



كلية الطب
والصيدلة - مراكش
FACULTÉ DE MÉDECINE
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2021

Thèse N° 025

La chirurgie de la déformation thoracique

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 02/03/2021

PAR

Mlle. **Sanae ZARROUK**

Née Le 10/01/1994 à Lamharra

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS

Déformation – Paroi thoracique antérieure – Pectus carinatum –
Pectus excavatum – Ravitch

JURY

M.	M. D. EI AMRANI	PRESIDENT
	Professeur d'Anatomie et de Chirurgie Plastique	
M.	Y. MSOUGAR	RAPPORTEUR
	Professeur de Chirurgie Thoracique	
M.	M. A. ZIDANE	} JUGES
	Professeur de Chirurgie Thoracique	
M.	A. ARSALANE	
	Professeur de Chirurgie Thoracique	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا
عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا
عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ
أَنْتَ الْعَلِيمُ
الْحَكِيمُ

سورة البقرة- الآية 32

صِدْقَ اللَّهِ الْعَظِيمِ



Serment d'hippocrate

*Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale,
Je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.
Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.
Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades
sera mon premier but.*

Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.

*Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles
traditions de la profession médicale.*

Les médecins seront mes frères.

*Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération
politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.

*Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales
d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration Genève, 1948





LISTE DES PROFESSEURS



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

Doyens Honoraires

: Pr. Badie Azzaman MEHADJI
: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI

ADMINISTRATION

Doyen

: Pr. Mohammed BOUSKRAOUI

Vice doyen à la Recherche et la Coopération

: Pr. Mohamed AMINE

Vice doyen aux Affaires Pédagogiques

: Pr. Redouane EL FEZZAZI

Secrétaire Générale

: Mr. Azzeddine EL HOUDAIGUI

Professeurs de l'enseignement supérieur

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABKARI Imad	Traumato- orthopédie	FADILI Wafaa	Néphrologie
ABOU EL HASSAN Taoufik	Anesthésie- réanimation	FAKHIR Bouchra	Gynécologie- obstétrique
ABOUCHADI Abdeljalil	Stomatologie et chir maxillo faciale	FOURAJI Karima	Chirurgie pédiatrique
ABOULFALAH Abderrahim	Gynécologie- obstétrique	GHANNANE Houssine	Neurochirurgie
ABOUSSAIR Nisrine	Génétique	GHOUNDALE Omar	Urologie
ADALI Imane	Psychiatrie	HACHIMI Abdelhamid	Réanimation médicale
ADMOU Brahim	Immunologie	HAJJI Ibtissam	Ophtalmologie
AGHOUTANE El Mouhtadi	Chirurgie pédiatrique	HAROU Karam	Gynécologie- obstétrique
AISSAOUI Younes	Anesthésie - réanimation	HOCAR Ouafa	Dermatologie
AIT AMEUR Mustapha	Hématologie Biologique	JALAL Hicham	Radiologie
AIT BENALI Said	Neurochirurgie	KAMILI El Ouafi El Aouni	Chirurgie pédiatrique
AIT BENKADDOUR Yassir	Gynécologie- obstétrique	KHALLOUKI Mohammed	Anesthésie- réanimation
AIT-SAB Imane	Pédiatrie	KHATOURI Ali	Cardiologie
AMAL Said	Dermatologie	KHOUCHANI Mouna	Radiothérapie
AMINE Mohamed	Epidémiologie- Clinique	KISSANI Najib	Neurologie
AMMAR Haddou	Oto-rhino- laryngologie	KRATI Khadija	Gastro- entérologie
AMRO Lamyae	Pneumo- phtisiologie	KRIET Mohamed	Ophtalmologie
ANIBA Khalid	Neurochirurgie	LAGHMARI Mehdi	Neurochirurgie
ARSALANE Lamiae	Microbiologie - Virologie	LAKMICHI Mohamed Amine	Urologie
ASMOUKI Hamid	Gynécologie- obstétrique	LAOUAD Inass	Néphrologie
ATMANE El Mehdi	Radiologie	LOUHAB Nisrine	Neurologie
BAIZRI Hicham	Endocrinologie et maladies métaboliques	LOUZI Abdelouahed	Chirurgie - générale

BASRAOUI Dounia	Radiologie	MADHAR Si Mohamed	Traumato- orthopédie
BASSIR Ahlam	Gynécologie- obstétrique	MANOUDI Fatiha	Psychiatrie
BELKHOUS Ahlam	Rhumatologie	MANSOURI Nadia	Stomatologie et chiru maxillo faciale
BEN DRISS Laila	Cardiologie	MAOULAININE Fadl mrabih rabou	Pédiatrie (Néonatalogie)
BENCHAMKHA Yassine	Chirurgie réparatrice et plastique	MATRANE Aboubakr	Médecine nucléaire
BENELKHAIAI BENOMAR Ridouan	Chirurgie - générale	MOUAFFAK Youssef	Anesthésie - réanimation
BENHIMA Mohamed Amine	Traumatologie - orthopédie	MOUDOUNI Said Mohammed	Urologie
BENJILALI Laila	Médecine interne	MOUFID Kamal	Urologie
BENZAROUEL Dounia	Cardiologie	MOUTAJ Redouane	Parasitologie
BOUCHENTOUF Rachid	Pneumo- phtisiologie	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	Ophtalmologie
BOUKHANNI Lahcen	Gynécologie- obstétrique	MSOUGGAR Yassine	Chirurgie thoracique
BOUKHIRA Abderrahman	Biochimie - chimie	NAJEB Youssef	Traumato- orthopédie
BOUMZEBRA Drissi	Chirurgie Cardio- vasculaire	NARJISS Youssef	Chirurgie générale
BOURRAHOUEAT Aicha	Pédiatrie	NEJMI Hicham	Anesthésie- réanimation
BOURROUS Monir	Pédiatrie	NIAMANE Radouane	Rhumatologie
BOUSKRAOUI Mohammed	Pédiatrie	OUALI IDRISSE Mariem	Radiologie
CHAFIK Rachid	Traumato- orthopédie	OULAD SAIAD Mohamed	Chirurgie pédiatrique
CHAKOUR Mohamed	Hématologie Biologique	QACIF Hassan	Médecine interne
CHELLAK Saliha	Biochimie- chimie	QAMOUSS Youssef	Anesthésie- réanimation
CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	Radiologie	RABBANI Khalid	Chirurgie générale
CHOULLI Mohamed Khaled	Neuro pharmacologie	RADA Nouredine	Pédiatrie
DAHAMI Zakaria	Urologie	RAIS Hanane	Anatomie pathologique
DRAISS Ghizlane	Pédiatrie	RAJI Abdelaziz	Oto-rhino- laryngologie
EL ADIB Ahmed Rhassane	Anesthésie- réanimation	ROCHDI Youssef	Oto-rhino laryngologie
EL ANSARI Nawal	Endocrinologie et maladies métaboliques	SAMKAOUI Mohamed Abdenasser	Anesthésie- réanimation
EL BARNI Rachid	Chirurgie- générale	SAMLANI Zouhour	Gastro- entérologie
EL BOUCHTI Imane	Rhumatologie	SARF Ismail	Urologie
EL BOUIHI Mohamed	Stomatologie et chir maxillo faciale	SORAA Nabila	Microbiologie - Virologie
EL FEZZAZI Redouane	Chirurgie pédiatrique	SOUMMANI	Gynécologie-

		Abderraouf	obstétrique
EL HAOURY Hanane	Traumato- orthopédie	TASSI Noura	Maladies infectieuses
EL HATTAOUI Mustapha	Cardiologie	TAZI Mohamed Illias	Hématologie- clinique
EL HOUDZI Jamila	Pédiatrie	YOUNOUS Said	Anesthésie- réanimation
EL IDRISSE SLITINE Nadia	Pédiatrie	ZAHLANE Kawtar	Microbiologie - virologie
EL KARIMI Saloua	Cardiologie	ZAHLANE Mouna	Médecine interne
EL KHAYARI Mina	Réanimation médicale	ZAOUI Sanaa	Pharmacologie
EL MGHARI TABIB Ghizlane	Endocrinologie et maladies métaboliques	ZIADI Amra	Anesthésie - réanimation
ELFIKRI Abdelghani	Radiologie	ZOUHAIR Said	Microbiologie
ESSAADOUNI Lamiaa	Médecine interne	ZYANI Mohammed	Médecine interne

Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABIR Badreddine	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale	EL MEZOUARI El Moustafa	Parasitologie Mycologie
ADARMOUCH Latifa	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)	EL OMRANI Abdelhamid	Radiothérapie
AIT BATAHAR Salma	Pneumo- phtisiologie	FAKHRI Anass	Histologie- embryologie cytogénétique
ALJ Soumaya	Radiologie	IHBIBANE fatima	Maladies Infectieuses
ARABI Hafid	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle	KADDOURI Said	Médecine interne
ARSALANE Adil	Chirurgie Thoracique	LAHKIM Mohammed	Chirurgie générale
BELBACHIR Anass	Anatomie- pathologique	LAKOUICHMI Mohammed	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale
BELBARAKA Rhizlane	Oncologie médicale	MARGAD Omar	Traumatologie - orthopédie
BELHADJ Ayoub	Anesthésie -Réanimation	MLIHA TOUATI Mohammed	Oto-rhino-laryngologie
BENALI Abdeslam	Psychiatrie	MOUHSINE Abdelilah	Radiologie
BENJELLOUN HARZIMI Amine	Pneumo- phtisiologie	NADER Youssef	Traumatologie - orthopédie
BOUZERDA Abdelmajid	Cardiologie	OUBAHA Sofia	Physiologie
BSISS Mohamed Aziz	Biophysique	SAJIAI Hafsa	Pneumo- phtisiologie
CHRAA Mohamed	Physiologie	SALAMA Tarik	Chirurgie pédiatrique
DAROUASSI Youssef	Oto-rhino - Laryngologie	SEDDIKI Rachid	Anesthésie - Réanimation
EL AMRANI Moulay	Anatomie	SERGHINI Issam	Anesthésie -

Driss			Réanimation
EL HAOUATI Rachid	Chirurgie Cardio- vasculaire	TOURABI Khalid	Chirurgie réparatrice et plastique
EL KAMOUNI Youssef	Microbiologie Virologie	ZARROUKI Youssef	Anesthésie - Réanimation
EL KHADER Ahmed	Chirurgie générale	ZEMRAOUI Nadir	Néphrologie

Professeurs Assistants

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABDELFTTAH Youness	Rééducation et Réhabilitation Fonctionnelle	ELOUARDI Youssef	Anesthésie réanimation
ABDOU Abdessamad	Chiru Cardio-vasculaire	EL-QADIRY Rabiyy	Pédiatrie
ABOULMAKARIM Siham	Biochimie	ESSADI Ismail	Oncologie Médicale
ACHKOUN Abdessalam	Anatomie	FDIL Naima	Chimie de Coordination Bio- organique
AIT ERRAMI Adil	Gastro-entérologie	FENNANE Hicham	Chirurgie Thoracique
AKKA Rachid	Gastro - entérologie	HAJHOUI Farouk	Neurochirurgie
ALAOUI Hassan	Anesthésie - Réanimation	HAJJI Fouad	Urologie
AMINE Abdellah	Cardiologie	HAMMI Salah Eddine	Médecine interne
ARROB Adil	Chirurgie réparatrice et plastique	Hammoune Nabil	Radiologie
ASSERRAJI Mohammed	Néphrologie	HAMRI Asma	Chirurgie Générale
AZIZ Zakaria	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	JALLAL Hamid	Cardiologie
BAALLAL Hassan	Neurochirurgie	JANAH Hicham	Pneumo- phtisiologie
BABA Hicham	Chirurgie générale	LAFFINTI Mahmoud Amine	Psychiatrie
BELARBI Marouane	Néphrologie	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Hématologie clinique
BELFQUIH Hatim	Neurochirurgie	LAHMINI Widad	Pédiatrie
BELGHMAIDI Sarah	Ophthalmologie	LALYA Issam	Radiothérapie
BELLASRI Salah	Radiologie	LAMRANI HANCH Asmae	Microbiologie-virologie
BENANTAR Lamia	Neurochirurgie	LOQMAN Souad	Microbiologie et toxicologie environnementale
BENNAOUI Fatiha	Pédiatrie	MAOUJOURD Omar	Néphrologie
BENZALIM Meriam	Radiologie	MEFTAH Azzelarab	Endocrinologie et maladies métaboliques
BOUTAKIOUTE Badr	Radiologie	MILOUDI Mohcine	Microbiologie - Virologie
CHAHBI Zakaria	Maladies infectieuses	NASSIH Houda	Pédiatrie
CHETOUI Abdelkhalek	Cardiologie	NASSIM SABAH Taoufik	Chirurgie Réparatrice et Plastique
CHETTATI Mariam	Néphrologie	OUMERZOUK Jawad	Neurologie
DAMI Abdallah	Médecine Légale	RAGGABI Amine	Neurologie

DARFAOUI Mouna	Radiothérapie	RAISSI Abderrahim	Hématologie clinique
DOUIREK Fouzia	Anesthésie- réanimation	REBAHI Houssam	Anesthésie - Réanimation
EL- AKHIRI Mohammed	Oto-rhino-laryngologie	RHARRASSI Isam	Anatomie-pathologique
EL AMIRI My Ahmed	Chimie de Coordination bio-organique	ROUKHSI Redouane	Radiologie
EL FADLI Mohammed	Oncologie médicale	SALLAHI Hicham	Traumatologie- orthopédie
EL FAKIRI Karima	Pédiatrie	SAYAGH Sanae	Hématologie
EL GAMRANI Younes	Gastro-entérologie	SBAAI Mohammed	Parasitologie-mycologie
EL HAKKOUNI Awatif	Parasitologie mycologie	SEBBANI Majda	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)
EL HAMZAOUI Hamza	Anesthésie reanimation	SIRBOU Rachid	Médecine d'urgence et de catastrophe
EL KHASSOUI Amine	Chirurgie pédiatrique	WARDA Karima	Microbiologie
ELATIQI Oumkeltoum	Chirurgie réparatrice et plastique	ZBITOU Mohamed Anas	Cardiologie
ELBAZ Meriem	Pédiatrie	ZOUIZRA Zahira	Chirurgie Cardio- vasculaire
ELJAMILI Mohammed	Cardiologie		

LISTE ARRETEE LE 01/02/2021



DÉDICACES



Je me dois d'avouer pleinement ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenu durant mon parcours, qui ont su me hisser vers le haut pour atteindre mon objectif.

C'est avec amour, respect et gratitude que



Je dédie cette thèse ...

A l'âme de mes grands-parents

*Aucun mot ne pourra exprimer ma grande tristesse
J'aurai aimé que vous soyez à mes côtés ce jour... Mais le destin en a
décidé autrement...*

*J'espère que vous êtes fières de moi ... Je vous aime...
Que vos âmes reposent en paix...*

A mon très cher père Mehdi,

*qui peut être fier et trouver ici le résultat de
longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à
avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail
porte son fruit. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le
soutien permanent venu de toi. Merci pour avoir toujours cru en moi*

A ma très chère mère Bouchra,

*Merci pour vous être sacrifiée pour que vos enfants grandissent et
prospèrent, merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie,
au bien être de vos enfants, merci pour vos prières, votre soutien dans les
moments difficiles, pour votre courage et patience...*

MES CHÈRES PARENTS,

*aucun mot ne se pourra exprimer mon amour
pour vous et mon immense reconnaissance.*

*Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mes sentiments
les plus forts, mon profond respect et ma plus grande gratitude.
Que Dieu vous bénisse et vous prête bonne santé et longue vie.*

A mes Sœurs Fatímazahrae, Majda, Rízlane et Zohra

Aucune dédicace ne pourrait traduire ma gratitude et ma profonde reconnaissance et mon amour.

Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

A mon frère Abderrahmane,

présent dans tous mes moments

difficiles par son soutien moral. Je t'exprime à travers ce travail

mes sentiments de fraternité et d'amour

je te dédie ce travail et te souhaite tout le bonheur du monde

A MES GRANDS PARENTS,

Khadija et Ahmed

Que Dieu vous accorde sa miséricorde

A mes chers oncles Aziz, Hassan et Abdelghafour,

A mes tantes Malika, Hafida, Hadiya et Hasna

Je vous remercie pour tous les moments de joie

et de fêtes que nous avons partagées,

je vous dédie ce travail et vous souhaite beaucoup de bonheur.

A mes cousins et cousines,

Je n'oublierai jamais les souvenirs d'enfance que,

j'espère, partagerons aussi avec nos enfants...

A la famille

ALHAJANE, SAMANE et LAMSAHEL

*A mes meilleures amies Souad, Khadija, Zahira, Kaoutar, Fadoua,
Najoua, Sanae, Asmae, Ibtissame et Fatimezahra
Mes confidants, qui ont toujours été présents pour moi,
pour votre générosité, votre bonté, votre gentillesse
et toutes ces belles choses qui la rendent spéciale et unique.*

Merci d'être ce que vous êtes

*A MES AMIS ET AMIES ET A L'HONNEUR DE MES COLLEGUES DE
LA FMPM, en particulier à la 18 ème promotion
des MÉDECINS INTERNES*

*Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon
affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis
sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des
souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous
dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

Que notre fraternité reste éternelle.

A tous mes enseignants tout au long de mes études, particulièrement à :

*Mme Noufissa FIRADI, Mr Hichame ZAKI, Mr Fathallah EL
KERKADI, Mr Omar ELMIR, Mr Rachid CHAGHAL
et Mr Mustapha KHALIL*

En témoignage de mon affection et respect

*A toute l'équipe du service de chirurgie thoracique en particulier :
Pr. H.FENAN, Dr W.ELHARICH, Dr M.IBBA, Dr B.Razouk,
Dr B.BELAYACHI, Dr S.ELMALHI, Asma et Younes*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce
travail.*

A tous ceux dont l'oubli de la plume n'est pas celui du cœur



REMERCIEMENTS



A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THÈSE

MONSIEUR EL AMRANI MOULLAY DRISS

Professeur de l'Enseignement Supérieur d'Anatomie à la Faculté de

Médecine et de Pharmacie de Marrakech

et Professeur de Chirurgie Plastique et Réparatrice

au CHU MOHAMMED VI de Marrakech

Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous

nous faites en acceptant de juger notre travail.

*Nous avons eu le privilège de travailler sous votre direction au cours de
toutes nos études médicales, nous avons profité de vos sages conseils.*

C'est pour nous un immense plaisir de vous voir présider de notre thèse.

Nous vous prions de croire en l'expression de notre respect et

reconnaissance d'avoir accepté de juger ce travail.

A NOTRE MAITRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE

MONSIEUR MSOUGAR YASSINE

Professeur de l'Enseignement Supérieur de la Chirurgie Thoracique à la

Faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech

Professeur et Chef de service de Chirurgie Thoracique

au CHU MOHAMMED VI de Marrakech

Vous nous avez fait l'honneur de nous confier ce

travail. Nous vous remercions pour votre disponibilité,

pour vos conseils. Nous espérons avoir été à la hauteur de

vos attentes.

Nous vous prions de bien vouloir trouver ici le

témoignage de notre vive reconnaissance, de notre haute

considération et nos sincères remerciements.

*A NOTRE MAITRE ET JUGE DE THÈSE
MONSIEUR ZIDANE MOULAY ABDEFATTAH
Professeur de l'Enseignement Supérieur de la Chirurgie Thoracique à la
Faculté de Médecine et de Pharmacie de Marrakech
Professeur et Chef de service de Chirurgie Thoracique
à l'Hôpital Avicenne de Marrakech.*

*Nous vous remercions infiniment pour l'honneur que
vous nous faites en acceptant de siéger dans ce jury et de
juger notre travail.*

*Nous vous sommes reconnaissants de l'intérêt que
vous avez bien voulu porter à notre travail.*

*Veillez accepter, cher Maître, l'assurance de notre
estime et profond respect.*

*A NOTRE MAITRE ET JUGE DE THÈSE
Monsieur ARSALANE ADIL
Professeur de Chirurgie Thoracique à l'Hôpital Avicenne de Marrakech
Nous vous remercions de nous avoir honorés par votre présence. Vous
avez accepté aimablement de juger cette thèse. Cet honneur nous touche
infiniment et nous tenons à vous exprimer notre profonde
reconnaissance. Veillez accepter, cher Maître, dans ce travail
l'assurance de notre estime et notre profond respect.*



ABBREVIATIONS



Liste des abréviations

TDM	: Tomodensitométrie
EFR	: Exploration fonctionnelle respiratoire
ETT	: Echocardiographie trans -thoracique
P	: Patient
Graph	: Graphique
Fig	: Figure
CHU	: Centre Hospitalier Universitaire
e	: ème
PE	: Pectus excavatum
PC	: Pectus carinatum
PA	: Pectus arcuatum
Cm	: Centimètre
LABSH	: Hyperinflation of the left anterior basal segment
VEMS	: Volume expiratoire maximale seconde
CV	: Capacité vitale
VO2	: Consommation d'oxygène
VO2 max	: Consommation d'oxygène maximale
VT	: Volume courant
CVF	: Capacité vitale fonctionnelle
EFX	: Exploration fonctionnelle à l'exercice
M	: Masculin
F	: Féminin
N°	: Numéro
3D	: Trois-dimension
PI	: Pectus index
EICD	: Espace intercostal droit
EIC	: Espace intercostal
DPCS	: Déformation du plastron sternochondrocostal



PLAN



INTRODUCTION	1
PATIENTS ET MÉTHODES	3
I. Présentation de l'étude	4
II. But de l'étude	4
III. Critères d'inclusion et d'exclusion	4
1. Critères d'inclusion	4
2. Critères d'exclusion	4
IV. Méthodologie et données	5
1. Recueil des données	5
2. Analyse statistique	6
RÉSULTATS	7
I. Données épidémiologiques	8
1. Fréquence	8
2. Age	8
3. Sexe	8
II. Données cliniques	9
1. Délai de consultation	9
2. Clinique	9
III. Données para-cliniques	13
1. Etude radiologique	13
2. Evaluation pré-thérapeutique	17
IV. Traitement	17
1. Traitement non chirurgical	17
2. Traitement chirurgical	17
V. EVOLUTION	21
1. Suites opératoires immédiates	21
2. Suites opératoires à court terme.....	21
3. Suites tardives et satisfactions	21
DISCUSSION	24
I. Historique.....	25
II. Rappel.....	27
1. Rappel embryologique.....	27
2. Rappel anatomique.....	30
III. Etiopathogénie.....	42
IV. Etude épidémiologique	44
1. Fréquence	44
2. Age.....	45
3. Sexe	45
V. Etude clinique	46
1. Types de déformations	46
2. Signes respiratoires	62

3. Signes cardio-vasculaires	62
4. Terrain	63
VI. Etude para clinique	64
1. Etude radiologique	64
2. Evaluation pré thérapeutique	69
VII. Traitement	75
1. Méthodes non chirurgicales	75
2. Méthodes chirurgicales	80
3. Complément de chirurgie plastique	89
VIII. Résultats	95
1. Suites opératoires	95
2. Satisfaction	98
CONCLUSION	100
RÉSUMÉS	103
BIBLIOGRAPHIE	107



INTRODUCTION



Les malformations de la paroi thoracique antérieure sont très hétérogènes, dont les plus fréquentes sont le pectus excavatum et le pectus carinatum. Leur pathogénie n'est pas bien élucidée, l'hypothèse génétique semble être la plus probable.

Le développement excessif des cartilages costaux qui refoulent et déforment le corps sternal : en arrière : pectus excavatum (ou thorax en entonnoir) ; en avant : pectus carinatum (ou thorax en carène) et pectus arcuatum.

Les déformations congénitales de la paroi thoracique antérieure ont un impact énorme sur la qualité de vie, les patients souffrant de limitations psychologiques concernant l'aspect physique, l'estime de soi et de somatisation.

Dans les cas sévères, certains individus peuvent se retirer de la société et cesser de socialiser avec leurs pairs et de participer aux activités sportives. Par ailleurs, le retentissement cardio-respiratoire de ces déformations est actuellement bien établi. Leur correction est non seulement un besoin esthétique, mais une nécessité fonctionnelle.

Le diagnostic de ces déformations de la paroi thoracique est clinico-radiologique. Le traitement est en premier lieu chirurgical. La place du traitement non-chirurgical est non négligeable pour certains auteurs. Il a sa place surtout dans les formes inopérables et aussi comme thérapeutique adjuvante au traitement chirurgical de certaines formes.

Nous avons colligé 10 cas de déformation de la paroi thoracique antérieure qui ont été pris en charge au service de chirurgie thoracique à l'hôpital Arrazi du Centre Hospitalier Universitaire Mohammed VI de Marrakech durant une période de 4 ans, allant de décembre 2016 à décembre 2020. L'objectif de ce travail est de préciser la fréquence, les caractéristiques cliniques et radiologiques de cette affection ainsi que les modalités de prise en charge thérapeutique et leur évolution à la lumière de nos observations et des données de la littérature.

Notre travail traite les déformations congénitales de la paroi thoracique antérieure vu leur fréquence.



PATIENTS ET MÉTHODES



I. Présentation de l'étude :

Il s'agit d'une étude rétrospective étalée sur 4 ans, de décembre 2016 à décembre 2020, concernant dix patients pris en charge pour une déformation de la paroi thoracique antérieure au service de chirurgie thoracique à l'hôpital Arrazi du Centre Hospitalier Universitaire Mohammed VI de Marrakech.

II. But de l'étude :

Le but de ce travail est d'évaluer l'expérience du service en matière de prise en charge de cette pathologie, et de comparer nos résultats à ceux de la littérature.

III. Critères d'inclusion et d'exclusion :

1. Critères d'inclusion :

Dans cette étude nous avons inclus tous les patients présentant une déformation congénitale de la paroi thoracique antérieure opérés au service de Chirurgie thoracique de l'hôpital Arrazi du CHU Mohammed VI de Marrakech.

2. Critères d'exclusion :

Ont été exclus de cette étude :

- les patients non opérés
- les déformations thoraciques d'origine acquise
- et les patients dont les dossiers n'ont pas pu être exploités.

IV. Méthodologie et données :

1. Recueil des données :

Les données ont été recueillies à partir des dossiers cliniques des patients et des comptes- rendus opératoires.

Pour uniformiser la récolte des informations, chaque dossier a fait l'objet d'une observation médicale décrivant les données épidémiologiques, cliniques, radiologiques, exploration fonctionnelle respiratoire, échocardiographie, ainsi que la prise en charge chirurgicale et les suites postopératoires :

1.1. Données épidémiologiques :

Nous avons relevé l'âge des patients et leur sexe. Concernant les antécédents des patients, nous avons cherché la notion de cardiopathie, de pneumopathie et de cas similaire dans la famille.

1.2. Données cliniques :

La durée d'apparition des premiers signes cliniques avant l'admission au service a été précisée. Le mode de révélation de la déformation thoracique a été étudié.

1.3. Données para cliniques :

À savoir radiologiques (tirées soit d'une Radiographie standard et/ou TDM thoracique) ou autres (EFR, ETT).

1.4. Données thérapeutiques :

Le type de l'intervention a été noté. Ainsi que la notion d'incidents en per opératoire a été précisée.

1.5. Évolution :

A court terme, nous avons recensé les éventuelles complications survenues en postopératoire immédiat, durant l'hospitalisation en réanimation ou au service de chirurgie thoracique et au cours du premier mois d'évolution.

En ce qui concerne le suivi à long terme des patients, nous avons noté le recul.

2. Analyse statistique :

La saisie et l'analyse des données ont été faites au moyen du logiciel EXCEL et on a fait appel à une méthode descriptive utilisant des variables simples telles que des pourcentages et des moyennes.



RÉSULTATS



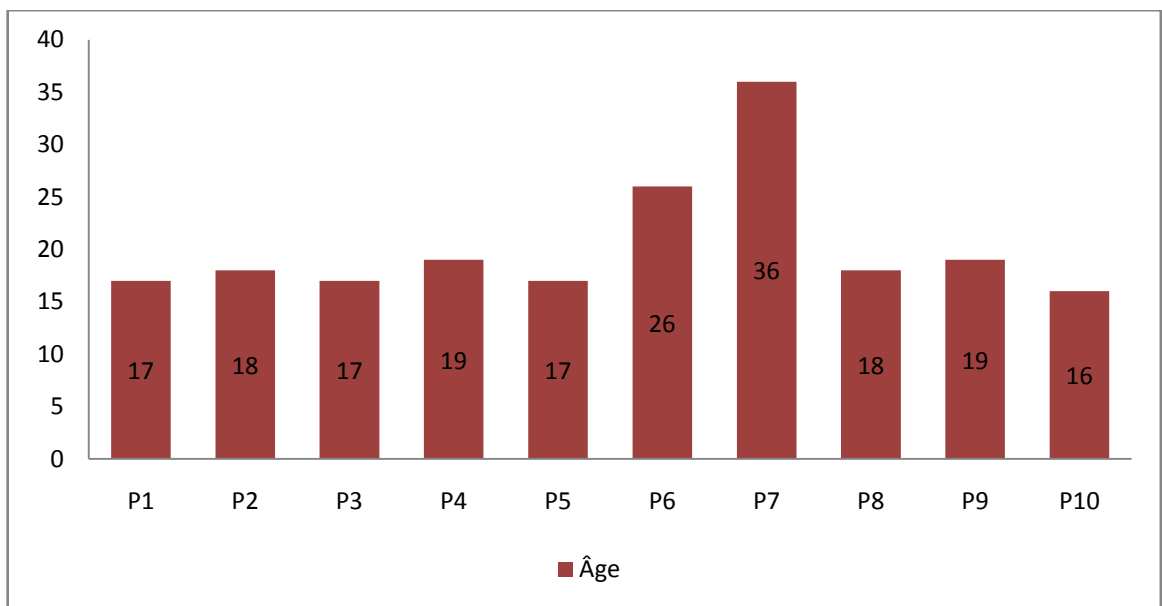
I. Données épidémiologiques :

1.

Durant la période d'étude de décembre 2016 à décembre 2020, 10 cas de déformation thoracique ont été répertoriés au sein de notre service.

2. Âge :

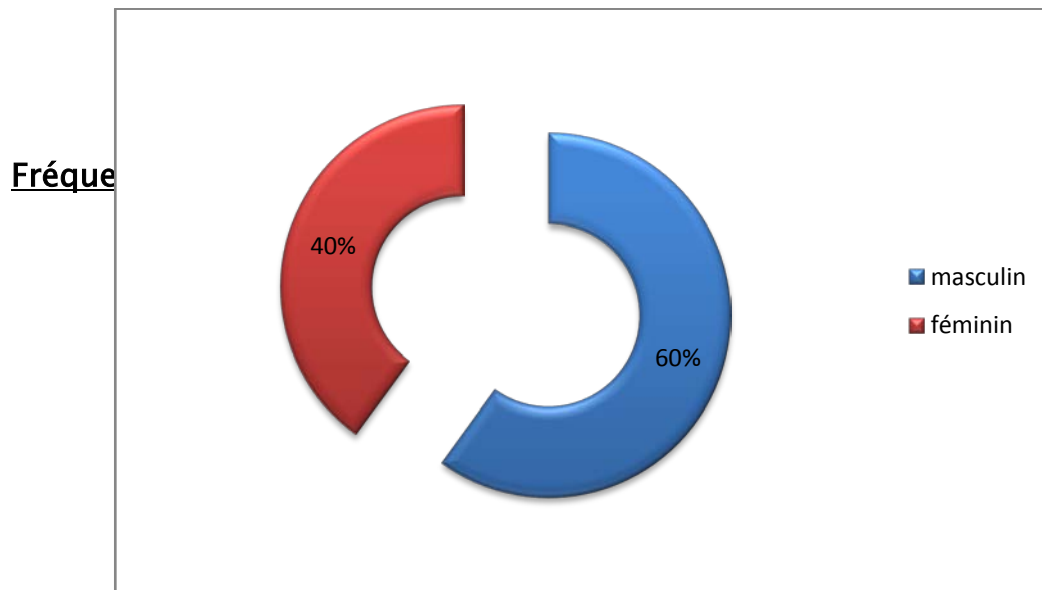
L'âge moyen de nos patients était de 20.3 ans, avec des extrêmes allant de 16 à 36 ans. (graph. 1)



Graphique 1 : Âge des patients de notre série

3. Sexe :

Il a été noté une prédominance masculine, il y avait 6 hommes et 4 femmes avec un sexe ratio de 1.5. (graph. 2)



Graphique 2 : Répartition de cas selon le sexe

II. Données cliniques :

1. Délai de consultation :

1.1.

Le délai moyen de consultation est de 29.4 mois, avec des extrêmes de 1 mois et 48 mois.

1.2. Pectus Excavatum :

Le délai moyen de consultation est de 12 ans, avec des extrêmes de 8 ans et 16 ans.

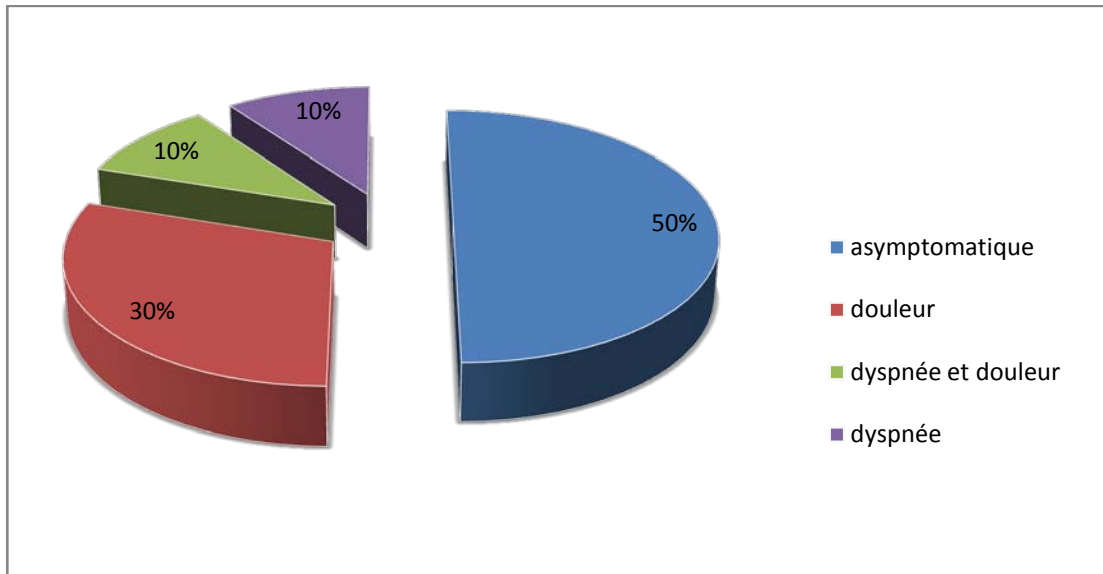
2. Clinique :

2.1. Âge de début :

La déformation a débuté chez nos patients à un âge qui varie entre 10 et 24 ans, avec une moyenne de 17 ans.

2.2. Signes fonctionnels :

- ✚ 50 % des patients ne présentaient aucun symptôme en dehors de la déformation.
- ✚ La douleur thoracique était le principal signe fonctionnel, elle était isolée chez 3 patients, et associée à la dyspnée chez un seul patient.
- ✚ La dyspnée isolée a été rapportée chez un seul cas. (Graph .3)



Rectus Carinatum :

Graphique 3 : Fréquence des signes fonctionnels

2.3. Signes physiques :

a. Etat général :

Tous nos patients étaient en bon état général.

b. Examen thoracique :

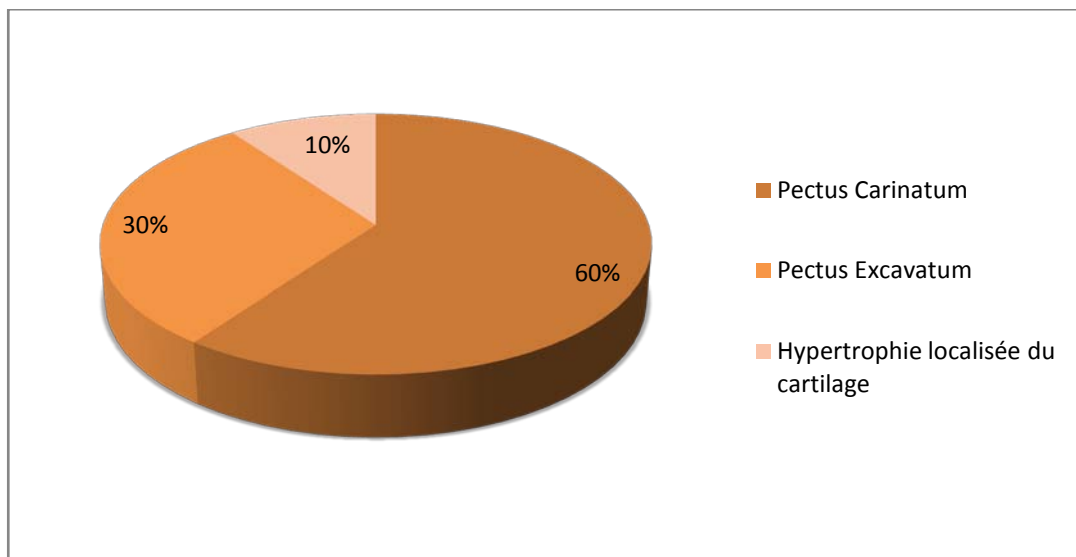
Assez pauvre, on a noté :

- Une déformation thoracique avec une taille supérieure à la normale chez 9 cas.
- Une cicatrice de thoracotomie chez un seul patient.
- Une Cicatrice de mastectomie gauche chez un seul cas.
- Une Scoliose dorsale chez un autre.

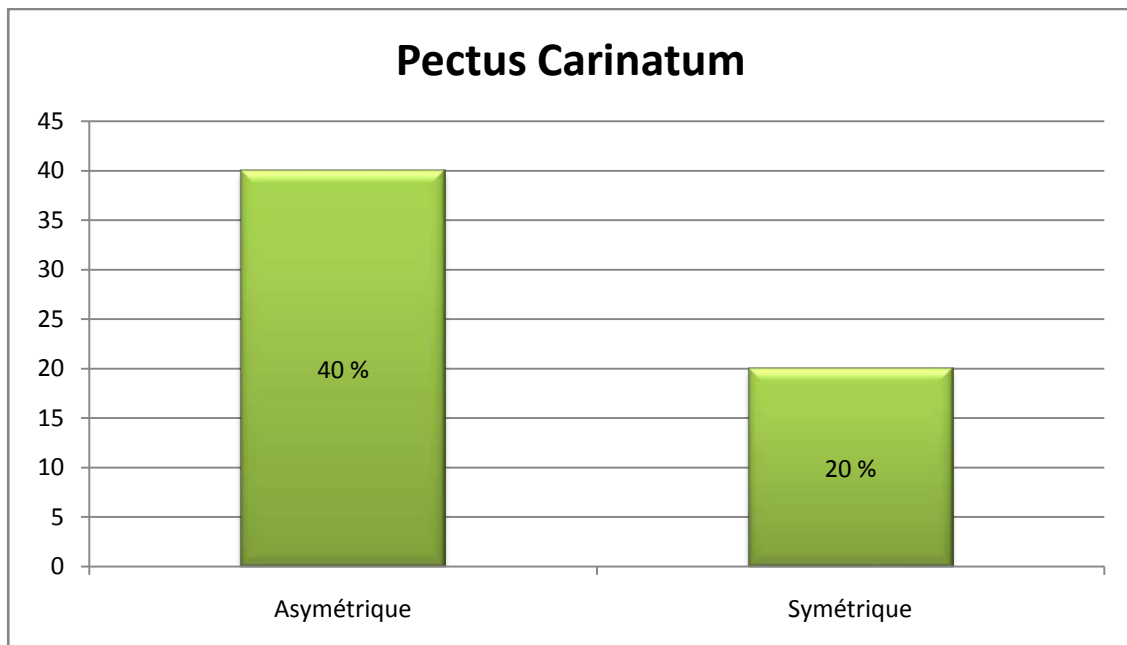
c. Type de déformation :

Notre série de cas a été marquée par une prédominance du Pectus Carinatum chez 6 patients, dont deux sont symétriques et quatre autres asymétriques (Graph .5).

On note la présence de Pectus Excavatum chez 3 patients. Suivi d'une hypertrophie localisée du 2e cartilage sterno-costale droit, qui a été décrite chez un seul patient. (Graph .4)



Graphique 4 : Répartition de types de déformation



Graphique 5 : Répartition des différentes formes du Pectus Carinatum



Figure 1 : Patient présentant un pectus carinatum symétrique



Figure 2 : Patient présentant un pectus carinatum asymétrique droit

Tableau I : tableau résumant les observations de nos malades.

N° cas	Age (ans)	Sexe	Antécédents	Age de début (ans)	Signes fonctionnels	Type de déformation
1	17	M	Sans	14	Asymptomatique	Carinatum asymétrique
2	18	F	Sans	10	Asymptomatique	Excavatum type 1
3	17	M	Sans	16	Asymptomatique	Carinatum symétrique
4	19	M	Sans	16	Asymptomatique	Carinatum asymétrique
5	17	M	Sans	15	Douleur thoracique	Carinatum symétrique
6	26	F	Neurofibromatose type 1	24	Douleur thoracique	Excavatum type 3
7	36	F	Neurofibromatose type 1 Mastectomie pour néo du sein gauche	20	Dyspnée stade 1 Douleur thoracique	Excavatum Type 3
8	18	M	Sans	15	Douleur thoracique	Carinatum asymétrique
9	19	M	Opéré pour pectus carinatum	18	Dyspnée stade 2	Carinatum asymétrique
10	16	F	Sans	15	Asymptomatique	Hypertrophie localisée du cartilage

III. Données para-cliniques :

1. Etude radiologique :

1.1. Radiographie standard :

Tous les patients de notre étude ont bénéficié d'une radiographie thoracique de face préopératoire, tandis qu'un seul patient a fait une radio de face et de profil.



Figure 3 : Radiographie de face d'un patient avec un pectus carinatum

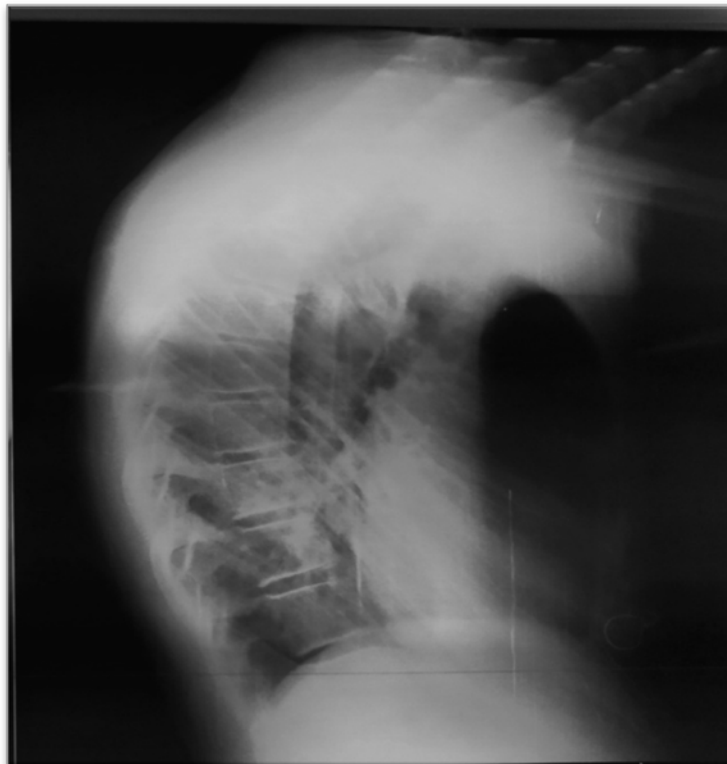


Figure 4 : Radiographie de profil du même patient avec un pectus carinatum

2. Evaluation pré-thérapeutique :

2.1. Echographie cardiaque :

Cette exploration permet de rechercher les anomalies cardiaques congénitales. Ainsi que le retentissement de la déformation sur le cœur.

Cet examen a été réalisé chez un seul cas avec pectus excavatum, montrant une compression du ventricule droit.

2.2. Spirométrie :

Dans notre série de cas, la spirométrie a été faite pour le même patient qui a bénéficié de l'échocardiographie.

On a retrouvé un volume expiratoire maximal par second (VEMS) normal de 84.35 %.

On note aussi une capacité vitale (CV) normale de 73.6 %.

IV. Traitement :

1. Traitement non chirurgical :

Aucun de nos patients n'a bénéficié d'un traitement non chirurgical.

2. Traitement chirurgical :

2.1. Analgésie préopératoire :

On a réalisé une péridurale antalgique au niveau de D4 chez nos patients.

2.2. Intubation :

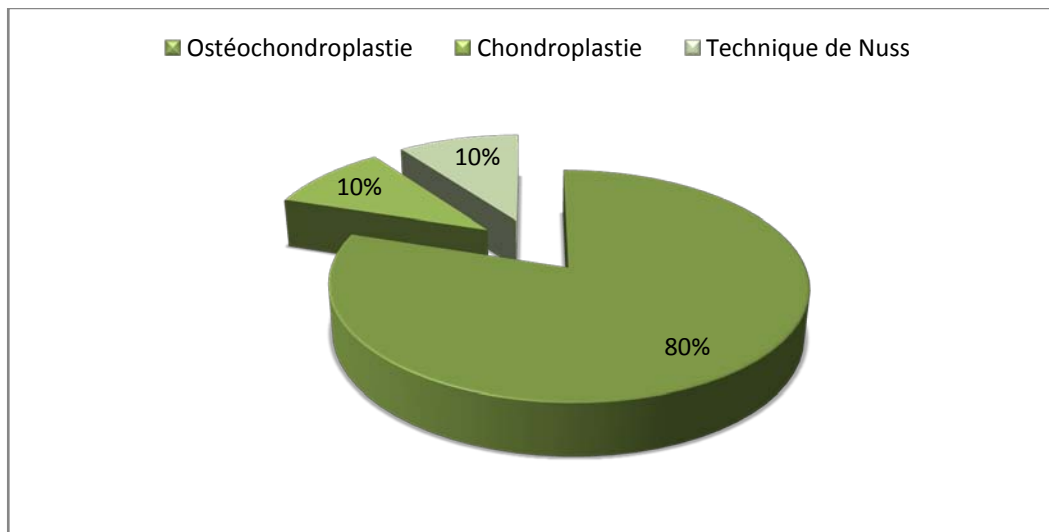
L'intubation était normale dans tous les cas, sauf un, chez qui l'abord thoracoscopique nous a obligé à utiliser une sonde double courant pour l'exclusion pulmonaire droite.

2.3. Position :

Patient en décubitus dorsal, billot fin sous les épaules, bras en abduction à 90°, parfois le long du corps.

2.4. Technique chirurgicale :

Au sein de notre étude, on a pratiqué une ostéo-chondroplastie chez 8 malades soit 80 %, dont 4 patients avec stabilisation et 4 autres sans. Un patient soit 10 % a bénéficié d'une chondroplastie. Tandis qu'un patient soit 10 % a été abordé en suivant la procédure de NUSS.



Graphique 6 : Différentes techniques chirurgicales.

2.5. Durée d'hospitalisation postopératoire :

La durée moyenne d'hospitalisation postopératoire varie selon le type de la déformation :

- Pectus carinatum : 6 jours.
- Pectus Excavatum : 5 jours.

**Tableau II : Tableau résumant les différentes méthodes chirurgicales pratiquées
chez nos patients :**

Patient	Méthode chirurgicale
1	Sterno -chondroplastie
2	Sterno-chondroplastie
3	Sterno-chondroplastie
4	Sterno-chondroplastie
5	Sterno-chondroplastie
6	Sterno-chondroplastie
7	Technique de Nuss
8	Sterno-chondroplastie
9	Sterno-chondroplastie
10	Chondroplastie



Figure 9 : Installation de notre patient pour la méthode de Ravitch



Figure 10 : La résection des cartilages en sous péri-chondral chez un de nos patients



Figure 11 : La stabilisation par une barre en titane chez un de nos patients



Figure 12 : Résultat en fin de l'intervention par méthode de Ravitch chez un de nos patients

V. EVOLUTION :

1. Suites opératoires immédiates :

- Aucun incident n'a été noté en per opératoire.
- Dans notre série, il n'y a eu aucun décès.
- Les suites opératoires étaient simples chez tous les patients, et aucune complication n'a été notée.

2. Suites opératoires à court terme:

Dans notre étude, nous avons noté une infection locale chez un seul patient.

3. Suites tardives et satisfactions :

- Les suites tardives ont été favorables et très satisfaisant chez 7 patients, 2 étaient satisfaits tandis qu'un patient était partiellement satisfaits.

- On note aussi une récurrence partielle chez un patient avec un Pectus Carinatum opéré par l'ostéo-chondroplastie sans stabilisation.



Figure 13 : Patient en postopératoire abordé par une ostéo-chondroplastie (face et profil)

Tableau III : Tableau récapitulatif

N° Observation	Sexe	Âge	Antécédents	Âge de Début	Signes fonctionnels	Type de déformation	Intervention	Résultat
1	M	17	Sans	14	Asymptomatique	Carinatum asymétrique	Ostéochondroplastie avec stabilisation par une atelle en titane.	Très Satisfait
2	F	18	Sans	10	Asymptomatique	Excavatum type 1	Ostéochondroplastie	Très Satisfait
3	M	17	Sans	16	Asymptomatique	Carinatum symétrique	Ostéochondroplastie	Très Satisfait
4	M	19	Sans	16	Asymptomatique	Carinatum asymétrique	Ostéochondroplastie	Très Satisfait
5	M	17	Sans	14	Douleur thoracique	Carinatum symétrique	Ostéochondroplastie avec stabilisation par une atelle en titane.	Satisfait
6	F	26	Neurofibromatose Type 1	24	Douleur thoracique	Excavatum type 3	Ostéochondroplastie	Très Satisfait
7	F	36	Neurofibromatose Type 1 Néo du sein gauche opéré	20	Dyspnée stade 1 Douleur thoracique	Excavatum type 3	Technique de NUSS	Satisfait
8	M	18	Sans	15	Douleur thoracique	Carinatum asymétrique	Ostéochondroplastie avec stabilisation par une atelle en titane.	Très Satisfait
9	M	19	Opéré pour pectus carinatum	18	Dyspnée stade 2	Carinatum asymétrique	Ostéochondroplastie avec stabilisation par une atelle en titane.	Partiellement satisfait
10	F	16	Sans	15	Asymptomatique	Hypertrophie localisée du cartilage	Chondroplastie	Très satisfait



DISCUSSION



Notre étude a été menée au sein du service de chirurgie thoracique du Centre Hospitalier Mohammed VI de Marrakech. Le but de notre série est de ressortir les caractéristiques de cette pathologie dans notre contexte et de rapporter les résultats chirurgicaux.

I. Historique

Bauhinus a mis en place la définition cardinale du thorax en entonnoir au seizième siècle. Il a établi les signes cliniques du pectus excavatum chez un patient souffrant de compression pulmonaire, les symptômes évalués par **Bauhinus** ont amélioré la définition de la déformation [1].

En 1820, **Coulson** avait découvert que la génétique était un facteur incriminé dans le pectus excavatum. Ce dernier a mené une étude sur trois frères et sœurs atteints de cette déformation [2].

En 1870, le premier pectus carinatum a été décrit par **EGGEL**[3].

Les travaux de **Von Luschka** et d'**Eggel** suivirent alors la publication du premier rapport de cas complet d'une dépression thoracique en entonnoir; le rapport de ce cas était nommé « miraculum naturae ».

A l'époque, **Eggel** et les autres érudits s'appuyaient sur l'hypothèse, que la déformation était engendrée par la rigidité due à la malnutrition ou aux anomalies de développement.

Hagmann l'a remplacé avec une hypothèse alternative, en indiquant la cause du pectus excavatum à être étroitement liée à la croissance des côtes. En fait, les chirurgiens croyaient que l'élimination du cartilage des côtes réussirait à corriger le positionnement anormal du sternum [4]. D'autres cas (une documentation de 5 patients) se concrétisent au XIX siècle par **Ebestein**.

Durant cette période, on prescrivait aux patients « l'air frais et les exercices de respiration » afin d'améliorer la fonction respiratoire, ainsi qu'une participation à de divers exercices de rééducation. De plus, un bandage en huit reste le plus utilisé comme technique de correction.

Pendant la première guerre mondiale, il y a eu d'énorme progrès de l'anesthésie moderne. Avant cela, seules des corrections limitées pouvaient être effectuées[5].

La première opération de correction du Pectus excavatum a été guidée par **Meyer** en 1911. Le but de cette chirurgie était d'enlever le cartilage des côtes. Ceci à renforcer l'hypothèse antérieure de la croissance excessive des côtes, étant le facteur prédisposant, présenté par **Hagmann**. **Meyer** a enlevé les deuxièmes à troisièmes cartilages costales sur le côté droit de la paroi thoracique. Il n'y a pas eu d'amélioration significative et l'opération a été jugée sans succès [2]. **Sauerbruch** a été le pionnier du traitement du XXe siècle en incisant et excoriant les cartilages costaux de la 5 e à la 9 e gauche et une section du sternum adjacent. Il a été prouvé que la chirurgie atténue la dyspnée et permet au patient de reprendre sa vie normale rapidement [6]. Quelques années plus tard, **Sauerbruch** a commencé la première correction accomplie par résection sous péricondrale de tout le cartilage déformé et la stabilisation du sternum, par l'utilisation des barres d'implantation.

Cette opération nécessite une dissection rétro sternale trop invasive et des ostéotomies transversales [2].

Ravitch a élucidé et présenté les étapes de la correction chirurgicale du pectus excavatum. De nombreuses méthodes de réparation suivaient ceux de Ravitch.

La technique de **Sauerbruch** a été universalisée par **Ravitch** et a précédé les interventions révolutionnaires découvertes par NUSS[7]. D'autres méthodes chirurgicales placent une attelle externe, au lieu de la barre, derrière le sternum ; la modification de **Leonard** est un exemple [8].



Figure 14 : Ferdinand Sauerbruch



Figure 15 : Mark M. Ravitch

Concernant le syndrome de Poland, Le premier cas a été décrit en 1826 par un français, Lallemand. Il s'agissait d'un patient de 60 ans qui présentait une dépression thoracique, une absence de la portion antérieure des 3e, 4e et 5e côtes ainsi qu'une hernie pulmonaire homolatérale, sans malformation au niveau du membre supérieur. La première description clinique et anatomique complète a été réalisée par **Alfred Poland** en 1841. Alfred Poland, étudiant en anatomie au Guy's Hôpital, disséqua le cadavre d'un forçat de 27 ans, condamné à mort, qui présentait une dépression thoracique gauche et une main gauche petite et palmée [9].

II. Rappel

1. Rappel embryologique

Les somites de la cage thoracique sont issues du mésoderme, elles fusionneront longitudinalement pour former des paires de barres sternales cartilagineuse (bandes, plaques). Ces dernières se déplacent progressivement vers la ligne médiane poussées par l'allongement des côtes. Finalement les deux bandes s'incorporent en « zip-like » cranio-caudalement pour former le sternum [10].

A ce stade, il est formé d'une succession de bandes cartilagineuses appelées « sternebres»

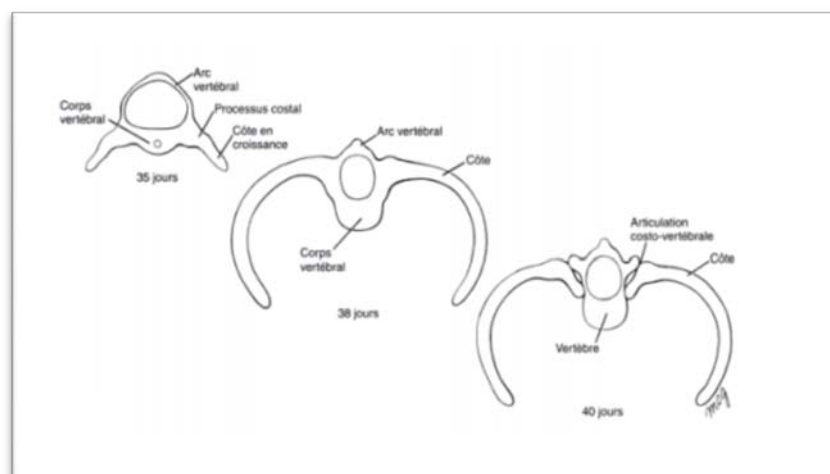


Figure 16 : Embryogenèse des côtes

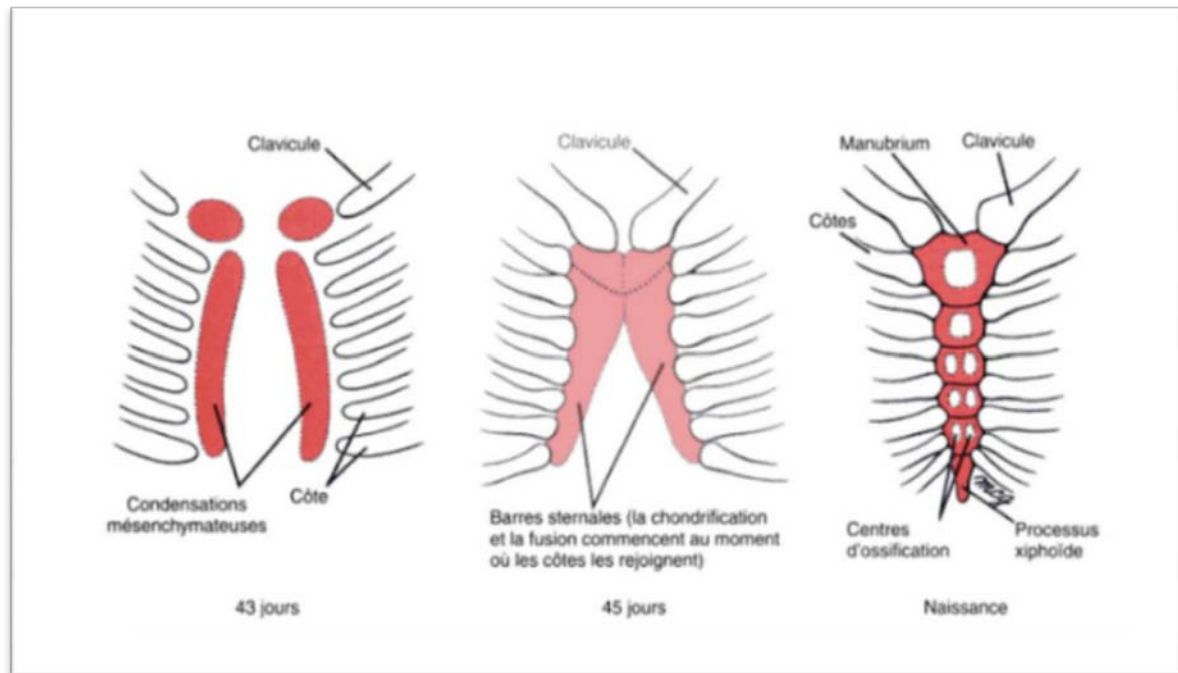


Figure 17 : Embryogenèse du sternum

Les perturbations du développement de ce processus de fusion peuvent donner une fissure congénitale du sternum. A l'intérieur du cartilage primordial du sternum les premiers centres d'ossification auront lieu au manubrium, d'autres dans le corps du sternum s'en suivent. [10]

Habituellement, ceux de la partie supérieure sont uniques (le manubrium), alors que les autres sont disposés en pair, mais souvent asymétriquement disposés (Figure 18).

En contraste net avec leur apparence, l'union des centres d'ossification dans le corps du sternum procède de bas en haut. Une fusion incomplète des sternobres entraîne la variation bien connue d'un foramen sternal (Fissura Sternicongenita). [10]

En règle générale, la synostose des centres du corps commence à la puberté et se finalise entre 20 et 25 ans. Le développement osseux au sein du xiphoïde se fait après le reste du sternum ; le reste de cette partie du sternum reste cartilagineuse. [10]

Dans l'ensemble, le nombre et la localisation des centres d'ossification dans le sternum varient considérablement en fonction de la maturation et le moment de la fusion des barres sternales susmentionnées. [10]

L'ossification des surfaces aplaties des côtes cartilagineuses commence postérieurement près de l'angle, se déplace centralement, et s'arrête quand elle arrive à un changement de la direction de la côte (Figure 16). [10]

Ces quelques aperçus rendent l'irrégularité de la croissance du cartilage costale compréhensible, entraînant une ossification de la partie inférieure du sternum. L'association des deux contribue à la formation du thorax en entonnoir ou du thorax en carène. [10]



Figure 18 : le développement du sternum

Sternum cartilagineux d'un nourrisson : des centres d'ossification sont impair dans la moitié supérieure du corps et paire dans la moitié inférieure. Les derniers sont parfois localisés asymétriquement et n'apparaissent pas synchronisés.

2. Rappel anatomique

Le thorax est une région anatomique qui constitue la plus grande surface du corps humain. Il est caractérisé par sa forme et son contenu fait surtout d'organes nobles assurant les grandes fonctions vitales de l'organisme, la fonction respiratoire et circulatoire.

2.1. La paroi thoracique [[3],[10],[11]] :

La cage thoracique est un contenant semi-rigide, formée par trois parois, et on lui distingue un cadre osseux et un plan cutané-musculaire.

a. **Une paroi antérieure:**

Limitée en haut par une ligne horizontale passant par le bord supérieur des deux clavicules, latéralement par l'épaule et par la ligne axillaire antérieure, puis en bas par une ligne horizontale passant à deux travers de doigts au-dessous de l'appendice xiphoïde.

b. **Une paroi postérieure :**

Comprise entre les lignes horizontales passant par la septième vertèbre cervicale en haut et les deux douzièmes côtes en bas, et latéralement et de chaque côté la limite latérale du corps.

c. **Une paroi inférieure ou diaphragme :**

Qui se présente comme un voile tendu entre les éléments squelettiques qui circonscrivent l'orifice inférieur du thorax. Son rôle est similaire à celui d'un piston, avec une amplitude qui peut atteindre jusqu'à 15cm en fin d'expiration ce qui correspond au 4ème EICD antérieur (mamelon chez l'homme).

d. **Limite supérieure : Orifice cervico-thoracique**

Etroit, il livre passage à la trachée, l'œsophage et aux vaisseaux à destinée céphaliques et membres supérieurs.

a.1. Le squelette du thorax : [[12], [13], [14], [15]]

Le thorax représente une cage ostéo-cartilagineuse constituée :

- En **avant**, par le sternum, avec de part et d'autre les vaisseaux mammaires internes (artère et veine).
- **Latéralement** et de chaque côté, par les douze côtes et leurs cartilages costaux,
- En **arrière** par la colonne vertébrale dorsale et l'omoplate.

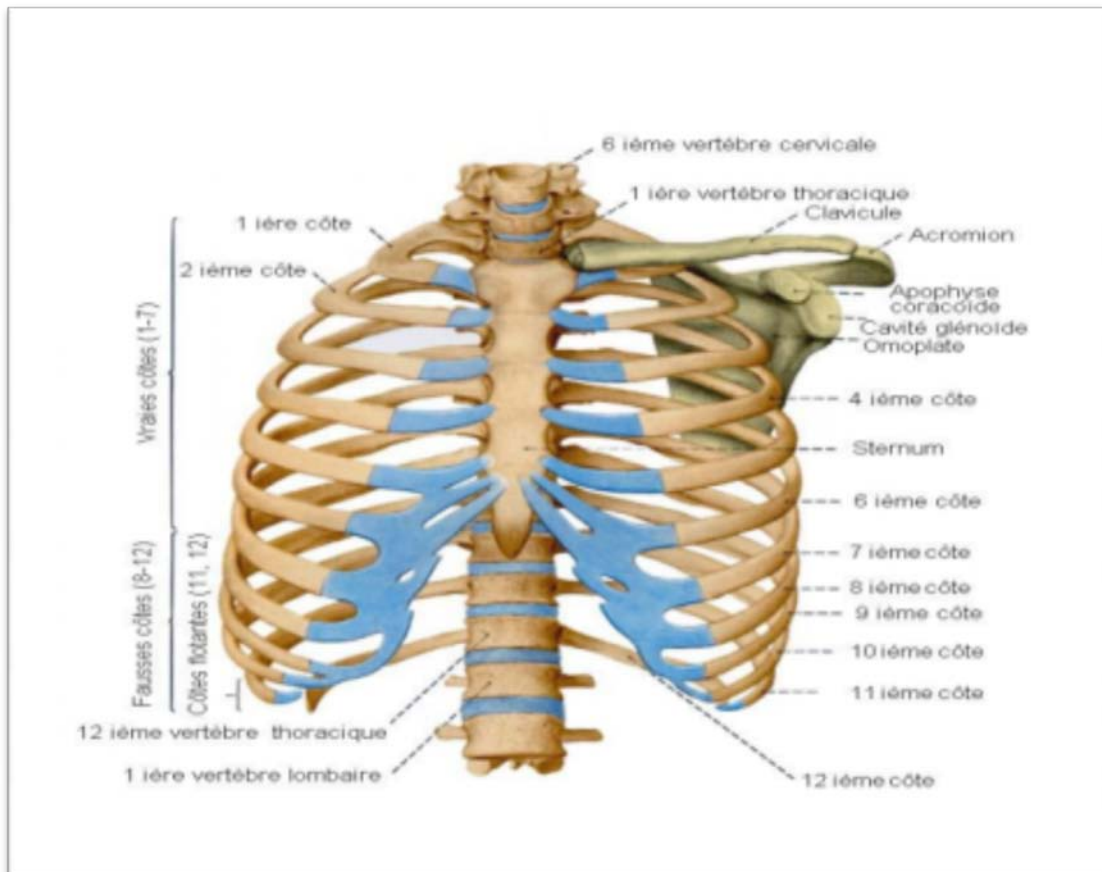


Figure 19: Vue ventrale du squelette du thorax

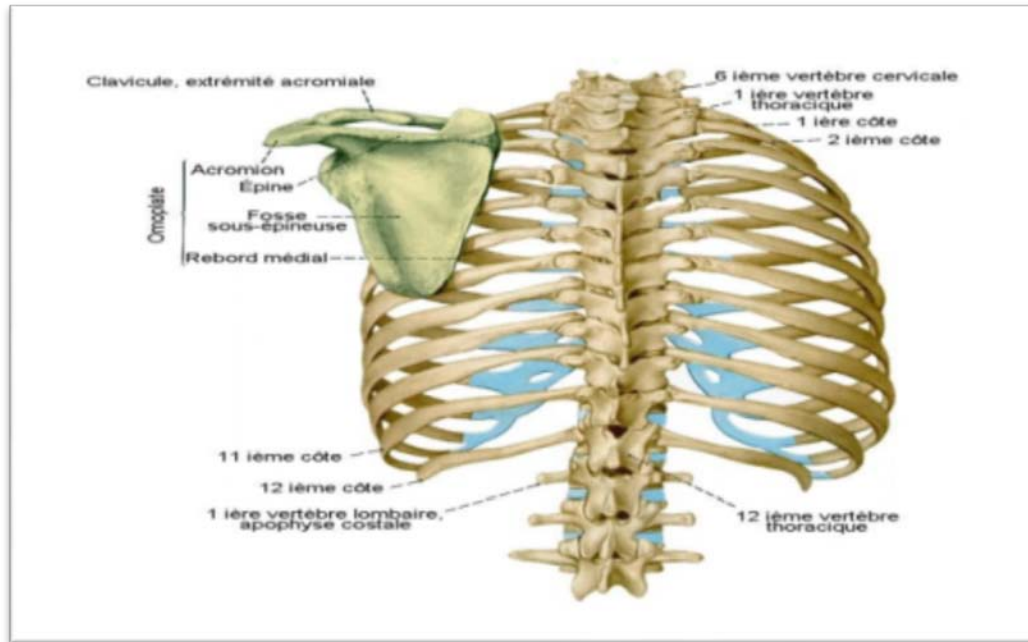


Figure 20 : Vue dorsale du squelette du thorax

✓ **Les côtes :**

➤ **Classification :**

Les côtes 1 à 7 sont dites vraies ou sternales. Les côtes asternales, de 8 à 12, comportent les fausses côtes, de 8 à 10 et les côtes flottantes, 11 et 12, dont l'extrémité médiale est libre (Figure 19).

➤ **L'arc postérieur :**

Exclusivement osseux, il est concave ventralement. En coupe, l'arc postérieur est cylindrique, contrairement aux arcs axillaires et antérieurs qui ont un grand axe vertical.

Le segment le plus médial porte deux zones articulaires, la tête et le tubercule, séparé par le col. Elles constituent de vraies articulations.

L'articulation costo-vertébrale est une double arthroïdie se comportant comme une trochoïde, l'articulation costo-transversaire est de type trochoïde. Elles ne permettent donc qu'un seul degré de liberté, mais essentiel dans la mécanique respiratoire, la rotation costale, et dans une moindre mesure un mouvement de glissement.

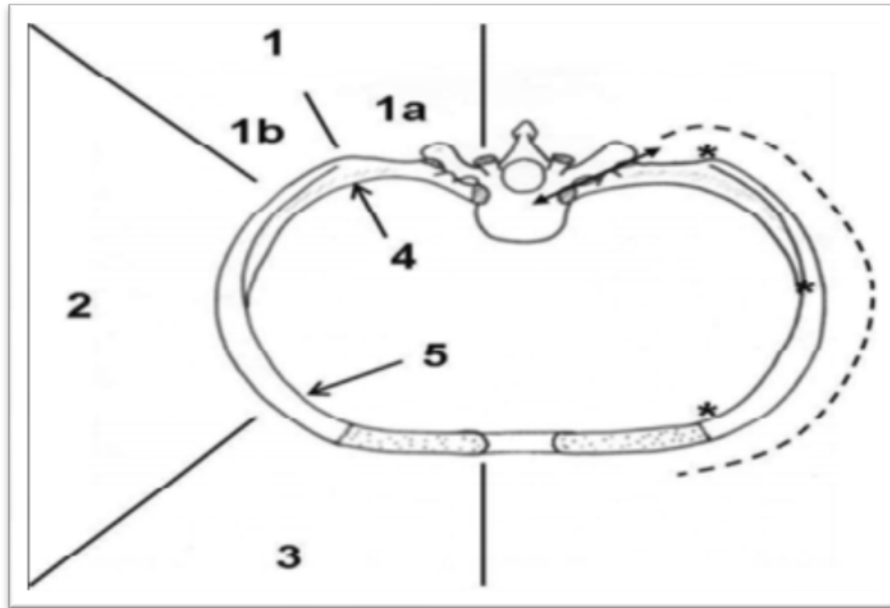


Figure 21 : Vue crâniale d'une paire de côtes.

1 : arc postérieur (a : segment médial, b : segment latéral) ; 2 : arc axillaire ; 3 : arc antérieur ;
 4 : angle postérieur ; 5 : angle ventral ; * : courbure de torsion ; <-> : axe de rotation costal ;
 - - - - - : courbure d'enroulement.

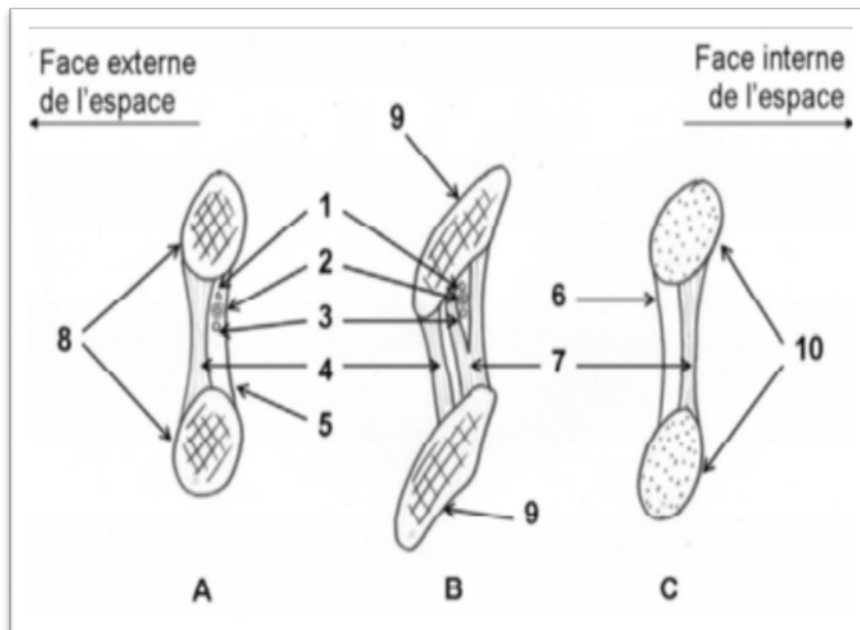


Figure 22 : Espace intercostal en coupe.

A : arc postérieur ; B : arc axillaire ; C : arc antérieur ; 1 : veine ; 2 : artère ; 3 : nerf
 4 : muscle intercostal externe ; 5 : membrane intercostale interne ; 6 : membrane intercostale externe ;
 7 : muscle intercostal interne ; 8 : col costal ; 9 : corps costal ; 10 : cartilage costal.

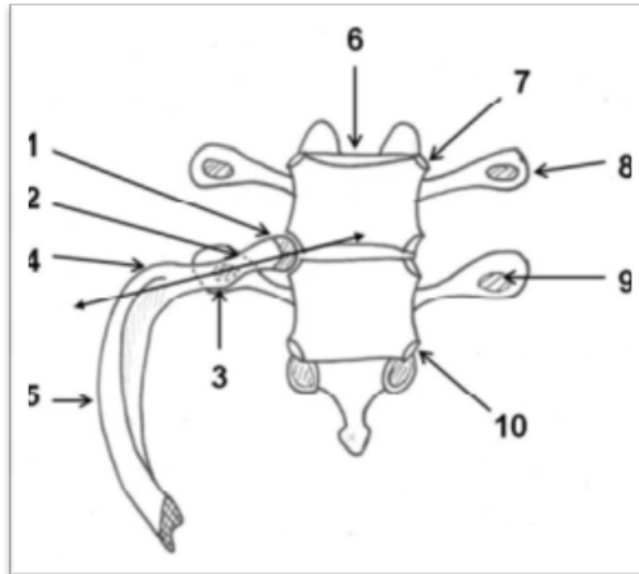


Figure 23 : Vue ventrale des articulations costo-vertébrale et costo-transversaire d'une côte droite

1 : tête costale ; 2 : col costal ; 3 : tubercule costal ; 4 : angle postérieur ; 5 : corps costal ; 6 : vertèbre thoracique ; 7 : facette articulaire corporeale crâniale ; 8 : processus transverse ; 9 : facette articulaire transversaire ; 10 : facette articulaire corporeale caudale ; ↔ : œ de rotation costal.

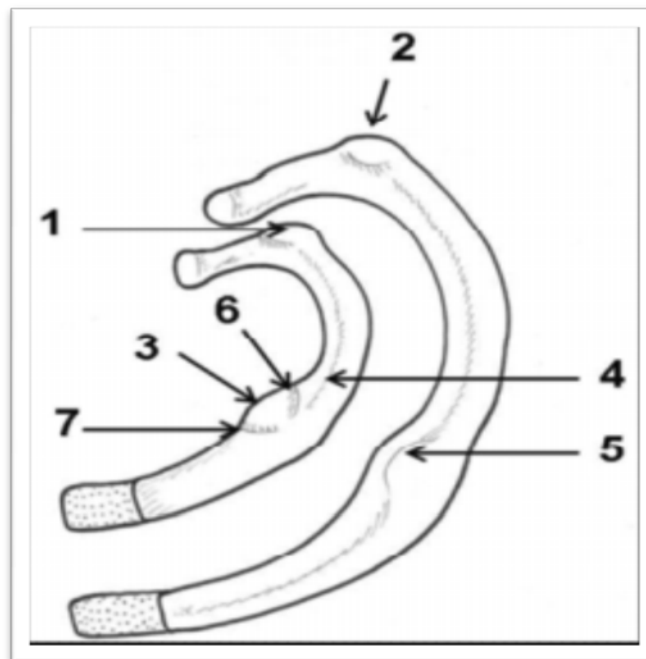


Figure 24 : Vue crâniale des côtes 1 et 2 gauches.

1 : tubercule et angle postérieur de K1 ; 2 : angle postérieur de K2 ; 3 : tubercule de Lisfranc = insertion caudale du muscle scalène antérieur ; 4 : insertion caudale du muscle scalène moyen ; 5 : insertion caudale du muscle scalène postérieur ; 6 : gouttière de l'artère subclavière ; 7 : gouttière de la veine subclavière.

➤ **L'arc axillaire :**

Il est exclusivement osseux (corps de la côte) et concave médialement. Il est facilement accessible à la palpation. À sa partie moyenne se trouve le sommet de la courbure. Entre l'arc axillaire et antérieur se trouve le point V, ou sommet de l'angle ventral des côtes. Pour la mécanique respiratoire, il est le lieu du maximum de la torsion de la côte.

Cet arc se poursuit par l'arc antérieur masqué par les muscles grands pectoraux, et par la glande mammaire chez la femme.

➤ **L'arc antérieur osseux**

En coupe, le corps costal au niveau de l'arc axillaire antérieur, présente la morphologie costale classiquement représentée. En effet la traction verticale par les muscles intercostaux est prépondérante. Le modelage en résultant est un grand axe vertical, un bord supérieur convexe vers le haut, et un bord inférieur concave vers le bas, décrivant une gouttière protégeant le pédicule intercostal.

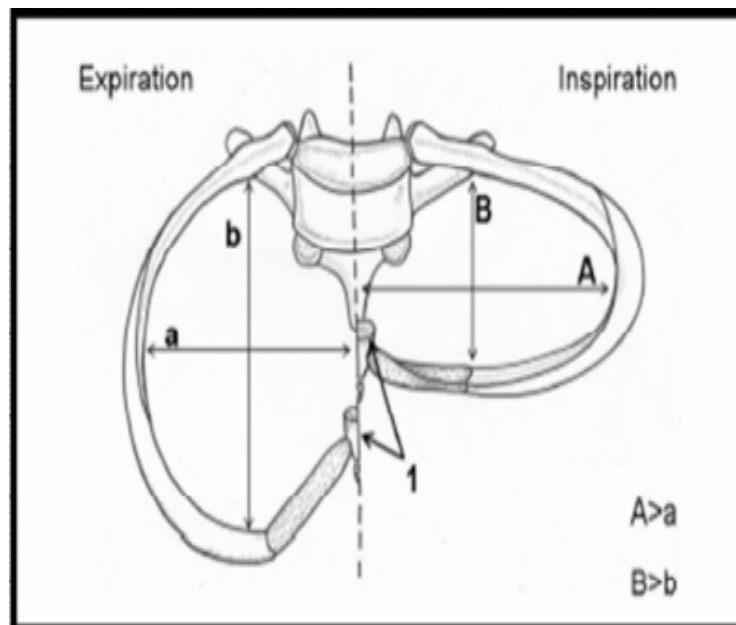


Figure 25: Mécanique chondro-costale, vue de face.

a : diamètre transversal en expiration ; b : diamètre antéropostérieur en expiration ; A : diamètre transversal en inspiration ; B : diamètre antéropostérieur en inspiration ; 1 : extrémité caudale du sternum ; cartilage costal.

➤ **L'arc antérieur cartilagineux : Les cartilages costaux**

Ces cartilages attachent l'os costal au sternum. Ils présentent la même morphologie en coupe que l'arc antérieur osseux dont ils sont le prolongement, aplatis d'avant en arrière, toujours modelés par la traction verticale des muscles intercostaux (Fig. 22).

Leur orientation est variable (Fig. 19). Pour les côtes 1 à 3, ils prolongent l'orientation descendante de l'os costal correspondant.

À partir de la 4e côte, ils sont de plus en plus ascendants et longs.

À partir du 8e niveau, le cartilage costal s'insère sur le cartilage costal sus-jacent via les articulations interchondrales.

Leur articulation chondro-sternale, médiale est, pour la première côte, ne permettant qu'un faible degré de mouvement, puis pour les côtes suivantes ne permettant que des mouvements limités de glissement.

Ces articulations sont renforcées par un ligament chondro-sternal antérieur solide, et un ligament chondro-sternal postérieur plus grêle [16](Fig. 26).

Les propriétés élastiques de ces cartilages costaux sont d'autant plus importantes que le sujet est jeune. Ce cartilage peut s'ossifier chez la personne âgée[17].

Ces caractéristiques expliquent la passivité de l'expiration et le déplacement important du plastron chondro-sternal lors de l'inspiration (Fig. 25).

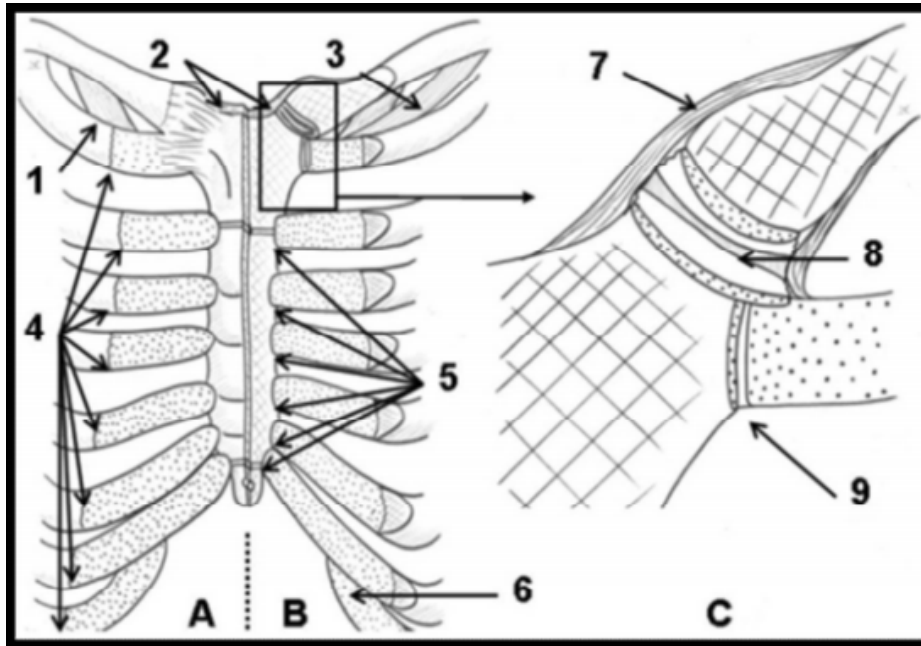


Figure 26 : Articulations du plastron chondro-sternal.

A : vue ventrale respectant les articulations ; B : coupe frontale intra-articulaire ; C : articulations sterno-claviculaire et chondro-sternale de K1 ; 1 : ligament costo-claviculaire ; 2 : ligaments inter-claviculaires ; 3 : muscle subclavier ; 4 : articulations chondro-costales de K1 à K8 ; 5 : articulations chondro-sternales de K2 à K7 ; 6 : articulation interchondrale de K8 sur K7 ; 7 : capsule articulaire ; 8 : disque ou ménisque articulaire ; 9 : articulation chondro-sternale de K1 ;

✓ Le sternum

Cet os plat, impair, et médian, est facilement palpable de la région cervicale à la partie crâniale de l'abdomen. Il est constitué de trois pièces osseuses distinctes : le manubrium sternal, le corps du sternum et le processus xiphoïde (figure 27).

✚ **Le manubrium** est la pièce la plus épaisse et la plus large. Sur ses bords latéraux sont présents, de haut en bas, les incisures ou surfaces articulaires claviculaires, puis immédiatement au contact, celles des premières côtes. Celles des deuxièmes côtes sont à cheval sur le manubrium et le corps sternal. Le corps sternal étant quasiment vertical, leur articulation décrit un angle obtus ouvert vers l'arrière, l'angle sternal (environ 140 degrés).

✚ **Le corps** est la partie la plus allongée. Elle présente à sa surface ventrale des crêtes transversales, palpables, situées à la hauteur des côtes 3 à 6. L'insertion de la septième

côte est à cheval sur le corps sternal et le processus xiphoïde. Entre chaque incisure costale se trouvent d'autres dépressions latérales, les incisures intercostales.

✚ Le **processus xiphoïde** est une petite pièce osseuse, dans le même plan que le corps sternal, de forme variable.

Ces trois pièces osseuses sont articulées entre elles par des synchondroses, articulations donc peu mobiles, voir immobiles chez la personne âgée.

Ce bouclier osseux protège les gros vaisseaux du médiastin antérieur et le cœur. Il réunit en avant l'ensemble des cartilages costaux [18].

L'intégrité du plastron chondro-sternal est nécessaire à la bonne mécanique respiratoire. Le développement du sternum et des cartilages costaux est par ailleurs intimement lié.

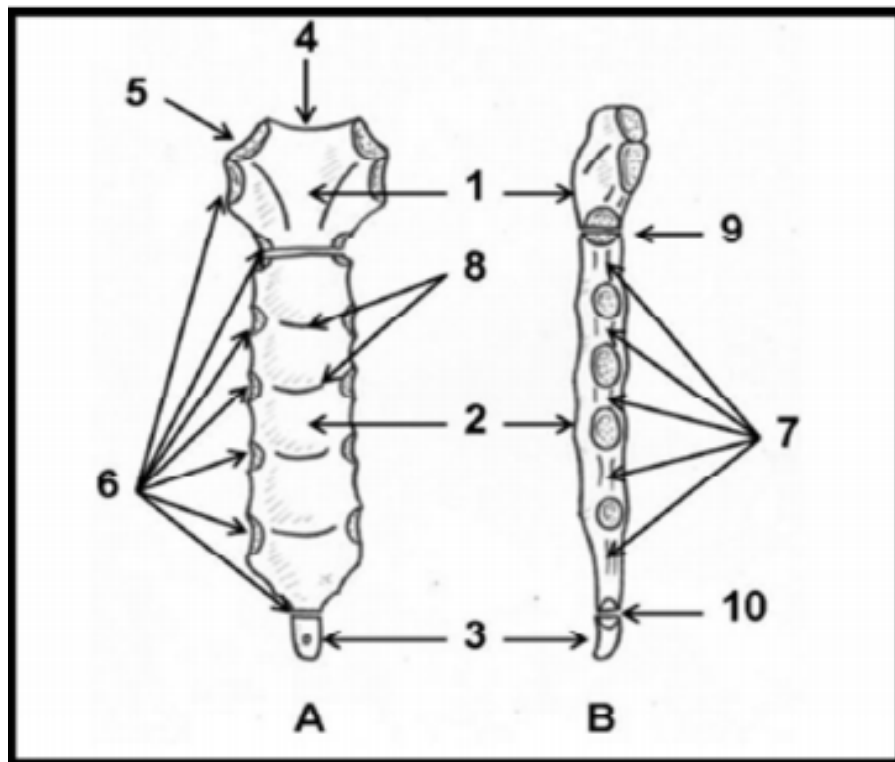


Figure 27 : Le sternum vu de face et de profil.

A : vue ventrale ; B : vue de profil gauche 1 : manubrium sternal ; 2 : corps du sternum ; 3 : -processus xiphoïde ; 4 : incisure jugulaire ; 5 : incisure claviculaire ; 6 : incisures costales de K1 à K7 ; 7 : incisures intercostales ; 8 : crêtes transverses ; 9 : synchondrose manubrio-corporéale et angle sternal de Louis ; 10 : synchondrose corporéo-xiphoïdienne.

a.2. Le plan cutané -musculaire :

On distingue successivement de dehors en dedans :

- la peau.
- Le tissu sous-cutané.
- L'aponévrose.
- Les plans musculaires.

Les muscles de la région antérieure : sont divisés selon leur disposition par rapport au squelette en:

- Un groupe musculaire superficiel : Le grand pectoral, le petit pectoral, le grand dentelé, en avant et en bas (les faisceaux d'insertion du grand droit et les digitations du grand oblique).
- Un groupe musculaire profond: Représenté par le muscle triangulaire du sternum.

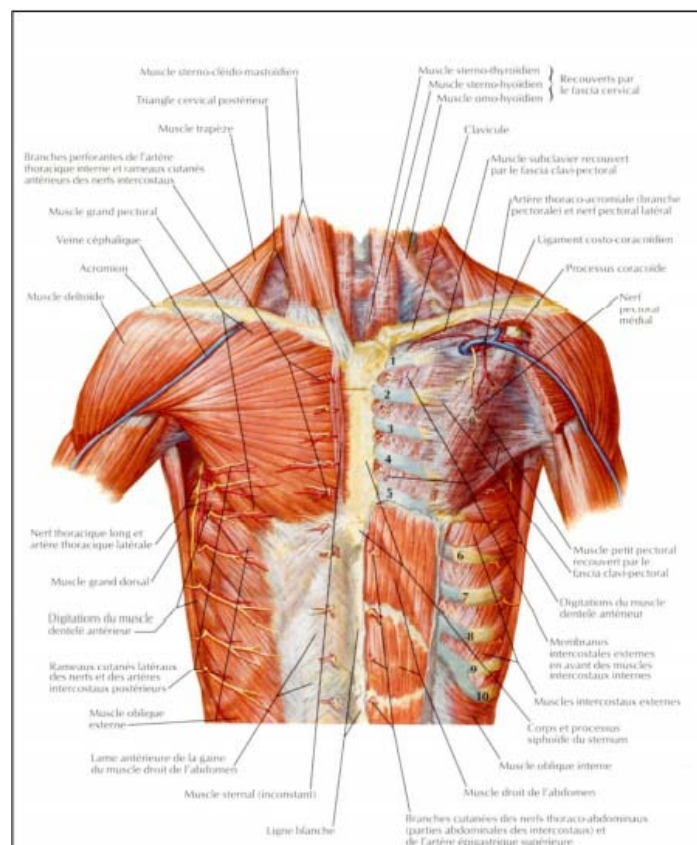


Figure 28 : Paroi antérieure du thorax antérieur [4]

Les muscles de la région postérieure : Sont groupés en trois plans.

- Un plan superficiel : Qui comprend le muscle grand dorsal et le muscle trapèze.
- Un plan musculaire moyen : Comprend trois muscles ; le muscle grand dentelé, le muscle petit dentelé, et le muscle rhomboïde.
- Un plan musculaire profond : Constitué par les muscles spinaux.

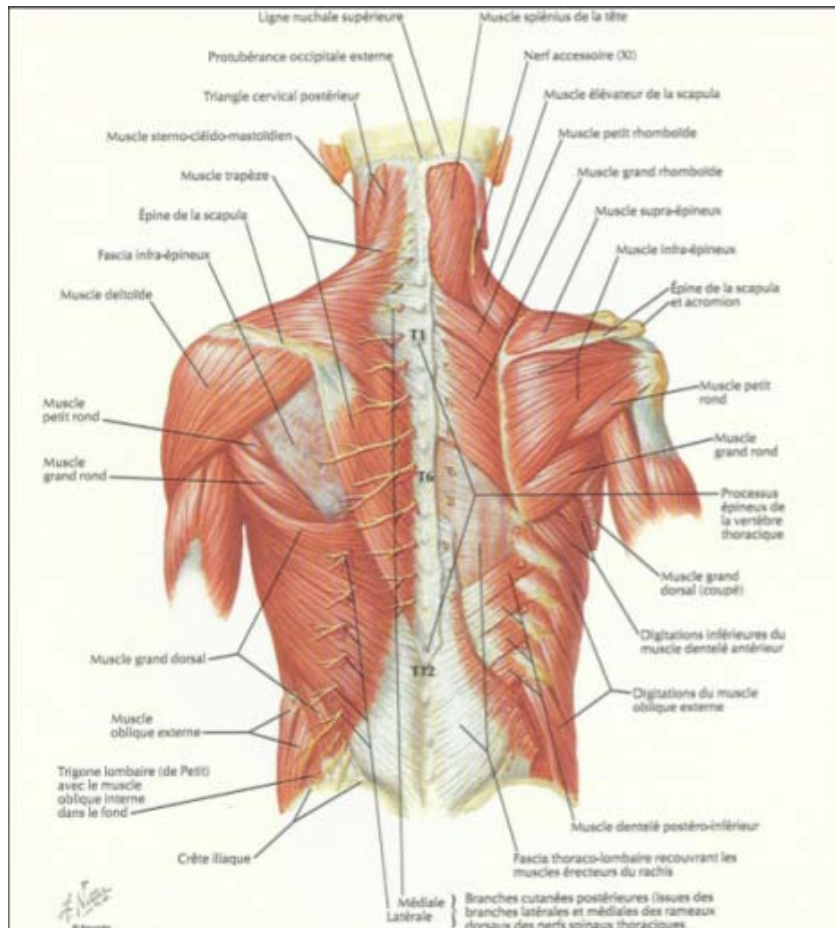


Figure 29 : paroi postérieure du thorax [19]

a.3. Le plan intercostal : (Figure 17,18)

L'espace intercostal (EIC) est formé par trois plans musculaires et deux plans cellulo-fibreux, on distingue successivement :

- Le muscle intercostal externe.
- Le tissu fibro-celluleux intermusculaire externe.

- Le muscle intercostal moyen.
- Le tissu intermusculaire moyen.
- Le muscle intercostal interne.

L'espace intercostal est caractérisé par le passage d'un pédicule appelé pédicule intercostal. Ses éléments se disposent successivement au-dessous du bord inférieur de la côte supérieure de haut en bas, la veine, l'artère, puis le nerf (Figure 22).

2.2. La vascularisation de la paroi thoracique: [19]

a. La vascularisation artérielle :

a.1. Artères intercostales postérieures :

Les deux artères intercostales postéro-supérieures sont issues de l'artère thoracique supérieure, branche du tronc costo-cervical. Ce dernier est une branche postérieure de l'artère sous clavière. Les neuf autres paires d'artères intercostales postérieures naissent de la face postérieure de l'aorte descendante.

a.2. Artères intercostales antérieures :

Elles naissent directement ou indirectement de l'artère thoracique interne. Cette dernière naît de l'artère sous clavière au niveau du cou.

Au niveau du 6ème EIC, elle se divise en deux branches terminales : l'artère épigastrique supérieure et l'artère musculo-phrénique. Les artères intercostales antérieures des derniers EIC naissent de l'artère musculo-phrénique.

En plus de ces branches, l'artère thoracique donne naissance à des branches perforantes pour vasculariser les structures externes de la paroi thoracique.

b. Le drainage veineux :

Le drainage veineux de la paroi thoracique est habituellement parallèle au réseau artériel. Les veines intercostales se drainent dans le système des veines azygos ou dans les veines thoraciques internes, qui sont connectées avec les veines brachiocéphaliques du cou.

III. Etiopathogénie

La pathogénie exacte des malformations thoraciques congénitales, et en particulier du thorax en entonnoir et en carène, est encore mal élucidée. De nombreuses hypothèses ont été avancées mais aucune n'a pu être prouvée :

- La théorie de l'hyperplasie chondro-costale, émise en 1937 par **Ombredanne**, est à l'heure actuelle la plus communément admise par de nombreux auteurs. [20], [21], [22], [23], [24], [25]

Ombredanne fut le premier à considérer qu'une croissance excessive des côtes et des cartilages puisse être à l'origine des déformations du plastron sternochondrocostal (DPCS). Les cartilages trop longs repousseraient le sternum. Un excès de croissance de la partie antérieure des cartilages repousserait le sternum en arrière formant le thorax en entonnoir (fig. 27), alors qu'un excès de croissance postérieure des cartilages repousserait le sternum en avant formant le thorax en carène (fig. 26). Plusieurs arguments plaident en faveur de cette théorie : [26]

- la coexistence de thorax en entonnoir et de thorax en carène dans la même famille, voire chez le même patient.
- l'aggravation de la déformation au cours de la croissance, et en particulier au moment de la poussée pubertaire.
- la récurrence postopératoire, lorsque l'intervention a été pratiquée chez les enfants avant la puberté.
- la présence de déformation du plastron sternochondrocostal chez les patients atteints du syndrome de Marfan. Cette constatation permet d'extrapoler à l'arc costal le processus qui atteint les os longs.

– un nombre important d'auteurs accèdent cette théorie.

Cependant, rien à ce jour ne peut expliquer cette hyper croissance des cartilages costaux.

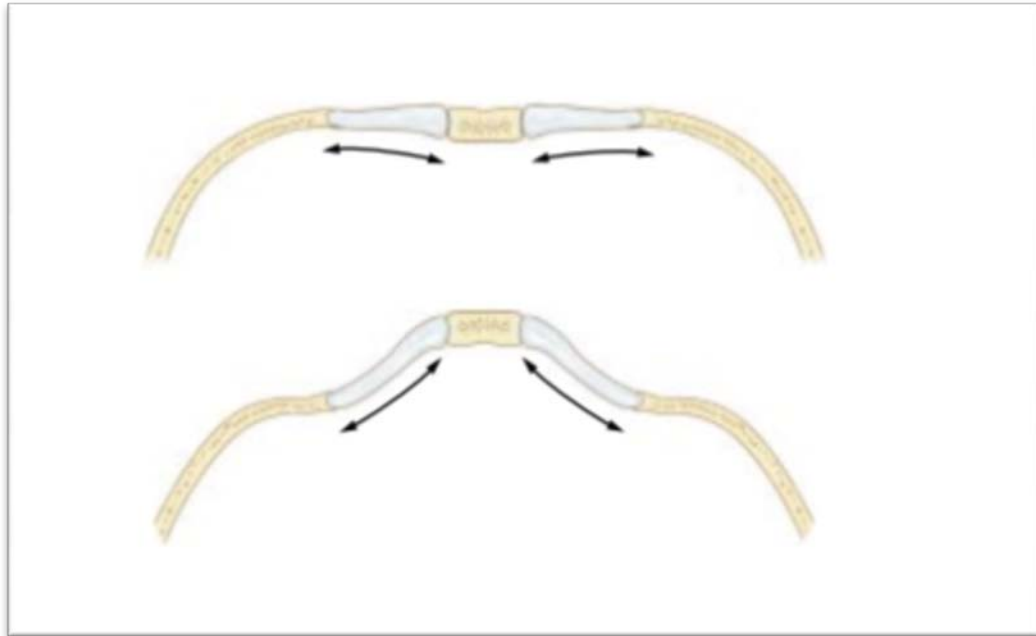


Figure 30 : L'excès de croissance de la partie postérieure des cartilages costaux repousse le sternum en avant : thorax en carène. [26]



Figure 31 : L'excès de croissance de la partie antérieure des cartilages costaux repousse le thorax en arrière : le thorax en entonnoir. [26]

- La théorie des troubles de la mécanique ventilatoire est basée sur la rétraction sternale paradoxale chez les nourrissons lors de l'inspiration, due à la flexibilité de la cage thoracique : le modelage anormal de la cage thoracique se ferait progressivement avec la croissance[20].
- Des études ont montré que les patients présentant un PE asymétrique avaient des côtes plus courtes sur le côté plus sévèrement déprimé de l'anomalie[27].
- Jusqu'à 43% des patients atteints de PE ont une histoire familiale de la maladie[28].
- La théorie de la traction diaphragmatique par un ligament rétro sternal, émise par Brown, est également abandonnée[4].

IV. Etude épidémiologique :

1. Fréquence :

Le pectus excavatum est la déformation la plus fréquente dans les séries européennes et asiatiques, alors que le pectus carinatum est le plus fréquent en Amérique latine notamment en Brésil et en Argentine.

A partir de nos constats, on pense qu'on se rapproche plus du profil épidémiologique de l'Amérique latine. Le pectus carinatum a été observé chez six patients de l'ensemble de notre série de cas, suivi du pectus excavatum qui a été vu chez trois malades. L'hypertrophie localisée du cartilage a été observée chez un seul cas.

Tableau IV : Comparaison des séries concernant le type de déformation

Séries	Pectus excavatum	Pectus carinatum	Pectus arcuatum	Autres malformations
Wurtz et al.[29]	88.3 %	9.3 %	2.4 %	2.4 %
I.Hysrie et al [30]	66.7 %	0	25 %	8.3 %
M.Oncel et al[31]	59.7 %	40.3 %	0	0
R.Jancovici et al[32]	82.3 %	15.9 %	1.8 %	1.8 %
DE.Jaroszewski et al[33]	84 %	13 %	0	3 %
Notre série	30 %	60 %	0	10 %

2. Âge :

Dans la série d'I. Hysi et al. on note un âge moyen de $28,5 \pm 9,4$ ans [28].

L'étude menée par M.Oncel et al. retrouve un âge moyen de 17 ans [29].

La série de cas de B.Cavestri et al. note un âge moyen de $25,9 \pm 11,8$ ans[34].

R.Nevière a réalisé une étude rétrospective de décembre 2005 à mai 2009 chez 150 adultes présentant un pectus excavatum, dont l'âge moyen est de 27 ans. [35]

L'expérience de l'hôpital Percy du 1988 à 2006 réalisée par R.Jancovici et al. chez 113 patients a retrouvé un âge moyen de 22 ans, avec des âges extrêmes allant de 17,5 à 56 ans. [30]

Comme on peut le constater, l'âge moyen varie d'une série à l'autre en fonction de la nature du recrutement des centres, pour adultes ou pour enfants.

Dans notre série, l'âge moyen des patients était de 18.2 ans, avec des extrêmes allant de 15 ans à 36ans, ce qui rejoint la littérature. La majorité des patients était des jeunes.

Tableau V : Comparaison des séries concernant l'âge

Séries	Effectif	Age moyen (ans)	Age extrême (ans)
R.Nevière et al[35].	150	27	18-62
M.Oncel et al [29].	77	17	10-22
R.Jancovici et al [30].	113	22	17.5-56
DE.Jaroszewski et al [31].	320	27	19-67
Notre étude	10	20.4	16-36

3. Sexe :

Dans la plupart des séries de la littérature, on révèle une forte prédominance masculine.

Dans l'étude prospective réalisée par A.Wurtz et al. on retrouve 171 hommes et 34 femmes [27]. Quant à l'étude rétrospective d'I. Hysi et al. on note l'existence de 9 hommes et 3 femmes [28]. Dans la série de B.Cavestri et on retrouve 25 hommes et seulement 7 femmes [32]. Finalement dans la série de R.Kabbaj et al. il y avait 52 hommes et 18 femmes[36].

Tout comme ce qu'on a pu lire dans nos références bibliographiques, nous avons remarqué une prédominance masculine. Dans notre série, celle-ci est de 6 hommes contre 4 femmes.

Tableau VI : Comparaison des séries concernant le sexe

Séries	Nombre de cas	Sexe masculin	Sexe féminin
A. Wurtz et al[27]	205(sur 9 ans)	83.4 %	16.6 %
I.Hysi et al[28].	12(sur 8 ans)	75 %	25 %
B.Cavestri et al[32].	32(sur 5 ans)	78.1 %	21.9 %
R.Kabbaj et al[36].	70(sur 7 ans)	74.3 %	25.7 %
DE.Jaroszewski et al[36].	320(sur 21 ans)	76 %	24 %
Notre série	10(sur 4 ans)	60 %	40 %

V. Etude clinique :

1. Types de déformations :

1.1. Généralités :

Les malformations de la paroi thoracique les plus fréquentes intéressent le plastron chondrosternal. Elles sont de trois types, par ordre de fréquence décroissante :

- le **pectus excavatum** (PE), thorax en entonnoir ou funnel chest ;
- le **pectus carinatum** (PC) ou thorax en carène ou chicken breast ;
- le **pectus arcuatum** (PA) ou pouter pigeon breast.

Les fentes sternales sont des malformations isolées du sternum.

D'autres malformations sont beaucoup plus rares :

- le **syndrome de Poland**, caractérisé par une hypoplasie unilatérale de la paroi thoracique, associée à une malformation ipsilatérale de la main.
- le **syndrome de Jeune** ou dystrophie thoracique asphyxiante, caractérisé par un défaut de développement de la cage thoracique, d'origine congénitale.
- la **dystrophie thoracique restrictive** acquise, iatrogène.

Il existe enfin quelques faits disparates, comme les malformations isolées des côtes et des cartilages costaux.

1.2. classification :

Les classifications des DPCS sont nombreuses. Les plus connues sont celles proposées par Chin pour le PE [37] et Shamberger pour les déformations en protrusion [38].

Plus récemment, Park a proposé une classification des PE en cinq types [39], dans l'optique d'une prise en charge par la technique de Nuss [40]. Toutes ces classifications morphologiques ne prennent pas en compte toutes les formes anatomo-cliniques. En conséquence, nous avons proposé une classification pathogénique des DPCS, fondée sur le niveau et le nombre de cartilages hypertrophiés en longueur qui s'insèrent sur le corps sternal [41]. Celle-ci comporte deux paramètres :

- **principal** : le niveau et le nombre de cartilages atteints ;
- **accessoire** : l'asymétrie :
 - I : atteinte des troisièmes aux septièmes cartilages : forme habituelle ou « standard » de pectus excavatum et de pectus carinatum,
 - II : atteinte des deuxièmes aux quatrièmes ou cinquièmes cartilages : forme haute, pectus arcuatum sans cuvette sous-jacente,
 - III : atteinte des quatrièmes aux septièmes cartilages : forme basse du pectus excavatum ou du pectus carinatum,
 - IV : atteinte des deuxièmes aux septièmes cartilages et/ou des huitièmes cartilages : forme extensive de pectus excavatum et plus rarement de pectus carinatum ou pectus arcuatum avec cuvette sous-jacente.

Cette classification à l'intérêt d'être :

- prédictive d'un programme thérapeutique chirurgical ;
- pronostique : les formes extensives sont les plus difficiles à réparer.

1.3. Déformations en creux (pectus excavatum) :

a. Formes symétriques :

On distingue :

- Le pectus excavatum, **forme standard**. Il se caractérise par une cuvette à grand axe vertical, centrée sur la partie basse du corps sternal ou l'appendice xiphoïde. Les berges de la cuvette, formées des cartilages costaux, sont plus ou moins abruptes. Lorsqu'elle est profonde, la face postérieure du corps sternal peut jouxter le rachis et le cœur est latérodévié à gauche. Parfois, il existe une saillie des auvents costaux, liée à l'hypertrophie en épaisseur et en largeur des cartilages inférieurs. (Fig.33)
- Le pectus excavatum, **forme basse**, ce sont des formes souvent modérées, pour lesquelles une chirurgie correctrice n'est pas toujours nécessaire.
- Le pectus excavatum, **forme extensive** correspond à une atteinte complémentaire des deuxièmes et/ou des huitièmes cartilages. L'atteinte des deuxièmes cartilages entraîne une rétro pulsion du manubrium et un aplatissement de l'angle de Louis. La cuvette est généralement plus large, avec parfois incurvation vers l'arrière des arcs costaux antérieurs. La saillie des auvents costaux est, par contraste, accentuée.



Figure 32 : Pectus excavatum.

- A. Forme standard.**
- B. Forme basse.**
- C. forme extensive.**



Figure 33 : Pectus excavatum, forme standard et symétrique.

b. Formes asymétriques :

Elles se caractérisent par une bascule du corps sternal, parfois vrillé sur son axe et dont la face est habituellement dirigée vers la droite. C'est dans les formes extensives asymétriques, que sont observées les déformations les plus impressionnantes (notamment dans le syndrome de Marfan).



Figure 34 : Pectus excavatum, forme standard asymétrique.
Le sternum est dirigé vers la droite (A, B).

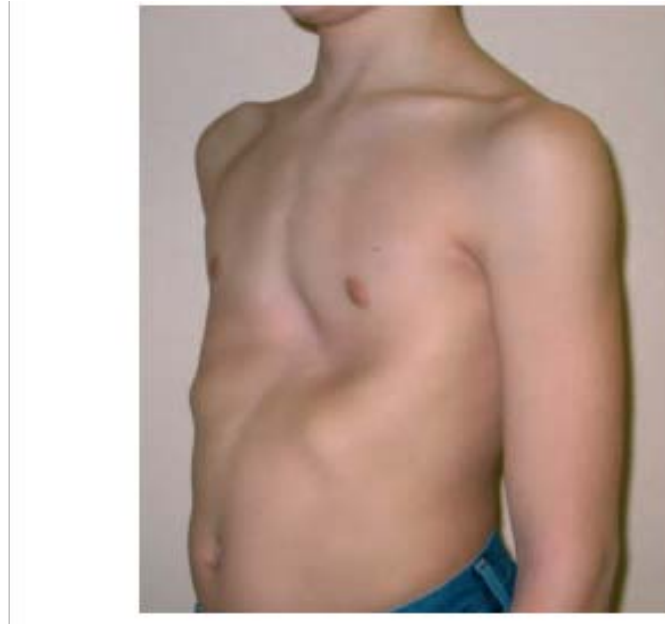


Figure 35 : Pectus excavatum, forme basse et asymétrique. Le sternum est dirigé vers la gauche.

1.4. Déformations en protrusion (PC et PA) :

a. Formes symétriques :

a.1. Pectus carinatum

On distingue :

- le pectus carinatum, **forme standard**, est parfois appelée keel chest ou « pectus elevatum ». Le manubrium est correctement orienté et le corps sternal dans le même axe, formant ainsi un éperon ou carène. L'appendice xiphoïde est souvent incurvé en arrière. (Fig.37)
- le pectus carinatum, **forme basse**, Comme dans le PE, la déformation est souvent modérée, limitée à la saillie para sternale des cartilages hypertrophiés, sans protrusion sternale significative.
- le pectus carinatum, **forme extensive**: un excès de longueur des deuxièmes cartilages a pour conséquence une protrusion diffuse, en arc de cercle, de l'ensemble du sternum. L'excès de longueur des huitièmes cartilages accentue la déformation en carène à sa partie basse.

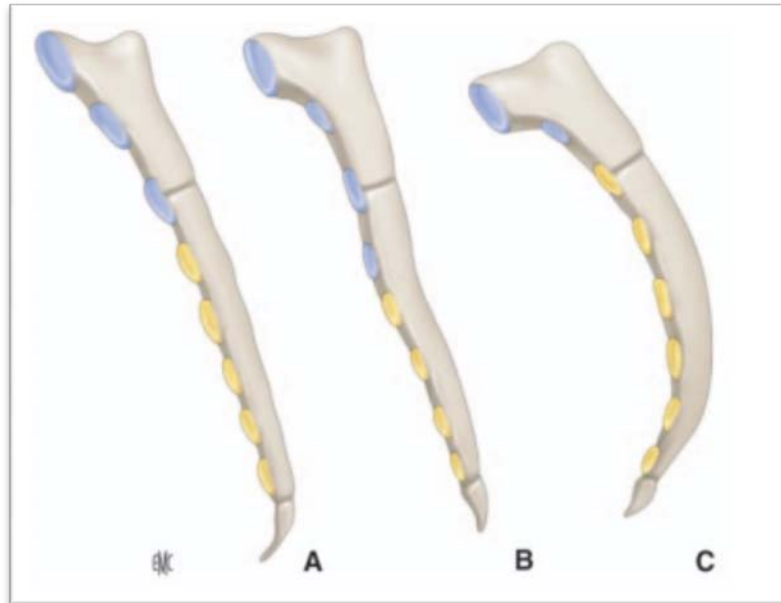


Figure 36. Pectus carinatum.

- A. Forme standard.
- B. Forme basse.
- C. Forme extensive.



Figure 37: Pectus carinatum, forme standard et symétrique, de face (A) et de profil (B).

a.2. Pectus arcuatum

- le pectus arcuatum, **forme haute** est une malformation rare, caractérisée par une protrusion manubrio-sternale et une fermeture de l'angle de Louis. Il existe une ossification prématurée du sternum qui est court et trapu.

- le pectus arcuatum avec cuvette sous-jacente, **forme diffuse**: L'excès de longueur des cartilages supérieurs détermine une protrusion manubrio-sternale et celui des cartilages inférieurs une dépression sous-jacente. Cette forme peut être confondue cliniquement avec un PE.

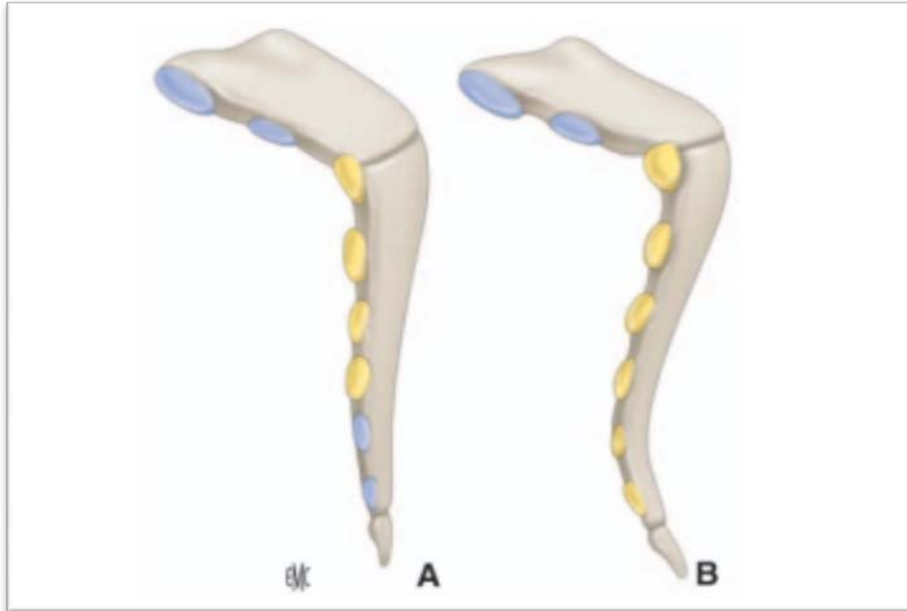


Figure 38 A. Pectus arcuatum. B. Pectus arcuatum avec cuvette sous-jacente.



Figure 39 : Pectus arcuatum avec cuvette sous-jacente.



Figure 40 : Pectus arcuatum.

A. Radiographie de thorax de profil : protrusion manubrio-sternale.

B. Reconstruction tridimensionnelle tomодensitométrique : aspect court et trapu du sternum.

b. Formes asymétriques :

Elles sont moins fréquentes que dans le PE. Dans les formes basses, il n'y a pas de réelle protrusion du sternum qui est simplement basculé sur son axe. On distingue :

- le pectus carinatum forme standard
- le pectus carinatum forme basse
- le pectus carinatum forme extensive



Figure 41 : Pectus carinatum, forme basse asymétrique (A, B).

1.5. Syndrome de Poland :

a. Définition

Le syndrome de Poland est défini par deux anomalies :

- L'hypoplasie du muscle pectoralis major
- La malformation de la main homolatérale.

Les malformations peuvent être extrêmement variables ayant toujours en commun l'agénésie des faisceaux sterno-costaux du pectoralis major.

b. Description des anomalies :

b.1. Anomalies de la paroi thoracique :

❖ **Anomalies musculaires :**

L'anomalie principale et constante est l'agénésie des chefs sterno-costaux du pectoralis major. Elle se traduit cliniquement par une dépression infra-claviculaire et une absence de pilier axillaire antérieur.

Les autres anomalies musculaires, inconstantes et variables, pouvant être observées sont : l'hypoplasie ou l'agénésie du pectoralis minor, du serratus anterior, du latissimus dorsi, des muscles intercostaux.

❖ **Anomalies ostéo-cartilagineuses :**

Les anomalies costales sont à type d'hypoplasie ou d'aplasie.

❖ **Malformations thoraciques associées :**

On décrit l'existence de pectus excavatum. L'absence des insertions costales des muscles pectoraux provoquerait au cours de la croissance l'absence de développement du relief costal et l'enfoncement du plastron chondrosternal. Il s'agit le plus souvent de pectus asymétriques. La déformation en carène du thorax a également été observée.

b.2. Anomalies cutanéoglandulaires

❖ **Anomalies cutanées :**

La peau est souvent fine, avec des adhérences importantes entre le derme et la paroi thoracique. On observe également chez l'homme des troubles de la pilosité. Il peut exister une bride axillaire.

❖ **Anomalies glandulaires :**

La glande mammaire est hypoplasique ou aplasique. On retrouve chez la femme une asymétrie mammaire, qui se révèle à la puberté, et qui est le principal motif de consultation. Des anomalies de position sont retrouvées : le sein est plus haut, plus externe. La plaque aréolo-mamelonnaire est souvent dyschromique, hypoplasique et dystopique (plus haute et plus latérale).

❖ **Anomalies des membres supérieures :**

Elles doivent être connues pour être recherchées devant toute asymétrie mammaire.

Elles comportent :

- une hypoplasie du bras ou de l'avant-bras, parfois une hypoplasie globale du membre supérieur ;
- des anomalies de la main : la malformation principale est la brachymésophalangie. Une syndactylie (partielle, épargnant le pouce et laissant libre la troisième phalange) peut être présente.

Des malformations plus sévères ont été décrites dans le cadre du syndrome de Poland : main en mitaine, ectrodactylie (main en « pince de homard », phalanges delta, hypoplasie ou absence des métacarpiens, camptodactylie, etc. Enfin, le syndrome de Poland peut s'associer à de nombreuses anomalies ou autres malformations de façon sporadique (leucémie aiguë, scoliose, pieds bots, hypospadias, agénésie rénale, dextrocardie, etc.)

c. classification :

Foucras et al. ont proposé en 2001 une classification des formes thoraco-mammaires en trois stades de gravité croissante[42].

- **Stade I** : malformation mineure avec hypoplasie musculaire du pectoralis major. Chez la femme, l'hypoplasie mammaire est modérée. On est en présence d'une asymétrie discrète du thorax chez l'homme, et d'une asymétrie mammaire chez la femme.

- **Stade II** : malformation modérée avec aplasie importante du pectoralis major, asymétrie mammaire importante chez la femme avec malformation costale modérée éventuelle. Il y a une asymétrie marquée du thorax.
- **Stade III** : malformation sévère avec aplasie mammaire et musculaire complète, autres aplasies musculaires associées, malformation thoracique majeure avec aplasies costales, déformation sternale. Il existe une asymétrie majeure du thorax.

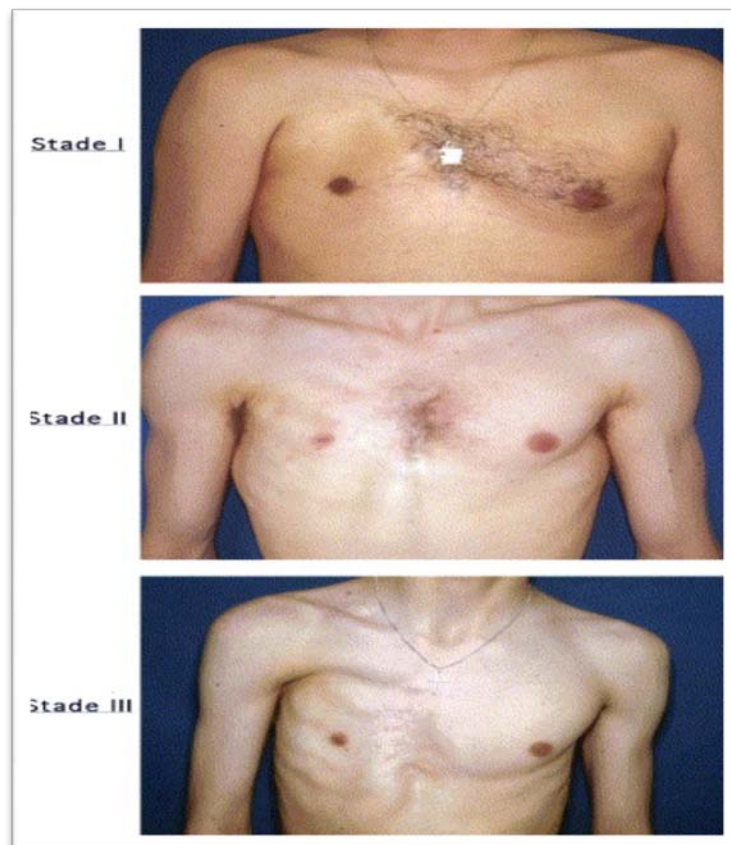


Figure 42 : Classification de Foucras illustrée chez l'homme

1.6. Fente sternale/ Bifidité sternle/ Cleft Sternum

a. Description : [41]

La fente sternale est encore appelée sternum bifide, bifidité sternale ou fissure du sternum. Cette malformation est définie comme une séparation partielle ou complète des deux pièces sternales latérales.

Embryologiquement, elle est le résultat d'un défaut de fusion des deux bandes longitudinales de mésenchyme sur la ligne médiane, à l'origine de la formation du sternum, au cours des trois premiers mois de la vie embryonnaire.

Cette malformation prédomine chez la fille et s'accompagne souvent d'autres anomalies : hémangiome facial, diastasis des grands droits, hernie ombilicale ou omphalocèle.

b. Type:

- Fentes sternales supérieures
- Fente sternale subtotale
- Fente sternale totale
- Fente sternale inférieure

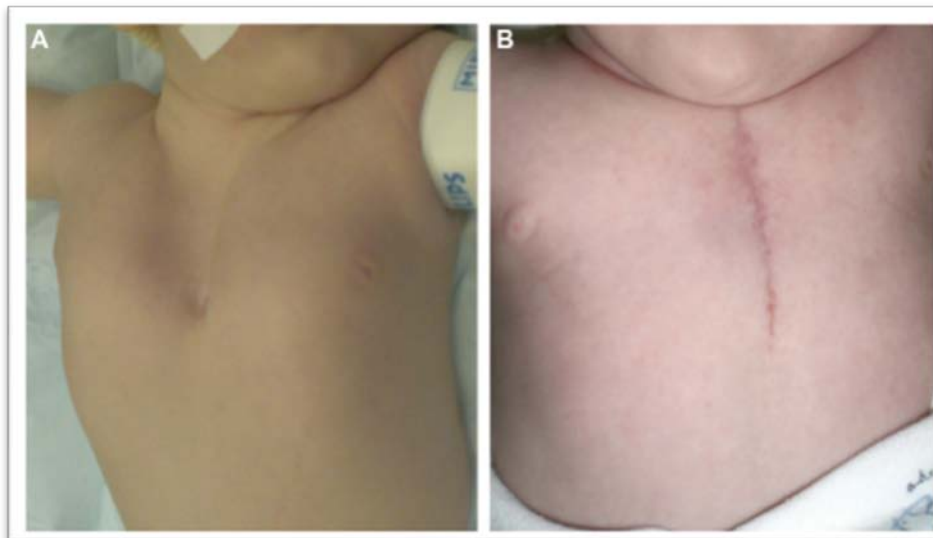


Figure 43 : Fente sternale.

A : Aspect clinique, fente de la partie supérieure du sternum chez un nourrisson de 1 mois.

B : Aspect postopératoire.[43]

1.7. Syndrome de Jeune :

a. Description : [39]

C'est une dystrophie thoracique asphyxiante, décrite pour la première fois par Jeune en 1954. Cette maladie congénitale associe des anomalies de la cage thoracique, du pelvis et des

phalanges. Les enfants atteints ont une poly chondrodystrophie, caractérisée par des côtes courtes et horizontales (Fig 44). Les cartilages sont hypertrophiés et irréguliers, notamment à la jonction chondro–sternale.

b. Clinique :

Sur le plan morphologique, le thorax est étroit dans ses deux diamètres, avec un aspect en « cloche », qui contraste avec l'aspect globuleux de l'abdomen. Les mouvements respiratoires sont très limités et la respiration essentiellement diaphragmatique. La gravité de l'affection est variable.

Dans les formes les plus sévères, l'affection est fatale en période périnatale, dans un tableau de défaillance respiratoire.

Dans les formes moyennes, cette évolution péjorative se produit dans la première année.

Dans les formes les moins sévères, une survie prolongée est possible.



Figure 44 : Syndrome de Jeune: côtes courtes et horizontales.

1.8. Malformations diverses : [39]

a. Malformations des cartilages costaux :

a.1. Hypertrophies localisées :

Certains patients présentent des hypertrophies localisées d'un ou de deux cartilages costaux, à l'origine d'une voussure localisée, sans déformation sternale. La tuméfaction cliniquement visible et palpable peut être prise pour une tumeur.

a.2. Incurvations postérieures :

C'est une modalité particulière d'hypertrophie en longueur : l'excès de croissance qui se produit préférentiellement à la partie postérieure des cartilages inférieurs est à l'origine de leur incurvation. Les cartilages atteints sont le plus souvent inférieurs, déterminant une dépression basi-thoracique uni- ou bilatérale ou sillons de Harrison.

Parfois l'hypertrophie des cartilages intéresse les deux rebords costaux déterminant un aspect de «Flaring ribs» (Fig 45). Elles sont isolées ou associées au PE ou au PC. Exceptionnellement, c'est toute la hauteur de l'hémithorax droit qui est atteinte.

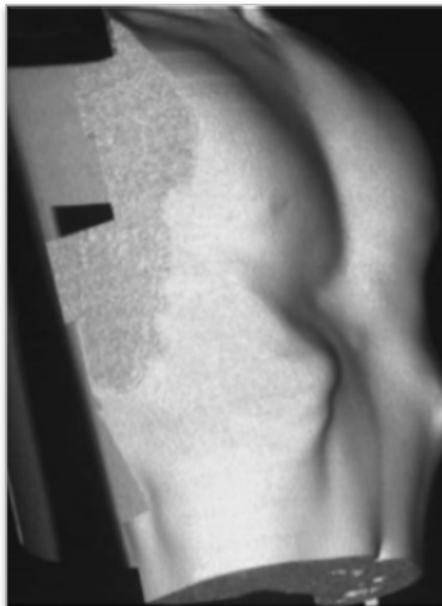


Figure 45 : Aspect en « Flaring Ribs ».[44]

b. Malformations des côtes :

L'aplasie de l'arc antérieur des côtes est un des éléments du syndrome de Poland.

Des aplasies de l'arc postérieur des côtes ont également été décrites, avec aplasie des hémi vertèbres correspondantes. Elles sont à l'origine de scolioses sévères.

Dans les formes étendues, malgré la présence de l'omoplate, le défet pariétal postérieur est le siège de phénomènes de respiration paradoxale, à l'origine de pneumopathies à répétition.

Signalons enfin la possibilité de synostoses costales ou de bifidité de l'extrémité antérieure des côtes, qui constituent de simples curiosités anatomiques.

c. Autres

Il existe d'autres anomalies de la paroi thoracique antérieure pouvant intéresser d'autres structures comme la clavicule. Ces anomalies sont généralement traitées par les chirurgiens orthopédiques.

Type I: cartilagineous	Pectus excavatum (PE) Pectus carinatum (PC) type 1 True PC type 2	
Type II: costal	Simple (1 or 2 ribs) Complex (3 or more ribs) Syndromic (always complex) Poland Syndrome	} agenesis, hypoplasia, sovranumerary, bifid, fused, dysmorphic, rare (always complexes) Jeune, Jarcho-Levin, Cerebrocostomandibular, others
Type III: condro-costal		
Type IV: sternal	Sternal cleft (with or without ectopia cordis) Currarino Silverman Syndrome	
Type V: clavicle-scapular	Clavicular Scapular Combined	Simple or Syndromic Simple or Syndromic

Figure 46 : La classification d'Acastello des déformations de la paroi thoracique antérieure [45].

2. Signes respiratoires :

Vers l'adolescence, la majorité des patients rapportent une intolérance à l'exercice, un manque d'endurance et l'essoufflement à l'effort.

Même si la déformation ne s'aggrave plus après l'arrêt de la croissance, les signes respiratoires s'aggravent progressivement jusqu'à devenir une dyspnée au repos. Ceci peut être expliqué par la perte de la souplesse de la cage thoracique avec l'âge.

La série de M.Oncel et al. avait retrouvé 20 % des patients souffrants de la dyspnée, 3 % asthmatique, puis 2 % souffrant d'infection respiratoire. [29]

L'étude d'Anastassios C. Koumbourlist a noté la présence d'une intolérance à l'effort chez 20 % des patients et d'asthme chez 18 % des patients. [36]

Au sein de notre étude, 4 patients étaient asymptomatiques, tandis qu'un cas avait de la dyspnée d'effort.

Tableau VII : Comparaison des séries concernant les signes respiratoires.

	Asthme	Dyspnée	Infection respiratoire	Intolérance à l'effort
M.Oncel et al [29]	-	20 %	20 %	-
AC.Koumbourlist et al [36]	18 %	-	-	20 %
Notre série	-	10 %	-	-

3. Signes cardio-vasculaires :

Avant les auteurs croyait que les déformations du pectus n'affectaient pas directement le système cardiovasculaire. Actuellement le retentissement du pectus a bien été démontré sur le cœur.

Les signes fonctionnels cardiaques peuvent exister sous formes de palpitations ou de dyspnée de repos. [46]

L'étude de M.Oncel et al. avait retrouvé des douleurs thoraciques chez 15 % des patients et des palpitations chez 8 % des patients. [29]

La série de B.Cavestri et al. rejoint aussi les revues de littérature, par la présence de douleurs thoraciques chez 34,4 % des cas. [32]

L'étude réalisée par DE.Jaroszewski et al. objective des palpitations chez 94 % des patients et des douleurs thoraciques chez 69 % des patients. [36]

Notre étude rejoint aussi les revues de littérature, par la présence de douleurs thoraciques chez 3 patients, suivi de douleurs thoraciques accompagnées de dyspnée stade 1 chez un cas. Mais ceci sans pour autant pouvoir dire que la douleur rapportée par nos patients est subjective ou elle est pariétale ou d'origine cardiaque.

Tableau VIII : Répartition des signes cardio-vasculaires en fonction des séries

	Douleurs thoraciques	Palpitations	Tachycardie
M.Oncel et al[29].	15 %	8 %	8 %
B.Cavestri et al [32].	34.4 %	-	-
DE.Jaroszewski et al[36]	69 %	-	94 %
Notre série	30 %	-	-

4. Terrain :

Le pectus excavatum est rapporté dans le catalogue Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM) comme un trait dominant autosomique apparemment rare, pour le pectus carinatum aucune inscription n'est répertoriée. [47]

R.Jancovici et al. ont confirmé 20 % du caractère familial de cette pathologie. [32]

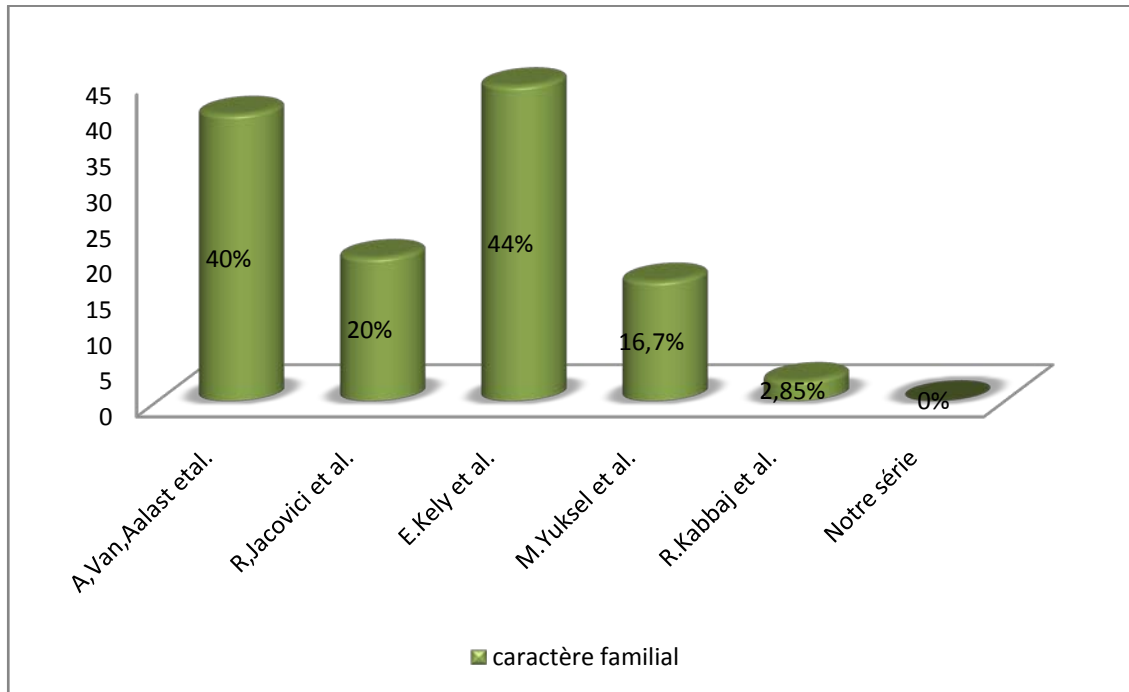
A.Van Aalst et al. en 2009 ont noté un caractère familial dans 40 % des cas. [48]

Dans la série d'E.Kely et al. on retrouve un caractère familial chez 44 % des patients ayant un pectus excavatum. [30]

Une étude faite par M.Yüksel et al. enregistre 3 patients de l'ensemble des patients ayant un pectus carinatum avec un caractère familial. [49]

Dans la série de R.Kabbaj et al. on note que 2 patients de la même fratrie ont été opérés pour un pectus excavatum. [36]

Dans notre étude, on ne note aucun cas avec un caractère familial.



Graphique 7 : comparaison des séries concernant le caractère familial

VI. Etude para clinique :

1. Etude radiologique :

1.1. Radiographie standard :

La radiographie thoracique de profil permet de mesurer le pectus index (PI), qui est le rapport entre la distance sterno-rachidienne au niveau de l'angle de Louis et la plus petite distance sterno-rachidienne au niveau de la déformation :

- $PI < 1,2$ = déformation minime ;
- $1,2 < PI < 1,3$ = déformation modérée ;
- $PI > 1,3$ = déformation sévère. [50]

Sur le profil on met en évidence la profondeur de la cuvette, quand il s'agit d'un pectus excavatum et l'on confirme la protrusion antérieure pour les pectus tant arcuatum que carinatum.

La radiographie thoracique trouve aussi son intérêt aussi en postopératoire dans la recherche d'un déplacement du matériel chirurgical.

Un autre signe radiologique a été décrit chez les femmes avec PE, le signe de la marge mammaire médiane. Ce signe consiste en une définition plus précise de cette déformation grâce à une radiographie frontale du thorax qui est le plus souvent orientée verticalement que celle des femmes ayant une morphologie normale de la paroi thoracique.[51]

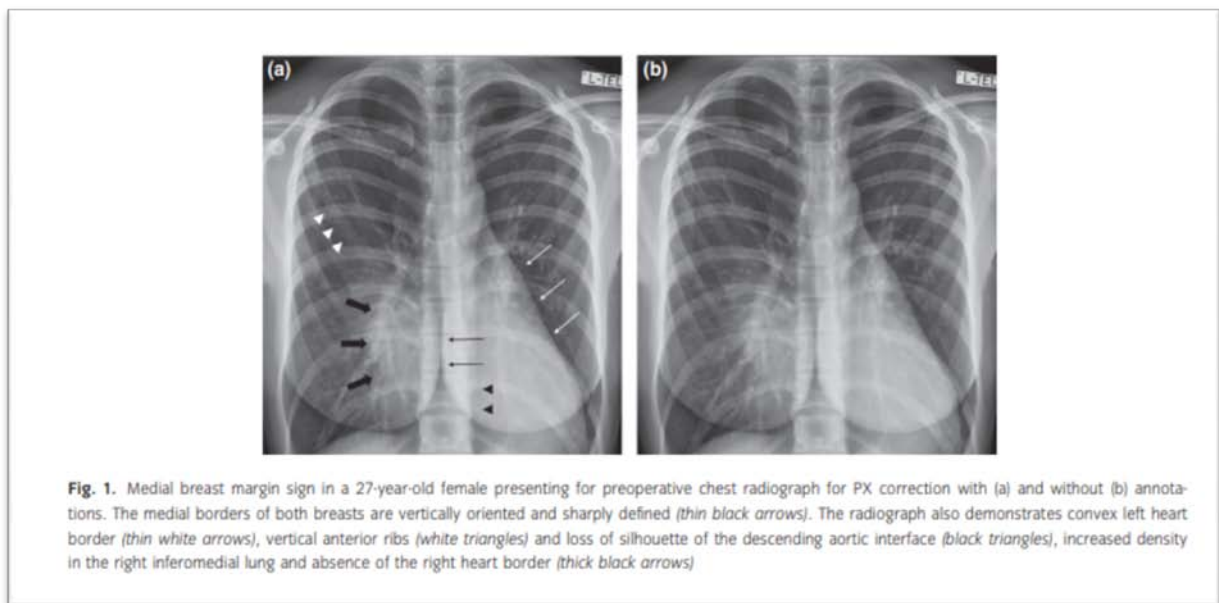


Figure 47 : Radiographie frontale montrant le signe de la marge mammaire médiane

La radiographie du thorax, de face et de profil, peut être une alternative au scanner. Certes moins irradiante, elle apporte nettement moins d'informations, d'où l'intérêt d'un examen tomodensitométrique.



Figure 48 : Radiographie thoracique de face postopératoire chez un de nos patients présentant un pectus excavatum qui a été opéré par la technique de Nuss avec stabilisation par une barre en titane.

1.2. Examen tomodensitométrique :

L'examen tomodensitométrique permet :

- **En coupes axiales** : de mesurer la profondeur de la cuvette ou de la protrusion et de mesurer le « pectus index » ou « index de gravité », obtenu en divisant le diamètre transversal du thorax par le diamètre antéropostérieur, mesuré au niveau où la déformation est maximal.
 - ✚ Le pectus index du sujet normal est de valeur moyenne de 2,56 cm.
 - ✚ Pour l'index de Haller, il a pour objet de quantifier la déformation. [46] On calculait avant l'index de Haller afin d'indiquer ou contre indiquer la chirurgie. Actuellement, il garde une valeur théorique pour évaluer la gravité de la déformation, mais pas pour indiquer ou contre-indiquer la chirurgie.

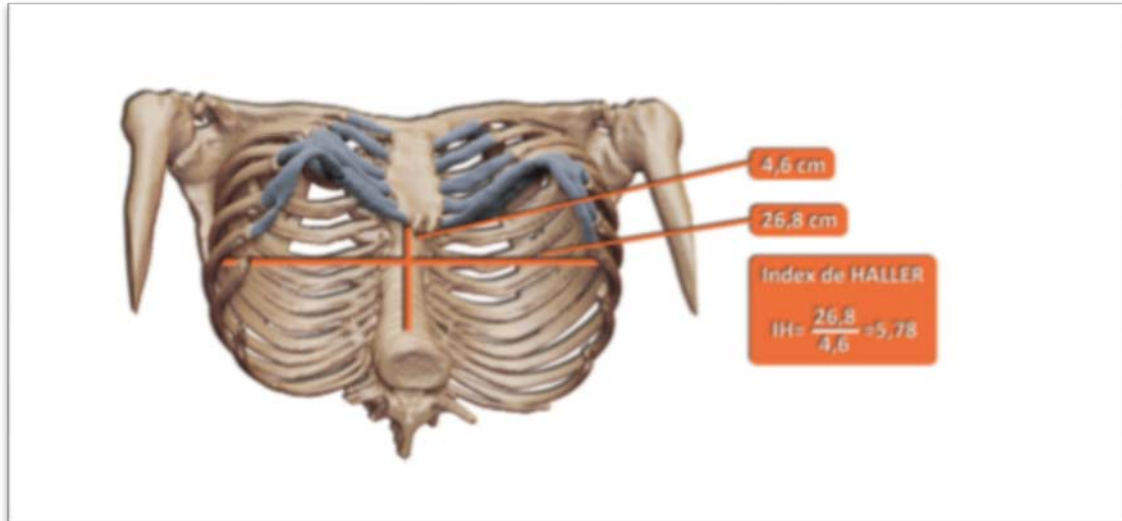


Figure 49 : calcul de l'index de Haller à partir d'une coupe scanner.
Diamètre transversal interne = 26.8 cm Distance sternum vertèbre=4.6 cm
Index de Haller =5.82 cm

- ✚ L'Hyperinflation du segment basal antérieur gauche est un nouveau signe de gravité du pectus excavatum au scanner. Ce qui a été décrit par S. Singh et al dans une étude rétrospective faite sur 52 malades .15 patients, soit 29 % atteints de LABSH avaient un indice de Haller > 3,25 .Tandis que 37 patients sans LABSH avaient un indice de Haller <4. L'indice de Haller le plus bas était de 3,5[52].



Figure 50 : image scannographique axiale à la base du poumon chez un patient montrant une diminution de l'atténuation dans le segment basal antérieur du lobe inférieur gauche.

-En coupes frontales : des reconstructions tridimensionnelles avec étude morphologique du thorax permettent la recherche d'une rotation ou d'une déformation du sternum. Mais aussi l'étude des arcs costaux, des cartilages et du sternum permet de programmer l'intervention : nombre de cartilages à réséquer, présence de ponts cartilagineux, asymétrie et déformation des cartilages et niveau potentiel de l'ostéotomie sternale transversale.[46]

En postopératoire, les reconstructions tridimensionnelles permettent d'observer la régénération des cartilages et la consolidation du plastron. [46]

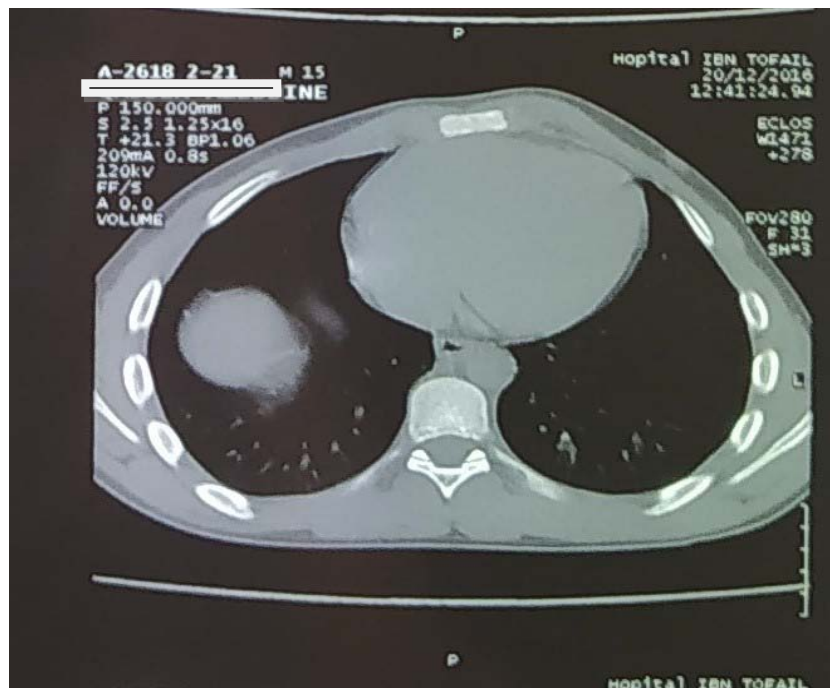


Figure 51 : Image scannographique d'un patient présentant un pectus carinatum asymétrique gauche

✚ Les auteurs de l'étude ont proposé un nouvel indice, «indice de correction» qui est calculé sur la base de la distance minimale entre le sternum postérieur et l'épine antérieure et la distance maximale entre la colonne vertébrale antérieure et la partie la plus antérieure de la poitrine. La différence entre les deux est divisée par celle-ci (100 %) pour donner le pourcentage de profondeur de poitrine que représente la déformation. [53]

- ✚ L'imagerie photographique 3D est une technique nouvelle, rapide, non- ionisante permettant une mesure de la gravité du pectus excavatum en utilisant une technique conviviale capable de capter la 3D des images de surface photos réalistes en quelques millisecondes. [54]

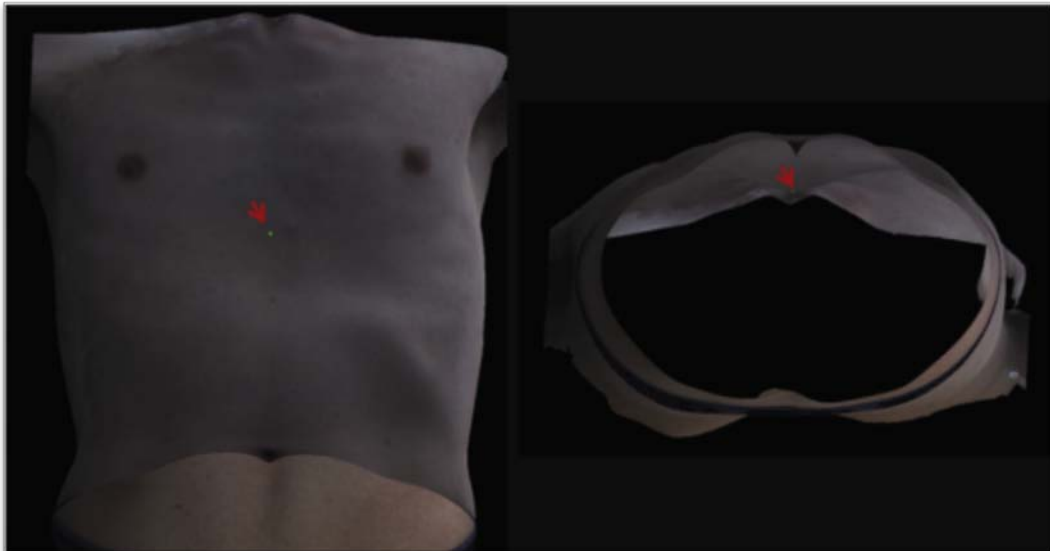


Figure 52 : L'imagerie photogrammétrique 3D du pectus excavatum permet des mesures précises lors de l'examen physique, et donc le calcul de rapports pour les longueurs de surface, la surface du pectus ou le volume du pectus.

2. Évaluation pré thérapeutique :

2.1. Évaluation psychologique :

Cette anomalie physique du pectus ressentie dès la deuxième partie de l'enfance peut entraîner une inhibition, un sentiment d'anxiété et de malaise intérieur.

Ainsi s'explique le ralentissement « vital » de cet enfant qui limite son activité physique, se replie sur lui-même au sens propre et au sens figuré.

Ces troubles prés névrotiques peuvent être renforcés par les réactions de l'entourage : l'hyper protection et la commisération des parents lui font mieux sentir sa différence autant que l'attitude moqueuse des camarades de classe. [55]

Une évaluation psychologique est donc vivement recommandée, en raison de ce retentissement important [36]. Cette prise en charge se justifie aussi par la lourdeur possible du geste chirurgical, surtout si l'indication est d'ordre purement esthétique. Elle risque cependant de confronter l'adolescent à une certaine désillusion quand il attend de la chirurgie une réponse miracle à sa souffrance qui parfois n'est pas uniquement liée à la déformation. [43]

Dans notre série, aucun patient n'a bénéficié d'une évaluation psychologique.

2.2. Évaluation morphologique

Il faut rechercher un aspect marfanoïde chez les patients ayant une déformation du pectus.

a. Recherche d'anomalies squelettiques :

- Déformation de la paroi thoracique : en carène ou en entonnoir.
- taille supérieure à la normale, membres longs et grêles, arachnodactylie.
- Hyper laxité articulaire aboutissant parfois à des luxations.
- Récidivantes.
- Scoliose.

b. Recherche d'atteinte cardiaque :

- Elle est plus préoccupante, car elle est caractérisée par une dilatation progressive de l'aorte avec un risque élevé de dissection aortique.

c. Recherche d'atteinte oculaire :

- Tel que l'ectopie cristalline, habituellement bilatérale et symétrique.
- On peut retrouver aussi : une myopie sévère ou un décollement de rétine.

d. Recherche d'autres manifestations :

- **Pulmonaires** : pneumothorax spontané récidivant, emphysème bulleux, fibrose.
- **Digestives** : hernies inguinales fréquentes, perforations digestives.

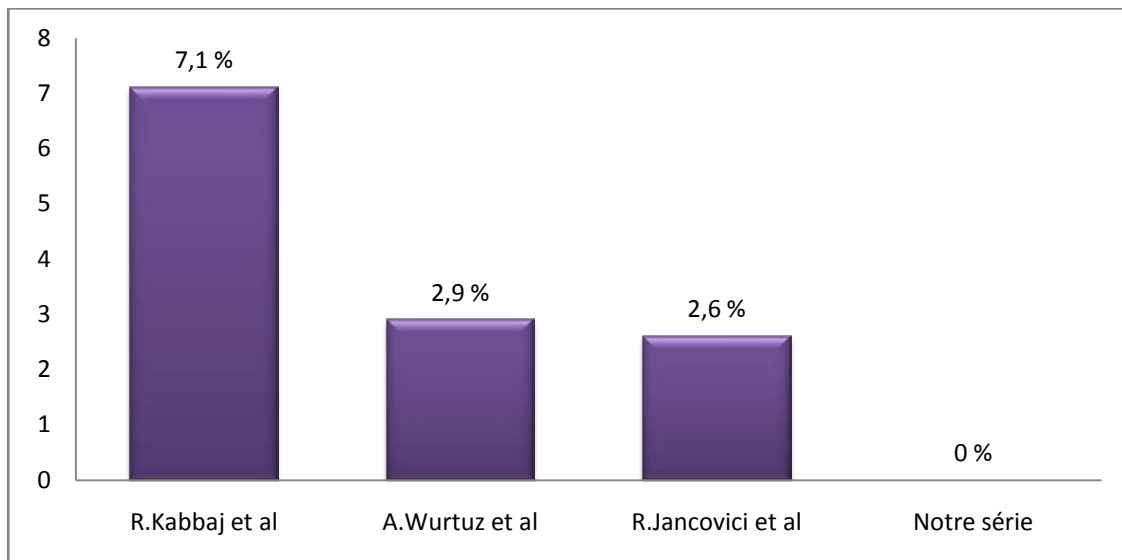
Dans la série de R.Kabbaj et al., 5 patients présentaient un syndrome de Marfan[56].

L'étude faite par A.Wurtz et al. objective 6 patients avec un syndrome de Marfan[29].

Le même résultat a été rapporté par I.Hysi et al[30].

Quand à la série de R. Jancovici et al., 3 patients avaient un syndrome de Marfan [32].

Dans notre étude, on ne note aucun cas d'aspect marfanoïde.



Graphique 8 : comparaison des séries concernant l'aspect marfanoïde.

2.3. Evaluation du retentissement cardio-respiratoire :

a. Spirométrie :

- ❖ Dans la série d'Anastassios C.K et al., on a trouvé une spirométrie normale chez 56 patients (54 %), 42 patients avec un syndrome obstructif (41 %), suivi de 5 patients avec un syndrome restrictif (5 %). On a noté aussi un volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) moyen à 93.3 ± 19.0 et une capacité vitale (CV) moyenne à $97,0 \pm 17,2$ [57].
- ❖ Dans l'étude d'Hisako Kuyama et al., le volume courant et le débit expiratoire de pointe (PEFR) préopératoire étaient de 90,3 % et 89,3 %, respectivement, dans le groupe sévère et 98,6 % et 96,9 %, respectivement, dans le groupe doux. Le groupe des sujets légers était de $88,4 \pm 5,1$ et $2,19 \pm 0,36$ [58].

- ❖ Au sein de notre étude un seul patient qui a bénéficié d'une spirométrie. On note un volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) à 98,16% et une capacité vitale (CV) de 96,14%.

Tableau IX : Comparaison des séries selon la spirométrie.

	VEMS moyen	CV moyenne
Cavestri et al.	96.6 %	99 %
Anastassios C.K et al.	93.3 %	97 %
Hisako Kuyama et al	88.4 %	98.6 %

b. Echographie cardiaque :

- ✚ L'intérêt de l'échocardiographie n'est pas seulement de rechercher les anomalies associées, mais aussi d'identifier le degré de la compression du ventricule droit, fréquente au cours du pectus excavatum. Ainsi que les anomalies de la relaxation diastolique du ventricule gauche qui viennent d'être mise en évidence chez les patients avec un pectus carinatum.
- ✚ R. Granillo et al ont mené une étude cohorte rétrospective sur 59 malades, qui a démontré que les patients atteints de PE, en particulier ceux dont la compression affecte le ventricule droit et le sillon atrio-ventriculaire, manifestent diverses anomalies cardiaques qui sont principalement liées à l'effort, à l'inspiration et la fonction diastolique[59].
- ✚ Cependant, les déformations du pectus sont associées à une diminution de la circonférence thoracique [60], qui limite la capacité du cœur à augmenter son volume systolique pendant l'exercice et peut déplacer les grands vaisseaux compromettant ainsi la fonction cardiovasculaire. Les auteurs croient que c'est le principal mécanisme de l'intolérance à l'effort. [61][48]
- ✚ Il est très important d'évaluer le retentissement cardiaque chez les patients présentant une déformation de la paroi thoracique antérieure, d'où l'intérêt de l'échographie cardiaque. Il est cependant indispensable en cas de syndrome de Marfan, à la recherche d'une complication évolutive.

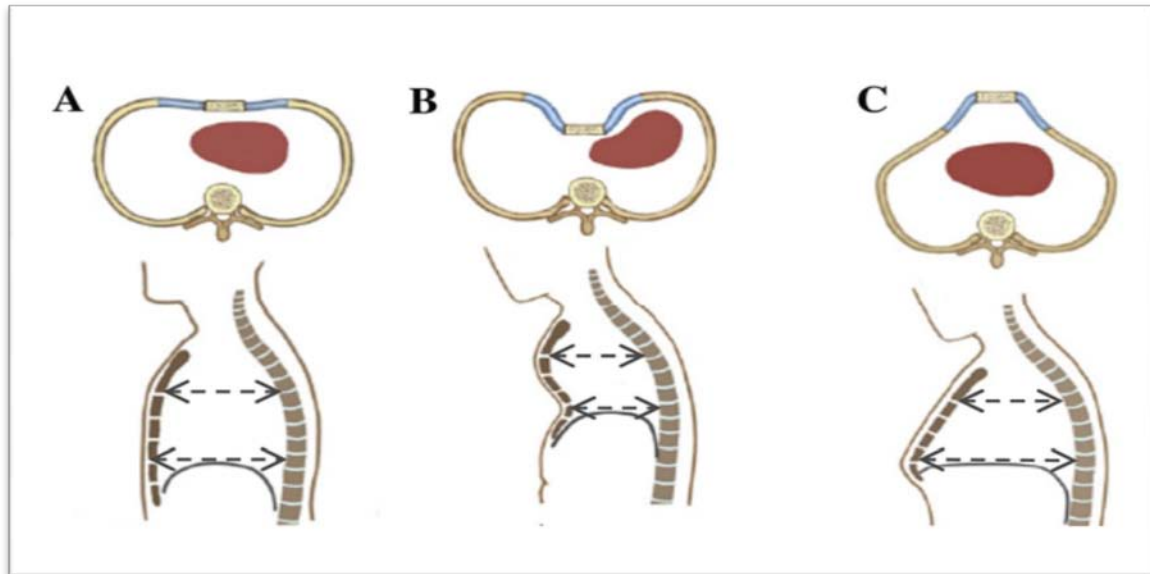


Figure 53 : Vue transversale (rangée supérieure) et latérale (deuxième rangée) du thorax. Normal (A); Pectus Excavatum (B); Pectus carinatum (C). [50]

- **Ligne supérieure** : noter le déplacement du cœur dans le pectus excavatum et l'espace étroit autour du cœur dans le pectus carinatum, ce qui empêche la capacité du cœur d'augmenter son volume systolique pendant l'exercice.
- **Le diamètre antéropostérieur** est presque égal dans la partie supérieure (angle de Lewis) et dans le thorax normal inférieur (A); Elle est considérablement diminuée dans le thorax inférieur du pectus excavatum (B); Il est significativement diminué dans la partie supérieure du thorax chez le pectus carinatum (C).

Dans la série de R. Jancovici et al. on trouve des lésions de l'aorte descendante chez 2,65 % des cas. [32]

Dans la série de M.Oncel et al. on note la présence d'un prolapsus mitrale chez 7,3 % des cas. [31]

La série de cas de R.Neviere et al. objective un foramen ovale perméable chez 28 % des patients. [62]

Au sien de notre série, l'une échocardiographie a été réalisé chez un seul patient. Elle a montrée une compression du ventricule droit, sans autres anomalies.

Tableau X : Comparaison des séries concernant les anomalies cardiaques associées.

	Lésion de l'aorte	Prolapsus mitral	Foramen ovale perméable
R.Jancovici et al[62]	2.65 %	-	-
M.Oncel et al[62]	-	7.3 %	
R.Neviere et al[62]	-	-	28 %
Notre série	-	-	-

c. Epreuve d'effort :

- L'épreuve fonctionnelle de l'exercice est réalisée dans le cadre, soit du bilan préopératoire demandé, soit dans le cadre du bilan de la dyspnée d'effort. Cet examen a pour intérêt d'évaluer la réserve cardio-respiratoire du patient, en imposant à l'organisme un stress s'approchant de celui dû à la chirurgie. La consommation d'oxygène à l'effort reflète l'efficacité de la chaîne formée par les appareils respiratoires, cardio-vasculaires et musculaires. Les épreuves d'effort permettent donc d'évaluer globalement les possibilités physiques d'un individu. Ces tests peuvent être très simples, comme le test de marche ou de montée des escaliers, ou demander un plateau technique spécialisé, comme l'épreuve d'exercice maximale avec mesure de la VO₂-max. [41]
- B.Cavestri et al. Avaient retrouvé une consommation d'oxygène maximale (VO₂-max) diminuée à $78,6 \pm 22,1$ % ; quatre patients avaient une exploration fonctionnelle à l'exercice strictement normale. Trois types d'anomalies fonctionnelles étaient observés :
 - ✚ Limitation à l'augmentation du volume courant (n = 18) (41 ± 5 % de la capacité vitale forcée au pic versus $51 \pm 1,4$ %) ;
 - ✚ Elévation du gradient alvéolo-artériel en oxygène au pic de l'exercice (n = 5) (47 ± 23 mmHg versus $20 \pm 7,5$ mmHg), associée à un foramen ovale perméable ;
 - ✚ Pouls d'oxygène bas au pic (57 ± 9 % versus 90 ± 20 %) ; ces cinq patients avaient l'aptitude aérobie la plus limitée (VO₂-max = 55 ± 10 % ; p = 0,003). [41]
- Dans notre série, aucun patient n'a bénéficié d'une épreuve d'effort.

VII. Traitement :

1. Méthodes non chirurgicales :

1.1. Rééducation :

La rééducation se fait par 2 exercices principaux : 5 respirations profondes 2 fois par jour avec une inspiration bloquée de 10 secondes, et aussi par des exercices de posture pour mettre en tensions les muscles sacro-spinaux. [68]

La rééducation trouve son intérêt préopératoire dans le renforcement des muscles grands pectoraux afin d'améliorer les résultats esthétiques. En postopératoire, il faut reprendre la rééducation 3 mois après l'intervention.

On trouve l'indication d'une rééducation aussi en cas d'association avec une scoliose dorsale. [68]

1.2. La cloche à aspiration/Vacuum Bell :

C'est un traitement conservateur qui a pour but de parvenir à un relèvement permanent du sternum et des articulations costo-sternales. Une cloche à aspiration appliquée sur la surface de la poitrine génère un effet de vacuum.

Elle entraîne ainsi au niveau du sternum une réduction non seulement manifeste à l'examen clinique, mais aussi confirmée par la tomographie computerisée et à la thoracoscopie. Il existe à l'heure actuelle trois tailles de cloche (Fig. 54)), ainsi qu'un modèle réservé aux adolescentes et aux jeunes femmes adultes, ainsi qu'un modèle de taille intermédiaire à enveloppe renforcée. [63]

La mise en route proprement dite du traitement se fait sous contrôle médical, avant que les patients le prennent eux-mêmes en mains. [63]

Chez les enfants de moins de dix ans au moment de l'instauration du traitement, l'application de la cloche à aspiration se fera sous la supervision des parents. Au début du traitement, il est recommandé une durée d'application de deux fois 20 à 30 minutes par jour. [63]



Figure 54: Différents types de cloche d'aspiration [63]

Il est nécessaire d'appliquer le traitement entre 18 et 24 mois en fonction de l'âge. [63]

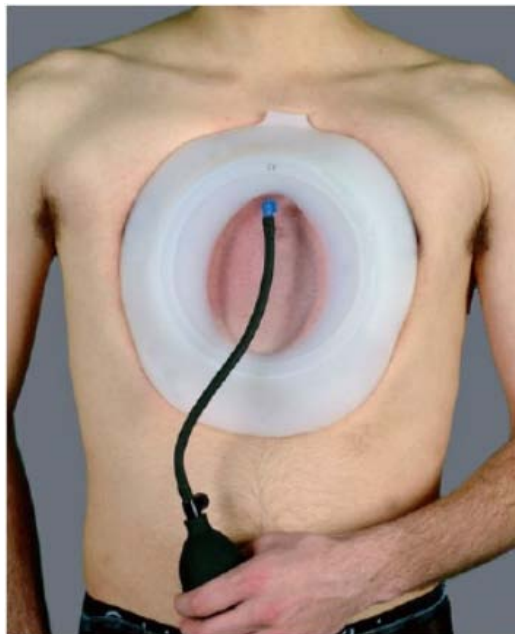


Figure 55 : L'application de la cloche à aspiration [63]

Cette méthode conservatrice est plus réussie chez ceux :[64]

- Présentant un pectus excavatum symétrique
- Âgés de moins de 10 ans
- Avec une paroi thoracique encore flexible et élastique, sans évasement côtier.
- Qui se présentent plus tôt.

La série de Patel et Hunt a suivi des patients atteints de PE pendant 13 ans, avec une élévation sternale de >1 cm démontrée chez 105 cas. L'âge initial <11 ans, la profondeur initiale de la paroi thoracique <1,5 cm et la flexibilité de la paroi thoracique ont tous été associés à de meilleurs résultats.[64]

Il est difficile d'évaluer objectivement le succès de cette méthode ainsi que sa définition peut varier selon les individus. Les méthodes radiographiques pour évaluer le PE devraient être prises en considération. [64]

Les effets indésirables sont des hémorragies pétéchiales, des hématomes locaux, des douleurs dorsales occasionnelles, ainsi que des dysesthésies proximales. [63]

Ces effets indésirables ne sont cependant que temporaires et disparaissent en général moyennant une adaptation de la durée d'application quotidienne. [63]

Il ne devrait pas être nécessaire de prescrire un traitement antalgique pendant les applications. [63]

Cette méthode n'est pas indiquée chez les patients souffrant d'une pathologie squelettique, d'une affection cardiaque, d'un syndrome de Marfan ou d'une coagulopathie. [63]

Les récurrences sont fréquentes après arrêt de l'application de la cloche.

1.3. Attelle orthétique :

C'est l'un des traitements non chirurgicaux prescrit pour les patients ayant un pectus carinatum, qui procède par l'application d'une compression continue thoracique antéropostérieure, afin de réduire la protrusion.

Les patients sont invités à porter cette attelle sur un T-shirt pendant 14 à 16 heures par jour et à serrer symétriquement les bretelles. Initialement, les bretelles sont serrées toutes les 2 à 4 semaines. Ceci est suivi par un serrage d'ajustement à des intervalles moins fréquents. Après l'armature initiale, les patients sont vus de 6 semaines à 3 mois, puis à des intervalles de 6 à 12 mois. [65]

La pression exercée sur la protubérance antéropostérieure de la paroi thoracique antérieure est facilement contrôlée ; lorsque la pression est suffisante, une marque rouge persiste sur la zone de protrusion du sternum pendant quelques heures après le retrait de l'attelle. Les patients sont informés que l'attelle doit être portée jusqu'à ce que la croissance soit terminée ou pour un minimum de 2 ans. [65]

Parmi les complications fréquentes de cette technique est la nécrose cutanée en regard de la zone de compression.



Figure 56 : Orthèse de compression portée par un patient [65]

1.4. La compression dynamique :

Il existe aussi une méthode non invasive dans le traitement de certains pectus carinatum par un système dit de « compression dynamique ». Il s'agit d'une brassière qui exerce une « pression » constante sur la protrusion sternale. Il s'agit d'une armature en aluminium ajustable à

n'importe quelle forme ou taille thoracique, personnalisable, extensible, profil bas (invisible sous les vêtements du patient). Elle permet l'extension latérale pour permettre l'élargissement du thorax afin de permettre la respiration et la croissance. Elle permet aussi la mesure et le contrôle de la pression, la prédiction de la durée et le pronostic du traitement et évite la manipulation par le patient et d'éviter l'atteinte accidentelle de la colonne vertébrale. [41]

Elle permet d'ajuster le niveau de la compression en fonction de l'âge, le degré de la déformation et le degré du support du patient. Elle est indiquée chez les patients ayant un pectus carinatum bas et symétrique avec une cage thoracique souple.

Une étude rétrospective sur 12 ans a été réalisée par Rossière et al. Ils avaient traité 104 patients âgés de moins de 18 ans porteurs d'un PC condrogladiolaire par une compression dynamique. La moyenne du temps de correction était de 8,8 mois, tandis que le temps de maintenance était en moyenne de 8 mois. 36,5 % des patients ont terminé le traitement, 36,5 % continuent encore le traitement et 26,9 % des patients ont perdu le suivi en raison de la désertion. L'évaluation qualitative a été positive chez 95,5 % des patients, et défavorable chez 4,5 %.[66]



Figure 57 : Système de compression dynamique. [54]

A droite : entretoise légère A gauche : appareil de mesure de pression

Dans notre série, aucun de nos patients n'a bénéficié d'une intervention non chirurgicale.

2. Méthodes chirurgicales :

2.1. Ostéo-chondroplastie remodelante de Ravitch :

C'est la voie d'abord classique par une incision cutanée sous-costale bilatérale. Dans la description originale de Ravitch, elle s'étendait latéralement, de la ligne axillaire antérieure de chaque côté, et remontait médialement en décrivant une courbe convexe vers le haut, avec à son sommet l'appendice xiphoïde (Fig. 9). Cette voie d'abord s'est progressivement minimisée, avec actuellement un abord épigastrique convexe vers le haut et descendant latéralement vers le sillon sous-mammaire.

Le relèvement de l'auvent musculo-aponévrotique se fait par dissection sus-périchondrale qui permet de relever les deux muscles pectoralis major en monobloc, facilitant ainsi leur réinsertion ultérieure. La préservation du périchondre et du périoste améliore la consolidation. Le plan chirurgical sternochondrocostal apparaît alors. Caudalement, les muscles rectus abdominis et leurs aponévroses sont désinsérés.

La mobilisation du sternum s'effectue peu à peu, grâce aux sections étagées des côtes et de leurs cartilages, de la 3e à la 7e paire, voire plus. Les cartilages costaux anormaux sont réséqués en préservant le périchondre (Fig.10). La première ostéotomie sternale transversale se situe entre le 2eme et le 3eme cartilage costal ; elle est cunéiforme, à fermeture ventrale. Elle est partielle et ne concerne que la corticale externe. Des ostéotomies, médianes ou obliques, complèteront à la demande le geste chirurgical, afin de positionner correctement l'auvent sternal. Les muscles intercostaux sont incisés. Le plastron sternochondrocostal est mobilisé, la malformation est réduite.

Il existe de nombreuses variantes techniques, en fonction des équipes, portant sur la stabilisation du corps sternal remis en bonne position : par éclisse, attelle métallique ou par treillis synthétique [41]. L'appendice xiphoïde, les muscles pectoralis major et pectus abdominis sont repositionnés et suturés sur le sternum. L'ablation du matériel d'ostéosynthèse peut éventuellement être effectuée sous anesthésie locale, une fois la consolidation acquise, autour en général du 12eme mois postopératoire. [67]



Figure 58 : L'exposition du plastron chondro-sternal chez un patient avec un pectus carinatum



Figure 59 : Les pièces de résection cartilagineuses après ostéotomie sternale transverse.

La méthode Ravitch est une chirurgie lourde, qui ne peut être entreprise vers la fin de croissance. Elle nécessite une éviction sportive de 3 mois en postopératoire. [68]

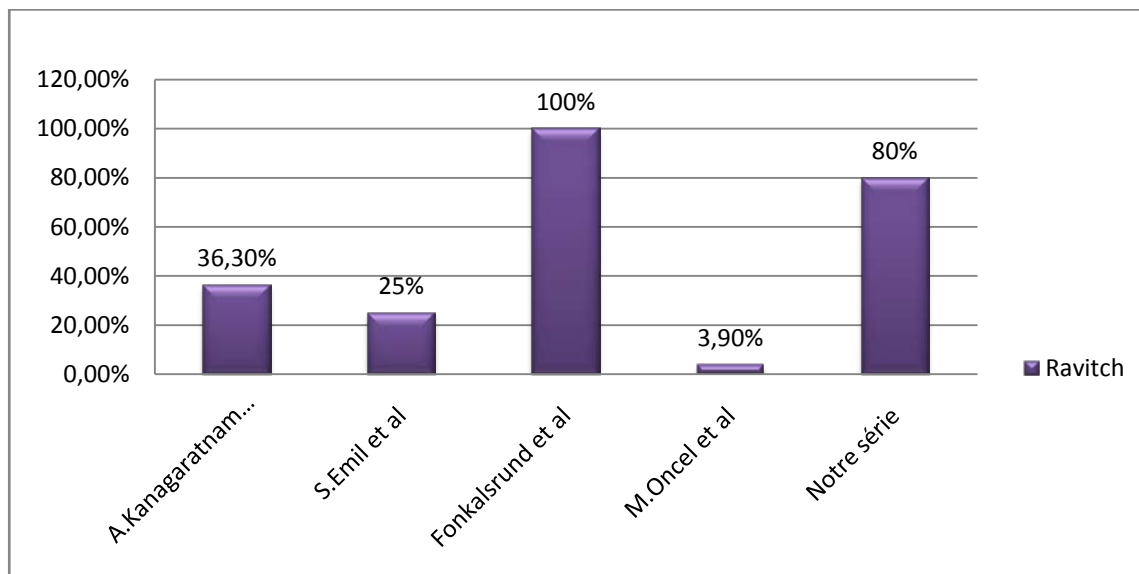
Dans la série d'A.Kanagaratnam et al., qui rassemble 1 432 patients, 36,3 % des cas étaient opérés par la technique de Ravitch. [69]

Dans la série de S.Emil et al., 25 % des patients ont été abordés par la méthode Ravitch. [70]

Dans la série d'EW.Fonkalsrund et al., l'ensemble des patients présentant un PE ont été tous opérés par la méthode Ravitch.[71]

Lors de l'étude de M.Oncel et al., 3,9 % des patients ont été opérés par cette technique. [31]

Au sein de notre étude, 8 patients ont été abordé par cette méthode.



Graphique 9 : comparaison des séries concernant la méthode Ravitch

2.2. Technique de NUSS :

Plus communément dénommée « Nuss » ou « MIRPE » (Minimally invasive repair of pectus excavatum), elle a pour objectif de traiter le pectus excavatum par un abord chirurgical trans-thoracique a minima du plastron chondrosternal. Deux courtes incisions latéro-thoraciques, à l'aplomb de la déformation, autorisent le passage, sous contrôle thoracoscopique, d'un guide (dont la concavité est dirigée vers le haut) immédiatement en arrière du plastron chondrosternal déformé (Fig. 60) ; puis la mise en place d'une (ou plusieurs) barre(s) (Lorentz pectus bar ou Nuss bar), pré cintrée(s) en salle d'opération en fonction de la déformation à corriger. Celle-ci, introduite dans le thorax à travers un espace intercostal, ressort de la paroi du côté opposé (Fig. 61). Elle est retournée convexité vers le haut et ses extrémités sont fixées latéralement à la paroi externe par l'intermédiaire de stabilisateurs et/ou de fils d'acier encerclant les côtes (Fig. 62). La barre remodèle le plastron chondro-sternal déformé par compression interne, au prix du maintien en place pour une période de 2 à 4 ans. Au terme de ce délai, une deuxième intervention est requise pour procéder à l'ablation du matériel.

La technique de NUSS est une procédure chirurgicale qui nécessite une courte durée d'hospitalisation et peut être envisagé chez l'enfant, contrairement à la méthode de Ravitch. En outre, elle permet au patient opéré de reprendre son activité sportive après 2 mois. [72]

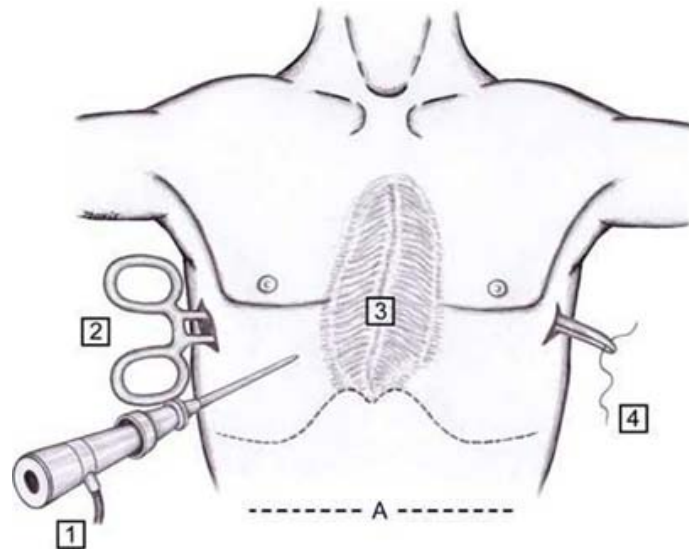


Figure 60: Technique mini-invasive pour la correction du pectus excavatum (3) avec thoracoscopie (1). Un long clamp qui passe d'un côté à un autre (2), pour saisir la bande ombilicale (4), qui va guider le passage de la barre du pectus derrière le sternum [77]

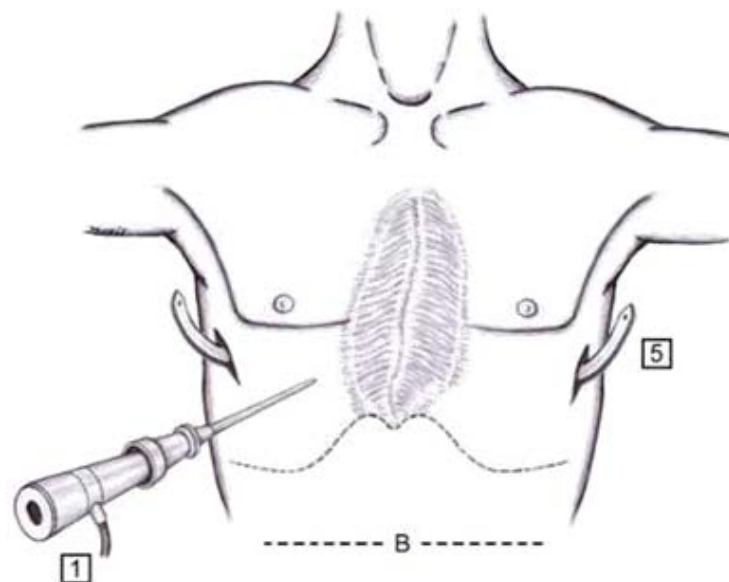


Figure 61 : Après avoir passé derrière le sternum, la barre du pectus (5), sous contrôle thoracoscopique, et avant d'être retournée. On note la concavité de la barre et orientée vers le haut. [73]

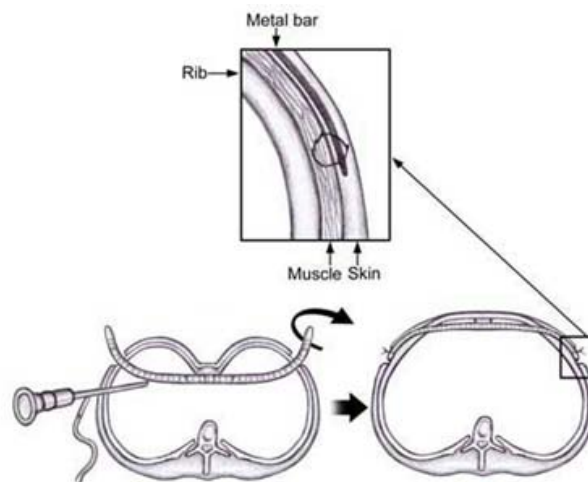


Figure 62 : La fixation de la barre se fait par des stabilisateurs latéraux [73]



Figure 63 : Installation d'un patient ayant un pectus excavatum



Figure 64 : Passage du guide en transmédiastinal sous contrôle endoscopique chez un patient ayant un pectus excavatum



Figure 65 : Ajustement de la courbure de la barre de Nuss avant son introduction.



Figure 66 : Mise en place de la barre de Nuss chez un patient ayant un pectus excavatum

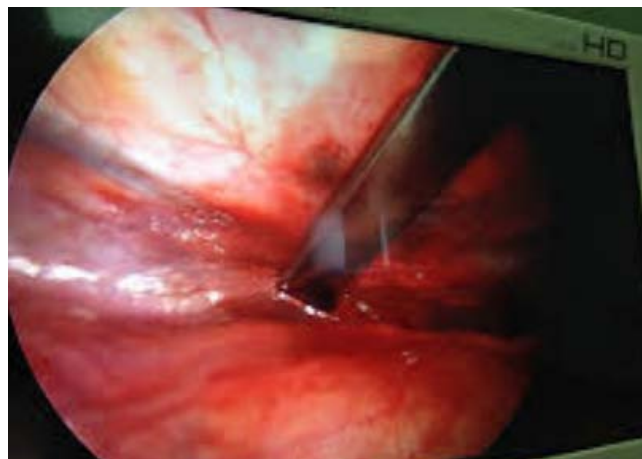


Figure 67 : Le passage de la barre de Nuss entre le péricarde et le sternum



Figure 68 : Le retournement de la barre de Nuss .



Figure 69 : Stabilisateur de la barre de Nuss chez un patient ayant un pectus excavatum



Figure 70 : Radiographie postopératoire de notre patient opéré par la méthode de Nuss

La technique de Nuss comporte de multiples complications péri opératoires. Les perforations cardiaques constituent une des complications spécifiques de la méthode. Elles se produisent lors de l'introduction intra thoracique du guide, ou de la barre elle-même. Les occlusions aiguës de la veine cave inférieure se présentent par une instabilité hémodynamique, une oligurie et une distension abdominale. [74]

Actuellement, la mise en place de la barre est effectuée sous contrôle visuel direct par thoracoscopie, minimisant le risque de lésions d'organes.

Il existe aussi des complications graves postopératoire et à moyen terme, comme le déplacement secondaire de la barre, qui est la complication la plus fréquente dans les revues de littérature. Elle peut causer des lésions vasculaires et hémorragiques retardées d'origine pariétale, des lésions retardées de la crosse aortique et aussi des hémorragies d'origine pulmonaire. L'infection de la barre qui constitue aussi une autre source d'événement indésirable grave. Puis viennent en troisième position dans cette hiérarchie de complications postopératoire les épanchements péricardiques. On note aussi l'existence de phénomènes d'intolérance à la barre, qui est liés à une allergie au nickel ou chrome. [74]

Dans notre série un seul patient a été abordé par cette technique.

La méta-analyse faite par Mao et al a comparé les résultats de l'intervention chirurgicale par les méthodes de Nuss et Ravitch. L'analyse globale a révélé que les patients du groupe Nuss ont subi une opération beaucoup plus courte et moins de perte de sang que le groupe Ravitch. Cependant, la durée du séjour à l'hôpital était similaire d'un groupe à l'autre. [75]

2.3. Technique d'Abramson :

Il s'agit d'une technique modifiée de la procédure de Nuss pour la correction du pectus carinatum, consistant principalement à la pose d'une barre métallique en pré-sternal et fixé des deux coté de la paroi thoracique par des plaques métalliques. [76]

Un cathéter est placé chez le patient avant la chirurgie. Une ligne horizontale est tracée sur l'emplacement avec le plus haut degré de protrusion sur la paroi thoracique antérieure, afin de choisir l'emplacement des incisions.

Deux incisions transversales ont été réalisées des deux côtes, d'environ 2,5 cm de chaque côté. Les fibres du muscle grand pectoral sont séparées. Les deux côtés des deux côtes avoisinantes sont choisis et inciser de 1 cm à travers le périoste.

Pendant que la ventilation est interrompu, les côtes ont été encerclées en sous périoste par rugine raspatoire puis avec un cathéter d'aspiration pour servir comme une gaine des fils métalliques afin d'éviter le pneumothorax. Après la mise en place des fils d'acier, la gaine d'aspiration-cathéter est enlevée et le patient relié au ventilateur à nouveau, ou bien des agrafes costales mises en sous périoste.

Des stabilisateurs avec rainure pour la barre sont ajustés et avec deux trous de vis sont placés perpendiculairement sur les côtes et renforcés par les fils des deux côtés.

La barre de taille appropriée, avec des rainures sur les deux côtés est ajustée dans les stabilisateurs, a été sélectionnée en utilisant un modèle tout en comprimant le sternum avec la main de manière convexe. A l'aide de pinces, un passage sous-cutané vers le sternum est crée des deux côtés et un drain thoracique avec un trocart est dirigé d'une incision à une autre, postérieurement au pectoral majeur, puis à travers le pectoral majeur près de son origine près du sternum.



Figure 71 : Image de la littérature per-opératoire chez un patient lors d'une intervention d'Abramson

Le trocart est ensuite enlevé de la lumière du tube, et la barre est insérée dans celle-ci avec la concavité tournée vers l'arrière, puis retirée à travers le passage pré-sternal. En comprimant la barre sur le sternum, on place les stabilisateurs à nouveau sur les deux bords appropriés et on fixe à l'aide de deux vis métalliques des deux côtés. La fermeture de l'incision se fait plan par plan.

Une radiographie thoracique est ensuite réalisée en postopératoire afin de visualiser le positionnement de la barre et rechercher un pneumothorax.

Dans notre étude, aucun patient n'a été abordé par la technique d'Abramson.

3. Complément de chirurgie plastique :

L'indication d'une intervention de chirurgie plastique dépendra de l'ampleur des facteurs physiologiques et psychologiques.

La chirurgie plastique est indiquée pour obtenir une augmentation du tissu mou afin de dissimuler la déformation de la paroi ou du sternum, ce qui implique l'utilisation d'une autogreffe, telle que le transfert de graisse autologue, ou des implants synthétiques comme « prothèse de silicone sur mesure ». Chez les femmes, l'hypoplasie concomitante du sein doit être traitée.

3.1. Prothèse pariétale en silicone sur mesure :

La réalisation de la prothèse nécessite une prise d'empreinte du thorax du patient. Il peut s'agir d'une prise d'empreinte « externe » à partir d'un moulage thoracique, ou bien d'une prise d'empreinte interne virtuelle, à partir de coupes tomodensitométriques.[67]



Figure 72 : Moulage en plâtre [67]

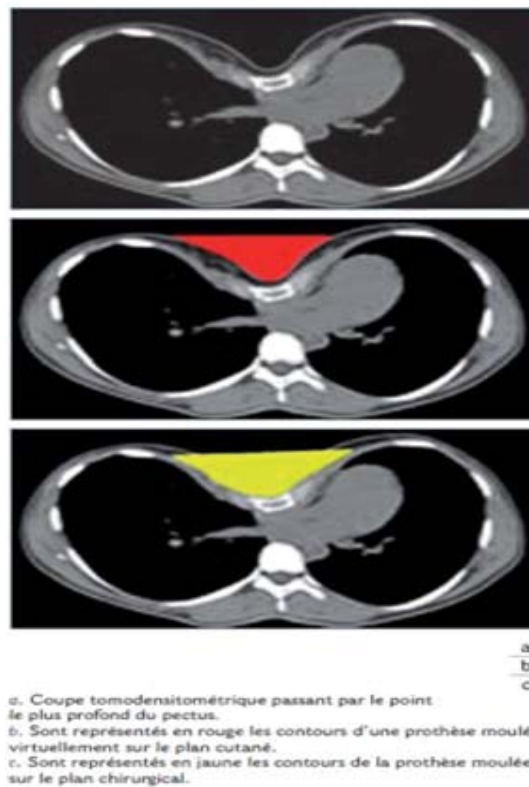


Figure 73 : Illustration de la différence de forme entre une prothèse réalisée à partir d'une conception assistée par un ordinateur et celle réalisée à partir d'un moulage en plâtre. [67]

L'intervention est réalisée sous anesthésie générale. Le patient est installé en décubitus dorsal strict, bras en abduction à 90°. La durée de l'intervention est d'environ une heure.



Figure 74 : Technique de la mise en place d'un implant en silicone [67]

Le patient sort alors du service avec un vêtement de contention avec appui sternal, à porter jour et nuit pendant un mois au minimum. La réalisation d'un geste musculaire contre-indiqué au patient le port de charge lourde et le sport pendant 3 mois. Le patient est revu au huitième jour après sa sortie. L'examen clinique recherche la présence d'un épanchement séreux péri-prothétique. Lorsqu'il est trop abondant, il est ponctionné. Plusieurs ponctions itératives peuvent être nécessaires avant de l'assécher. Le port de la contention élastique sera d'autant plus long qu'il y aura eu un sérome. [67]

Des cas de diffusion des molécules de silicone dans la circulation sanguine ont été rapportés puisque la prothèse n'est pas protégée.



Figure 75 : Boléro de contention avec appui sternal [67]

À la différence des techniques présentées dans le chapitre précédent, la mortalité est nulle et la morbidité excessivement faible.

La complication la plus fréquente est le développement d'un épanchement séreux lymphatique péri-prothétique dans les suites immédiates de l'intervention. En moyenne, une ou deux ponctions sont nécessaires afin qu'il se tarisse. [67]

3.2. Les implants mammaires :

La reconstruction prothétique du sein est indiquée surtout dans le syndrome de Poland, mais la position sous-cutanée et la qualité médiocre des téguments exposent à un risque plus important de complications à type d'exposition de prothèse et de coque. [42]

De plus, les résultats esthétiques restent discutables. En effet, la prothèse reconstruit le sein, mais ne comble pas le défaut infra-claviculaire et ne reconstruit pas le pilier axillaire antérieur. [42]

Les implants ronds restent les plus utilisés.



Figure 76 : Exemple de reconstruction isolée par implant mammaire rond chez une femme présentant un syndrome de Poland stade II à droite. [42] L'implant mammaire reconstruit le sein mais ne comble pas le déficit infra-claviculaire.

3.3. Greffe autologue de cellules adipeuses selon Coleman :

La greffe autologue de cellules adipeuses, selon la technique de Coleman, permet de traiter le déficit infra-claviculaire et de restaurer le pilier axillaire antérieur. Il s'agit d'une technique simple et rapide. Malheureusement, cette technique ne pourra être proposée chez le sujet maigre, en raison de l'absence de sites donneurs. [42]

Le dessin préopératoire trace le contour de la zone atrophique pectorale se prolongeant vers la région axillaire (pilier axillaire antérieur) ; on repère le sillon mammaire inféro-externe. Le prélèvement et le traitement de la graisse (centrifugation) sont réalisés selon la technique décrite par Coleman. La réinjection est réalisée selon un treillis tridimensionnel. [42]

Lors d'une séance, la quantité moyenne de graisse injectée pour combler la dépression infra-claviculaire est d'environ 100 ml [74]. En moyenne, deux séances sont nécessaires, mais leur nombre reste variable en fonction de la sévérité de l'atteinte et des réserves de graisse du patient.

La principale complication est la cystostéatonecrose [74] ; le seul aléa une insuffisance de résultat.



Figure 77 : Technique de Coleman chez une jeune patiente présentant un stade I de syndrome de Poland. Injection de Lipostructure® pour combler le défaut infra-claviculaire [42]

3.4. L'expansion cutanée :

Cette technique peut-être utile pour la reconstruction des anomalies sévères. Elle s'effectue en deux temps opératoires, avec un intervalle (période de gonflage) de 3 mois. Du fait de la minceur de l'enveloppe cutanée, il existe un risque de coque et d'exposition de la prothèse.

3.5. Les lambeaux :

Les lambeaux pédiculés (latissimus dorsi, rectus abdominis), ou libres (latissimus dorsi controlatéral, gluteus maximus) sont actuellement peu employés. Leur inconvénient principal est la quantité limitée de tissu apporté. Les anastomoses sont préférentiellement effectuées sur les vaisseaux mammaires internes.

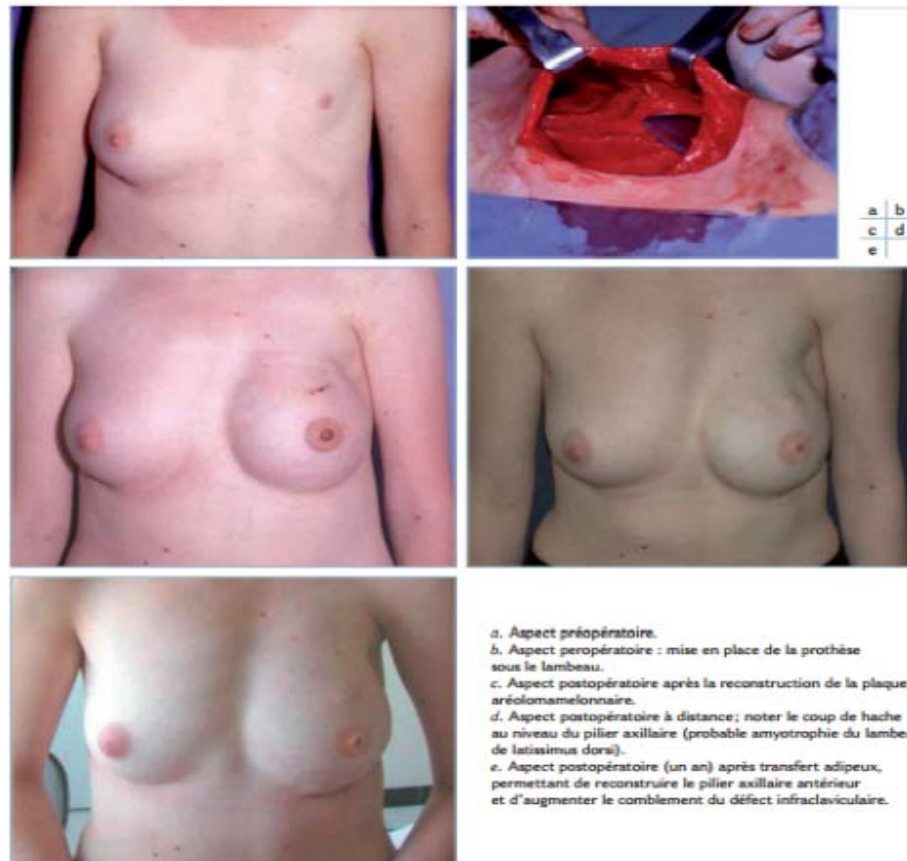


Figure 78 : Reconstruction chez une jeune femme présentant un stade II de Poland à gauche par lambeau pédiculé de latissimus dorsi associé à un implant mammaire. Ce temps a été précédé par une expansion cutanée. Lors d'un troisième temps opératoire, un transfert de graisse a été réalisé pour reconstruire le pilier axillaire antérieur et augmenter le remplissage du déficit infra-claviculaire. Résultats à distance après reconstruction de l'aréole. [42]

VIII. Résultats :

1. Suites opératoires:

Après avoir été opéré, le patient doit bénéficier d'une surveillance attentive pour guetter les complications postopératoires.

Dans la série d'A.Wutrz et al, les complications précoces postopératoires rapportées étaient : un retard de cicatrisation par lymphorrhée prolongée chez 6 patients, un sepsis chez 2 patients, un hématome chez 2 patients, un pneumothorax chez un patient, un épanchement

pleural chez 2 patients, une pneumopathie chez 2 patients, une atélectasie chez un patient et une embolie pulmonaire chez un patient. [33]

Dans l'étude d'I.Hysri et al, la morbidité était dominée par l'infection pulmonaire qui a été retrouvée chez 3 patients, un épanchement lymphatique sous cutané chez 3 patients, un épanchement pleural chez un seul patient et un accident vasculaire cérébral chez un seul cas. [30]

Dans la série d'E. Kelly et al, on retrouve un pneumothorax chez 772 patients , un syndrome d'Horner chez 174 patients , une infection au site de suture chez 11 patients , une infection pulmonaire chez 6 patients , un hémithorax chez 6 patients , une péricardite chez 5 cas , suivi d'un épanchement pleural chez 3 malades . Aucun décès n'a été noté. [65]

Dans la série de Dong-Kun Zhang et al, la morbidité était dominée par le pneumothorax chez 18 patients, suivie de l'épanchement pleural chez 5 patients, hémithorax chez un patient, infection pulmonaire et atélectasie chez 4 patients, infection au site de suture chez 3 patients. [77]

Dans la série de R. Kabbaj et al, on note un pneumothorax chez 37 patients, un épanchement pleural chez 2 patients, une pneumopathie chez 2 patients, un sepsis et un épanchement péricardique chez 2 patients. [56]

Dans la série de H.Abramson et al, on note un défaut de cicatrisation chez 8 patients, formation de sérome chez 6 patients, une rupture de fil chez 3 patients, un pneumothorax chez un patient, une infection au site de suture chez un patient. [78]

Dans la série de C.Castellani et al, on retrouve parmi les complications postopératoires 10 patients avec un épanchement pleural, 3 patients avec un pneumothorax, une pneumonie chez deux cas, un pneumo péricarde et une atélectasie. [63]

Dans la série de HJ. Park et al, on note un pneumothorax chez 23 patients, un sérome chez 11 patients, un hémithorax chez 3 patients et une péricardite chez 5 patients. [79]

Dans notre étude, on note une infection au site de suture chez un seul patient.

Le tableau comparatif ci-dessous montre que la technique de Ravitch a peu de complications postopératoire. Tandis que celle de Nuss entraîne des complications graves telles que les épanchements pleuraux ou cardiaques, rupture de fil et la formation de sérome, mais aussi le déplacement de la barre dans les complications tardives.

Tableau XI : Comparaison des séries concernant les complications postopératoires

	Epanchement pleural	Pneumothorax	Pneumopathie	Sepsis	Défaut de cicatrisation	Hémothorax	Infection locale	Atélectasie	Pneumopéricarde	Péricardite	Rupture de fil	Sérome
A.Wurtz et al	-	0.5 %	1 %	1 %	2.9 %	-	-	0.5 %	-	-	-	-
I.Hysri et al	8.3 %	-	25 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E.Kelly et al	0.3 %	68.7 %	0.6 %	-	-	-	1 %	-	-	0.4 %	-	-
Dong -Kun Zhang et al	0.8 %	2.8 %	0.7 %	-	-	0.2 %	0.5 %	0.6 %	-	-	-	-
R.Kabbaj et al	2.9 %	53 %	2.9 %	2.9 %	-	-	-	-	-	-	-	-
H.Abramson et al	-	2.5 %	-	-	20 %	-	2.5 %	-	-	-	7.5 %	15 %
C.Castellani et al	16.9 %	5.1 %	3.4 %	-	-	-	-	1.7 %	1.7 %	-	-	-
HJ.Park et al	-	6.9 %	-	-	-	0.9 %	-	-	-	1.5 %	-	3.3 %
Notre série	-	-	-	-	-	-	10 %	-	-	-	-	-

2. Satisfaction :

Après la réparation du pectus excavatum par la technique de Nuss, on note une amélioration des épreuves d'effort.

Dans la série d'E.Fonkalsrund et al, on retrouve d'excellents résultats avec un taux de satisfaction de 97 %. [71]

La série de cas d'A.Wurtz et al enregistre d'excellents résultats chez 176 patients (86,3 %), de bon résultats chez 26 patients (12,7 %) et résultats moyen chez deux patients (1 %). [71]

L'étude faite par D.Nuss et al note d'excellents résultats chez 540 patients (86,5%), de bons résultats chez (10,3%), résultats moyens chez 15 patients (2,4%) et un échec chez 8 patients (1,3%). [80]

Dans la série de Dong-Kun Zhang et al, on note d'excellents résultats chez 504 patients, de bons résultats chez 105 patient, résultats moyens chez 28 patients et pauvres chez 2 patients. [77]

Dans la série de H.Abramson et al, on enregistre d'excellents résultats chez 10 patients, de bons résultats chez 4 patient, résultats moyens chez 4 patients et pauvres chez 2 patients. [78]

Dans la série de M.Yûksel et al, on retrouve 16 patients ayant d'excellents résultats, 1 patient avec de bons résultats et un seul échec chez un patient ayant une forme asymétrique. [76]

Notre étude note d'excellents résultats chez 7 patients, bons résultats chez 2 patients et moyens chez un patient.

Tableau XII : Comparaison des séries concernant les résultats postopératoires

	Résultat			
	Excellent	Bon	Moyen	Pauvre ou échec
A.Wurtz et al.	86.3 %	12.7 %	1 %	-
D.Nuss et al.	86.5 %	10.3 %	2.4 %	1.3 %
DK.Zhang et al.	78.9 %	16.4 %	4.4 %	0.3 %
H.Abramson	50 %	20 %	20 %	10 %
M.Yuksel et al.	89 %	5.5 %	-	5.5 %
Notre série	70 %	20 %	10 %	-

Concernant les résultats de réparation par la technique de Nuss, on note une amélioration des épreuves d'effort dans les revues de littérature.

Dans la série d'O.Bawazir et al, on retrouve : [81]


	Preoperative	Postoperative (3 mo)	Postoperative (21 mo)	After bar removal
n	40	32	20	10
$\dot{V}O_2$ max (L/kg per min)	1.63 ± 0.10 (68.3 ± 2.4)	1.39 ± 0.10 ^a (61.9 ± 3.12)	1.83 ± 0.15 ^b (68.5 ± 3.9)	2.06 ± 0.15 ^b (70.7 ± 3.8)
Anaerobic threshold ($\dot{V}O_2$ max % expected)	21.41 ± 1.78	18.40 ± 1.18 ^a	24.51 ± 2.39	22.62 ± 2.10
Minute volume breathing at maximal exercise (L/min)	67.76 ± 4.10 (78.5 ± 4.2)	62.89 ± 3.89 (70.2 ± 3.2)	71.06 ± 5.41 (74.0 ± 4.5)	69.86 ± 4.42 (79.5 ± 12.9)
Maximal heart rate (beats/min)	176 ± 4 (87.0 ± 1.3)	75 ± 6 (87 ± 1.1)	179 ± 3 (87.5 ± 1.7)	173 ± 10 (89 ± 2.0)

Figure 79 : Epreuve d'effort après réparation d'un pectus excavatum [69]


Dans la série de M. Malek et al, on note : [82]

Parameters	PSI									
	Overall (n = 21)		3.0-3.9 (n = 3)		4.0-4.9 (n = 9)		5.0-5.9 (n = 4)		≥ 6.0 (n = 5)	
	Mean	% Ref	Mean	% Ref	Mean	% Ref	Mean	% Ref	Mean	% Ref
$\dot{V}O_2$ max, L/min	2.14	75	2.57	86	2.04	74	1.44	62	2.63	80
$\dot{V}O_2$ θ, L/min	1.16	41	1.37	47	1.12	41	0.81	37	1.25	38
$\delta\dot{V}O_2/\delta W$, mL/min/W	10.6		11.0		10.0		11.2		10.8	
on- $\tau\dot{V}O_2$	37.4		34.7		34.7		33.9		39.2	
off- $\tau\dot{V}O_2$	41.6		46.5		37.2		45.8		40.1	
fc rest, min	84		84		87		92		74	
fc max, min	185	98	185	98	177	91	176	91	174	87
$\dot{V}O_2/fc$, mL	12.4	85	13.9	89	11.9	84	9.2	77	14.9	92
RPE, Borg scale†	15.4		16.0		16.1		13.5		15.4	

Figure 80 : Epreuve d'effort après réparation d'un pectus excavatum [70]



CONCLUSION



Les déformations congénitales de la paroi thoracique antérieure sont des anomalies dont l'étiologie et l'implication génétique reste méconnue.

Une meilleure connaissance de l'histoire naturelle, du retentissement fonctionnel et des moyens thérapeutiques orthopédiques et chirurgicaux de ces déformations devrait accroître leur prise en charge effective, actuellement faible au regard de leur prévalence.

Dans notre contexte, Le pectus carinatum représente la déformation congénitale thoracique antérieure la plus fréquente, touchant surtout le sexe masculin.

Un bilan radiologique bien détaillé est nécessaire, afin d'évaluer la sévérité de la déformation, mais aussi de la quantifier, par le biais de la radiographie standard du thorax face et profil et d'une tomodensitométrie thoracique. Suivi d'une évaluation pré thérapeutique psychologique et fonctionnelle.

Parmi l'arsenal thérapeutique, de nos jours, les techniques classiques et les nouvelles approches nous permettent de choisir l'approche la plus appropriée pour le patient, selon l'expérience et la préférence du chirurgien, mais en particulier selon les besoins cliniques et psychologiques individuels.

Le pectus excavatum est généralement corrigé par différentes techniques chirurgicale.

En revanche, en raison des risques inhérents d'une chirurgie majeure, seuls les cas sévères de pectus carinatum sont opérés, on préconise un traitement conservateur.

Les méthodes de sternochondroplastie sont des techniques chirurgicales adaptées à leur pathogénie et applicables, sans exception, à toutes leurs variantes anatomiques. Mise en œuvre chez l'adolescent en fin de croissance, ou chez l'adulte, elle procure des résultats esthétiques satisfaisants, au prix d'une faible morbidité et sans mortalité.

La technique mini-invasive de Nuss est une technique révolutionnaire de correction des pectus excavatum.

Cette technique chirurgicale nous aide à obtenir de bons résultats et une satisfaction du patient, or qu'il existe de nombreuses complications graves, dont la perforation cardiaque.

Cette déformation nécessite parfois des gestes de chirurgies plastiques si la motivation à la correction est purement morphologique, afin de redessiner la paroi thoracique chez les patients présentant une déformation thoracique sévère ou de réaliser une reconstruction prothétique du sein chez les femmes présentant une asymétrie mammaire.

Une approche multidisciplinaire est recommandée pour la prise en charge des déformations congénitales de la paroi thoraciques dans toute leur complexité.



RÉSUMÉS



Résumé

Les déformations de la paroi thoracique antérieure affectent le plastron chondrosternal selon deux modalités ; déformation en creux ou pectus excavatum et les déformations en protrusion ou pectus carinatum.

Nous avons réalisé une étude rétrospective de 2016 à 2020 concernant 10 patients au service de chirurgie thoracique à l'hôpital Arrazi au Centre Hospitalier Universitaire Mohamed VI de Marrakech.

Nous avons noté un âge moyen des patients de 18.2ans, avec des extrêmes allant de 15 à 36 ans ainsi qu'une prédominance masculine. On n'a pas noté de trait familial. L'examen clinique n'a pas trouvé d'aspect marfanoïde chez aucun patient. Quant aux signes fonctionnels, 5 patients étaient asymptomatiques, 3 malades présentant une douleur thoracique isolée. Un cas de dyspnée isolée, tandis qu'un patient présentait une douleur thoracique accompagnée de dyspnée.

Notre série a été dominée par le pectus carinatum trouvé chez 6 cas, suivi du pectus excavatum chez 3 patients. Une hypertrophie localisée des cartilages a été observée chez l'autre patient.

Tous nos patients ont bénéficié d'une radiographie et d'une TDM thoracique. Cependant, la spirométrie et l'échocardiographie ont été réalisées chez un seul patient.

Une ostéo-chondroplastie a été réalisée chez 8 patients, une chondroplastie chez un cas tandis que le patient restant a été abordé en suivant la technique de Nuss. Les suites opératoires étaient simples. Le taux de mortalité était nul. 9 patients étaient très satisfaits des résultats et 1 était partiellement satisfait.

Les déformations thoraciques nécessitent une collaboration médicochirurgicale, notamment dans le bilan préopératoire. Elles sont représentées au Maroc surtout par le pectus carinatum, dans notre série, qui ont été abordés par la méthode de Ravitch.

Abstract

The anterior chest wall's deformities affect the chondrosternal plastron according to two modalities, hollow deformation "pectus excavatum" and deformations in protrusion "pectus carinatum".

We conducted a retrospective study from 2016 to 2020 on 10 patients from the department of thoracic surgery in Mohamed VI 's University Hospital Arrazi in Marrakech.

The patients average age was 18.2 years, with extremes ranging from 15 to 36 years with a male predominance. No family trait was noted. The clinical examination didn't find a marfanoid aspect. As for functional signs, 5 patients were asymptomatic, while 3 cases had chest pain, while only one had chest pain accompanied by dyspnea, the other one had dyspnea. Our series were dominated by pectus carinatum which accounted in 6 cases, followed by pectus excavatum at 3 patients. Localized cartilage hypertrophy was observed in 1 of our patients.

All our patients benefited from x-ray and thoracic CT. However, spirometry and echocardiography were performed in only one case.

Osteo-chondroplasty was performed in 8 patients, chondroplasty in a case and the Nuss technique in the remaining patient. The surgical follow-ups were simple. The mortality rate was zero. 9 patients were very satisfied with the results, 1 patient were partially satisfied.

Thoracic deformities require medical and surgical collaboration, especially during the preoperative phase. They are represented in Morocco mainly by the pectus carinatum which were in our series approached by the method of Ravitch.

المخلص

يصيب تشوه الجدار الصدري الأمامي الصفيحة الغضروفية القصية على شكل تشوه مجوف (الصدر المقعر) أو تشوه بارز (الصدر الجؤجئي).

هذا العمل عبارة عن دراسة استيعادية، من سنة 2016 إلى سنة 2020، على سلسلة من 10 مرضى تم استشفائهم بسبب تشوه صدري في قسم جراحة الصدر بالمستشفى الجامعي محمد السادس بمراكش.

بلغ متوسط الأعمار 18.2 سنة مع طرفي العمر من 15 إلى 36 سنة، الجنس الذكري هو السائد، و لم نجد أية حالة عائلية. خلال الفحص السريري لم نجد أي مريض مرفائي الشكل، بالنسبة للأعراض الوظيفية: 5 مرضى كانوا بدون أعراض، 3 مرضى عانوا من الألم في الصدر، حالة ضيق تنفس واحدة و حالة ضيق تنفس مصاحبة لألم في الصدر.

كما لاحظنا هيمنة الصدر الجؤجئي في هذه السلسلة: 6 حالات، متبوعا بالصدر المقعر: 3 حالات، وأخيرا تضخم موضعي في الغضروف الضلعي: حالة واحدة.

استفاد جميع المرضى من أشعة إكس للصدر والأشعة المقطعية. كما خضع مريض واحد لقياس السعة الرئوية ومن التخطيط بالصدى القلبي بالإضافة إلى الفحوصات السابقة.

أنجز رأب عظمي غظروفي عند 9 مرضى، وتقنية نوس لدى المريض المتبقي. مرحلة النقاهة مرت بدون أي مضاعفات لدى جميع المرضى. معدل الوفيات كان منعدم. أما بالنسبة للنتائج فكانت جيدة عند 9 مرضى.

تتطلب التشوهات الصدرية تعاوننا طبييا وجراحيا في ما يخص التقييم قبل العمليات، والتي تتجلى بشكل أساسي في المغرب استنتاجا من هذا العمل في الشكل الجؤجئي، وقد عولجت بتقنية رافيتش.



BIBLIOGRAPHIE



1. **A. K. Saxena,**
Chest Wall Deformities.
Springer, 2017.
2. **N. L. Simon, T. Kolvekar, et S. K. Kolvekar,**
« History », in *Chest Wall Deformities and Corrective Procedures*,
S. Kolvekar et H. Pilegaard, Éd.
Cham: Springer International Publishing, 2016, p. 13-16.
3. **Rouvière**
Anatomie humaine. Tome 2 tronc 4e Edition Masson 1997
SAURAMPS MEDICAL
4. **C. Brochhausen**
« Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options »,
Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg., vol. 14, n° 6, p. 801-806, juin 2012,
5. **R. Kelly,**
« Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and
criteria for operation »,
Semin. Pediatr. Surg., vol. 17, p. 181-93, sept. 2008,
6. **F. Sauerbruch,**
Die Chirurgie der Brustorgane,
3^e éd. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1928.
7. **L. Huckaby et R. Prasad,**
« Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum in an Adolescent with a History of a
Median Sternotomy as an Infant »,
J. Pediatr. Surg. Case Rep., vol. 2, oct. 2014,
8. **M.Alexandra, E.Erickson, J.Robert ,D.Acton,D. A.Saltzman**
When patients choose: comparison of Nuss, Ravitch, and Leonard procedures for primary
repair of pectus excavatum .
Journal of Pediatric Surgery
Volume 44, Issue 6, June 2009, Pages 1113–1119
9. **R. Drake , A. Wayne , Adam W. M. Mitchell**
« Gray's Anatomy for Students – 2nd Edition ».
Amazon

10. **P. Kamina**
Anatomie clinique. tome 3 : thorax, abdomen,
Fnac
11. **A. L. A.LAHLAIDI,**
ANATOMIE TOPOGRAPHIQUE applications anatomo-chirurgicales TOME 3 LE THORAX.
MAROC: IBNSINA, 1986.
12. **H. Rouvière, A. Delmas, et V. Delmas,**
Anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle.
t. 2. t. 2. 2002.
13. **R. Mercier, G.Vanneuville.**
« R. Mercier – atelier de data.bnf.fr »
Le Thorax.
Paris : E.P.R.I 1975.
14. **G. Carrier, E. Fréchette, P. Ugalde, et J. Deslauriers,**
« Correlative anatomy for the sternum and ribs, costovertebral angle, chest wall muscles
and intercostal spaces, thoracic outlet »,
Thorac. Surg. Clin., vol. 17, n° 4, p. 521-528, nov. 2007.
15. **E. Masson,**
« Anatomie et biomécanique du thorax antérieur »,
EM-Consulte.
Consulté le nov. 30, 2020.
16. **A. (1910–1999) A. Delmas,**
Anatomie humaine : descriptive, topographique et fonctionnelle.
Masson. Paris, 2002.
17. **F. JL , K. RW**
The effect of calcification on the structural mechanics of the costal cartilage.
Journal Article Research Support, Non-U.S. Gov't
18. **Cumulated Index Medicus. U.S.**
Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health,
National Library of Medicine, 1977.
19. **S. S. Sajko,**
« Gray's Anatomy for Student's »,
J. Can. Chiropr. Assoc., vol. 50, n° 4, p. 290, déc. 2006.

20. **H. Eschapasse et J. Gaillard,**
« [Funnel chest. Generalities, Surgical treatment] »,
Poumon Coeur, vol. 34, n° 3, p. 231-236, 1978.
21. **C. Garnier,**
« [SYMPOSIUM ON FUNNEL CHEST. PERSONAL EXPERIENCE ON 102 CASES] »,
Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot., vol. 50, p. 415-434, août 1964.
22. **E. D. Rodriguez, J. E. Losee, et P. C. Neligan,**
Plastic Surgery E-Book: Volume 3: Craniofacial, Head and Neck Surgery Pediatric Plastic Surgery (Expert Consult – Online).
Elsevier Health Sciences, 2012.
23. **F. Martin,**
« Les déformations du plastron sterno–chondro–costal et leur traitement chirurgical chez l’adulte »,
These de doctorat, Nancy 1, 1990.
24. **M. M. Ravitch,**
« Operative Correction of Pectus Carinatum (Pigeon Breast) »,
Ann. Surg., vol. 151, n° 5, p. 705-714, mai 1960.
25. **J. Witz et W. Jp,**
« LES MALFORMATIONS CONGENITALES DE LA PAROI THORACIQUE »,
PASCAL7535200298.
1974, Consulté le: nov. 30, 2020.
26. **A. Hebra, K .Mueller,**
Nuss Procedure for Pectus Excavatum Periprocedural Care
Medscape Oct 30, 2020
27. **N. T, U. S, Y. T, N. Y, T. T, et S. S,**
« Does overgrowth of costal cartilage cause pectus excavatum? A study on the lengths of ribs and costal cartilages in asymmetric patients »,
Journal of pediatric surgery, juill. 2009.
(consulté le déc. 02, 2020).
28. **K. Re**
« Prospective multicenter study of surgical correction of pectus excavatum: design, perioperative complications, pain, and baseline pulmonary function facilitated by internet–based data collection »,
Journal of the American College of Surgeons, août 2007. 17660066

29. **A. Wurtz,**
« La chirurgie du pectus excavatum améliore l'aptitude aérobie et l'efficacité de la « pompe respiratoire cardiovasculaire » chez l'adulte »,
Consulté le: nov. 30, 2020.
30. **I. Hysi**
« Chirurgie cardiaque et traitements des déformations de la paroi thoracique antérieure : quand et par quelle technique ? »,
Chir. Thorac. Cardio-Vasc., vol. 19, p. 22-26, janv. 2015.
31. **Murat Oncel, G. S Sunam**
Clinical experience of repair of pectus excavatum and carinatum deformities
Cardiovasc J Afr. 2013 Oct; 24(8): 318-321.
32. **E. F. Chin**
Surgery of funnel chest and congenital sternal prominence
The british journal of surgery
33. **D. E. Jaroszewski et E. W. Fonkalsrud,**
« Repair of Pectus Chest Deformities in 320 Adult Patients: 21 Year Experience »,
Ann. Thorac. Surg., vol. 84, n° 2, p. 429-433, août 2007
34. **B. Cavestri, A. Wurtz, F. Bart, R. Nevière, B. Aguilaniu, et B. Wallaert,**
« Exploration fonctionnelle à l'exercice des patients présentant un pectus excavatum »,
Rev. Mal. Respir., vol. 27, n° 7, p. 717-723, sept. 2010
35. **N. R**
« Cardiopulmonary response following surgical repair of pectus excavatum in adult patients »,
European journal of cardio-thoracic surgery: official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery, août 2011.
Consulté le déc. 01, 2020.
36. **E. Masson,**
« Correction mini-invasive du pectus excavatum selon la technique de Nuss chez l'enfant et l'adolescent : indications, résultats, et limites »,
EM-Consulte.
consulté le déc. 01, 2020.

37. **C. Ef,**
« Surgery of funnel chest and congenital sternal prominence »,
The British journal of surgery, janv. 1957.
Consulté le déc. 01, 2020).
38. **R. C. Shamberger et K. J. Welch,**
« Surgical correction of pectus carinatum »,
J. Pediatr. Surg., vol. 22, n° 1, p. 48-53, janv. 1987
39. **H. J. Park, S. Y. Lee, C. S. Lee, W. Youm, et K. R. Lee,**
« The Nuss procedure for pectus excavatum: evolution of techniques and early results on 322 patients »,
Ann. Thorac. Surg., vol. 77, n° 1, p. 289-295, janv. 2004
40. **D. Nuss, R. E. Kelly, D. P. Croitoru, et M. E. Katz,**
« A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum »,
J. Pediatr. Surg., vol. 33, n° 4, p. 545-552, avr. 1998
41. **E. Masson,**
« Malformations de la paroi thoracique antérieure »
, *EM-Consulte*. (consulté le déc. 01, 2020).
42. **E. Masson,**
« Syndrome de Poland, mise au point sur le traitement en 2009 »,
EM-Consulte. (Consulté le déc. 01, 2020).
43. **E. Masson,**
« Déformations de la paroi thoracique de l'enfant et l'adolescent »,
EM-Consulte. (Consulté le déc. 01, 2020).
44. **S. Kolvekar et H. Pilegaard,**
Chest Wall Deformities and Corrective Procedures.
Springer, 2015.
45. **M. Torre, G. Rapuzzi, V. Jasonni, et P. Varela,**
« Chest Wall Deformities: An Overview on Classification and Surgical Options »,
Top. Thorac. Surg., févr. 2012,
46. **B. Al et C. O,**
« Funnel chest (pectus excavatum) in infancy and adult life »,
California medicine, mars 1951. (Consulté le déc. 02, 2020).

47. **A. Hamosh, A. F. Scott, J. Amberger, C. Bocchini, D. Valle, et V. A. McKusick,**
« Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM), a knowledgebase of human genes and genetic disorders »,
Nucleic Acids Res., vol. 30, n° 1, p. 52, janv. 2002,
48. **van A. Ja, P. Jd, et S. Am,**
« Pediatric chest wall and breast deformities »,
Plastic and reconstructive surgery, juill. 2009.
(consulté le déc. 02, 2020).
49. **M. Yüksel, K. Bostanci, S. Evman**
« [PDF] Minimally invasive repair of pectus carinatum using a newly designed bar and stabilizer: a single-institution experience. | Semantic Scholar ». [European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery](#)
50. **E. Masson,**
« Réparation des déformations de la paroi thoracique antérieure : ostéochondroplastie modelante et stabilisation par attelle-agrafe de Borrelly »,
EM-Consulte. (Consulté le déc. 02, 2020).
51. **K. S. Hapuarachchi et I. A. Cowan,**
« The medial breast margin sign: A new sign of pectus excavatum in adult females and comparison with classic signs »,
J. Med. Imaging Radiat. Oncol., vol. 63, n° 6, p. 737-744, déc. 2019
52. **S. S et G. Sb,**
« Hyperinflation of the left anterior basal segment: a new sign of pectus excavatum severity on CT »,
Clinical radiology, nov. 2017. (Consulté le déc. 02, 2020).
53. **S. D. St Peter**
« A novel measure for pectus excavatum: the correction index »,
J. Pediatr. Surg., vol. 46, n° 12, p. 2270-2273, déc. 2011
54. **D. P. Bliss, N. A. Vaughan, R. M. Walk, J. A. Naiditch, A. A. Kane, et R. R. Hallac,**
« Non-Radiographic Severity Measurement of Pectus Excavatum »,
J. Surg. Res., vol. 233, p. 376-380, 2019

55. **J. Chavoïn, J. Grolleau, B. Lavigne, D. Darbas, M. Dahan, et P. Pomard,**
« Chirurgie des malformations du thorax »,
p. 12.
56. **R. Kabbaj, M. Burnier, R. Kohler, N. Loucheur, R. Dubois, et J.-L. Jouve,**
« Minimally invasive repair of pectus excavatum using the Nuss technique in children and adolescents: indications, outcomes, and limitations »,
Orthop. Traumatol. Surg. Res. OTSR, vol. 100, n° 6, p. 625-630, oct. 2014
57. **A. C. Koumbourlis et C. J. Stolar,**
« Lung growth and function in children and adolescents with idiopathic pectus excavatum »,
Pediatr. Pulmonol., vol. 38, n° 4, p. 339-343, 2004
58. **H. Kuyama, S. Uemura, A. Yoshida, et M. Yamamoto,**
« Pulmonary function in children with Pectus excavatum and post-operative changes after nuss procedure », *Pediatr. Surg. Int.*, vol. 34, n° 10, p. 1099-1103, oct. 2018
59. **G. A. Rodriguez-Granillo**
« Impact of pectus excavatum on cardiac morphology and function according to the site of maximum compression: effect of physical exertion and respiratory cycle »,
Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging, vol. 21, n° 1, p. 77-84, 01 2020
60. **A. H. Schwabegger,**
Congenital Thoracic Wall Deformities: Diagnosis, Therapy and Current Developments.
Wien: Springer-Verlag, 2011.
61. **A. Hamosh, a A.F. Scott, J . Amberger, C. Bocchini, D.Valle, V.McKusick,**
Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM), a knowledgebase of human genes and genetic disorders,
Nucleic Acids Res. 2002 Jan 1; 30(1): 52-55.
62. **R. Neviere**
« Cardiopulmonary response following surgical repair of pectus excavatum in adult patients »,
Eur. J. Cardio-Thorac. Surg. Off. J. Eur. Assoc. Cardio-Thorac. Surg., vol. 40, n° 2, p. e77-82, août 2011,
63. **F.-M. Haecker, J. Zuppinger, et S. B. Sesia,**
« Le traitement conservateur du thorax en entonnoir par cloche à aspiration »,
Forum Méd. Suisse, vol. 14, n° 45, p. 842-849, nov. 2014,

64. **A. J. Patel et I. Hunt,**
« Is vacuum bell therapy effective in the correction of pectus excavatum? »,
Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg., mars 2019,
65. **A. S. Frey**
« Nonoperative management of pectus carinatum »,
J. Pediatr. Surg., vol. 41, n° 1, p. 40-45; discussion 40-45, janv. 2006,
66. **N. I. Rosière, R. Gutiérrez, C. Madrid, M. Mendoza, A. Martínez, et G. Bellia-Munzón,**
« [Result of 12 years of non-surgical treatment of pectus carinatum] »,
Cirurgia Pediatr. Organo Of. Soc. Espanola Cirugia Pediatr., vol. 31, n° 3, p. 115-120, août 2018.
67. **E. Masson,**
« Pectus excavatum : correction chirurgicale par la mise en place d'une prothèse pariétale en silicone sur mesure »,
EM-Consulte. (Consulté le déc. 03, 2020).
68. **Pierre Lascombes, Isabelle Ruchonnet-Métraiiller, Maurice Beghetti, Armand Bottani, James Wilde**
Pectus excavatum et carinatum chez l'enfant et l'adolescent: que dire, que faire?
Rev Med Suisse 2017; volume 13. 414-420
69. **A. Kanagaratnam, S. Phan, V. Tchantchaleishvili, et K. Phan,**
« Ravitch versus Nuss procedure for pectus excavatum: systematic review and meta-analysis »,
Ann. Cardiothorac. Surg., vol. 5, n° 5, p. 409-421, sept. 2016,
70. **S. Emil, J.-M. Laberge, D. Sigalet, et R. Baird,**
« Pectus carinatum treatment in Canada: current practices »,
J. Pediatr. Surg., vol. 47, n° 5, p. 862-866, mai 2012,
71. **E. W. Fonkalsrud, J. C. Dunn, et J. B. Atkinson,**
« Repair of pectus excavatum deformities: 30 years of experience with 375 patients »,
Ann. Surg., vol. 231, n° 3, p. 443-448, mars 2000,
72. **F. Roubertie, S. Ramanan, F. Lavrand, et J.-B. Thambo,**
« Combined Nuss Procedure and Cardiac Procedure Through a Left Anterolateral Thoracotomy », *Ann. Thorac. Surg.*, vol. 102, n° 6, p. e537-e539, déc. 2016,

73. **Andre Hebra, MD;**
« Nuss Procedure for Pectus Excavatum: Background, Indications, Contraindications », oct. 2020, Consulté le: nov. 30, 2020. [En ligne].
74. **A. Wurtz,**
« Rapport bénéfice/risque de la réparation du pectus excavatum par la technique de Nuss », Consulté le: déc. 03, 2020. [En ligne].
75. **Y. Z. Mao, S. Tang, et S. Li,**
« Comparison of the Nuss versus Ravitch procedure for pectus excavatum repair: an updated meta-analysis »,
J. Pediatr. Surg., vol. 52, n° 10, p. 1545-1552, oct. 2017,
76. **M. Yüksel, K. Bostanci, et S. Evman,**
« Minimally invasive repair of pectus carinatum using a newly designed bar and stabilizer: a single-institution experience »,
Eur. J. Cardiothorac. Surg., vol. 40, n° 2, p. 339-342, août 2011,
77. **D.-K. Zhang**
« Surgical correction of 639 pectus excavatum cases via the Nuss procedure »,
J. Thorac. Dis., vol. 7, n° 9, p. 1595-1605, sept. 2015,
78. **H. Abramson, J. D'Agostino, et S. Wuscovi,**
« A 5-year experience with a minimally invasive technique for pectus carinatum repair »,
J. Pediatr. Surg., vol. 44, n° 1, p. 118-124, janv. 2009,
79. **H. J. Park, S. Y. Lee, et C. S. Lee,**
« Complications associated with the Nuss procedure: analysis of risk factors and suggested measures for prevention of complications »,
J. Pediatr. Surg., vol. 39, n° 3, p. 391-395; discussion 391-395, mars 2004,
80. **D. Nuss,**
« Minimally invasive surgical repair of pectus excavatum »,
Semin. Pediatr. Surg., vol. 17, n° 3, p. 209-217, août 2008,
81. **O. A. Bawazir, M. Montgomery, J. Harder, et D. L. Sigalet,**
« Midterm evaluation of cardiopulmonary effects of closed repair for pectus excavatum »,
J. Pediatr. Surg., vol. 40, n° 5, p. 863-867, mai 2005,
82. **M. H. Malek, E. W. Fonkalsrud, et C. B. Cooper,**
« Ventilatory and cardiovascular responses to exercise in patients with pectus excavatum »,
Chest, vol. 124, n° 3, p. 870-882, sept. 2003.

قسم الطبيب

أقسم بالله العظيم

أن أراقب الله في مهنتي.

وأن أصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف

والأحوال باذلة وسعي في إنقاذها من الهلاك والمرض

والألم والقلق.

وأن أحفظ للناس كرامتهم، وأستر عورتهم، وأكتم سرهم.

وأن أكون على الدوام من وسائل رحمة الله، باذلة رعايتي الطبية للقريب والبعيد،

للصالح والطالح، والصديق والعدو.

وأن أثابر على طلب العلم، وأسخره لنفع الإنسان لا لأذاه.

وأن أوقر من علمني، وأعلم من يصغرنني، وأكون أختاً لكل زميل في المهنة

الطبية متعاونين على البر والتقوى.

وأن تكون حياتي مصداق إيماني في سري وعلانيتي،

نقية مما يشينها تجاه الله ورسوله والمؤمنين.

والله على ما أقول شهيدا

جراحة التشوه الصدري

الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2021/03/02

من طرف

السيدة سناء زروق

المزداة في 1994/01/10 بالحررة

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية:

تشوه - جدار الصدر الأمامي - الصدر الجؤجؤي - الصدر المقعر - تقنية رافيتش

اللجنة

الرئيس

م. د العمراني

السيد

أستاذ في علم التشريح و الجراحة التقيومية

المشرف

ي. مسوغر

السيد

أستاذ جراحة الصدر

الحكام

م. ع. زيدان

السيد

أستاذ جراحة الصدر

ع. أرسلان

السيد

أستاذ جراحة الصدر