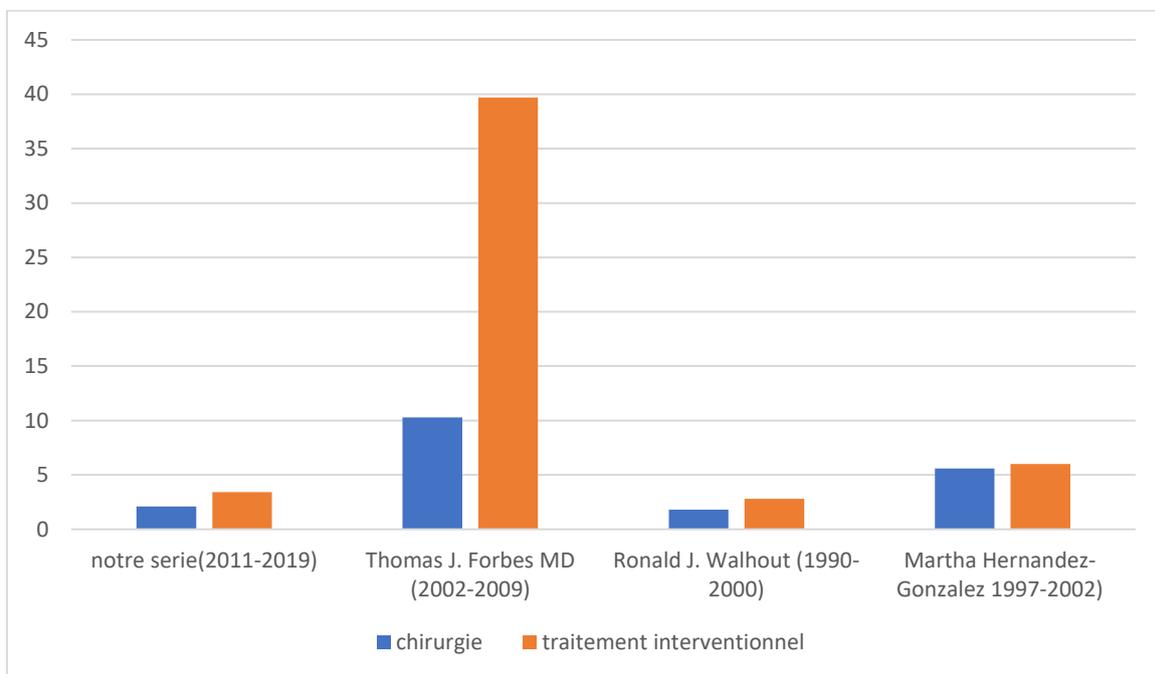


Figure 37 : Fréquence moyenne par an dans notre série et les séries internationales

[39], [40]

En moyenne la fréquence par an des cas ayants bénéficiés d'un traitement interventionnel dépasse celle des cas opérés dans notre série aussi bien que les autres séries internationales, in faut dire que le grand nombre de malades colligés dans la série de Thomas j. Forbes MD (2002–2009) [40] est dû au recrutement de 36 institutions aux royaumes unies.

2. Age à l'admission :

L'âge de révélation varie de la période néonatale à l'enfance selon la sévérité de l'obstacle, la rapidité de constitution et l'existence de malformations associées.

Tableau 3 : l'âge moyenne de diagnostic des différentes séries étudiées.

Série	Age moyenne de diagnostic
Ghazal (61 cas) [41] SAUDI ARABIA	54.8 jours
Dodge (63 cas) [42] SLOVAKIA	13 jours
Dongngan (84 cas) [43] USA	9 jours
Ben amar (18cas) [4] MAROC	3 mois
Drissi (13 cas) [44] MAROC	3 mois
Maouni (91 cas) [45] Maroc	4.74 mois
Notre série (34 cas)	36mois

Dans notre série, la médiane d'âge à l'admission de nos patients est de 3ans ; cet âge avancé dépasse celui signalé dans les séries maghrébines, il est d'autant plus élevé par rapport à celui retrouvé dans les séries occidentales.

Ceci est dû au retard d'admission de nos patients en raison de contraintes socio-économiques majeures qui font reculer la prise en charge chirurgicale, retardant ainsi l'évaluation préopératoire.

3. Le sexe :

La CoA est plus fréquente chez le garçon que chez la fille, cette prédominance est nette dans notre série et toutes les autres séries sauf celle d'El yahyaoui [30].

Tableau 4 : Comparaison du pourcentage du sexe masculin de notre série avec les différentes séries

Auteur	Lieu de l'étude	Sexe Ratio
Serie de Kristin C [46]	USA	3.8
Jonathan W [48]	USA	1.7
Dongngan [43]	USA	1.7
EL Yahyaoui [30]	Maroc	0.2
Drissi [44]	Maroc	1.2
Ben amar [4]	Maroc	1.25
Tornblal institute [48]	Sweden	1.3
Kathy J [49]	USA	1.58
Sammeh Ghazal [41]	ArabSaudi	1.51
Luciano Cabral [50]	Brazil	2.06
Maouni [45]	Maroc	1.4
NOTRE série	Maroc	3.11

4. Facteurs étiologiques :

Dans notre série, 29.72% des patients avaient une notion de consanguinité positive.

La CoA peut s'associer à des anomalies chromosomiques (délétion 22q11) et syndrome d'hypoplasie du cœur gauche, les malformations extracardiaques sont rares, exception faite du syndrome de Turner ou la coarctation existe dans 12% à 17% des cas.

Notre étude a décelé 5 cas de syndrome dysmorphique, dont 3 confirmés génétiquement représentés par le syndrome de Turner (2 cas) et un cas du syndrome de Williams et Beuren.

Chong Wong a fait un caryotype systématique chez des filles ayant une CoA, parmi 95 filles, 5,3 % avaient un syndrome de Turner. Cette étude montre l'intérêt de faire systématiquement un caryotype chez toute fille après le diagnostic de CoA ce qui va permettre la prévention et le traitement des problèmes en relation avec ce syndrome précocement.

Tableau 5 : le pourcentage de Sd de Turner des différentes séries.

Serie	% de Sd de Turner
Chongwong	5.3
Dongngan [43]	13
Ali Doge [51]	2.1
Maouni [45]	1
NOTRE Serie	5.4

II. ETUDE CLINIQUE :

1. Circonstances de découverte :

Dans notre étude, les signes cliniques majeurs chez nos patients atteints de coarctation de l'aorte sont dominés par : la dyspnée (21.62%), la détresse respiratoire (18.91%), la découverte fortuite d'un souffle lors de l'examen clinique (18.91%).

Dans la série de Maouni [45] (91 cas) la détresse respiratoire est à l'origine de la découverte de la coarctation dans 40,19 %, l'insuffisance cardiaque dans 39,2 %, et la fatigabilité avec refus de tété dans 18,6 %.

Dans la série de Kovacikova L [52] : Sur une période de 8 ans (1997 – 2004), parmi 117 patients évalués, 12 patients avaient une coarctation de l'aorte dont, 8 cas avait un état de choc (66,6%) 7 cas présentaient une insuffisance rénale (58,3 %). 2 cas une insuffisance cardiaque (16,6 %) et 2 cas une cyanose sévère (16,6 %).

**ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA
COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE**

Tableau 6 : principaux motifs d'hospitalisation dans les différentes séries

Série	Pays	Détresse respiratoire (%)	Insuffisance cardiaque (%)
Seong [29] (72 cas) 2011	Korea	8,4	47.2
Yukihisa [53] (79 cas) 2001	Japan	-	92,4
Elyahyaoui [30] (6 cas) 2008	Maroc	66.67	33.33
Benamar P4 [4] (18 cas) 1997	Maroc	38	38
Drissi P4 [44] (13 cas) 2004	Maroc	100	69,2
Cheliakine [10] (16 cas) 1991	France	-	43.7
Difilippo [55] (122 cas) 1998	France	-	30
Laohaprasitiporn [56] (33 cas) 1998	Thailand	-	69,6
Luciano [50]	--	-	70
Kishan [57] 1984		-	88,8
Kovacikova L [14] (12cas) 2007	Slovakia	16,6	16,6
Notre série (37 cas) 2020	Maroc	18.91	8.1

Le tableau ci-dessus montre que La détresse respiratoire accompagne 16,6 à 100 % des tableaux cliniques. Les résultats de notre série rejoignent alors celles observées dans les autres séries nationales et internationales.

2. Signes physiques :

Les pouls fémoraux étaient diminués chez 30 patients et absents chez 3 autres.

Il faut souligner que la palpation des pouls fémoraux devrait être un examen systématique chez tout nouveau-né, mais n'est pas toujours aisé surtout s'il est agité ou il pleure.

Dans notre série, une HTA aux membres supérieurs avec hypotension artérielle aux membres inférieurs a été trouvée que chez 16 patients soit 60%, ces résultats rejoignent ceux des séries étudiées.

Tableau 7 : HTA et anomalie de la palpation des pouls fémoraux

	Pouls fémoraux %		HTA %
	Faible	Aboli	
EL Yahyaoui (6 cas)	66.6	33.3	16.6
Driss (13 cas)	100		33.3
Kishan (9 cas)	44.4	55.5	22
Ghazal (61 cas)			58
Maouni (91 cas)	29.6	70.6	84.6
Benamer (18cas)			100
NOTRE série	89		60

3. Examens complémentaires :

Pour ce qui est des examens complémentaires, les auteurs sont unanimes sur le fait que la radiographie thoracique, l'électrocardiogramme et le bilan biologique sont des examens de routine, qui servent d'éléments d'orientation, et de renseignement sur le degré de tolérance de la cardiopathie.

En ce qui concerne le diagnostic positif de la Coarctation, plusieurs examens para-cliniques sont aujourd'hui disponibles dont le pilier est l'**échocardiographie transthoracique**.

Cet examen a été réalisé chez tous les patients de notre série et il a permis de poser le diagnostic de coarctation de l'aorte dans la totalité des cas avec mise en évidence d'une sténose isthmique de l'aorte dans 81% des cas contre 96,7% des cas dans la série de Maouni [45], Elle permet aussi une étude de l'ensemble de la crosse aortique qui avait dans notre série un aspect normal chez 35 patients (94 %) par rapport à (85.71%) dans la série de Maouni [45], une hypoplasie chez 2 patients (5.4%) par rapport à (12.09%) dans la série de Maouni [45].

Elle permet aussi d'évaluer le retentissement de la coarctation sur le VG (adaptation du myocarde) par la mesure de l'épaisseur du septum interventriculaire (SIV) et de la paroi postérieure du VG [59].

Dans notre série le VG est non adapté dans 56% des cas, il est dilaté hypokinétique avec une paroi mince, cela est observé surtout chez les nouveaux nés et les petits nourrissons, ce résultat dépasse la série de Maouni [45] 29,6 % des cas. Alors qu'il est adapté dans 33% des cas par hypertrophie avec une FR et FE conservée, cela aussi rejoint la série de Maouni [45]. 29,6 % des cas.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

Concernant les anomalies associées la forme associée à d'autres cardiopathies congénitales représente 70% des cas de notre série (79,12 % pour la série de Maouni [45]).

Tableau 8 : répartition des lésions cardiaques associées (en %)

Série		CIV	CIA	PCA	Bicuspidie	Sténose valvulaire	Lésion aortique	Lésion mitrale
Elyahyaoui [30]	Maroc 2008	25	50	50	33,3	–	–	50
Drissi [44]	Maroc 2004	66,6	33,3	50	7,7	7,7	33,3	–
Benamar [4]	Maroc 1999	22,2	11,1	22,2	–	–	–	–
First T [60] 78 cas	Praha 1990	–	–	73,2	–	57,7	51,3	23,2
Ali Doge [51] (63 cas)	Germany 2005	–	–	42	42	42	–	–
Tzemos [61]	2008	–	–	–	25	–	–	–
Kiraley et al [62]	2005	–	–	–	50	15	–	10
Maouni [45] (91 cas)	Maroc 2013	41,7	23	41,7	2,1	2,1	36,1	2,1
Notre série	Maroc 2020	16.21	5	21.62	16.21	8.1	5	16.21

Le doppler continu permet de calculer le gradient de pression au travers de la coarctation (le gradient transisthmique). Dans notre série, ce gradient transisthmique varie entre 20 et 85 mmHg avec une moyenne de 50.34 %. Par contre dans la série de Maouni [45] ce gradient transisthmique varie entre 15 et 58 avec une moyenne de 39,44.

L'échographie au Doppler montre une augmentation de la vélocité du flux au niveau de l'isthme qui persiste en diastole (CoA sévère), elle permet aussi d'estimer les pressions auriculaires gauches (vélocité du foramen ovale) et la pression artérielle pulmonaire (vélocité de l'IP ou de l'IT). La perméabilité du CA ainsi que la direction du shunt doivent être vérifiées.

III. PRISE EN CHARGE THERAPEUTIQUE : Comparaison chirurgie / traitement endovasculaire

1. Type de l'intervention :

Dans notre série, toutes les coarctations récurrentes ont été traité par cathétérisme, dans la plupart sans stent, les autres séries se sont intéressées à étudier les coarctations natives uniquement, on remarque que l'usage du traitement interventionnel est plus fréquent que celui de la chirurgie.

Tableau 9 : type de l'intervention selon les différentes séries internationales

Étude	Chirurgie		Dilatation par ballon		Stent	
	Native	recoarctation	Native	recoarctation	Native	recoarctation
Thomas J.ForbesMD [40] 2009	72	0	61	0	217	0
Ronald J. Walhout [39] 2004	18	0	28	0	-	-
Notre étude 2020	27	1	9	14	4	5

2. Age de l'intervention :

L'âge moyen de la prise en charge chirurgicale est de 35 mois, avec des extrêmes de 27 jours à 14 ans, on remarque un grand effectif dans la tranche de [0 -1 an] 70%. Pour le traitement interventionnel la moyenne d'âge est de, avec des extrêmes de 14 jours à 15 ans.

L'âge moyen du traitement interventionnel est supérieur à celui du traitement chirurgical, ceci rejoint les résultats de Ronald J. Walhout 2004 [39] et Thomas J. Forbes MD [40] contrairement à celle de Martha Hernandez-Gonzalez [63] .

Tableau 10 : âge de l'intervention selon les différentes séries internationales

Etude	Chirurgie	Angioplastie
Ronald J. Walhout 2004	0,63 ans	5,8 ans
Thomas J. Forbes MD 2009	10	12.5
Martha Hernandez-Gonzalez 2002 [63]	7ans	6.6ans
Notre étude 2020	2.9ans	7.26 ans

3. Poids à l'intervention :

Le poids moyen était de 7.71kg avec des extrêmes de 3 à 30 kg pour la chirurgie, et de 24.76kg avec des extrêmes de 3 à 52 kg pour le traitement interventionnel.

Ceci est proportionnel à l'âge des malades étudiés.

Tableau 11 : poids de l'intervention selon les différentes séries internationales

Étude	Poids en Kg	
	Chirurgie	Traitement conventionnel
Seraina Früh 2011	4,8	28
Thomas J.ForbesMD 2009	35	42.5
Martha Hernandez-Gonzalez 2002 [63]	25.47	26.51
Notre étude 2020	7.71	24.76

4. Résultats de l'intervention :

Les résultats de traitement interventionnel dans notre étude sont supérieurs à ceux de la chirurgie, cependant les études internationales montrent un résultat comparable pour la réduction du gradient de pression, des résultats variables pour la TA et un pourcentage plus élevé de recoarctation avec le traitement interventionnel.

**Tableau 12 : Résultats des deux traitements selon les différentes séries
internationales**

Etude	Gradient résiduel en TA		résiduelle en TA		Pourcentage de Recoarctation	
	Chirurgie	Angioplastie	Chirurgie	Angioplastie	Chirurgie	Angioplastie
Martha Hernandez-Gonzalez 2002 [63]	22	28	19	49	21	50
Josep Rode´s-Cabau 2004	28	25	-	-	0	32
Ronald J. Walhout 2004	0	4	-	-	5.6	7
Thomas J.ForbesMD 2009	-	-	40	28.5	11.11	17,98
Seraina Früh 2011	35.3	36.7	-	-	16.6	18.5
Notre étude	40.74	4.34	52	13	55.55	4,34

5. Suites et complications :

Toutes les études se rejoignent en ce qui concerne la durée d'hospitalisation qui est nettement moindre avec le traitement interventionnel, et le taux de complications relativement faible pour le traitement interventionnel, avec ce dernier on remarque aussi un plus faible taux de mortalité.

Tableau 13 : Suites et complications selon les différentes séries internationales

Etude	Durée d'hospitalisation en jours		Pourcentage des complications		Pourcentage de Mortalité	
	Chirurgie	Angioplastie	Chirurgie	Angioplastie	Chirurgie	Angioplastie
Martha Hernandez-Gonzalez [63] 2002	7	2	57	18	7.14	3.33
Josep Rode´s-Cabau 2004	7	1	50	18	-	-
Ronald J. Walhout [39] 2004	9.4	2	-	-	0	0
Thomas [40] J.ForbesMD 2009	6.4	2.4	8.1	6.05	0	0
Seraina Früh 2011	-	-	8.3	3.7	0	0
Notre étude	5.56	2	37	13	14.81	13

6. Synthèse :

En 2003, Hernández González et al. [63] ont comparé les résultats de l'angioplastie par ballonnet avec la résection chirurgicale de l'aorte dans une étude multicentrique : une efficacité similaire a été trouvée dans la réduction du gradient de la coarctation et des pressions sanguines dans les 2 modalités de traitement. Cependant, le groupe traité par angioplastie avait un taux de recoarctation et de persistance de l'HTA élevé par rapport au groupe traité chirurgicalement, mais d'autres complications liées à la chirurgie étaient plus graves que la thérapie par ballonnet. Les auteurs ont conclu que les différences globales ne sont pas statistiquement significatives.

En 2004, Walhoot et Al [39] ont fait, à travers une étude rétrospective, une comparaison entre le traitement chirurgical de la coarctation de l'aorte et l'angioplastie par ballonnet chez 46 patients et ils ont trouvé un succès similaire immédiat concernant les gradients de pression et le taux de recoarctation. Aucun anévrisme n'a été observé dans les deux groupes. Ils concluent que les deux techniques entraînent des taux bas de réintervention.

En 2005 Cowley et al. [64] notent que lors du suivi, le groupe qui ont bénéficié d'angioplastie percutanée a montré significativement une plus grande prédisposition à la formation d'anévrisme et la nécessité de réintervention en comparaison à la chirurgie.

Dans la série de Forbes et al. [40] 350 patients ont été inclus entre 2002 et 2009, de 36 établissements : 217 patients ont été traités par stent, 61 patients par angioplastie percutanée et 72 patients ont subi une réparation chirurgicale de la coarctation. Cette étude a montré que le traitement par stent engendre moins de complications par rapport au traitement des patients par chirurgie ou angioplastie

percutané qui étaient beaucoup plus jeune et de faible poids que ceux bénéficiant d'un stent.

En 2011 l'étude de Seraina Früh s'est concentrée sur la comparaison des deux techniques en fonction de l'âge des malades et a conclu que La thérapie liée à l'âge pour la coarctation aortique native et récurrente est la chirurgie chez les nourrissons <6 mois, soit la chirurgie ou la dilatation par ballonnet chez les patients plus jeunes <6 ans, tandis que chez les enfants plus âgés > 6 ans le traitement trans-cathéter avec implantation de stent est une excellente alternative à la chirurgie. Cette même étude trouve que les dilatations par ballonnet ont des résultats limités avec un taux global de réintervention de 53% et, et par conséquent, devraient principalement être effectuées comme une procédure de sauvetage ou dans la coarctation aortique récurrente chez les nouveau-nés.

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

Author/ year	CoA/ Re-CoA	Type of treatment	Number of patients (n)	Age range	Complications						Re- interventions	Median follow-up (months)
					Aneurysm	Thrombosis	Stent disl	Chylothorax	Death	Others		
Wood et al. (2004) [19]	CoA	Surgery	181	0–1 years					0.5% ^{††}	2.7%	2%	90
Wright et al. (2005) [25]	CoA	Surgery	83	0–1 years				2%	4%	3% ^{††}	6%	54
Ovaert et al. (2000) [6]	CoA	Balloon	69	6 months– 16.8 years	1%	11%			1%		13%	34
Hamdan et al. (2001) [2]	CoA/ Re-CoA	Stenting	34	4–36 years			11%		4%	9%*	9%	28
Harrison et al. (2001) [3]	CoA/ Re-CoA	Stenting	27	14–63 years	9%		3%			6% [†]	4%	22
Marshall et al. (2000) [5]	CoA/ Re-CoA	Stenting	33	5–60 years		3%				6% [†]	24%	27
Suarez de Lezo et al. (2005) [7]	CoA/ Re-CoA	Stenting	73	20 ± 12 years		7%	3%		1%		0%	60
Hernandez- Gonzalez et al. (2003) [9]	CoA/ Re-CoA	Surgery	28	7 ± 4.1 years	25%			4%	7%	36% [§]	21%	16
	CoA/ Re-CoA	Balloon	30	6.6 ± 4.4 years	17%	10%			3.5%	33%	50%	16
Cowley et al. (2005) [8]	CoA	Surgery	16	5.7 ± 2.1 years	0%						13%	136
	CoA	Balloon	20	6.3 ± 2.0 years	35%						30%	127
Pedra et al. (2005) [10]	CoA	Balloon	15	18 ± 10 years	13%						7%	60
	CoA	Stenting	21	24 ± 11 years	5%	5%	10%				10%	22
Rodes-Cabeau et al. (2007) [11]	CoA	Surgery	30	1–35 years				3%		60%**	0%	43
	CoA	Balloon	31	1–38 years	1%					16% [¶]	26%	38
	CoA	Stenting	19	1–38 years			11%				5%	38

Abbreviations: CoA: coarctation of aortic arch, disl: dislocation, Re-CoA: recurrent coarctation of aortic arch; *: 1 femoral arteriovenous fistula, 1 retroperitoneal hematoma, 1 dislocation of ruptured balloon fragment into the left axillary artery with need for surgical repair; †: 1 balloon rupture, 1 cerebral insult; ††: 1 myocardial infarction, 1 complete heart block with need for cardiopulmonary resuscitation for 30 s; §: 2 major bleedings, 1 systemic arterial hypertension crisis, 1 diaphragmatic nerve injury, 3 pulmonary sepsis, 1 cardiogenic shock, 2 dehiscence sutures; ||: 3 major bleedings, 1 systemic arterial hypertension crisis, 1 anaphylactic shock, 1 cardiogenic shock, 4 inguinal hematoma; ¶: 3 access site complications, 2 paradoxical arterial hypertension, 1 hematuria, 1 chest hematoma; **: 2 pleural effusion, 1 respiratory distress, 3 access site complications, 11 paradoxical hypertension, 1 reperfusion syndrome; ††: 3 technical related complications; †††: 0.5% hospital/30-day-mortality, plus 15 (8%) late deaths.

Figure 38 : Revue de la littérature pour le trans-cathéter et la thérapie chirurgicale pour la coarctation native et récurrente de l'arc aortique dans différents groupes d'âge [65, 66, 67, 68, 69, 70].

En se basant sur les revues de la littérature et les résultats des études menés au cours d'une période de plus de 25 ans ainsi que notre étude, nous pouvons conclure que jusqu'à présent, il n'y a aucun algorithme bien défini concernant le traitement de la coarctation de l'aorte. Beaucoup de cardiologues préfèrent une intervention chirurgicale, tandis que quelques-uns peuvent opter pour l'angioplastie par ballonnet. A travers cette analyse, nous avons essayé de résumer les principales modalités de traitement dans cet arbre décisionnel :

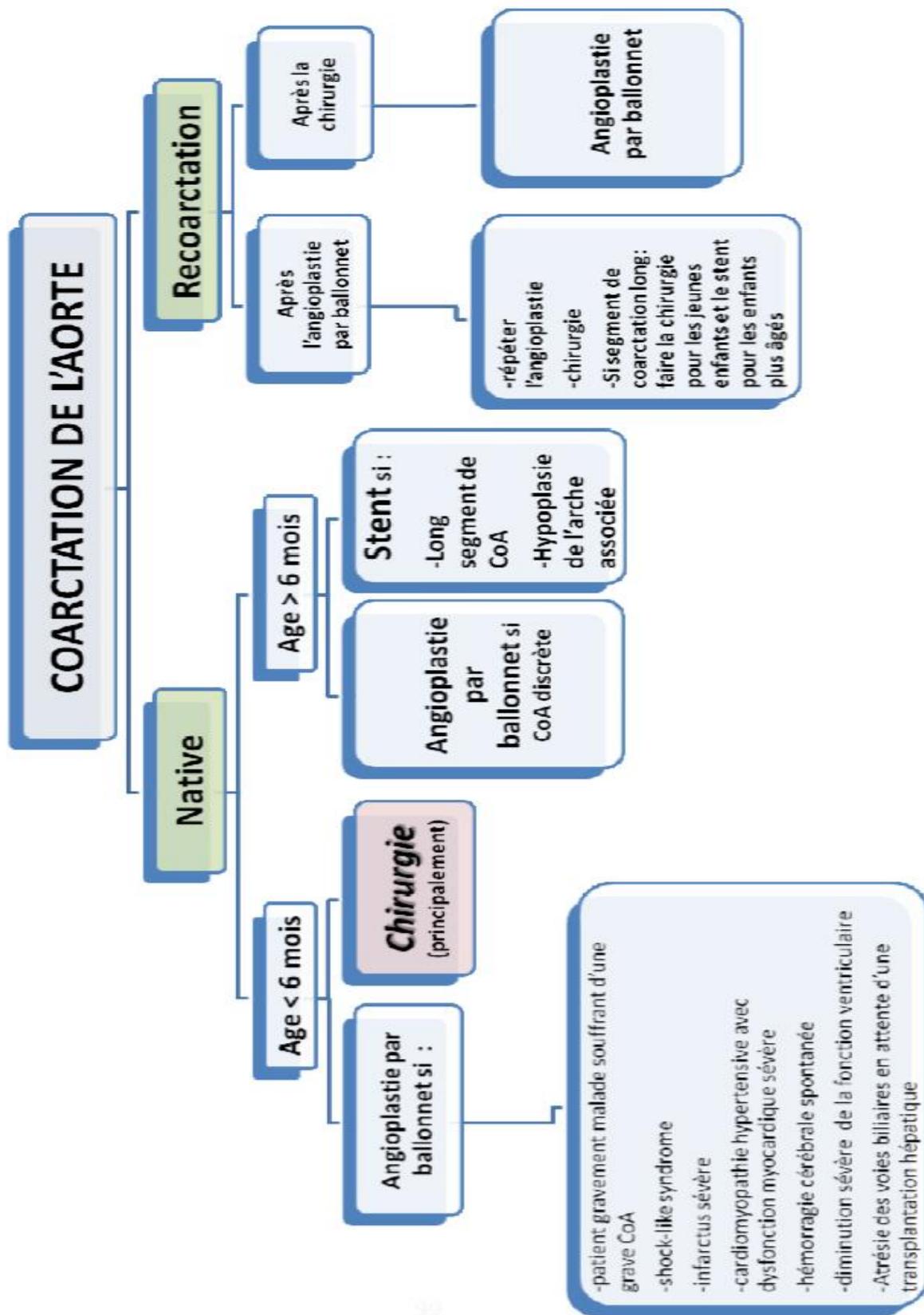


Figure 39 : Les principales modalités de traitement de la coarctation de l'aorte

CONCLUSION

La coarctation de l'aorte représente 4% à 5% de toutes les malformations cardiaques congénitales. La coarctation native a toujours été traitée par chirurgie. Récemment, les approches interventionnelles ont été de plus en plus raffinées, en partie en raison de l'expérience accrue de l'opérateur, et également en raison de la technologie améliorée des ballons et des stents, qui s'est traduite par une sécurité et un succès amélioré de ces procédures. En conséquence, de nombreuses institutions ont signalé des succès dans le traitement interventionnel de la coarctation native. La controverse a entouré la tendance croissante à traiter la coarctation native de l'aorte par voie transcathéter. L'analyse des études antérieures pour évaluer un traitement supérieur à cette maladie a été difficile en raison de la majorité des séries ayant de faibles volumes et un suivi incohérent. Dans notre pays il existe plusieurs études concernant le traitement chirurgicale de la coarctation de l'aorte, cependant aucune comparaison entre ce dernier et le traitement interventionnel n'a été élaborée. La nôtre est la première étude qui tente de déterminer quelle option pour le traitement de la coarctation native ou récurrente de l'aorte chez l'enfant est optimale. Dans notre étude, les patients chirurgicaux et dilaté par ballonnet étaient significativement plus jeunes et de poids inférieur à ceux des patients sous stent, sans autres différences anatomiques, cliniques ou démographiques observées dans les 3 groupes. Nous avons pu démontrer que le traitement interventionnel avec ou sans pose de stent est plus efficace que le traitement chirurgical en réduisant le gradient de pression et de tension artériel avec un risque moindre de recoarctation et que c'est un moyen économique et sûr avec une durée d'hospitalisation nettement plus courtes et un taux de complications moindre, la mortalité est faible et concerne des malades avec un contexte particulier.

ANNEXE

Fiche d'exploitation

NOM :

IP :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

CONSANGUINITE :

ANTECEDANT DU MALADE :

- PERSONNELS
- GROSSESSE
- POIDS NAISSANCE
- PERIODE NEONATALE
- FAMILIAUX

DYSMORPHIE :

AGE DE DIAGNOSTIC :

CIRCONSTANCES DE DECOUVERTE :

NATIVE :

SIGNES FONCTIONNELS :

AUSCULTATION :

SaO2 AIRE AMBIANT :

SaO2 SOUS OXYGENE :

TA :

POULS :

HMG :

SIGNES RESPIRATOIRES :

CMG :

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

CARDIOPATHIE ASSOCIE :

PATHOLOGIE ASSOCIEE :

ECG :

ETT :

ETUDE GENETIQUE :

ECHO/ANGIO TDM :

- Ao Horizontale
- Ao DIAPHRAGMATIQUE
- Ao isthmique
- Lésions associées
- Distance par rapport à l'artère sous clavière

GRADIENT PRE OPERATOIRE :

TRAITEMENT PRE OPERATOIRE :

CHIRURGIE :

- Age
- Type

GRADIENT POST OPERATOIRE :

TRAITEMENT POST OPERATOIRE :

TRAITEMENT INTERVENTIONNEL :

- Age
- Poids intervention
- Indication
 - HTA
 - Insuffisance rénale
 - HVG+/- dysfonction

- Autre
- Procédure
 - Dilatation/ballonnet
 - Stent
 - Taille
 - Couvert
- Résultats
 - TA
 - Complications
 - Gradient résiduel
 - Suite

RESUMES

Résumé :

Introduction : La coarctation aortique est une cardiopathie congénitale assez fréquente elle peut engager le pronostic vital chez l'enfant comme elle peut être source d'une grande morbidité. L'angioplastie par ballonnet est un des moyens thérapeutiques efficaces que la coarctation soit native ou une récidive. La place de la chirurgie est de plus en plus restreinte à la période néonatale surtout.

Objectifs : Etude comparative entre le traitement interventionnel et le traitement chirurgicale de la coarctation de l'aorte à courte terme et à moyen et long terme

Matériel et méthodes :

Nous avons effectué une étude rétrospective, portant sur 37 cas de coarctation de l'aorte, colligés dans le service de Pédiatrie et de réanimation néonatale au CHU Hassane II de Fès durant une période de 9 ans, allant de janvier 2011 au 11 mai 2020.

27 malades étaient opérés d'emblée, dont 14 repris par cathétérisme.

Une angioplastie a été réalisée chez 23 patients présentant une coarctation native (n=9) ou une recoarctation (n=14), parmi eux, deux cas d'abstention, 11 angioplasties par ballonnet seul et 9 ballons et stenting avec 1 cas de dilatation puis dilatation+stent après 3ans.

Le gradient de pression a été mesuré initialement par écho en pré et post-procédure. L'échocardiographie a également été utilisée pour évaluation a 24 heures, un et six mois après.

Résultats :

Parmi les 37 patients, 75.68% étaient de sexe masculin. L'âge moyen des patients était de 3 ans et le poids moyen lors de la chirurgie était de 7.71 kg, cependant au moment du cathétérisme il était de 24.76 kg.

Pour la chirurgie on note 8 bonnes évolutions, 15 recoarctations dont une

reprise chirurgicale et 14 cathétérismes, avec 4 décès.

Cependant parmi les 21 interventions de cathétérisme on note 18 bonnes évolutions sans aucun cas de recoarctation et 3 cas de décès.

Conclusion : Sur la base de ces données, Le traitement interventionnel par cathétérisme est efficace dans le traitement des coarctations aortiques qu'elles soient natives ou recoarctations. Ces résultats suggèrent que l'angioplastie pourrait constituer une alternative au traitement chirurgical et donner de bons résultats immédiats, bien que des études de suivi soient nécessaires pour évaluer les complications et l'effet à long terme sur la tension artérielle par rapport à l'approche chirurgicale.

Abstract

Introduction : Aortic coarctation is a quite frequent congenital heart disease and it can jeopardize the vital prognosis on children, as it can be a source of high morbidity. Balloon angioplasty is one of the effective therapeutic means whether coarctation is native or a recurrence. The place of surgery is more and more restricted to the neonatal period especially.

Objectives : Comparative study between interventional treatment and surgical treatment of coarctation of the aorta in the short term and in the medium and long term.

Material and methods : We carried out a retrospective study, covering 37 cases of coarctation of the aorta, collected in the Pediatrics and neonatal resuscitation department at the Hassane II teaching hospital in Fez during a period of 9 years, from January 2011 to May 11, 2020.

27 patients were operated on right away, 14 of whom were rehabilitated by catheterization.

Balloon angioplasty with or without stenting was performed in 23 patients with native coarctation (n = 9) or recoarctation (n = 14), among them, two cases of abstention, 11 balloon angioplasties alone and 9 balloons and stenting with 1 case of dilation then dilation + stent after 3 years.

The pressure gradient was measured initially by echo in pre and post-procedure. Echocardiography was also used for 24-hour evaluation, one and six months later.

Results: Among the 37 patients, 75.68% were male. The average age of the patients was 3 years and the average weight during surgery was 7.71 kg, however at the time of catheterization it was 24.76 kg.

For the surgery, there are 8 good evolutions, 15 recoarctations including a surgical recovery and 14 catheterizations, with 4 deaths.

However among the 21 catheterization interventions, there are 18 good evolutions without any case of recoarctation and 3 cases of death.

Conclusion : Based on these data, Interventional catheterization treatment is effective in the treatment of aortic coarctations, whether native or recoarctations. These results suggest that angioplasty may be an alternative to surgical treatment and give good immediate results, although follow-up studies are needed to assess complications and the long-term effect on blood pressure compared to the approach. surgical.

BIBLIOGRAPHIE

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LE TRAITEMENT INTERVENTIONNEL ET CHIRURGICAL DE LA
COARCTATION DE L'AORTE PEDIATRIQUE

- [1]. Ralph D. Siewers, MD, Jose Etedgui, MD, ElfredePahl, MD, Terry Tallman, MSN, and Pedro J. del Nido, MD Divisions of Cardiothoracic Surgery and Pediatric Cardiology. University of Pittsburgh School of Medicine and Children's Hospital of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania.
- [2]. STEVEN J. HOFF, M.D. JAMES R. STEWART, M.D. HARVEY W. BENDER, JR., M.D. Department of Cardiac and Thoracic Surgery Vanderbilt University School of Medicine Nashville, Tennessee.
- [3]. CLAUD DUPUS, JEAN KACHANER, ROBERT M, FREEDOM, MAURIS PAYNOT, ANDRE DAVIGNON. Cardiologie pédiatrique. 2ème édition, médecine-sciences. Flammarion
- [4]. BEN AMAR NOUZHA Coarctation de l'aorte chez l'enfant. Expérience de l'hôpital d'enfants de Rabat CHU IBN SINA. Thèse n°233/ 1999
- [5]. REV C, COEURDEROY A, DUPUIS C. Coarctation of the aorta and Fallot's tetralogy. Apropos of 2 cases] Arch Mal Coeur Vaiss. 1984 May; 77(5):526-33.
- [6]. JENKINS NP, WARD C. Coarctation of the aorta: natural history and outcome after surgical treatment. Department of Cardiology, Manchester. 2007 Association of Physicians of Great Britain and Ireland. Oxford Journals Oxford University Press.
- [7]. SANDY SHAH DO Aortic coarctation. Department of cardiology, university of medicine and dentistry of New Jersey Robert Wood Johnson Medical School. EMedicine, July 25, 2002.

- [8]. THOMAS P. DOYLE, M.D. WILLIAM E. HELLENBRAND, M.D. Division of Pediatric Cardiology Department of Pediatrics Yale University School of Medicine New Haven, Connecticut
- [9]. PERLOFF JK THE VARIANT ASSOCIATIONS OF AORTIC ISTHMIC COARCTATION. AM J CARDIOL, 106(7):1038-1041.
- [10]. Iselin M. Cardiopathies congénitales. EncyclMédChir (Elsevier, Paris), Radiodiagnostic — Coeur-Poumon, 32-015-A-12, Pédiatrie, 4-070-A05,1999, 6 p.
- [11]. British Heart Foundation Greater London House 180 Hampstead Road London NW1 7AW Understanding your child's heart Coarctation of the aorta.
- [12]. E. VAN THIEL ET M. LEBEDELLE Coarctations aortiques – précis de cardio. De l'enfant, masson ed., 1973, pp 265273.
- [13]. MARCON F, BOSSER G, WORMS AM Service de cardiologie infantile, hôpital d'enfants, Vandoeuvre France Cardiologie (11-014Q-10)1996 Elsevier Masson SA.
- [14]. <http://www.md.ucl.ac.be/didac/anat110/Cardiovasculaire.html>
- [15]. GERBONI S, SABATINO G, MINGARELLI R, DALLAPICCOLA B: COARCTATION OF THE AORTA, INTERRUPTED AORTIC ARCH, AND HYPOPLASTIC LEFT HEART SYNDROME IN THREE GENERATIONS. J MED GENET 1993,30(4):328-329.
- [16]. KAPPETEIN AP, GITTENBERGER-DE GROOT AC, ZWINDERMAN AH, ROHMER J, POELMANN RE, HUYSMANS HA: THE NEURAL CREST AS A POSSIBLE PATHOGENETIC FACTOR IN COARCTATION OF THE AORTA AND BICUSPID AORTIC VALVE. J THORAC CARDIOVASC SURG 1991, 102(6):830-836.

- [17]. ROSENTHALE : COARCTATION OF THE AORTA FROM FETUS TO ADULT : CURABLE CONDITION OR LIFE LONG DISEASE PROCESS HEART 2005, 91(11):1495-1502.
- [18]. Durand I, David N, Blaysat G, Bourges-Petit E, Maingourd Y, Caron FM et Nassif D. Cardiopathies congénitales. Obstacles des voies droites et des voies gauches. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Pédiatrie, 4-071-A-20, 1999, 16 p.
- [19]. Gach, P., Dabadie, A., Sorensen, C., Quarello, E., Bonello, B., Pico, H., ... Gorincour, G. (2016). Imagerie multi-modalités de la coarctation aortique, du fœtus à l'adolescent. Journal de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle, 97(2), 215-225.
- [20]. François Marçon : Praticien hospitalier Gilles Bosser : Chef de clinique assistant Anne-Marie Worms : Praticien hospitalier, chef de service Service de cardiologie infantile, hôpital d'enfants, rue du Morvan, 54511 Vandoeuvre France Coarctation de l'aorte_ Le manuel du resident- Cardiologie [11-041-Q-10].
- [21]. DAVID N, ISELIN M, BLAYSAT G, DURAND I, PETIT A DISPROPORTION IN DIAMETER OF THE CARDIAC CHAMBERS AND GREAT ARTERIES IN THE FETUS. CONTRIBUTION TO THE PRENATAL DIAGNOSIS OF COARCTATION OF THE AORTA]. ARCH MAL COEUR VAISS 1997, 90(5):673-678.
- [22]. D. JAGER - NRECAJ : FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY these doctoraten medicine 2011 Surgical repair of coarctation of the aorta.
- [23]. EL BOUSSAADANI BADRE COARCTATION DE L'AORTE CHEZ L'ADULTE : EXPERIENCE DU SERVICE DE CHIRURGIE CARDIO-VASCULAIRE A Rabat 2015.

- [24]. Raiss Zakaria, Traitement endovasculaire de la coarctation de l'aorte. Thèse n°232/2015, faculté de médecine et de pharmacie RABAT.
- [25]. ANDERSON R, BAKER EJ, MACARTNEY FJ, RIGBY ML, SHINEBOURNE EA, TYNAN M EDS Paediatric cardiology. 2nd Ed. Churchill Livingstone, London 2002.
- [26]. HIROSE O, TAKEUCHI M, KIJIMA Y, ONO Y, YAMADA O, ARAKAKI Y, RYUJIN Y, KAJINO Y, KAMIYA T, KOZUKA T. Two-dimensional echocardiographic diagnosis of congenital malformations of the aorta in infants and children. J Cardiogr. 1981 Jun ; 11(2) : 629-47.
- [27]. KASTLER, A. LIVOLSI, R. PAPAVERO, C. CLAIR, JF. LITZLER, O. SOHM, HH. HOSEIN, D. VETTER, P. GERMAIN, Y. BERNARD Malformations de l'aorte : aspects IRM 2002 Editions scientifiques et Médicales Elsevier : 32-015-F-66
- [28]. DR JAGDEEP GREWAL Coarctation of the aorta : Anaesthesia tutorial of the week 265. Westmead Children's Hospital, Sydney. 23 July 2012.
- [29]. SEONG HO CHO, M.D., * YANG HYUN CHO, M.D., * TAE-GOOK JUN, M.D., PH.D., JI-HYUK YANG, M.D., PH.D., * PYO WON PARK, M.D., PH.D., * JUNE HUH, M.D., PH.D. I-SEOK KANG, M.D., PH.D. AND HEUNG JAE LEE, M.D., PH.D Outcome of Single-Stage Repair of Coarctation with Ventricular Septal Defect. 2011 Wiley Periodicals, Inc
- [30]. R. EL YAHYAOUI Coarctation de l'aorte chez le nouveau-né et le nourrisson, thèse de Médecine, n° 157/ 2008, Fès

- [31]. T. BOUHOUT Les cardiopathies congénitales à révélation néonatale : diagnostic précoce étude prospective. Thèse N° 63/ 2009. FES 32. YUKIHISA ISOMATSU, MD, YASUHARU IMAI, MD, TOSHIHARU SHIN'OKA, MD, MITSURU AOKI, MD, KAZUKI SATO, MD Coarctation of the aorta and ventricular septal defect: Should we perform a single-stage repair? J Thorac Cardiovasc Surg 2001;122:524-8
- [32]. STEPHENSEN SS, SIGFUSSON G, EIRIKSSON H, SVERRISSON JT, TORFASON B, HARALDSON A, HELGASON H. Congenital heart defects in Iceland 1990-1999. Laeknabladid 2002 Apr; 88(4): 281-287
- [33]. BOTTO LD, CORREA A, ERICKSON JD Racial and temporal variations in the prevalence of heart defects. Pediatrics 107(3):E32
- [34]. TAZANNI AMINA Epidémiologie des cardiopathies congénitales a l'hôpital d enfant du c,h,u de rabat thèse de médecine N° 141/1999
- [35]. IMANE ELALJ Etude épidémiologique des cardiopathies congénitales. à propos de 445 cas. Mémoire en médecine. Juillet 2010. FES
- [36]. O. AKKAR Profil épidémiologique et étiologique des cardiopathies congénitales (étude rétrospective à propos de 427 cas). Thèse N° 062/ 2010. FES
- [37]. PRADAT P, FRANCANNET C, HARRIS JA, ROBERT E (2003) The epidemiology of cardiovascular defects: part I. A study based on data from three large registries of congenital malformations. Pediatr Cardiol 24(3):195-221
- [38]. KIRSTY T, NILOFER S, CHRISTOPHER W. Cardiovascular Malformations Among Preterm Infants. From the Department of Paediatric Cardiology, Freeman Hospital, Newcastle upon Tyne, United Kingdom. Elsevier 2000 Masson

- [39]. Comparaison de la réparation chirurgicale avec l'angioplastie par ballonnet pour la coarctation native chez les patients de 3 mois à 16 ans. Ronald J. Walhout , Jaco C. Lekkerkerker, Gordon H. Oron, Ger BWE Bennink, Erik J. Meijboom *Journal européen de chirurgie cardio-thoracique* , volume 25, numéro 5, mai 2004, pages 722-727,
<https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.04.008>
- [40]. FORBES TJ, KIM DW, DU W, TURNER DR, HOLZER R, ET AL. Comparison of Surgical, Stent, and Balloon Angioplasty Treatment of Native Coarctation of the Aorta. An Observational Study by the CCISC 2011 by the American College of Cardiology Foundation. ISSN 0735-1097
- [41]. GHAZAL SS, EL SAMADY MM, AL HOWASI M, MUSALLAM S. Coarctation of the aorta: A call for early detection. *Ann Saudi Med* 1998 Nov-Dec; 18(6): 514-7
- [42]. ALI DODGE-KHATAMI, MD, PHD, STEPHANIE OTT, MD, STEFANO DI BERNARDO, MD, and FELIX BERGER, MD Carotid-Subclavian Artery Index : New Echocardiographic Index to Detect Coarctation in Neonates and Infants. Division of Cardiovascular Surgery and Congenital Cardiology, University Children's Hospital, Zürich, Switzerland, and Clinic for Congenital Heart Diseases, Deutsches Herzzentrum, Berlin, Germany (*Ann Thorac Surg* 2005 ;80 :1652- 8) © 2005 by The Society of Thoracic Surgeons.

- [43]. DONGNGAN T. TRUONG · LLOYD Y. TANI · L. LUANN MINICH · PHILLIP T. BURCH · TYLER R. BARDSLEY · SHAJI C. MENON Factors Associated with Recoarctation After Surgical Repair of Coarctation of the Aorta by way of Thoracotomy in Young Infants. Springer Science+Business Media New York 2013
- [44]. DRISSI L. Les coarctations de l'aorte chez le nouveau-né et le nourrisson : expérience de l'hôpital d'enfants de Rabat CHU Ibn Sina, thèse de Médecine, Rabat 2004, n° 190.
- [45]. MAOUNI Safâe La coarctation de l'aorte : Expérience de l'unité de cardiologie pédiatrique de l'hôpital d'enfant de Rabat, CHU IBN SINA.
- [46]. KRISTIN C. LOMBARDI, MDA, VERONIKA NORTHRUP, MPH, ROBERT L. MCNAMARA, MD, MHSC, LISSA SUGENG, MD, MPH, AND CONSTANCE G. WEISMANN, MDA Aortic Stiffness and Left Ventricular Diastolic Function in Children. Following Early Repair of Aortic Coarctation. Am J Cardiol 2013 Elsevier Inc.
- [47]. JONATHAN W. CRAMER · SALIL GINDE · PETER J. BARTZ · JAMES S. TWEDDELL · S. BERT LITWIN · MICHAEL G. EARING Aortic Aneurysms Remain a Significant Source of Morbidity and Mortality After Use of Dacron Patch Aortoplasty to Repair Coarctation of the Aorta: Results from a Single Center Pediatr Cardiol (2013) 34:296–301
- [48]. TORNBLAD INSTITUTE, BISKOPSGATAN University of Lund, Lund, Sweden Congenital cardiac malformations in Iceland from 1990 through 1999. Cardiol Young. 2004 Aug; 14(4): 396–401

- [49]. KATHY J, CORRERA A, JEFFREY A, FEINSTEIN BOTTO L, BRITT AE, DANIELS SR, MARSHA A, WARNES CA, WEBB CL. No inherited Risk Factors and Congenital Cardiovascular Defects: Current Knowledge: A Scientific Statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young. Endorsed by the American Academy of Pediatrics. *Circulation*, Jun 2007 ; 115 : 2995 - 3014.
- [50]. ALBUQUERQUE LUCIANO CABRAL, GOLDANI MA, GOLDANI JJ, ARAUJO RA, PIANTA, RM, NARVAES LB, MACHADO JB, AITA J, PETRACCO JB. Correção cirúrgica da coarctação da aorta nos primeiros seis meses de vida *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. Vol.17 no.2 São José do Rio Preto Apr./June 2002.
- [51]. ALI DODGE-KHATAMI, MD, PHD, STEPHANIE OTT, MD, STEFANO DI BERNARDO, MD, and FELIX BERGER, MD Carotid-Subclavian Artery Index: New Echocardiographic Index to Detect Coarctation in Neonates and Infants. Division of Cardiovascular Surgery and Congenital Cardiology, University Children's Hospital, Zürich, Switzerland, and Clinic for Congenital Heart Diseases, Deutsches Herzzentrum, Berlin, Germany (*Ann Thorac Surg* 2005;80:1652- 8) © 2005 by The Society of Thoracic Surgeons
- [52]. KOVASIKOVA L, DAKKAK K, SKRAK P, ZAHOREC M, HOLAN M Neonates with left-sided obstructive heart disease : clinical manifestation and management at primary care hospitals. *Bratisl Lek Listy* 2007 ; 108 (7) : 316-319.

- [53]. YUKIHISA ISOMATSU, MD, YASUHARU IMAI, MD, TOSHIHARU SHIN'OKA, MD, MITSURU AOKI, MD, KAZUKI SATO, MD Coarctation of the aorta and ventricular septal defect: Should we perform a single-stage repair J Thorac Cardiovasc Surg 2001;122:524-8.
- [54]. CHELIAKINE-CHAMBOUX C, CHANTEPIE A, GODDE F, VEILLANT MC, SALIBA. E, GOLD F, LAUGIER J. Effects of PGE1 in neonatal aortic coarctation. Therapy. 1991 May-Jun; 46(3): 231-3
- [55]. DI FILIPPO S, BOZIO A, SASSOLAS F, JOCTEUR-MONROZIER D. Mid-term results of treatment of aortic coarctation in neonates. Service de cardiologie C, hôpital cardiovasculaire et pneumologique Louis-Pradel, Lyon. Arch Mal Coeur Vaiss. 1998 May ; 91(5) : 593-600.
- [56]. LAOHAPRASITIPORN D, JARUCHAROENPORN S, NANA A, SOONGSWANG J, DURONGPISITKUL K. Coarctation of the aorta in children at Siriraj Hospital. J Med Assoc Thai, 2000 Nov; 83 Suppl 2: S89-97
- [57]. KISHAN J, ELZOUKI AY, MIR NA. Coarctation of the aorta in the newborn: a clinical study. Ann Trop Paediatr. 1984 Dec; 4(4): 225-8.
- [58]. KOVASIKOVA L, DAKKAK K, SKRAK P, ZAHOREC M, HOLAN M Neonates with left-sided obstructive heart disease : clinical manifestation and management at primary care hospitals. Bratisl Lek Listy 2007 ; 108 (7) : 316-319.
- [59]. Y. AGGOUN, P.ACAR Coarctation de l'aorte. 2008 Elsevier Masson
- [60]. FIRST T, SKOVRANEK J, MAREK J, TAX P, HUCIN B. Echocardiographic diagnosis of aortic coarctation in neonates and infants Cesk Pediatr. 1990 May ; 45(5) :265-8.

- [61]. TZEMOS N, THERRIEN J, YIP J, ET AL Outcomes in adults with bicuspid aortic valves. JAMA 2008 ; 300 : 1317 –1325.
- [62]. <https://www.md.ucl.ac.be/didac/anat110/Cardiovasculaire.html>
- [63]. HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ M, SOLORIO S, CONDE-CARMONA I, RANGELABUNDIS A, LEDESMA M, ET AL. Intraluminal aortoplasty vs. surgical aortic resection in congenital aortic coarctation. A clinical random study in pediatric patients. Arch Med Res 34: 305–310 (2003).
- [64]. COWLEY CG, ORSMOND GS, FEOLA P, MCQUILLAN L, SHADDY RE (2005) Longterm, randomized comparison of balloon angioplasty and surgery for native coarctation of the aorta in childhood. Circulation 111: 3453–3456.
- [65]. Hamdan MA, Maheshwari S., Fahey JT, Hellenbrand NOUS. Stents endovasculaires pour la coarctation de l'aorte: premiers résultats et suivi à moyen terme, J Am Coll Cardiol, 2001, vol. 38 (p. 1518–1523).
- [66]. Harrison DA, McLaughlin PR, Lazzam C., Connelly M., Benson LN. Stents endovasculaires dans la prise en charge de la coarctation de l'aorte chez l'adolescent et l'adulte: suivi d'un an, Cœur, 2001, vol. 85 (p. 561–566)
- [67]. Marshall AC, Poiré SB, Keane JF, Fermer à clé JE. Résultats précoces et suivi à moyen terme de l'implantation d'un stent pour une coarctation aortique résiduelle ou récurrente légère, Am Heart J, 2000, vol. 139 (p. 1054–1060)
- [68]. L., Perron J., Tchervenkov CI, Poirier N., Dahdah NS, Houde C.. Comparaison du traitement chirurgical et transcathéter pour la coarctation native de l'aorte chez les patients > ou = 1 an. L'étude québécoise de coarctation autochtone de l'aorte, Am Heart J, 2007, vol. 154 (p. 186–912)

- [69]. Bois AE, Javadpour H., Duff R ., Oslizlok P., Walsh K.. L'aortoplastie de l'arc étendu est-elle l'opération de choix pour la coarctation aortique infantile? Résultats de 15 ans d'expérience sur 181 patients, Ann Thorac Surg, 2004, vol. 77 (p. 1353-1357) [discussion 1357-8]
- [70]. Wright GE, Nowak Californie, Goldberg CS, Ah oui RG, Bove EL, Rocchini AP. Résection étendue et anastomose de bout en bout pour la coarctation aortique chez les nourrissons: résultats d'une approche chirurgicale sur mesure, Ann Thorac Surg, 2005, vol. 80 (p. 1453-1459)