



UNIVERSITE DE LILLE 2 DROIT ET SANTE

FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2018

**THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN
MEDECINE**

**Une fixation originale de la barre dans la chirurgie mini-invasive
des pectus excavatum chez l'adolescent : à propos de 36 cas.**

Présentée et soutenue publiquement
le 26 novembre 2018 à 18h
Au Pôle Formation
Par Adrien Fournier

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Bernard Herbaux

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Rémi Besson

Monsieur le Docteur Michel Bonnevalle

Monsieur le Docteur Francis Veyckemans

Directeur de Thèse :

Monsieur le Docteur Eric Nectoux

AVERTISSEMENT

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

LISTE DES ABREVIATIONS

3D	3 Dimensions
CHRU	Centre Hospitalier Régional Universitaire
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CO ₂	Dioxyde de Carbone
ECG	Electrocardiogramme
EFR	Epreuves Fonctionnelles Respiratoires
ETT	Echographie Trans-Thoracique
IC95%	Intervalle de Confiance à 95%
MIRPE	Minimally Invasive Surgery of Pectus Excavatum
TDM	Tomodensitométrie

TABLE DES MATIERES

RESUME	1
INTRODUCTION.....	3
A) Généralités.....	3
1) Epidémiologie-définitions	3
2) Anatomie thoracique	4
3) Histoire naturelle et physiopathologie.....	5
4) Classification des pectus excavatum	6
5) Retentissement du pectus excavatum	7
6) Bilan pré-opératoire	8
7) Indications chirurgicales de la technique de Nuss	11
8) Evolution des techniques correctrices	12
9) Complications de l'intervention de Nuss.....	15
B) Contexte	17
C) Objectif de cette étude.....	18
MATERIEL ET METHODES.....	19
A) Recueil des données.....	19
B) Notre technique opératoire.....	19
1) Installation.....	19
2) Anesthésiologie	20
3) Préparation de la barre	21
4) Choix des incisions.....	21
5) Thoracoscopie	22
6) Mise en place de la barre	24
7) Fixation de la barre.....	25

8) Fermeture.....	27
9) Consignes post-opératoires.....	27
C) Critères de jugement	28
D) Statistiques	29
E) Ethique et réglementation	30
RESULTATS	31
A) Diagramme de flux de notre étude	31
B) Caractéristiques des patients (cf. tableau 1)	32
C) Données per- et post-opératoires	33
D) Complications (cf. tableau 2)	34
E) Déplacement de la barre.....	35
DISCUSSION	36
REFERENCES	43
LISTE DES TABLEAUX	47
LISTES DES FIGURES.....	48

RESUME

But de l'étude. La thoracoplastie selon D. Nuss est une technique de correction mini-invasive des pectus excavatum utilisant une barre rétrosternale insérée sous contrôle thoracoscopique.

L'une des principales complications de cette technique est le déplacement de la barre en post-opératoire. L'objectif de notre étude était d'étudier les résultats de notre technique de fixation originale de la barre sur sa stabilité.

Méthodes. Nous avons analysé rétrospectivement les données de 48 adolescents opérés au Centre Hospitalier Universitaire de Lille entre janvier 2010 et décembre 2016 selon la technique de Nuss. La fixation de la barre était confiée à un point transcostal réalisé au fil résorbable. Le critère de jugement principal était la recherche d'un déplacement de la barre qui était évalué par relecture des clichés radiographiques.

Résultats. 36 patients avaient bénéficié de notre technique originale. L'âge moyen à l'opération était de 15.7 ± 1.3 ans. La durée d'hospitalisation était de 7.4 ± 1.2 jours et le temps opératoire de 61.1 ± 14.7 minutes. Un seul déplacement de la barre a été mis en évidence chez ces patients soit 2.78% de la population (intervalle de confiance à 95% = 0.07-14.53). La totalité des patients se disait satisfait de cette technique sur l'aspect esthétique. La barre était retirée à 2.1 ± 0.2 ans.

Conclusion. Notre nouvelle méthode de fixation de la barre dans les thoracoplasties selon Nuss chez l'adolescent s'est avérée efficace sur la stabilité de la barre. Elle présente des avantages (coût, facilité d'ablation de la barre, confort) par

rapport à un stabilisateur. Une étude prospective et multicentrique permettrait d'obtenir un niveau de preuve supérieur et une étude d'applicabilité à une population adulte serait intéressante.

INTRODUCTION

A) Généralités

1) *Epidémiologie-définitions*

Les anomalies de la paroi thoracique antérieure sont dominées par 3 types de malformations par ordre de fréquence décroissante :

- Le pectus excavatum ou thorax en entonnoir (90% de ces malformations, sa prévalence étant de 1 enfant sur 400)¹, qui consiste en une dépression plus ou moins étendue du sternum
- Le pectus carinatum ou thorax en carène, qui consiste en une déformation du corps sternal vers l'avant à convexité antérieure
- Le pectus arcuatum, qui est une association de ces deux malformations

Le pectus excavatum touche dans 80% des cas les garçons.

Peuvent s'y associer une scoliose (20 à 30% des cas) ou une maladie systémique du tissu conjonctif telle que la maladie de Marfan ou d'Ehlers-Danlos (moins de 5% des cas)².

Il semble exister une prédisposition familiale aux pectus excavatum, les études retrouvent que 45% des patients suivis pour pectus excavatum présentaient une histoire familiale².

On estime que seulement 15% des patients atteints d'un pectus excavatum auraient recours à la chirurgie¹.

2) Anatomie thoracique

La cage thoracique est formée par un squelette osseux rassemblant :

- en avant : le sternum, structure osseuse divisée en 3 parties de proximal en distal : le manubrium sternal, le corps du sternum et le processus xiphoïde. Le manubrium forme avec le corps un angle appelé angle de Louis
- sur les côtés : 12 paires de côtes, les 7 premières « vraies côtes » reliées au sternum par des cartilages hyalins, les 3 suivantes « fausses côtes » s'unissant au cartilage sus-jacent et les 2 dernières « côtes flottantes » ne s'unissant qu'en arrière sur le rachis
- en arrière : le rachis thoracique où les côtes y sont reliées par l'intermédiaire des articulations costovertébrales

Plusieurs notions semblent indispensables à connaître dans le cadre de la réalisation des thoracoplasties :

- en arrière des cartilages costaux, sur les bords latéraux du sternum chemine le paquet vasculaire thoracique (ou mammaire) interne constitué de chaque côté d'une artère accompagnée de 2 veines
- les côtes sont reliées entre elles par les muscles intercostaux, répartis en 3 couches avec des orientations de fibres musculaires différentes
- au bord inférieur de chaque côte se trouve le paquet vasculonerveux intercostal, présentant de proximal en distal à chaque étage une veine, une artère et un nerf intercostaux
- les muscles transverses du thorax s'étendent en rétro-sternal des cartilages costaux des 3^{èmes} aux 6^{èmes} côtes jusqu'à la partie inférieure du corps du sternum et le processus xiphoïde, on peut les visualiser en thoracoscopie ;

-
- la face antérieure du cœur répond au thymus ou à ses vestiges, aux vaisseaux thoraciques internes, aux muscles transverses du thorax et à la partie postérieure du sternum
 - enfin, s'insèrent sur les côtes des muscles pour l'articulation de l'épaule :
 - le muscle grand pectoral prenant insertion sur les deux tiers internes de la clavicule, le manubrium sternal, le corps du sternum, les cartilages costaux des 2^{èmes} à 6^{èmes} côtes et sur l'aponévrose du muscle grand droit. Sa terminaison est constituée par la lèvre externe de la coulisse bicipitale de l'humérus
 - le muscle petit pectoral prenant insertion sur la processus coracoïde de la scapula et se terminant sur la face antérieure des côtes 3 à 5
 - le muscle grand dorsal s'insérant sur l'angle inférieur de la scapula, les apophyses épineuses des vertèbres T7 à L5, la crête sacrée médiane et le tiers interne de la lèvre externe de la crête iliaque. Sa terminaison est constituée par la lèvre interne de la coulisse bicipitale de l'humérus ;
 - le muscle dentelé antérieur tendu des faces latérales des 10 premières côtes jusqu'au bord spinal de la scapula

3) Histoire naturelle et physiopathologie

L'histoire naturelle a été étudiée par Humphrey et Jaretzki qui ont observé une amélioration ou une disparition de la malformation dans la première année de vie alors qu'environ 40% des patients voyaient leur pectus excavatum s'améliorer entre l'âge de 1 et 13 ans. Au-delà de 13 ans, la pathologie persiste (69%) ou s'aggrave (31%) à l'occasion de la croissance rapide du périmètre thoracique qui se majore de 50% entre

l'âge de 13 et 17 ans³.

La physiopathologie des pectus excavatum est encore mal élucidée. La littérature tend à s'accorder sur le fait qu'un excès de longueur des cartilages costaux serait en cause : si la partie antérieure du cartilage costal est en excès, elle repousse le sternum en arrière du bord antérieur des côtes créant ainsi la dépression propre aux pectus excavatum. On comprend aisément par cette théorie qu'un excès de croissance localisé à droite ou à gauche du sternum causera une rotation sternale caractéristique des formes asymétriques. Cette théorie décrite par Sweet RH en 1944 sans preuve de sa véracité est actuellement remise en question par des études étudiant la longueur des cartilages costaux entre des sujets présentant un pectus excavatum et des sujets sains qui ne retrouvaient pas de différence significative⁴.

Des études histologiques ont également retrouvé un vieillissement prématuré du cartilage costal chez les patients porteurs de pectus excavatum sans qu'aucune origine à ce trouble n'ait pu être établie.

4) Classification des pectus excavatum

Elles sont nombreuses et peu utilisées en pratique clinique. La plus connue et la plus simple est celle décrite par Chin en 1957⁵. Elle décrit 3 types de malformations (cf. figure 1) :

- Le type I « en cupule » (50% des cas), déformation circonscrite de petit diamètre, symétrique et à pente abrupte. Sa profondeur peut être plus ou moins importante
- Le type II « en soucoupe », déformation plus large pouvant déborder sur les

lignes mammaires, toujours symétrique et à pente douce

- Le type III rassemble les déformations asymétriques, le plus souvent associées à une rotation sternale souvent appelées déformations de type « grand canyon » dans les articles anglophones.



Figure 1: classification des pectus excavatum selon Chin.

5) Retentissement du pectus excavatum

a) Fonctionnel

Des douleurs au niveau de la cage thoracique, des palpitations, une intolérance à l'effort, une dyspnée ou une fatigue excessive peuvent être exprimées par les patients de manière subjective.

Objectivement, le retentissement fonctionnel notamment cardiorespiratoire est rare. Néanmoins, de par l'augmentation du nombre de patients opérés selon la technique de Nuss dans le monde et les études florissantes sur la fonction cardiopulmonaire après opération, des études récentes montraient une amélioration significative des troubles ventilatoires restrictifs et de la compression cardiaque droite par amélioration du remplissage auriculaire après thoracoplastie⁶.

Une incidence plus élevée des syndromes de Wolff-Parkinson-White et des prolapsus de la valve mitrale étaient décrits chez les patients non opérés au-delà de l'âge de 40 ans.

Il semble donc important de préciser aux patients que peu de preuves sont en notre possession à l'heure actuelle pour démontrer une amélioration formelle de la fonction cardiorespiratoire après intervention : ces données sont au cœur du débat opposant les partisans d'une chirurgie curative lourde aux défenseurs d'une chirurgie palliative de comblement.

b) Psychosocial

Toujours présent chez ces patients dont la gêne esthétique est le plus souvent prédominante et il constitue le motif de recours le plus fréquent à un geste chirurgical. De par la médiatisation de plus en plus présente des standards esthétiques que nous soumet notre société et par la quête d'identité de ces adolescents, une déformation thoracique peut être très traumatisante. Ces patients peuvent faire l'objet de moqueries de leurs camarades exacerbant un sentiment de honte quant à leur apparence physique. L'impact est souvent plus fort chez les jeunes filles présentant un pectus excavatum sévère puisque la déformation pourra rendre asymétrique ou disgracieuse sa poitrine alors que les petits pectus excavatum sont davantage tolérés puisqu'ils donnent l'impression d'une poitrine plus importante.

Il est largement reconnu que le geste chirurgical améliore de manière significative l'image de soi et l'endurance physique des enfants opérés⁷.

6) *Bilan pré-opératoire*

Il est indispensable afin de bien poser l'indication opératoire et de planifier au mieux le geste chirurgical. Il est réalisé sur deux à trois consultations, ce qui permet également de laisser aux patients un délai de réflexion.

a) Clinique

L'interrogatoire s'attachera d'abord à chercher la date d'apparition de la déformation (présente à la naissance ou apparaissant lors de l'adolescence) ainsi que les antécédents personnels (notamment de chirurgie cardiothoracique qui pourrait contre-indiquer une technique thoracoscopique) et/ou familiaux de déformation thoracique. Une notion d'allergie au nickel devra être explorée par des tests allergologiques puisqu'elle contre-indique l'utilisation d'une barre classique en acier inoxydable (le nickel entrant dans la composition de nombreux alliages dont l'inox) et nécessite la commande d'une barre en titane. Les signes fonctionnels décrits précédemment, bien que rarement présents, seront recherchés systématiquement.

L'examen physique caractérisera la malformation par une mesure du diamètre thoracique en aréolaire et sous-mammaire, mesurera la profondeur maximale de la dépression et évaluera son caractère symétrique ou asymétrique. Des signes associés seront recherchés : hypotrophie ou aplasie du petit pectoral d'un syndrome de Poland, troubles de la statique rachidienne (une scoliose étant associée dans 5 à 20% des cas selon les séries) ou saillie des auvents costaux (qui ne sera pas corrigée par la chirurgie).

Une maladie du tissu conjonctif pourra être évoquée à ce moment : atteintes valvulaires aortique ou mitrale, dolichosténomélie, gigantisme, arachnodactylie, hyperlaxité, scoliose, protrusion acétabulaire, dolichocéphalie, micrognathisme, décollement de rétine, déplacement cristalliniens et/ou pneumothorax en faveur d'un

syndrome de Marfan; hyperextensibilité cutanée, cicatrices cutanées multiples, hématomes fréquents, hyperlaxité articulaire, pseudo-tumeurs molluscoïdes, sphéroïdes sous-cutanées, douleurs mal étiquetées, troubles proprioceptifs et/ou hypotonie musculaire en faveur d'un syndrome d'Ehlers-Danlos.

Un entretien psychologique est souhaitable notamment pour dépister un éventuel trouble dysmorphophobique qui ferait courir un risque non négligeable de non satisfaction du patient.

Des photographies seront réalisées afin de pouvoir évaluer le résultat post-opératoire.

b) Paraclinique

Le scanner thoracique non injecté avec reconstruction 3D est l'examen de référence. Il permet d'évaluer :

- La profondeur de la déformation
- Le degré de rotation sternale
- La distance sternovertébrale
- L'index de Haller⁸ correspondant au rapport du diamètre transversal interne thoracique sur la distance sternovertébrale. Sa valeur moyenne normale est de 2,56 et le pectus excavatum est considéré comme significatif au-delà de 3,25
- Le retentissement de la déformation sur les organes intra-thoraciques
- La présence d'un processus intra-thoracique ou d'une cicatrice rétrosternale contre-indiquant le geste thoracoscopique

Un bilan cardiovasculaire associant ECG et ETT est indispensable afin de s'assurer de l'absence de pathologie cardiaque sous-jacente (puisque la barre rétrosternale rendra tout massage cardiaque externe inopérant) et d'évaluer le

retentissement, notamment sur les cavités droites, de la déformation.

Un bilan respiratoire par EFR permettra de mettre en évidence un trouble ventilatoire restrictif.

7) Indications chirurgicales de la technique de Nuss

Il est licite de proposer une intervention chirurgicale si deux ou plus des critères suivants sont remplis :

- La déformation est symptomatique
- Il existe une progression de la déformation
- Le TDM thoracique retrouve un index de Haller $> 3,25$ et des signes de compression cardiaque et/ou pulmonaire
- L'évaluation cardiaque montre une compression cardiaque, un prolapsus de la valve mitrale et/ou des troubles de la conduction
- L'évaluation pulmonaire montre des troubles ventilatoires obstructifs et/ou restrictifs
- Le patient présente des troubles psychologiques en lien avec cette déformation
- Une précédente intervention chirurgicale a échoué et la déformation a récidivé

Ces indications opératoires sont bien sûr à pondérer par l'âge du patient qui est un critère majeur à prendre en compte: en effet, la technique de Nuss consiste en un principe de « tuteur » de la cage thoracique lors de l'adolescence, elle est donc particulièrement adaptée lors du pic de poussée de croissance présent à ce moment et elle permet l'absence de résection de cartilages costaux (pouvant être à l'origine de troubles développementaux de la cage thoracique) puisqu'ils sont encore souples à cet âge. Do Hyung Kim et al.⁹ ont montré que l'intervention de Nuss était plus longue

et davantage pourvoyeuse de complications dans une population adulte. Elle est également facilitée par le caractère symétrique de la déformation.

8) *Evolution des techniques correctrices*

Depuis sa représentation dessinée par Léonard de Vinci en 1510¹⁰, sa mention en 1594 par le médecin allemand Johannes Schenck von Grafenberg dans son *Observationum medicarum rariorum*¹¹ (recueil en 7 volumes décrivant les maladies de toutes les parties du corps humain faisant référence durant la période de la Renaissance) et sa description clinique qui suivit la même année par l'anatomiste suisse Johannes Bauhinus¹² d'un patient souffrant d'un pectus excavatum sévère et symptomatique associant un essoufflement important et des quintes de toux, la prise en charge des pectus excavatum a constamment évolué au fil des siècles.

La première tentative de correction chirurgicale eut lieu en 1911 : le chirurgien allemand Ludwig Meyer retira les 2^{ème} et 3^{ème} cartilages costaux droits, sans succès.

En 1913, Sauerbruch réalisa une résection agressive de la paroi thoracique antérieure emportant les 5^{èmes} aux 9^{èmes} cartilages costaux ainsi que l'hémisternum gauches. Ce patient put reprendre son activité professionnelle sans essoufflement au décours¹³. Fort de ce succès, il réalisa en 1920 une section bilatérale des 5^{ème} aux 9^{ème} cartilages costaux et une ostéotomie sternale¹⁴.

Cette technique sera reprise par Mark M. Ravitch dans un article de 1949¹⁵ où il reprendra la résection bilatérale de 3 à 5 cartilages costaux et de leur péri-chondre selon l'étendue de la déformation et l'ostéotomie sternale stabilisée par une ostéosuture au fil de soie et où il y ajoutera une désinsertion musculaire complète du sternum en dessous de la 3^{ème} côte incluant les muscles intercostaux et les muscles

droits de l'abdomen, en conformité avec la théorie de Brown (1939)¹⁶. Ce dernier avait décrit une structure épaissie sous le sternum qu'il nomma ligament substernal considéré comme étant en cause dans la dépression du sternum par traction antéropostérieure sur ce dernier et qu'il conseillait de réséquer de manière systématique. Cette théorie sera suivie pendant 60 ans jusqu'à ce qu'elle ne soit invalidée lors de l'avènement de la thoracoscopie qui ne retrouvera pas de telle structure.

En 1954, Judet proposa une technique de retournement sternal qui fut adoptée au Japon puis abandonnée du fait d'un taux élevé d'infection et de nécrose sternales.

En 1957, Baronofski¹⁷ proposa une variante de la technique de Ravitch où il préserve le péricondre costal et le suture en fin d'intervention, ceci permettant une régénération complète du cartilage costal qui maintient le sternum dans la position antérieure souhaitée. Cette technique sera reprise par Welch et Shamberger sur une série de 704 patients entre 1958 et 1987 avec d'excellents résultats¹⁸.

La fixation de la réduction était confiée à une barre d'abord trans- (1956) puis rétrosternale (1961)¹⁹, cette méthode étant toujours utilisée actuellement dans les sternochondroplasties avec ablation de la barre entre 6 et 9 mois post-opératoires.

Progressivement, le nom de technique de Ravitch modifiée verra le jour : elle comporte une diminution du nombre de cartilages costaux réséqués, leur résection subpéricondrale, un abandon de la libération massive du sternum de ses attaches musculoligamentaires et une fixation par barre rétrosternale.

En 1965, la première tentative de comblement prothétique, uniquement sous-cutanée, a été présentée par Murray. Ses résultats étaient décevants et la technique a été améliorée au fil des années notamment avec une mise en place dorénavant sous-musculaire des implants, une amélioration de leur durée de vie grâce à

l'utilisation d'un élastomère de silicone et une conception sur mesure assistée par ordinateur.

En 1998, Donald Nuss²⁰ présenta les résultats de sa nouvelle technique : la chirurgie mini-invasive des pectus excavatum (minimally invasive surgery of pectus excavatum, MIRPE). Cette expérience de 10 ans (1987 à 1996) et incluant 42 patients fut une révolution dans la prise en charge chirurgicale des pectus excavatum puisqu'elle ne nécessitait ni incision ou résection des cartilages costaux, ni ostéotomie sternale : son principe reposait sur l'insertion d'une ou de deux barres en intra-thoracique et rétrosternal selon un « système 3 points » permettant de lutter contre l'enfoncement du sternum de par l'élasticité des cartilages costaux. Cette technique était initialement réalisée avec une barre en titane et sans l'aide de la thoracoscopie, elle a vu de nombreuses améliorations techniques au cours des 20 dernières années qui seront détaillées dans le chapitre matériel et méthodes puisqu'il s'agit de cette technique améliorée qui est actuellement utilisée dans le service.

Au début des années 2000, Wurtz²¹ introduisit une technique de Ravitch modifiée (cf. figure 2) consistant à réséquer de manière sous-périchondrale complètement les 3^{èmes} aux 6^{èmes} cartilages costaux et uniquement l'extrémité des 7^{èmes}, éventuellement associée à une ostéotomie sternale et stabilisation du plastron sternocostal à l'aide d'une attelle métallique spécialement conçue par le Professeur Wurtz (Medicalex®, Bagneux, France) et positionnée à hauteur des 6^{èmes} arcs costaux.

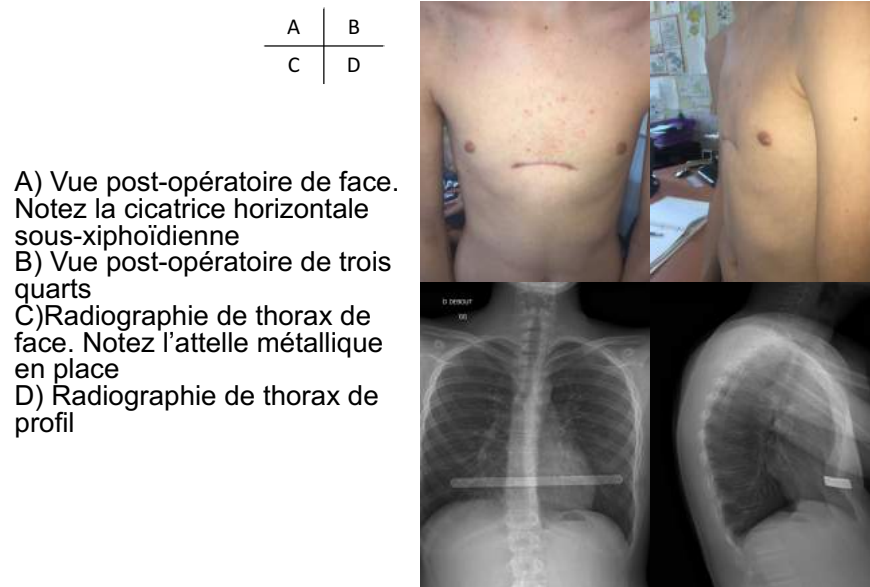


Figure 2: sternochondroplastie selon la technique de A. Wurtz.

A noter qu'un dispositif dépressif (Vacuum bell®)²² agrandit l'arsenal thérapeutique notamment chez le jeune enfant ainsi qu'un dispositif astucieux tout récent consistant en l'implantation d'un aimant sur la table externe sternale qui pourra être mis en face d'un dispositif externe implanté dans une orthèse sur mesure créant un champ de force magnétique qui corrige progressivement la déformation (en cours d'évaluation).

9) Complications de l'intervention de Nuss

Les données suivantes sont issues d'un travail de 2010 réalisé par les Docteurs Nuss et Kelly²³. Les données entre parenthèses correspondent au pourcentage des patients opérés ayant présenté la complication.

a) Complications précoces

- Pneumothorax (70%, dont moins d'1/10^{ème} nécessitera un drainage thoracique)

-
- Syndrome de Claude Bernard Horner (15%)
 - Allergie médicamenteuse (3%)
 - Infection du site opératoire (0,9%)
 - Pneumopathie (0,7%)
 - Hémothorax (0,5%)
 - Péricardite (0,5%)
 - Pleurésie (0,3%)
 - Aucun cas de perforation cardiaque n'a été rapporté

b) Complications tardives

- Infection du site opératoire (15%)
- Déplacement de la barre (5,7% dont moins de 1% justifiant une réintervention)
- Sur-correction avec apparition d'un pectus carinatum (3,4%)
- Allergie au nickel (3,1%)
- Récurrence de la déformation (1,1%)
- Hémothorax (0,2%)

c) Complications menaçant le pronostic vital

Une étude récente²⁴ de grande ampleur évaluait de 1998 à 2016 l'ensemble des complications potentiellement graves et menaçant le pronostic vital auprès des membres du Chest Wall International Group à l'aide de questionnaires, des rapports de cas présentés lors des congrès organisés par ce groupe et d'une étude de la littérature. Elle estimait qu'environ 50000 patients ont été opérés durant cette période à travers le monde et que ces complications représenteraient moins de 0,1% des

patients (27 décrites dont 4 mortelles publiées dans la littérature). Parmi ces complications étaient retrouvées des lésions cardiaques ou des gros vaisseaux, des lésions viscérales, des hémoro- ou pneumothorax massif, des empyèmes, des médiastinites, des lésions de l'artère mammaire interne, des thromboses cardiaque ou vasculaire, des érosions sternales, des complications gastro-intestinales ou des hémorragies à l'ablation de la barre. De nombreux cas tels que ceux-ci s'étaient avérés n'avoir jamais été publiés dans la littérature (recensés au nombre de 32 dont 9 cas mortels par l'intermédiaire des questionnaires).

Les principaux facteurs de risque à de telles complications étaient un âge supérieur à 16 ans, une chirurgie antérieure cardiothoracique, un pectus excavatum sévère et notamment asymétrique, un déplacement important de la barre, des douleurs chroniques post-opératoires, une infection du matériel ou une péricardite pouvant être à l'origine d'adhérences sur la barre et/ou le retrait de la barre qui peut être à risque hémorragique. L'inexpérience de l'opérateur est également bien sûr à prendre en compte.

Les principales contre-indications qui en découlaient étaient donc les formes de l'adulte (cage thoracique trop rigide), un antécédent de chirurgie cardiothoracique, une distance sternovertébrale au point le plus profond < 5cm, une rotation vertébrale > 35°.

B) Contexte

L'une des complications les plus fréquemment rencontrées dans la prise en charge chirurgicale des pectus excavatum selon la technique de Nuss est le déplacement secondaire de la barre rétrosternale.

La fixation de cette dernière est réalisée par de nombreux moyens pouvant

s'avérer plus ou moins efficaces et à risque de complications pour certains.

Nous utilisons actuellement dans le service une technique originale de fixation de la barre rétrosternale simple, efficace, peu coûteuse et reproductible.

C) Objectif de cette étude

L'objectif de cette étude était de comparer le déplacement de la barre rétrosternale jusqu'à son ablation à deux ans post-opératoires lorsque cette dernière était simplement fixée par un point réalisé à l'une de ses extrémités au fil à résorption lente de gros calibre et passé en transcostal versus la technique plus conventionnelle de maintien de la barre à l'aide d'un stabilisateur métallique.

MATERIEL ET METHODES

A) Recueil des données

La liste de l'ensemble des patients opérés d'un pectus excavatum selon la technique de Nuss a été obtenue par l'intermédiaire du logiciel de codage CORA en recoupant les actes LJMA006 (plastie de malformation sternocostal, avec ostéosynthèse) et ZBQC001 (exploration du thorax sans biopsie, par thoracoscopie) et le diagnostic Q676 (thorax en entonnoir congénital) dans sa fonction recherche.

Les critères d'inclusion étaient l'ensemble des patients opérés entre janvier 2010 et décembre 2016 d'un pectus excavatum selon la technique de Nuss dans le service de chirurgie et orthopédie de l'enfant de l'hôpital Jeanne de Flandre au CHRU de Lille.

Les critères d'exclusion étaient l'absence d'ablation de la barre lors de l'analyse des données (un déplacement étant toujours possible à posteriori) ou un retrait précoce de la barre (avant la période habituelle de 2 ans post-opératoires).

B) Notre technique opératoire

1) Installation

Le patient est installé en décubitus dorsal sur une table classique. Les deux membres supérieurs sont situés le long du corps et le thorax réhaussé par un billot permettant de limiter la gêne occasionnée par l'encombrement des membres.

Le champ opératoire comporte la zone allant du manubrium à l'ombilic et d'une ligne axillaire moyenne à l'autre. Par cette installation, il est possible de convertir à tout moment en sternotomie. Une boîte de sternotomie est d'ailleurs toujours en salle d'opération, non ouverte.

4 champs carrés sont mis en place puis le champ opératoire est recouvert par un champ iodé à inciser antimicrobien.

Le chirurgien se place à droite du patient et la console vidéo est située à gauche face au chirurgien, un aide expérimenté se place à gauche du patient. Un deuxième aide se place à côté du chirurgien afin de manipuler la caméra du thoracoscope.

2) Anesthésiologie

Un bilan pré-opératoire recherchant un trouble de l'hémostase est systématiquement réalisé en pré-opératoire.

Une antibioprophylaxie intraveineuse est systématiquement réalisée dans ce contexte d'implantation de matériel.

Deux voies veineuses périphériques de bon calibre, une intubation oro-trachéale, une péridurale thoracique par naropéïne et une sonde urinaire sont habituellement mises en place.

Il n'est habituellement pas nécessaire d'avoir recours à un bloqueur bronchique pour exclure le poumon droit afin de faciliter la thoracoscopie.

En fin d'intervention une ventilation forcée manuelle au ballon est réalisée afin de réaliser un recrutement alvéolaire et de permettre une expansion pulmonaire maximale.

L'anesthésie péridurale périthoracique est retirée entre J3 et J5 post-opératoires

selon la symptomatologie douloureuse.

3) Préparation de la barre

L'ancillaire comporte des barres thoraciques ainsi que leur fantôme de taille progressive ainsi qu'une pince à cintrer et une cintruse.

La barre est commercialisée par le laboratoire Medxpert (Eschbach, Allemagne) et la version dentelée est utilisée constamment dans le service.

Le fantôme souple permet de déterminer la longueur et la forme qu'il faudra choisir pour la barre: la longueur correspond à la distance séparant les deux lignes axillaires moyennes en passant par le point le plus creux de la déformation ; la barre est ensuite cintrée conformément au fantôme, le milieu de la barre est légèrement concave de sorte à éviter l'hypercorrection. Une barre correctement cintrée se moule harmonieusement sur le thorax au niveau exact de la déformation maximale.

4) Choix des incisions

Elles sont repérées au crayon dermographique : on commence par repérer d'une croix le point le plus déclive qui détermine le point de passage de la barre puis on choisit les espaces intercostaux droit et gauche en repérant les points les plus hauts de l'excavation (cf. figure 3).



Figure 3: planification pré-opératoire d'une thoracoplastie selon D. Nuss pour pectus excavatum de type III selon Chin. La ligne médiane est ici matérialisée en pointillés tandis que les points d'entrée et de sortie thoraciques sont matérialisés par les segments de droite verticaux.

Une fois ces repères placés, des incisions d'environ 3 cm sont réalisées symétriquement entre les lignes axillaires moyenne et antérieure avec une obliquité de 45° pour être dans la direction de l'espace intercostal. Chez les filles, les incisions sont dans les sillons sous-mammaires afin d'obtenir un résultat esthétique des plus discrets.

On garde à l'esprit la présence de l'artère thoracique interne et on réalise les incisions suffisamment latérales.

La dissection du tissu sous-cutané nous amène à la surface du muscle grand pectoral puis un décollement de ce dernier pour arriver sur les côtes est réalisé sur environ 5cm de diamètre, il doit permettre d'aller jusqu'aux futurs points d'entrée et de sortie de la barre.

Ces deux incisions latéro-thoraciques droite et gauche sont réalisées avant l'introduction du thoracoscope.

5) Thoracoscopie

L'optique utilisé est un optique de 10mm de diamètre à vision foroblique de 30°.

L'orifice d'entrée du thoracoscope est situé un peu plus en arrière de la ligne axillaire moyenne droite, 2 espaces intercostaux en-dessous du point d'entrée prévu de la barre.

L'orifice est d'abord agrandi par une pince de Halstead puis le trocart est introduit avec une direction oblique vers le haut afin d'éviter de léser le dôme hépatique et/ou la coupole diaphragmatique droite. Une insufflation sous pression de CO₂ à 5 mmHg permet de refouler le poumon droit et de faciliter la visualisation. On reconnaît alors le rostre sternal en appui sur le péricarde où l'on devine par transparence le ventricule droit se contracter. Le nerf phrénique droit et parfois l'artère mammaire interne droite sont visualisés.

L'orifice d'entrée pariétal droit est alors préparé au moyen d'une pince de Halstead courbe sous contrôle de la vue. Il est progressivement agrandi pour laisser place au guide de passage rétrosternal (« sabre »).

Le sabre et notamment son extrémité à pointe mousse doit toujours être visualisé thoracoscopiquement. Cela ne pose pas de problème pour son entrée et jusqu'au point le plus déclive de la déformation mais il est ensuite difficile voire impossible de suivre le passage du guide jusqu'à sa sortie au niveau de l'hémithorax gauche qui représente quelques centimètres par rapport au sommet de l'excavation.

La dissection commence au niveau de l'espace sternopéricardique à l'aide de mouvements latéraux de va-et-vient de faible amplitude et ce en gardant en permanence un contact osseux avec la pointe du sabre permettant à la pointe mousse de se frayer un chemin à travers les tissus graisseux médiastinaux « en s'enroulant » autour du sternum. Il est impératif lors de cette étape de ne pas pincer ni entraîner le péricarde avec le guide. L'aide situé en face du chirurgien expose l'orifice de sortie et

aide l'extériorisation du guide en incisant éventuellement sur les muscles intercostaux.

En cas de difficulté à passer le guide, une troisième incision peut être réalisée au niveau du processus xiphoïde (cf. figure 4) afin de permettre le passage d'un doigt en rétro-sternal et d'augmenter l'espace entre sternum et cœur.



A) Patient de face
B) Patient de trois
quarts

Figure 4: thoracoplastie selon D. Nuss ayant nécessité un abord sous-xiphoïdien.

6) *Mise en place de la barre*

Un « fil d'Ariane » réalisé avec un lac tissu de bon calibre est fixé au niveau du « chas » du guide, ce dernier est ensuite retiré en empruntant le chemin inverse à précédemment. Une fois le lac récupéré, ce dernier est séparé du guide et on le fixe à sa sortie du côté droit au niveau du futur côté gauche de la barre. La barre était ensuite insérée dans le thorax, emmenée par le lac, en maintenant sa concavité vers l'avant, sous contrôle thoracoscopique. Une fois ses deux extrémités correctement extériorisées au niveau des espaces intercostaux, elle est retournée sur elle-même par une rotation de 180° grâce aux instruments adaptés présents dans l'ancillaire, en

veillant à ne pas abimer la peau. On vérifie que la barre ne soit pas trop saillante à ses extrémités, auquel cas, une nouvelle étape de cintrage est nécessaire.

Un test de la stabilité de cette dernière et de la correction obtenue est alors réalisé en per-opératoire.

Une manœuvre de « massage cardiaque externe » est réalisée afin d'assouplir au mieux les cartilages costaux.

En cas de déformation étendue, on peut être amené à introduire la barre de manière oblique afin d'en augmenter la stabilité.

7) Fixation de la barre

a) Utilisation d'un stabilisateur

Un stabilisateur est un dispositif métallique solidarisé à la barre en fin d'intervention utilisé pour stabiliser cette dernière. Il est attaché à la barre par l'intermédiaire d'un rivet (cf. figure 5).

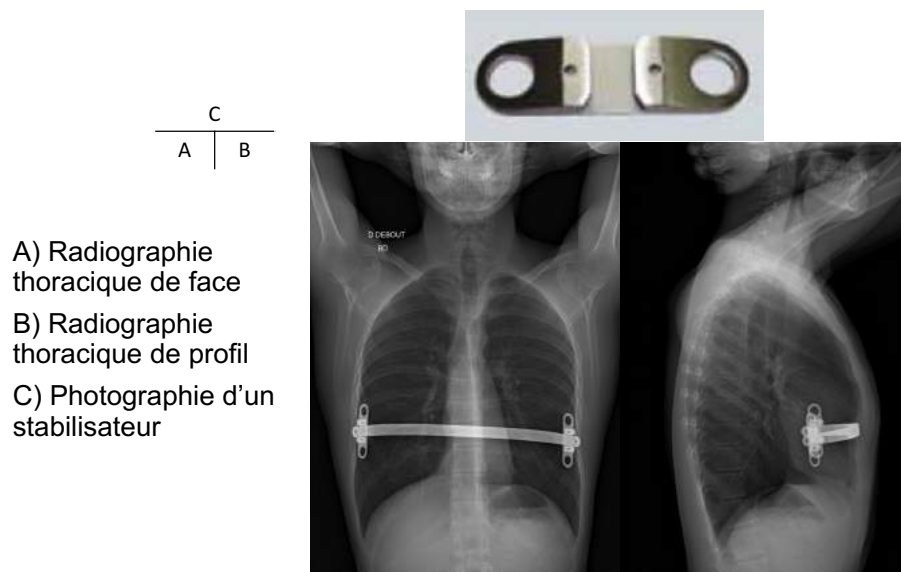


Figure 5: stabilisation du montage par un stabilisateur.

b) Utilisation d'un point transcostal

Elle est confiée à un unique point transcostal de fil non résorbable de gros diamètre type Vicryl® 2 et à grande aiguille. Selon l'évaluation per-opératoire de la stabilité de la barre et la topographie locale (croisement de la barre avec une côte), le point est réalisé du côté droit, du côté gauche ou de manière bilatérale sur la barre. Il est appliqué au sein des encoches pensées initialement pour accueillir le stabilisateur (cf. figure 6).

Straubeta et al.²⁵ ont montré qu'il était important que la côte soit au mieux libérée du muscle la recouvrant afin que ce dernier ne soit pas incarcéré entre la côte et la barre lorsque l'on réalise le nouage au risque de voir apparaître une nécrose musculaire potentielle source de sérome post-opératoire.

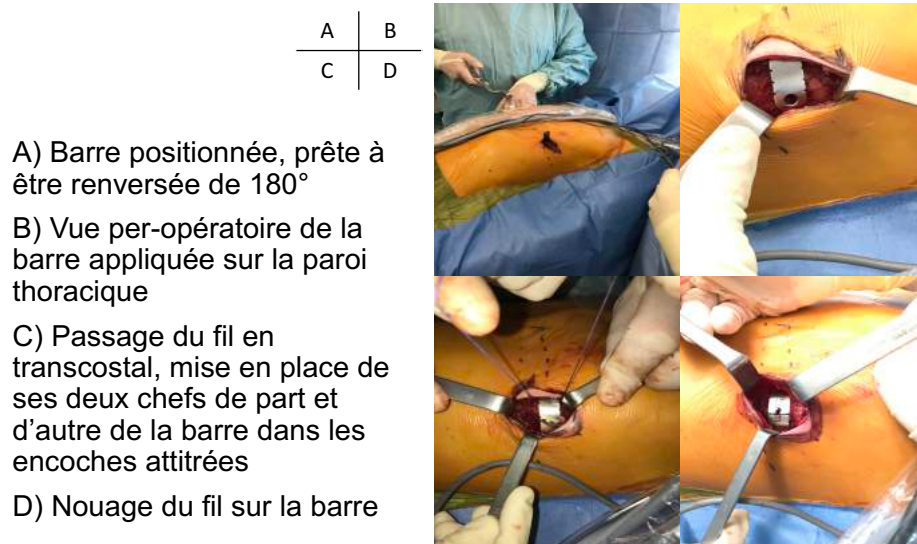


Figure 6: technique de fixation de la barre par un point transcostal au fil résorbable de taille 2.

8) Fermeture

Le drainage n'est pas habituel, il est discuté en cas de persistance d'un pneumothorax de forte abondance.

Les muscles désinsérés sont rapprochés par des points séparés puis la fermeture est réalisée en deux plans sans drainage en terminant par un surjet intradermique.

9) Consignes post-opératoires

Une radiographie de contrôle de face est systématiquement réalisée en post-opératoire pour s'assurer de la bonne position de la barre et de l'absence de pneumothorax trop abondant qui nécessiterait la mise en place d'un drain thoracique.

Une spirométrie incitative est réalisée le plus tôt possible plusieurs fois par jour par le patient afin de favoriser l'expansion pulmonaire et prévenir les atélectasies post-opératoires.

Le lever du lit est autorisé dès J1.

Des soins de pansement sec sont réalisés toutes les 48h par une infirmière diplômée d'Etat.

Les mouvements et activités sportives sont restreints :

- Pas de mouvement de twist ou flexion latérale du tronc pendant 3 semaines
- Pas de sports individuels pendant 6 semaines
- Pas de sports collectifs pendant 3 mois

Le suivi est constitué de rendez-vous en consultation avec réalisation de radiographies du thorax et examen clinique à 6 semaines, 3 mois, 1 an post-

opératoires (cf. figure 7).

L'ablation de la barre est classiquement réalisée à la date anniversaire de 2 ans post-opératoires.



Figure 7: résultat clinique post-opératoire à 3 mois d'une thoracoplastie selon D. Nuss.

C) Critères de jugement

Le critère de jugement principal était la recherche d'un déplacement de la barre. Ce dernier était mesuré cliniquement par l'absence de réapparition du "trou" du pectus excavatum et l'absence de saillie des extrémités de la barre au niveau des cicatrices. Il était mesuré radiographiquement par comparaison des radiographies de contrôle de face réalisées lors des consultations successives avec la radiographie de contrôle réalisée en post-opératoire immédiat (cf. figure 8).

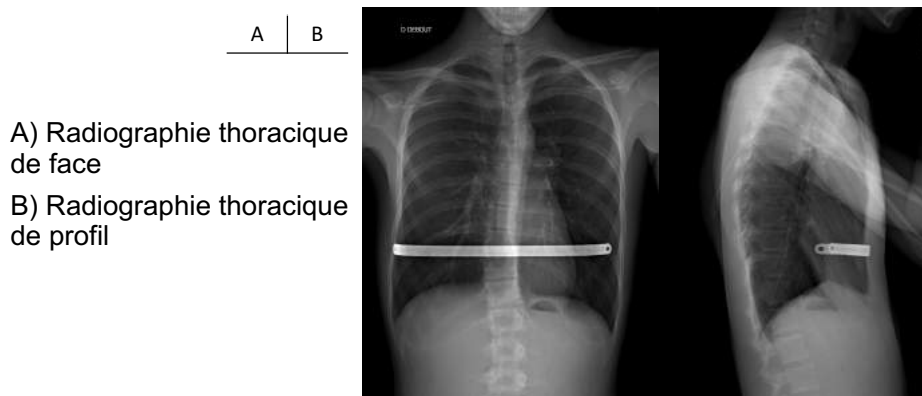


Figure 8: radiographies post-opératoires de face et de profil post-intervention selon D.Nuss avec fixation de la barre par point transcostal résorbable.

Les critères de jugement secondaires étaient l'apparition de complications (nécessité de drainage thoracique, douleurs neuropathiques, douleurs sur matériel, pneumopathie, atélectasie, allergie au métal, déficit neurologique) ?

D) Statistiques

Les valeurs indiquées ont été calculées par les biostatisticiens de la Maison Régionale de la Recherche Clinique après leur avoir remis un fichier anonymisé de l'ensemble des données recueillies.

Les variables qualitatives sont exprimées en pourcentages et un intervalle de confiance à 95% a été déterminé grâce à la procédure PROC FREQ pour la variable « déplacement de la barre » qui était notre critère de jugement principal.

Les variables quantitatives sont exprimées en moyenne \pm écart-type avec mention des valeurs minimale et maximale.

E) Ethique et réglementation

Conformément à la loi Jardé actuellement en vigueur, un accord pour l'utilisation des données biomédicales a été obtenu auprès de la CNIL.

RESULTATS

A) Diagramme de flux de notre étude

Sur les 49 patients opérés entre janvier 2010 et décembre 2016, 12 avaient bénéficié d'une fixation de la barre par stabilisateur et 37 par notre technique originale (cf. figure 9).

Un patient avait été exclu puisque dans les suites de son intervention il avait présenté une dysmorphophobie et une infection avérée de sa barre à *Staphylococcus aureus* méticillino-sensible et *Pseudomonas aeruginosa*. Une ablation précoce de la barre à 1 an post-opératoire avait été décidée. Il avait bénéficié secondairement d'une sternochondroplastie selon A.Wurtz dont il a été satisfait.

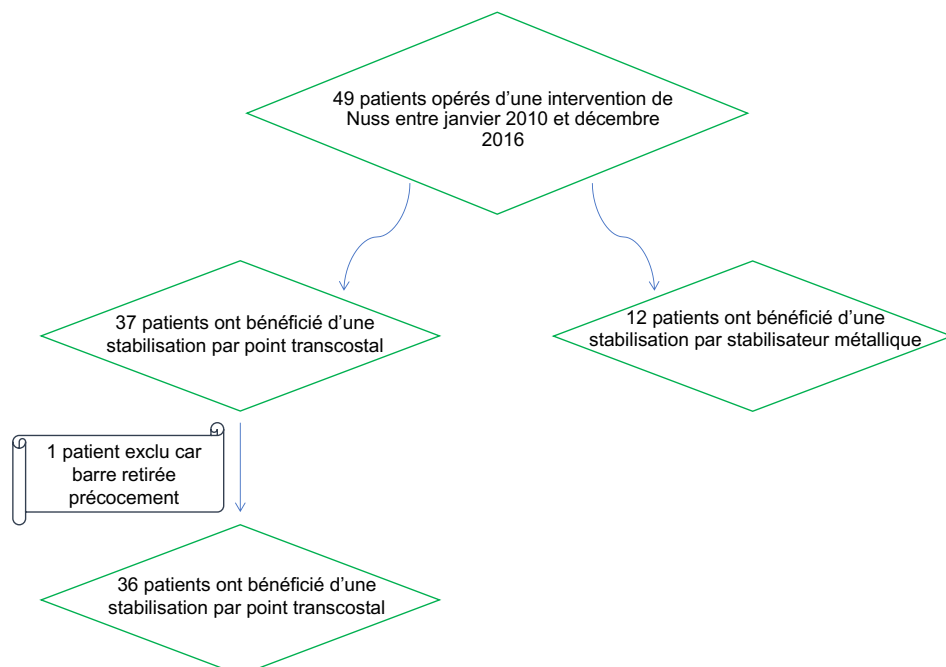


Figure 9: diagramme de flux de notre étude.

B) Caractéristiques des patients (cf. tableau 1)

Les patients opérés étaient majoritairement des garçons : ils représentaient 86.1% du groupe (sans stabilisateur) et la totalité du groupe (avec stabilisateur).

Ils consultaient en moyenne vers l'âge de 14 ans et demi.

Le motif de consultation principal était une gêne esthétique : elle motivait la consultation de 27 des 36 patients du groupe (sans stabilisateur) et 8 des 12 patients du groupe (avec stabilisateur). En second lieu venaient des plaintes à type d'intolérance à l'effort ou de douleurs localisés au niveau des cartilages chondrocostaux. Il existait un patient avec des troubles du comportement alimentaire de type anorexie mentale qui présentait une intolérance à l'effort associée.

Les pectus excavatum opérés selon la technique de Nuss étaient majoritairement symétriques : 28 (77.8%) dans le groupe (sans stabilisateur) et 7 (58.3%) dans le groupe (avec stabilisateur).

Une déformation rachidienne était retrouvée chez 11 des 48 patients totaux : 6 scolioses idiopathiques (dont 3 de topographie lombaire et 3 de topographie thoracolombaire), 1 scoliose dystrophique chez un patient souffrant d'une maladie de Marfan et 1 maladie de Scheuermann dans le groupe (sans stabilisateur) et 1 scoliose thoracolombaire et 2 maladies de Scheuermann dans le groupe (avec stabilisateur).

La profondeur du creux était en moyenne de 3.4 ± 0.9 cm avec un index de Haller pré-opératoire de 3.8 ± 1.0 .

La quasi-totalité des échographies transthoraciques réalisées étaient considérées normales ou dans les limites de la normale.

L'âge moyen lors de l'intervention tous groupes confondus était de 15.6 ± 1.4 ans.

Tableau 1 Caractéristiques des patients.

	Sans stabilisateur (n = 36)	Avec stabilisateur (n = 12)	Total (n=48)
Sexe masculin n(%)	31 (86.1)	12 (100.0)	43 (89.6)
Age première consultation (ans)	14.7 ± 2.2 (8.0 18.2)	14.3 ± 3.2 (7.0 19.5)	14.6 ± 2.4 (7.0 19.5)
Motif de consultation n(%)			
<i>Gêne esthétique</i>	27 (75.0)	8 (66.7)	35 (72.9)
<i>Intolérance à l'effort</i>	7 (19.4)	7 (58.3)	14 (29.2)
<i>Douleurs</i>	3 (8.3)	1 (8.3)	4 (8.3)
<i>Troubles du comportement alimentaire</i>	1 (2.8)	0 (0.0)	1 (2.1)
Caractère symétrique du pectus excavatum n(%)	28 (77.8)	7 (58.3)	35 (72.9)
Déformation rachidienne associée n(%)	8 (22.2)	3(25.0)	11 (22.9)
Profondeur du creux (cm)	3.2 ± 0.9 (1.0 5.0)	3.8 ± 0.9 (2.5 6.0)	3.4 ± 0.9 (1.0 6.0)
Age à l'opération (ans)	15.7 ± 1.3 (13.0 18.7)	15.5 ± 1.6 (13.4 19.6)	15.6 ± 1.4 (13.0 19.6)
Index de Haller pré-opératoire	3.7 ± 0.8 (2.8 5.7)	4.0 ± 1.4 (2.7 7.7)	3.8 ± 1.0 (2.7 7.7)
Durée d'hospitalisation (jours)	7.4 ± 1.2 (5.0 10.0)	7.8 ± 0.9 (6.0 9.0)	7.5 ± 1.1 (5.0 10.0)
Temps opératoire (min)	61.1 ± 14.7 (39.0 117.0)	89.2 ± 15.8 (64.0 112.0)	68.1 ± 19.2 (39.0 117.0)
Durée maintien barre (ans)	2.1 ± 0.2 (1.6 2.9)	2.3 ± 0.5 (1.3 3.1)	2.2 ± 0.3 (1.3 3.1)

Légende: Les variables qualitatives sont exprimées par un effectif avec entre parenthèses le pourcentage que l'effectif représente par rapport à l'effectif de la colonne. Les variables quantitatives sont exprimées par une moyenne ± écart-type avec entre parenthèses les valeurs extrêmes minimum et maximum.

C) Données per- et post-opératoires

Le saignement n'était jamais significatif, on pouvait l'estimer à une valeur inférieure à 50 mL.

La durée opératoire moyenne était plus courte dans le groupe (sans stabilisateur) : 61.1 ± 14.7 minutes contre 89.2 ± 15.8 minutes. La durée opératoire moyenne globale de 68.1 ± 19.2 minutes.

Le mode de fixation de la barre était variable :

- Dans le groupe (sans stabilisateur) : 6 patients (16.7%) avaient bénéficié d'une fixation unilatérale et 30 patients (83.3%) d'une fixation bilatérale de la barre
- Dans le groupe (avec stabilisateur) : 6 patients (50%) avaient bénéficié d'une fixation unilatérale et 6 patients (50%) d'une fixation bilatérale de la barre

La durée d'hospitalisation était similaire dans les deux groupes : 7.4 ± 1.2 jours dans le groupe (sans stabilisateur) contre 7.8 ± 0.9 jours dans le groupe (avec stabilisateur).

La barre était laissée en place en moyenne 2.2 ± 0.3 ans (cf. tableau 1).

D) Complications (cf. tableau 2)

Tableau 2 Complications post-opératoires.

	Sans stabilisateur (n = 36)	Avec stabilisateur (n = 12)	Total (n=48)
Nécessité de drainage thoracique n(%)	2 (5.6)	1 (8.3)	3 (6.3)
Douleurs neuropathiques n(%)	4 (11.1)	1 (8.3)	5 (10.4)
Douleurs sur matériel n(%)	0 (0.0)	1 (8.3)	1 (2.1)
Pneumopathie n(%)	1 (2.8)	0 (0.0)	1 (2.1)
Atélectasie n(%)	2 (5.6)	0 (0.0)	2 (4.2)
Allergie au métal n(%)	1 (2.8)	0 (0.0)	1 (2.1)
Déficit neurologique n(%)	1 (2.8)	0 (0.0)	1 (2.1)

Légende: Les données sont exprimées en effectifs avec entre parenthèses le pourcentage que l'effectif représente par rapport à l'effectif de la colonne.

Un drainage thoracique en post-opératoire était rarement nécessaire : 2 patients (5.6%) dans le groupe (sans stabilisateur) contre 1 patient (8.3%) dans le groupe (avec stabilisateur).

Nous retrouvons 4 cas de douleurs neuropathiques en post-opératoire sur les 36 patients opérés selon notre technique originale : deux patients présentaient des douleurs neuropathiques intercostales de régression spontanée en 6 mois et un autre des paresthésies localisées en regard de l'aréole gauche jusqu'à 18 mois post-opératoires. Le dernier était le patient qui a présenté un déplacement de la barre et il présentait des dysesthésies dans les deux membres supérieurs qui ont été soulagées après reprise chirurgicale pour repositionnement de la barre. Il existait également un cas (8.3%) de douleurs neuropathiques dans le groupe (avec stabilisateur) dont la symptomatologie faisait évoquer une irritation du nerf thoracique latéral du côté du stabilisateur.

Il existait un probable cas d'allergie au métal de la barre survenu dans le groupe (sans stabilisateur) évoqué devant une tuméfaction sous-mamelonnaire droite persistante et apparition d'une phlyctène sans qu'aucun bilan complémentaire n'ait pu être réalisé. Ce trouble n'a pas nécessité de retrait précoce du matériel.

Un cas de déficit neurologique était survenu dans le groupe (sans stabilisateur) :

il s'agissait d'un déficit localisé dans les territoires radiculaires C5 et C6 du membre supérieur gauche. L'hypothèse retenue était celle d'une mauvaise position lors du sommeil chez un patient recevant pour la première fois un traitement par morphiniques.

E) Déplacement de la barre

Un seul cas de déplacement de la barre dans le groupe (sans stabilisateur) a été mis en évidence soit 2.78% de la population (intervalle de confiance à 95% IC = 0.07 – 14.53). Il en est de même dans le groupe (avec stabilisateur) soit 8.33% de la population (intervalle de confiance à 95% IC = 0.21 – 38.48). Au total deux déplacements de la barre ont été recensés sur les 46 patients inclus soit 4.2% de la population totale.

F) Résultat esthétique

Au cours du suivi, 2 récurrences moins importantes de la déformation sont survenues : 1(2.8%) dans le groupe (sans stabilisateur) et 1(8.3%) dans le groupe (avec stabilisateur).

Un seul patient déclarait ne pas être satisfait du résultat esthétique après ablation de la barre lorsqu'on l'interrogeait à ce propos en consultation de suivi. Il s'agissait d'un patient qui avait bénéficié d'une fixation par stabilisateur et qui avait présenté un déplacement secondaire de la barre avec réapparition de la déformation. L'autre cas de récurrence dans le groupe (sans stabilisateur) était un patient souffrant d'une maladie de Marfan et qui était tout de même satisfait du résultat esthétique.

DISCUSSION

Cette étude a permis de montrer l'efficacité de notre nouvelle technique de fixation de la barre sur son déplacement durant son suivi jusqu'à son ablation : un seul déplacement a pu être observé sur les 36 cas que nous avons présenté. Ces résultats peuvent être généralisés à l'ensemble des adolescents qui subissent une intervention de Nuss.

Notre travail présente cependant certains points qui méritent d'être critiqués.

Cela tient tout d'abord à la méthodologie même de l'étude : il s'agit en effet d'une étude unicentrique avec un effectif final qui reste faible (36 patients inclus), cette faible population peut s'expliquer par le fait qu'un seul chirurgien réalise cette intervention dans notre établissement et que notre retour d'expérience n'est que d'une dizaine d'années. Il faut aussi souligner que notre critère de jugement principal « déplacement de la barre » est un événement rare lorsque l'on lit la littérature, ce qui explique qu'un seul cas n'ait été recensé dans notre étude. Ces faibles effectifs sont un frein dans l'interprétation des résultats notamment parce qu'ils nous ont empêché de réaliser un test statistique comparant les deux groupes (avec stabilisateur) et (sans stabilisateur), un nombre d'évènements « déplacement de la barre » de 3 par groupe minimum étant nécessaire à la réalisation d'un tel test.

On peut ensuite critiquer le caractère rétrospectif de l'étude et son risque inhérent de biais de mémorisation et de données manquantes.

Un biais est aussi introduit par le fait que cette intervention se présente comme un réel challenge pour les chirurgiens néophytes et qu'une courbe d'apprentissage est clairement établie avec des complications qui diminuent au fur et à mesure de

l'expérience du chirurgien²⁶. On peut donc discuter de la comparabilité de nos deux groupes vis-à-vis de ce point puisque les premiers patients bénéficiaient d'une stabilisation par stabilisateur (groupe avec stabilisateur) alors que les derniers patients opérés bénéficiaient d'une stabilisation au fil sans stabilisateur (groupe sans stabilisateur).

Un biais de mesure est également présent au moment où l'on considère les radiographies réalisées au bloc opératoire et en consultation pour décider de la présence ou non d'un déplacement de la barre. L'ensemble des patients ne disposaient pas de cliché de thorax de profil qui peut rendre service dans l'interprétation.

On peut également discuter du fait que 8 patients sur les 36 opérés avec stabilisation par notre nouvelle technique présentaient un pectus excavatum asymétrique alors qu'il s'agit théoriquement d'une contre-indication relative à cette technique.

Enfin, le fait que notre barre n'était pas toujours attachée de manière uni- ou bilatérale au grill costal à la relecture des dossiers peut constituer un biais potentiel. Je rappelle que ce choix était réalisé en per-opératoire au vu de l'anatomie locale.

Notre technique originale apporte des avantages certains par rapport aux techniques existantes :

- L'utilisation du fil résorbable (versus métallique) permet d'une part d'éviter les potentielles complications lors d'une rupture du fil (cf infra) et d'autre part facilite l'ablation de la barre
- L'utilisation d'un point transcostal (versus péricostal) évite le passage intercostal de l'aiguille et évite ainsi le risque de lésions du paquet vasculonerveux (douleurs neuropathiques, dysesthésies, saignement avec

hémopneumothorax) ainsi que de lésion parenchymateuse pulmonaire

- L'absence de stabilisateur permet également de s'affranchir de l'inconfort local, des complications notamment cicatricielles qui peuvent en découler²⁷, de son coût supplémentaire et de l'allongement du temps opératoire lié à sa pose

De nombreuses études ont étudié des techniques originales de fixation de la barre. Il n'existait pas à notre connaissance d'équipe utilisant un point transcostal dans la fixation de la barre à la paroi thoracique.

La technique originale²⁰ fixait la barre aux muscles de la paroi thoracique et associait en cas d'instabilité 2 barres reliées par de petites plaques afin de former un rectangle renforçant la stabilité du montage. Le retour sur les premières années d'expérience avec mise en place d'une seule barre retrouvait 15,2% de déplacement de barre²⁸.

Un stabilisateur métallique possiblement relié à la paroi thoracique par des fils métalliques issus de l'instrumentation de Luque (inspirée de la chirurgie rachidienne) a d'abord été imaginé par l'inventeur de la technique Nuss et al.²⁸ (un exemple de ce type de stabilisateur vous avait été montré à la *figure 5*) : cette publication retrouvait un déplacement de barre passant à 5,7% lorsque le stabilisateur était utilisé seul et à 5,0% quand le stabilisateur était fixé par du fil métallique « en 8 » l'empêchant de glisser sur la barre.

Pour éviter les écueils propres à l'emploi de stabilisateurs, d'autres auteurs proposèrent des techniques de stabilisation s'affranchissant de leur emploi :

- Hebra et al.²⁹ furent les premiers à proposer une technique de « fixation 3 points » entre la barre et les côtes sous-jacentes ; cette technique consistait en un point péricostal de fil non résorbable positionné latéralement par rapport au

sternum sous contrôle thoracoscopique et noué par l'intermédiaire d'une 3^{ème} petite incision. Ils ne relevaient qu'un cas de déplacement de la barre sur 20 patients mais ils avaient mis en place un stabilisateur en complément de leur technique chez 14 des 20 patients, ce qui rend l'efficacité de leur technique utilisée seule difficile à évaluer

- Bond et al.³⁰ avaient proposé de réaliser le même type de fixation mais cette fois-ci grâce à une incision sub-xyphoïdienne afin de pouvoir réaliser en plus une surélévation du sternum permettant un passage plus aisé du sabre, leur série retrouvait un pourcentage de déplacement de 2,7%. Contrairement à notre technique, une troisième incision était nécessaire ce qui n'est pas négligeable chez des patients dont le principal motif de consultation est esthétique
- Uemura et al.³¹ proposaient quant à eux une fixation à l'aide de fil métallique péri-costal entourant chaque extrémité de la barre mais dont les résultats étaient peu probants sur le déplacement de la barre chez les adolescents (27% de déplacement chez les plus de 10 ans). Ils rapportaient également des cas nécessitant une ablation du fil métallique qui réalisait une réaction inflammatoire sous-cutanée en regard. Une équipe³² décrivit un cas d'hémopneumothorax secondaire à une lacération pulmonaire causée par un fil métallique cassé

L'équipe de Torre et al.³³ proposa également une technique de stabilisation utilisant un stabilisateur résorbable en Lactosorb® : il ne retrouvèrent pas de différences significatives sur l'inconfort local ou la douleur post-opératoire par rapport à un stabilisateur métallique ; contrairement à d'autres équipes²⁷ ils ne retrouvaient pas d'augmentation de l'incidence des complications cicatricielles. Une étude³⁴ comparant stabilisateur métallique et stabilisateur résorbable montrait que l'inconvénient principal de ces derniers était le risque de désadaptation de la barre ou

de casse.

Devant l'impossibilité de comparer nos deux groupes, il nous a semblé judicieux de comparer notre pourcentage de déplacement de la barre au plus faible pourcentage avancé par les docteurs Nuss et Kelly. Dans leur synthèse de 2010²³, ils évaluaient le déplacement de la barre à 18,5% avant les années 1999 (avant l'introduction des stabilisateurs), à 7,4% entre 1999 et 2003 (avènement des stabilisateurs) et à 2,1% après les années 2003 (association du stabilisateur à des points péri-costaux). Notre étude mettait en évidence un pourcentage de déplacement de la barre de 2.78% (IC95% = 0.07-14.53) avec notre technique de fixation originale de la barre s'affranchissant de l'emploi de stabilisateurs : 2,1% étant inclus dans l'intervalle de confiance de notre pourcentage de déplacement, on peut supposer que les 2 pourcentages de déplacement ne sont pas différents.

A noter que, dans notre étude, nous retrouvions 4 cas de douleurs neuropathiques en post-opératoire sur les 36 patients opérés selon notre technique originale : cette complication étant la plus fréquente dans notre groupe (11,1%) mérite d'être soulevée. Nous n'avons retrouvé aucune étude mentionnant ce type de complication.

Les causes de déplacement de la barre ont été largement étudiées.

Il semblerait en première hypothèse que les bons résultats liés à notre technique soient dus au fait que le risque de déplacement est maximal dans les premières semaines post-opératoires. La fixation par le fil permet de passer ce cap puis son intérêt ne devient que modéré puisque la cage thoracique commence déjà à prendre

sa nouvelle conformation et la pression exercée par le sternum sur la barre diminue²⁹, le fait qu'il se résorbe n'a donc pas de conséquence sur la stabilité à long terme de la barre, de plus la barre s'entoure de fibrose post-opératoire qui va participer à sa stabilité.

Il semble enfin important de stabiliser les extrémités de la barre puisqu'il s'agit des zones les sollicitées, le point de pénétration de la barre dans le thorax étant le point charnière qui en reçoit le moins.

Park et al.³⁵ ont largement étudié dans leur article les mécanismes de déplacement de la barre. Le type 1 est un retournement de la barre selon un axe correspondant aux deux points d'entrée dans le thorax, il est principalement causé par une barre qui n'est pas positionnée au niveau du point le plus profond de la déformation et/ou à une morphologie sternale particulière « pointue en arrière » ne répartissant pas de manière homogène les forces sur la partie antérieure de la barre. Une fixation classique type « fixation 5 points » que les auteurs préconisent est suffisante. Le type 2 correspond à un glissement latéral de la barre et peut être observé en cas de déformation asymétrique où la barre va glisser vers le côté le plus déprimé. Ce type de déplacement peut faire discuter la mise en place d'un stabilisateur. Le type 3 est un recul de la barre dans le thorax par arrachement des muscles intercostaux aux points d'entrée de la barre dans le thorax, il survient en peropératoire chez des sujets à la paroi thoracique rigide et une façon de la prévenir est de réaliser des points péri-costaux de soutènement aux points d'entrée de la barre dans le thorax. Ce type de déplacement ne concerne pas les adolescents que l'on opère mais plutôt des sujets adultes.

Cette technique est maintenant adoptée dans notre pratique clinique depuis

2010, avec un recrutement croissant de patients bénéficiant de cette intervention avec des résultats satisfaisants.

Une étude prospective, multicentrique, comparant notre technique à celle retenue dans d'autres centres pratiquant ce type de chirurgie pourrait être intéressante pour obtenir des effectifs suffisamment grands afin de réaliser une comparaison statistique entre les groupes et de pouvoir éventuellement reconnaître une technique comme supérieure à l'autre.

Une telle technique de fixation pourrait être envisagée chez l'adulte, d'autant plus que la tolérance du stabilisateur chez ces derniers semble médiocre : Pilegaard et al.³⁶ montraient dans leur série que 13 des 180 patients de plus de 18 ans opérés par leurs soins (7%) avaient nécessité une ablation précoce du stabilisateur devant des douleurs devenues insupportables.

REFERENCES

1. Faglin, P., Nectoux, É., Belkhou, A., Guerreschi, P. & Duquennoy-Martinot, V. Le thorax disgracieux : analyse et anomalie. Approche curative ou palliative ? *Ann. Chir. Plast. Esthet.* 2016;61:680–693.
2. Kelly, R. E. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin. Pediatr. Surg.* 2008;17:181-193.
3. Masson, E. Jouve JL, Polirsztok E, Loucheur N, Curvale C, Dubois R, Kohler R. Traitement chirurgical des malformations de la paroi thoracique antérieure. EMC - Techniques chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie 2015;10(1):1-15 [Article 44-210].
4. David, V.-L. et al. Costal Cartilages Do Not Overgrow in Patients with Pectus Excavatum. *Med. Princ. Pract.* 2016;25:533–538.
5. Chin, E. F. Surgery of funnel chest and congenital sternal prominence. *Br. J. Surg.* 1957;44:360-376.
6. O’Keefe J. et al. Longer term effects of closed repair of pectus excavatum on cardiopulmonary status. *J. Pediatr. Surg.* 2013;48:1049-1054.
7. Kelly, R. E. *et al.* Surgical Repair of Pectus Excavatum Markedly Improves Body Image and Perceived Ability for Physical Activity: Multicenter Study. *Pediatrics* 2008;122:1218-1222.
8. Haller, J. A., Kramer, S. S. & Lietman, S. A. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report. *J. Pediatr. Surg.* 1987;22:904-906.
9. Kim, D. H., Hwang, J. J., Lee, M. K., Lee, D. Y. & Paik, H. C. Analysis of the

Nuss procedure for pectus excavatum in different age groups. *Ann. Thorac. Surg.* 2005;80:1073-1077.

10. Ashrafian, H. Leonardo da Vinci and the first portrayal of pectus excavatum. *Thorax* 2013;68:1081.

11. Schenck von Grafenberg. *Observationum medicarum, rararum, novarum, admirabilium, et montrosacrum, liber secundus. De partibus vitabilis, thorace contentis* 1594.

12. Bauhinus J. *Sterni cum costis ad interna reflexio native, spirandi difficultatis causes.* 1594.

13. Sauerbruch F. *Die Chirurgie Der Brustorgane, Vol. 1.* 1920:437.

14. Sauerbruch F. *Operative beseitigung der angeborenen trichterbrust,* Deutsche Zeitschr Chir 1931;234:760.

15. Ravitch MM. *The operative treatment of pectus excavatum.* *Ann. Surg.* 1949;129:429-44.

16. Brown A., Lincoln. *Pectus excavatum.* *J. Thoracic Surg.* 1939;9:164.

17. Baronofsky, I. D. *Technique for the correction of pectus excavatum.* *Surgery* 1957;42:884-890.

18. Shamberger, R. C. & Welch, K. J. *Surgical repair of pectus excavatum.* *J. Pediatr. Surg.* 1988;23:615-622.

19. Adkins, P. C. & Blades, B. *A stainless steel strut for correction of pectus excavatum.* *Surg. Gynecol. Obstet.* 1961;113:111-113.

20. Nuss, D., Kelly, R. E., Croitoru, D. P. & Katz, M. E. *A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum.* *J. Pediatr. Surg.* 1998;33:545-552.

21. Wurtz, A. *et al.* *Simplified open repair for anterior chest wall deformities.*

Analysis of results in 205 patients. *Orthop. Traumatol. Surg. Res. OTSR* 2012;98:319-326.

22. Schier, F., Bahr, M. & Klobe, E. The vacuum chest wall lifter: an innovative, nonsurgical addition to the management of pectus excavatum. *J. Pediatr. Surg.* 2005;40:496-500.

23. Nuss, D. & Kelly, R. E. Indications and technique of Nuss procedure for pectus excavatum. *Thor. Surg. Clin.* 2010;20:583-597.

24. Hebra, A. *et al.* Life-threatening complications and mortality of minimally invasive pectus surgery. *J. Pediatr. Surg.* 2018;53:728-732.

25. Schaarschmidt, K., Kolberg-Schwerdt, A., Dimitrov, G. & Straubeta, J. Submuscular bar, multiple pericostal bar fixation, bilateral thoracoscopy: A modified Nuss repair in adolescents. *J. Pediatr. Surg.* 2002;37:1276-1280.

26. Ong, C. C. P., Choo, K., Morreau, P. & Auldist, A. The learning curve in learning the curve: a review of Nuss procedure in teenagers. *ANZ. J. Surg.* 2005;75:421-424.

27. Watanabe, A. *et al.* The use of a lateral stabilizer increases the incidence of wound trouble following the Nuss procedure. *Ann. Thorac. Surg.* 2004;77:296-300.

28. Croitoru, D. P. *et al.* Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *J. Pediatr. Surg.* 2002;37:437-445.

29. Hebra, A., Gauderer, M. W., Tagge, E. P., Adamson, W. T. & Othersen, H. B. A simple technique for preventing bar displacement with the Nuss repair of pectus excavatum. *J. Pediatr. Surg.* 2001;36:1266-1268.

30. Bond, S. J., Rapstine, E. & Bond, J. M. Results of pectus excavatum correction using a minimally invasive approach with subxyphoid incision and three-

point fixation. *Pediatr. Surg. Int.* 2018;34:75-78.

31. Uemura, S., Nakagawa, Y., Yoshida, A. & Choda, Y. Experience in 100 cases with the Nuss procedure using a technique for stabilization of the pectus bar.

Pediatr. Surg. Int. 2003;19:186-189.

32. Ohno, K. *et al.* Comparison of the Nuss procedure for pectus excavatum by age and uncommon complications. *Osaka City Med. J.* 2003;49:71-76.

33. Torre, M. *et al.* Absorbable stabilisation of the bar in minimally invasive repair of pectus excavatum. *Eur. J. Pediatr. Surg. Off. J. Austrian Assoc. Pediatr. Surg. Al Z. Kinderchir.* 2008;18:407-409.

34. Pilegaard, H. K. & Licht, P. B. Can absorbable stabilizers be used routinely in the Nuss procedure? *Eur J Cardiothorac Surg* 2009;35:561-564.

35. Park, H. J., Chung, W.-J., Lee, I. S. & Kim, K. T. Mechanism of bar displacement and corresponding bar fixation techniques in minimally invasive repair of pectus excavatum. *J. Pediatr. Surg.* 2008;43:74-78.

36. Pilegaard, H. K. & Licht, P. B. Routine use of minimally invasive surgery for pectus excavatum in adults. *Ann. Thorac. Surg.* 2008;86:952-956.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : caractéristiques des patients.

Tableau 2 : complications post-opératoires.

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : classification des pectus excavatum selon Chin.

Figure 2 : sternochondroplastie selon la technique de A. Wurtz.

Figure 3 : planification pré-opératoire d'une thoracoplastie selon D. Nuss pour pectus excavatum de type III selon Chin.

Figure 4 : thoracoplastie selon D. Nuss ayant nécessité un abord sous-xiphoïdien.

Figure 5 : stabilisation du montage par un stabilisateur.

Figure 6 : technique de fixation de la barre par un point transcostal au fil résorbable de taille 2.

Figure 7 : résultat clinique post-opératoire à 3 mois d'une thoracoplastie selon D. Nuss.

Figure 8 : radiographies post-opératoires de face et de profil post-intervention selon D.Nuss avec fixation de la barre par point transcostal résorbable.

Figure 9 : diagramme de flux de notre étude.

AUTEUR : FOURNIER Adrien

Date de Soutenance : 26 novembre 2018

Titre de la Thèse : Une fixation originale de la barre dans la chirurgie mini-invasive des pectus excavatum chez l'adolescent : à propos de 36 cas

Thèse - Médecine - Lille 2018

Cadre de classement : Chirurgie

DES + spécialité : Chirurgie générale, spécialité chirurgie orthopédique pédiatrique

Mots-clés : Pectus excavatum, Chirurgie mini-invasive, Barre, Fixation, Adolescent,

Point transcostal

Résumé :

But de l'étude. La thoracoplastie selon D. Nuss est une technique de correction mini-invasive des pectus excavatum utilisant une barre rétrosternale insérée sous contrôle thoracoscopique. L'une des principales complications de cette technique est le déplacement de la barre en post-opératoire. L'objectif de notre étude était d'étudier les résultats de notre technique de fixation originale de la barre sur sa stabilité.

Méthodes. Nous avons analysé rétrospectivement les données de 48 adolescents opérés au Centre Hospitalier Universitaire de Lille entre janvier 2010 et décembre 2016 selon la technique de Nuss. La fixation de la barre était confiée à un point transcostal réalisé au fil résorbable. Le critère de jugement principal était la recherche d'un déplacement de la barre qui était évalué par relecture des clichés radiographiques.

Résultats. 36 patients avaient bénéficié de notre technique originale. L'âge moyen à l'opération était de 15.7 ± 1.3 ans. La durée d'hospitalisation était de 7.4 ± 1.2 jours et le temps opératoire de 61.1 ± 14.7 minutes. Un seul déplacement de la barre a été mis en évidence chez ces patients soit 2.78% de la population (intervalle de confiance à 95% = 0.07-14.53). La totalité des patients se disait satisfait de cette technique sur l'aspect esthétique. La barre était retirée à 2.1 ± 0.2 ans.

Conclusion. Notre nouvelle méthode de fixation de la barre dans les thoracoplasties selon Nuss chez l'adolescent s'est avérée efficace sur la stabilité de la barre. Elle présente des avantages (coût, facilité d'ablation de la barre, confort) par rapport à un stabilisateur. Une étude prospective et multicentrique permettrait d'obtenir un niveau de preuve supérieur et une étude d'applicabilité à une population adulte serait intéressante.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Bernard Herbaux

Assesseurs : Monsieur le Professeur Rémi Besson

Monsieur le Docteur Michel Bonnevalle

Monsieur le Docteur Francis Veyckemans

Directeur : Monsieur le Docteur Eric Nectoux