

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE MEDECINE

Année 2017 N° 135

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

DES de Chirurgie Générale
DESC de Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique

par

Hadrien Tilliet Le Dentu
né le 15 mars 1988 à Toulon

Présentée et soutenue publiquement le 22 *septembre 2017*

Apport de la conception assistée par ordinateur (CAO) à la réalisation des implants thoraciques sur mesure pour correction des Pectus Excavatum.
Expérience du CHU de Nantes.

Président : Monsieur le Professeur Franck Duteille

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Pierre Perrot

Table des matières

| | |
|---|----|
| I – INTRODUCTION | 7 |
| Techniques de sternochondroplasties | 8 |
| II – MATERIELS ET METHODES | 11 |
| Méthode de conception des implants par moulage plâtré | 13 |
| Méthode de conception des implants assistée par ordinateur (CAO)..... | 14 |
| Technique chirurgicale | 16 |
| Analyse statistique | 17 |
| III – RESULTATS | 18 |
| Caractéristiques des patients | 19 |
| Caractéristiques des déformations | 19 |
| Satisfaction des patients | 21 |
| Satisfaction de l'équipe chirurgicale | 22 |
| Reprises chirurgicales à visée cosmétique | 23 |
| Données péri-opératoires | 23 |
| IV – DISCUSSION | 25 |
| Caractère esthétique de la démarche | 25 |
| Taille de l'échantillon | 26 |
| Qualité des résultats cosmétiques | 26 |
| Analyse des données péri-opératoires | 27 |
| Facilité d'utilisation | 29 |
| Aspect médico-économique | 30 |
| Intérêt dans les cas complexes | 30 |

| | |
|---|----|
| V- CAS CLINIQUES | 32 |
| Cas n°1 | 32 |
| Cas n°2 | 34 |
| | |
| VI- CONCLUSION | 36 |
| | |
| ANNEXES | 37 |
| Score d'évaluation du résultat par l'équipe chirurgicale selon Goretski et al | 37 |
| Score d'évaluation du résultat par le patient selon Davis et Weinstein | 37 |
| | |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 38 |

Table des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau I : Caractéristiques des patients | 21 |
| Tableau II : Satisfaction des patients..... | 22 |
| Tableau III : Satisfaction de l'équipe chirurgicale | 23 |
| Tableau IV : Données péri-opératoires | 25 |

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Tracés des sternochondrotomies | 8 |
| Figure 2 : Ostéotomie sternale transversale | 9 |
| Figure 3 : Technique « mini-invasive » de Nuss | 10 |
| Figure 4 : Classification de Chin | 11 |
| Figure 5 : Mesure de l'index cardio-thoracique de Haller | 12 |
| Figure 6 : Principes du moulage plâtré | 13 |
| Figure 7 : Principes de la conception assistée par ordinateur | 15 |
| Figure 8 : Cas clinique : Pectus Excavatum de type 1 avant et après correction..... | 17 |
| Figure 9 : Données récapitulatives de l'étude | 18 |
| Figure 10 : Cas clinique : patient dont les bords de l'implant sont visibles..... | 27 |
| Figure 11 : Cas clinique : voie d'abord épigastrique transversale..... | 29 |
| Figure 12 : Cas clinique : Pectus excavatum de type 2 avant et après correction..... | 32 |
| Figure 13 : Cas clinique : Pectus excavatum de type 3 avec problématique mammaire | 34 |

I – INTRODUCTION

Le pectus excavatum (PE), ou thorax en entonnoir, est la malformation thoracique congénitale la plus fréquente, avec une incidence allant de 1 naissance sur 300 à 1 naissance sur 1000 (1–5). Elle touche majoritairement les hommes avec un sex-ratio allant de 3/1 à 6/1 selon les sources (5,6).

Une histoire familiale est retrouvée dans un tiers des cas environ (7,8). Plusieurs études génétiques ont été menées sans identifier de gène spécifique mais les arguments en faveur d'une transmission autosomique récessive sont nombreux (8,9).

Si le retentissement fonctionnel des PE reste discuté (10–12), le retentissement psychologique et social est réel (10,13,14), ce qui en fait un motif de consultation relativement fréquent en chirurgie plastique.

La prise en charge chirurgicale diffère selon les spécialités et les écoles. En chirurgie plastique, elle consiste classiquement en un comblement de la dépression thoracique sans modification du plan profond osseux, là où des équipes de chirurgie infantile ou thoracique auront recours à des techniques plus invasives de sternochondroplasties, au premier rang desquelles les méthodes de Nuss (15) et de Ravitch (16).

Les stratégies de comblement de la dépression sont diverses. Certains auteurs décrivent des transferts de tissu adipeux selon la technique décrite par Coleman (13,17,18) mais l'attitude la plus courante reste l'utilisation d'un implant en silicone. La technique initialement décrite par J.F. Murray en 1965 impliquait une prothèse en silicone positionnée en sous-cutané strict (19). Les pratiques ont progressivement évolué vers un positionnement sous-musculaire de l'implant (20), de manière à en augmenter la stabilité et en camoufler les bords.

Du fait de la grande variabilité clinique, la standardisation des implants est impossible, à l'inverse des implants mammaires. Ils sont donc traditionnellement confectionnés sur mesure. La méthode classique consiste en la réalisation d'un modèle en négatif à l'aide de plâtre moulé à même le patient. La méthode moderne est basée sur le traitement informatique d'un scanner thoracique afin de déterminer le volume à reconstituer et donc la forme du futur implant.

La conception assistée par ordinateur (CAO) des prothèses thoraciques semble apporter des résultats morphologiques supérieurs à ceux obtenus par moulage plâtré (10,17).

Nous avons souhaité colliger de manière rétrospective les cas de PE traités par pose d'un implant en silicone au sein du service de chirurgie plastique du CHU de Nantes entre 1990 et 2016 afin d'évaluer les apports de la CAO dans la prise en charge des patients présentant un PE.

La qualité des résultats obtenus était jugée directement à travers la satisfaction des patients d'une part, et celle de l'équipe chirurgicale d'autre part. De manière indirecte, la nécessité de retouches chirurgicales ainsi que leur nombre étaient considérés comme les marqueurs d'une insuffisance de résultat. Nous avons également relevé la survenue de complications et l'ensemble des données per- et péri-opératoires. Enfin, nous nous sommes intéressés à l'aspect médico-économique de la prise en charge.

Stratégies de correction utilisées par les équipes de chirurgie infantile ou thoracique : sternochondroplasties.

Les techniques décrites sont nombreuses mais les principes généraux sont constants : une phase de correction de la dépression sternale, suivi d'une phase de maintien du plastron sternal dans sa nouvelle position.

Les bases chirurgicales décrites par Ravitch en 1949 consistent en :

- une résection sous-périostée de l'ensemble des cartilages costaux déformés par un large abord transversal.
- une ostéotomie transverse du sternum et libération afin de lui appliquer un mouvement de bascule.

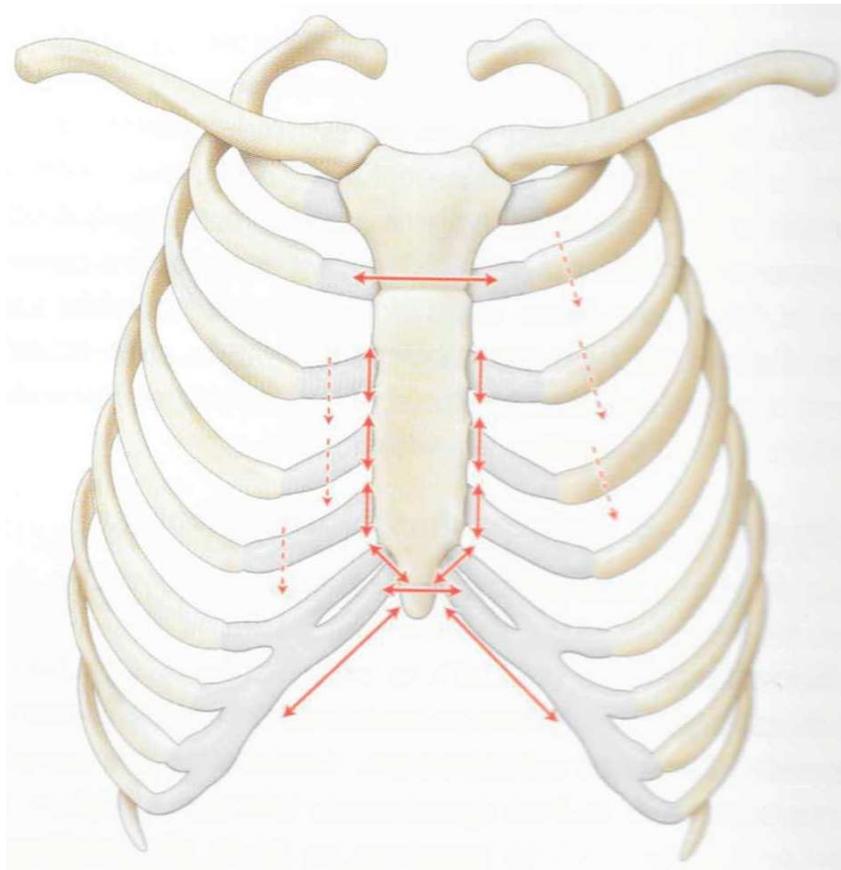


Figure 1 : Sternochondrotomies

(D'après Conti M, Benhamed L, Porte H, Wurtz A. Traitement des malformations de la paroi thoracique antérieure par sternochondroplasties.

EMC. Techniques chirurgicales – Thorax, 42-483. 2008)

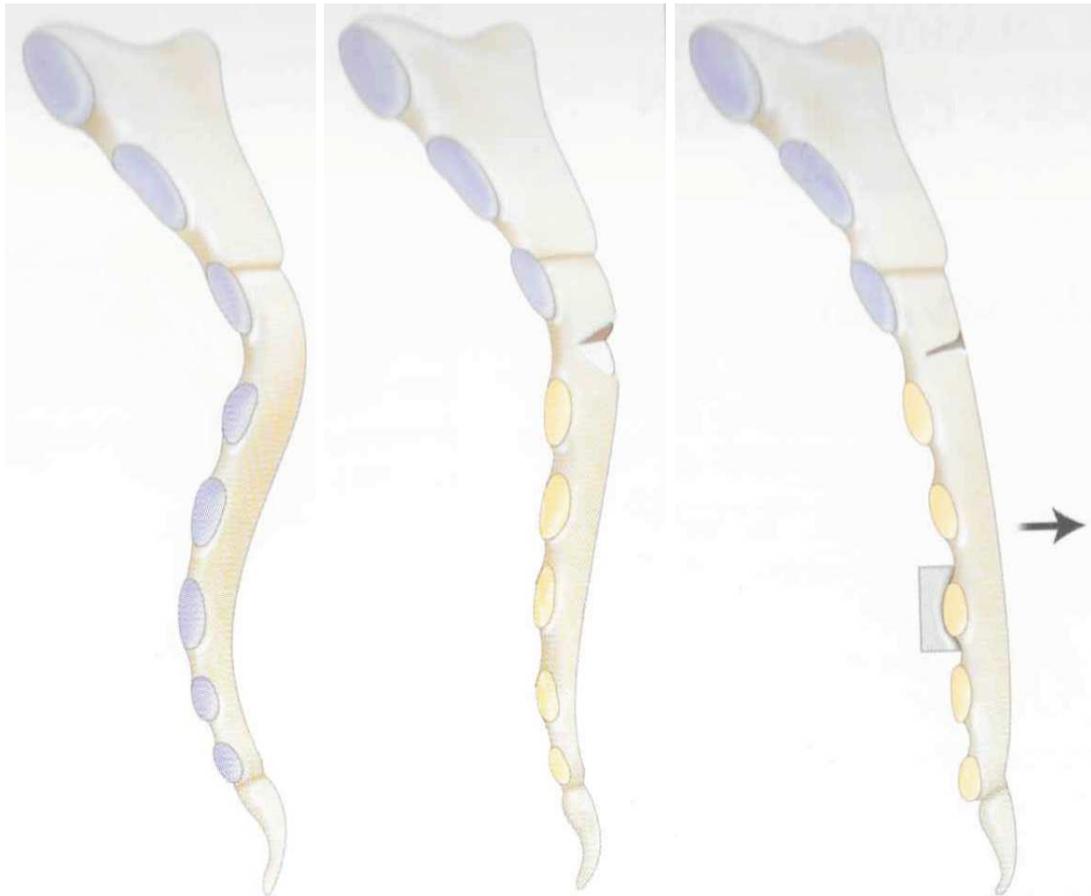


Figure 2 : Ostéotomie sternale transversale respectant la corticale postérieure.

(D'après Conti M, Benhamed L, Porte H, Wurtz A. Traitement des malformations de la paroi thoracique antérieure par sternochondroplasties.

EMC. Techniques chirurgicales – Thorax, 42-483. 2008)

Cette chirurgie a au fil du temps fait l'objet de raffinements techniques plus ou moins innovants jusqu'à la description par Nuss en 1998 d'une technique dite « mini-invasive ».

La souplesse et la malléabilité thoracique de l'enfant y sont mises à profit pour redéployer la cage thoracique sans résection cartilagineuse ou ostéotomie grâce à une barre courbe introduite par des incisions latéro-thoraciques sous contrôle thoracoscopique. La barre est alors retournée in situ et laissée en place deux à cinq ans.

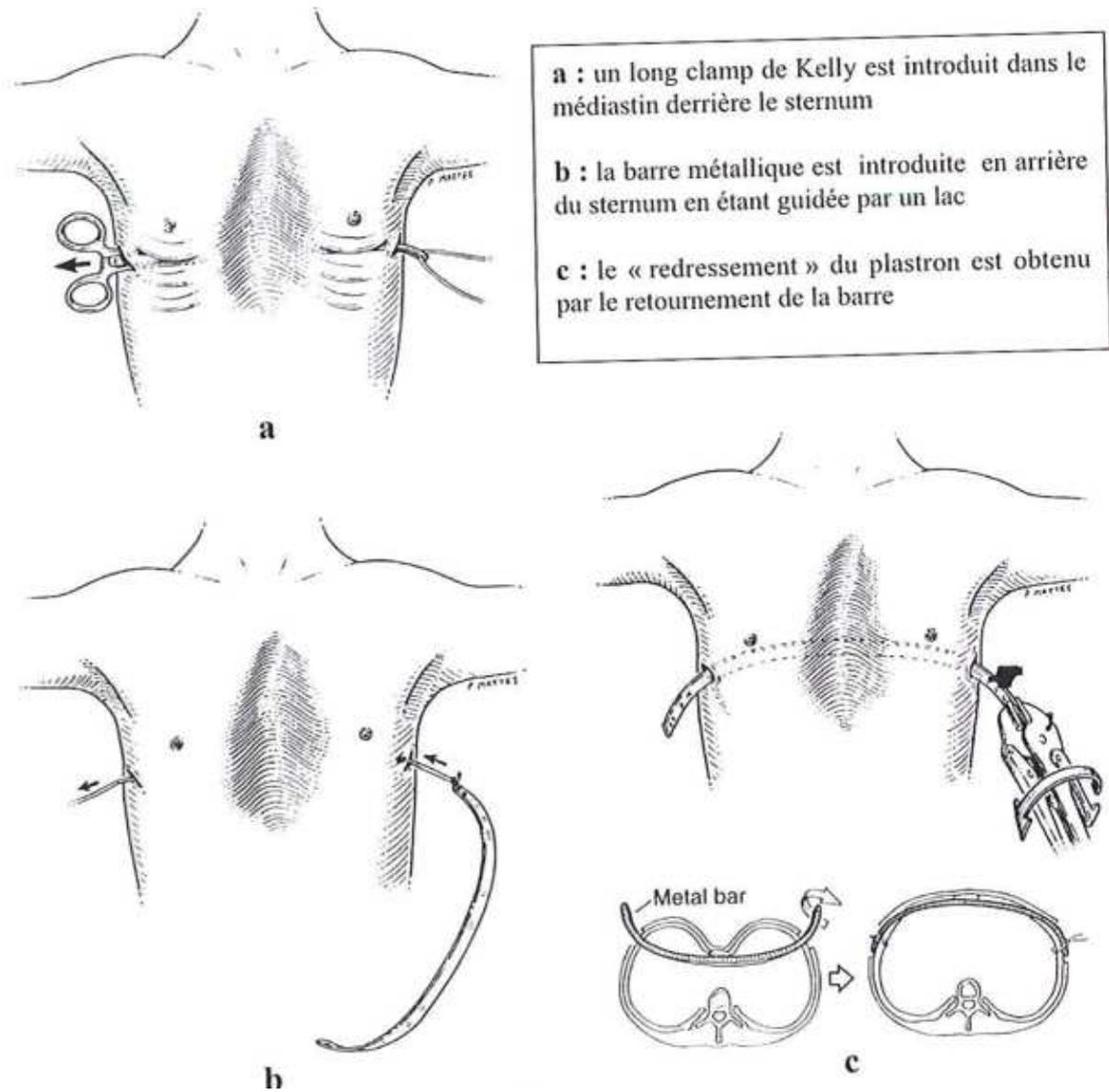


Figure 3 : Technique mini-invasive de Nuss

Par essence, ces interventions sont lourdes et les suites opératoires parfois houleuses.

II – MATERIELS ET METHODES

Nous avons recensé 29 patients ayant bénéficié de la mise en place d'un implant sur mesure en silicone au sein de notre service entre 1990 et 2016.

Les déformations étaient caractérisées cliniquement selon la classification de Chin (figure 1), la plus communément utilisée (21,22), divisant les malformations en trois catégories :

Les déformations de type 1 sont symétriques, importantes mais limitées latéralement au sternum. Les PE de type 2 sont symétriques, moins profonds mais plus diffus. Enfin les PE de type 3 sont asymétriques voire unilatéraux, le plus souvent latéralisés à droite et associés à un degré divers à un trouble rotatoire du sternum.



Type 1



Type 2



Type 3

| Type 1 de Chin | Type 2 de Chin | Type 3 de Chin |
|--|--|--|
| Déformation médiane et symétrique, en règle profonde et marquée. | Déformation médiane et symétrique, plus diffuse et étendue latéralement. | Déformation asymétrique voire unilatérale, associée à un degré variable à une rotation du sternum. |

Figure 4 : Classification de Chin

La sévérité de la malformation était évaluée de manière objective par l'index de Haller (figure...), mesuré sur le scanner comme le rapport entre le diamètre transversal interne du thorax sur le diamètre antéro-postérieur minimal mesuré entre la face dorsale du sternum et le corps vertébral en regard (23).

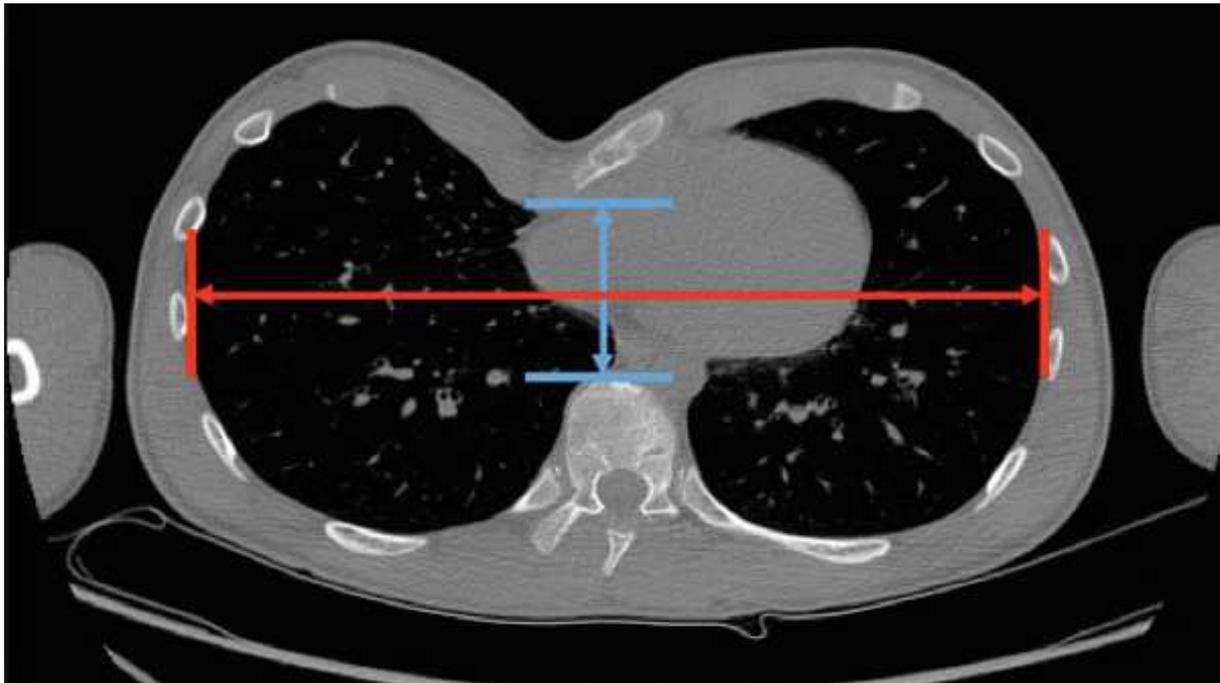


Figure 5 : Mesure de l'index cardio-thoracique de Haller sur une coupe axiale de tomographie assistée par ordinateur (TAC) comme étant le rapport entre le diamètre transversal (rouge) sur le diamètre antéro-postérieur minimal (bleu).

Haller retient une indication chirurgicale à visée correctrice lorsque l'index est supérieur à 3,25. La valeur considérée comme « normale » est de 2,52.

L'examen clinique pré-opératoire recherchait plus particulièrement des anomalies musculo-squelettiques associées telles qu'une scoliose, ou des éléments du syndrome de Marfan (arachnodactylie, hyperlaxité ligamentaire). Les éventuelles malformations mammaires étaient relevées. Les patients présentant des signes fonctionnels cardiaques et/ou pulmonaires étaient adressés en consultations spécialisées. La réalisation d'examens complémentaires était alors laissée à l'appréciation du médecin spécialiste.

Au cours du suivi, chaque patient était convoqué en consultation afin de procéder au recueil de données et à la prise de photographies standardisées. Lorsque c'était impossible, un entretien téléphonique était programmé afin de collecter les données. Les photographies étaient alors prises par le patient selon nos instructions précises et envoyées par mail.

L'évaluation de la satisfaction de l'équipe chirurgicale était faite sur photographies pré et post-opératoires selon le score de Goretsky et al (24), déjà utilisé par l'équipe de Toulouse (10), classant les résultats en « très bon », « bon », « acceptable » et « mauvais ». Par ailleurs, une note globale sur 10 était attribuée. Cette évaluation était faite par deux chirurgiens de l'équipe autres que l'opérateur.

Pour juger de la satisfaction globale des patients, nous avons également utilisé les mêmes scores que l'équipe de Toulouse : celui de Del Frari et Schwabegger (25), qui classe les résultats en « excellent », « bon » et « raté », et celui de Davis et Weinstein (26), sur 5 points.

Les données péri-opératoires étaient recueillies : le nombre de consultations pré-opératoires, les modalités techniques opératoires (voie d'abord, durée d'intervention, drainage ou utilisation de colle biologique, modalités de pansement) et la durée d'hospitalisation, d'arrêt de travail et d'activités sportives.

Le recueil portait également sur la survenue de complications post-opératoires.

Enfin, nous nous sommes particulièrement intéressés au nombre et la nature d'éventuelles reprises chirurgicales, témoins indirects de la qualité du résultat chirurgical.

Méthode de conception des implants par moulage en plâtre de Paris

Faisant l'objet d'une consultation dédiée, la procédure consiste à prendre l'empreinte de la déformation sur un patient en décubitus dorsal. Au sein de notre équipe, le plâtre était coulé à même le patient, le thorax protégé de la réaction exothermique par une couche de vaseline. Le modelage était fait avant durcissement, puis affiné après 24 heures de séchage à l'aide de papier de verre. Le prototype ainsi obtenu était envoyé au fabricant pour confection de la prothèse définitive selon les caractéristiques souhaitées.



Figure 6A : Kit utilisé pour moulage plâtré



Figure 6B : Délimitation de la déformation, puis application du plâtre de Paris. Ici un pectus excavatum de type 3 de Chin

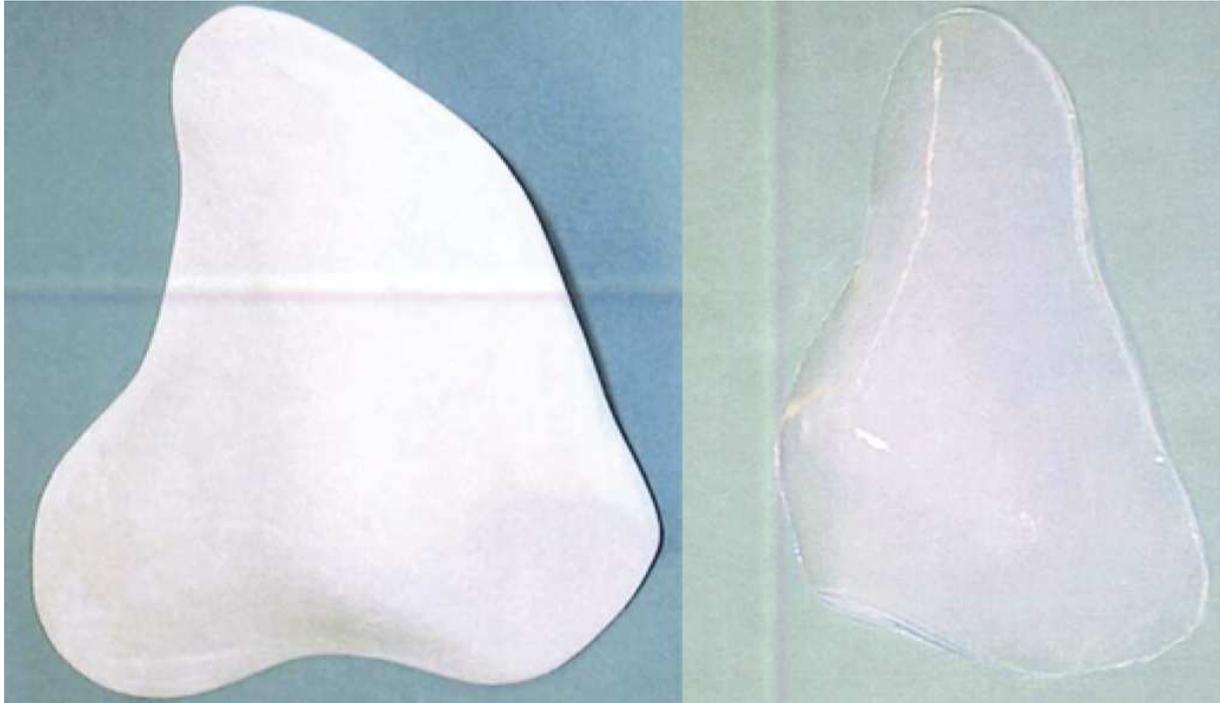


Figure 6C : Prototype en plâtre et implant définitif en silicone après stérilisation

Méthode de conception des implants assistée par ordinateur (CAO)

Dès l'indication posée, une ordonnance de TDM thoracique avec acquisition en coupes fines de 1mm, bras le long du corps, est remise au patient. Les images sur CD sont envoyées à la compagnie AnatomikModeling (SAS, Toulouse, France), qui réalise le traitement des images et la conception de l'implant. Cette méthode permet de réaliser un implant parfaitement adapté au plan profond sternum, gril costal, et de s'affranchir du biais induit par les parties molles lors d'une conception par moulage plâtré (muscles, peau, glande mammaire...). Un prototype est alors réalisé puis confié au laboratoire Sebbin pour réalisation de l'implant définitif à l'aide d'un silicone polymérisé semi-rigide (NuSil 4801 ou 4811 ; NuSil Technology, Carpinteria, Calif). Cet implant définitif est alors stérilisé, conditionné et livré directement au CHU de Nantes. Le processus complet dure environ un mois.

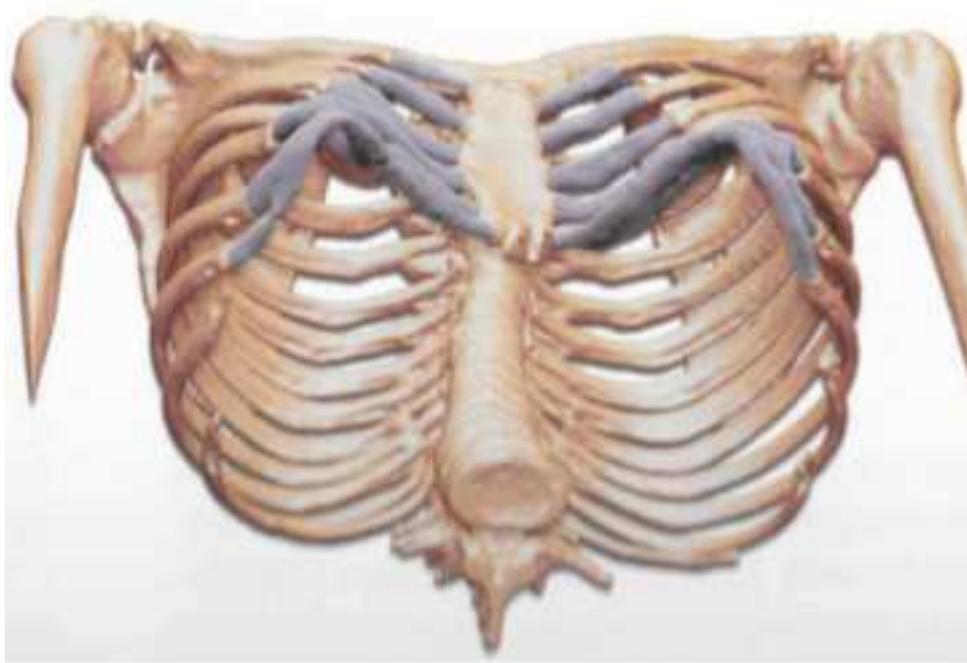


Figure 7A : Reconstruction 3D volumétrique à partir d'une tomodensitométrie d'un PE de type 1 de Chin.

(D'après Chavoin et al. – Chirurgie plastique des parois et des confins – 2009)

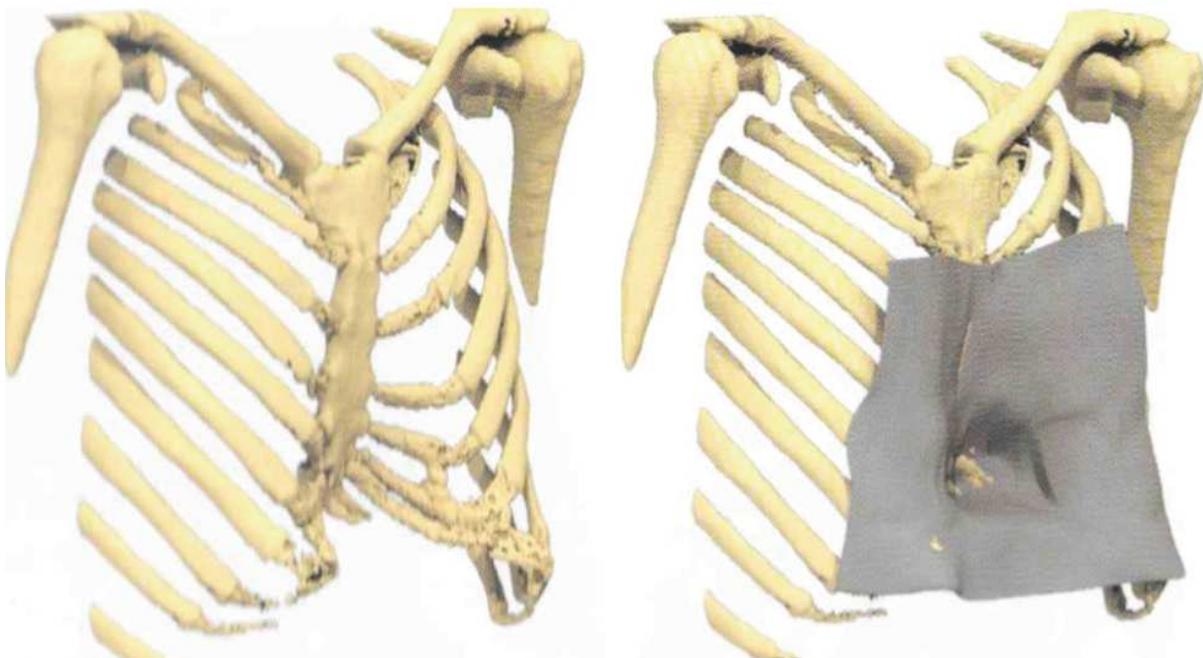


Figure 7B : Détermination du plan chirurgical basé directement sur le squelette ostéo-cartilagineux.

(D'après Chavoin et al. – Chirurgie plastique des parois et des confins – 2009)

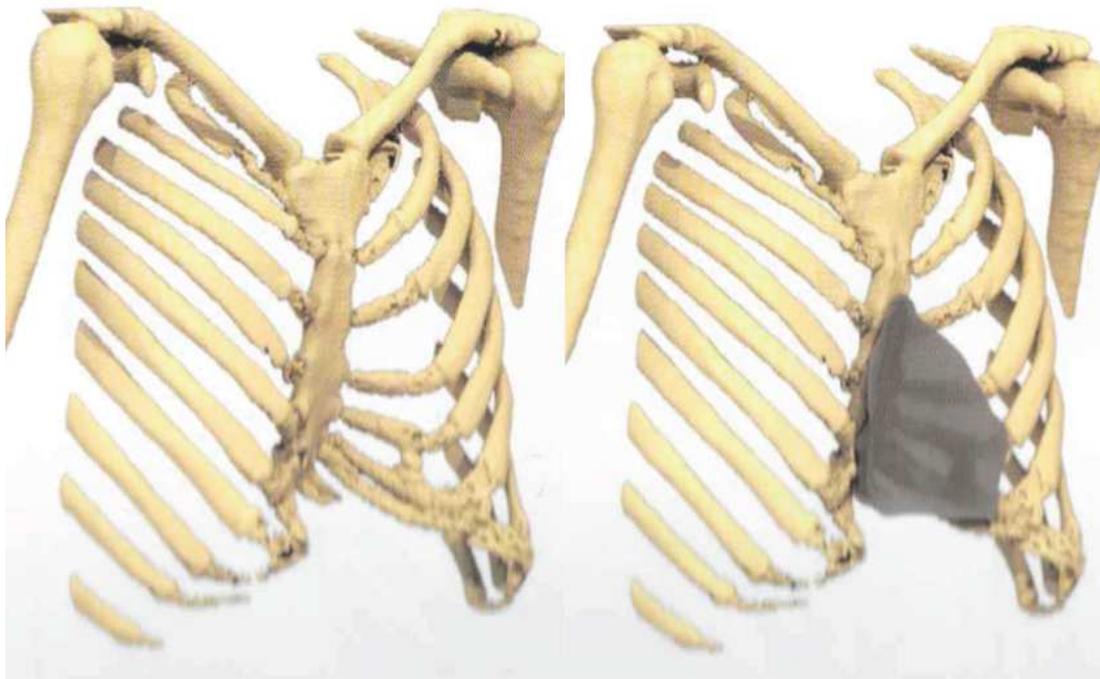


Figure 7C : Représentation de la prothèse en place.

(D'après Chavoïn et al. – Chirurgie plastique des parois et des confins – 2009)

Technique chirurgicale

L'intervention a lieu sous anesthésie générale, sur un patient en décubitus dorsal strict. Une antibioprophylaxie par C3G en IVD est réalisée avant incision en accord avec les recommandations en vigueur au sein de l'établissement. Le premier temps consiste à définir les limites théoriques de la loge prothétique sur le thorax grâce au fantôme non stérile de l'implant. Cette tâche est facilitée par la matérialisation de la ligne médiane ainsi que du sens cranio-caudal à même le fantôme. La voie d'abord est verticale médiane en regard du manubrium sternal dans la grande majorité des cas ($n=21$). En fonction de l'importance de la déformation, elle peut être décalée latéralement pour que la cicatrice résultante soit médiane. Exceptionnellement et si la déformation l'impose, elle peut être arciforme sous-mammaire ($n=4$) ou épigastrique circonflexe ($n=4$). Le décollement se limite à la loge prothétique et se fait dans un plan pré-sternal. Latéralement, les insertions médiales des muscles grand pectoraux sont détachées afin de permettre la dissimulation de la prothèse. Certains opérateurs réinsèrent ces fibres entre elles ou directement sur l'implant selon la tension. La partie caudale de l'implant est placée sous le 1^{er} feuillet de l'aponévrose des muscles droits de l'abdomen. Un éperon aponévrotique est gardé intact sur la ligne médiane et la prothèse fendue afin d'en limiter les mouvements dans le plan frontal. Le drainage initialement systématique tend à disparaître dans notre équipe au profit de la pulvérisation de colle de fibrine type Artiss®. La fermeture cutanée est classique, au fil résorbable. Enfin un pansement compressif associé au port d'un vêtement de contention 24h/24 est systématique.



Figure 8 : Pectus excavatum de type 1 de Chin corrigé par prothèse CAO.

Photographies pré- et post-opératoires à 6 mois.

Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel BiostaTGV de l'université de Jussieu. Les variables qualitatives étaient comparées grâce au test t de Student. Les variables quantitatives étaient exprimées en proportions et interprétées grâce au test du Chi2 et au test exact de Fisher selon les effectifs. Les résultats étaient considérés comme statistiquement significatifs lorsque le petit p était inférieur à 0,05.

III – RESULTATS

Notre recherche a sélectionné 35 patients ayant bénéficié de l'implantation de prothèses en silicone sur mesure. Sur ces 35 patients, 29 patients présentaient des PE et ont été inclus dans notre travail. Les 6 autres implants avaient pour objectif la correction de malformations thoraciques liées au syndrome de Poland ou de malformations des membres inférieurs dans un contexte de séquelles de poliomyélite.

Les autres techniques de prise en charge des PE étaient exclues : lipomodélage (n=8) et plasties des muscles grands pectoraux (n=1).

Parmi les 29 PE traités par implants, 13 ont reçu un implant conçu par moulage plâtré et 16 se sont vu implanter des implants CAO.

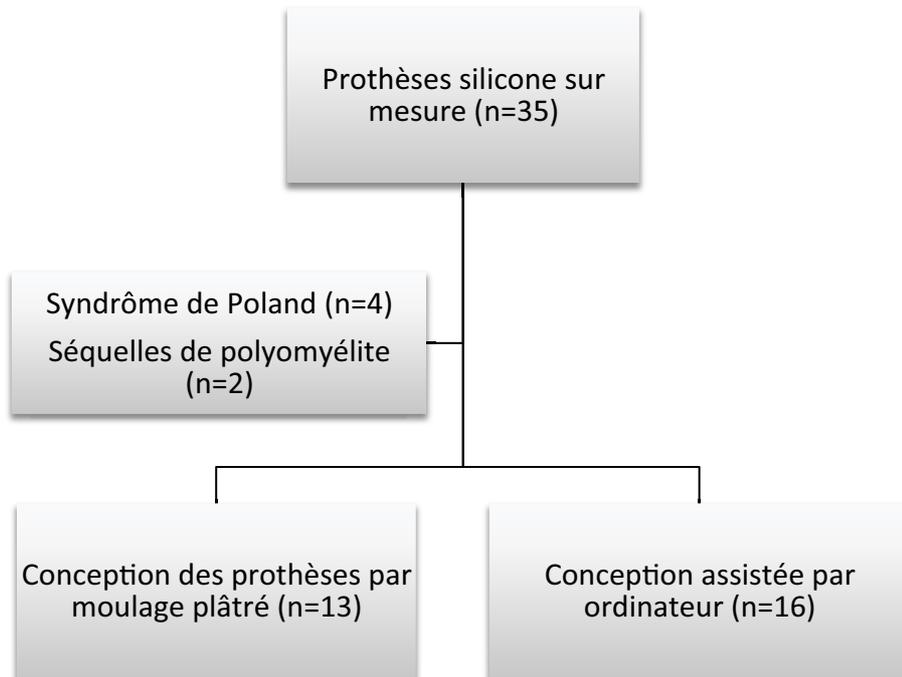


Figure 9 : Données récapitulatives de l'étude

Caractéristiques des patients (Tableau I)

Les âges moyens dans les groupes plâtre et CAO étaient respectivement de 26,6 ans (15-49) et 25,1 ans (16-41). Le sex-ratio était de 2/1 en faveur des hommes. Les groupes étaient comparables en terme d'indices de masse corporelle, respectivement de 19,43 et 19,65.

Dans notre série, les PE étaient généralement associés à une anomalie mammaire chez les patients de sexe féminin. Ces anomalies étaient à type d'asymétrie, de strabisme, ou d'hypoplasie, conséquences directes ou indirectes de la déformation thoracique. Une patiente présentait des seins tubéreux.

Neuf patients présentaient des signes fonctionnels cardiaques ou pulmonaires explorés en consultations de cardiologie et de pneumologie. Chez quatre d'entre eux, un souffle d'allure fonctionnel était retrouvé. Trois patients présentaient un bloc de branche droit incomplet à l'ECG, associé à quelques extrasystoles ventriculaires dans un cas. Un patient présentait un prolapsus valvulaire mitral à l'échographie.

Toutes ces anomalies étaient considérées comme étant indépendantes de la malformation thoracique et asymptomatiques par le médecin spécialiste.

Caractéristiques des déformations (Tableau I)

Les PE étaient caractérisés selon la classification de Chin, pour l'aspect morphologique, et l'index de Haller, pour la sévérité de la malformation.

Les PE de type 1 de Chin étaient proportionnellement plus nombreux dans le groupe Plâtre, représentant 54% des PE. A l'inverse, dans le groupe CAO, les PE étaient répartis de manière plus homogène, chaque type représentant un tiers des PE.

En terme de sévérité, les deux groupes étaient globalement comparables, les index de Haller moyens étant de 4,9 dans le groupe Plâtre contre 4,7 dans le groupe CAO.

| | Groupe Plâtre n=13 | Groupe CAO n=16 |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Période | 1990 - 2012 | 2012 - 2016 |
| Âge | 26,6 (15 – 49) | 25,1 (16 – 41) |
| <u>Sexe</u> | | |
| Masculin | 9 | 10 |
| Féminin | 4 | 6 |
| IMC | 19,43 (17,3 – 24) | 19,65 (17 – 23) |
| <u>Type selon Chin</u> | | |
| 1 | 7 | 5 |
| 2 | 3 | 5 |
| 3 | 3 | 6 |
| Index de Haller | 4,9 (2,85 – 10,1) | 4,7 (3,40 – 6,14) |
| <u>Pathologies associées</u> | | |
| Scoliose | 4 | 1 |
| Syndrome de Marfan | 2 | 2 |
| <u>Anomalies mammaires</u> | | |
| Asymétrie | 0 | 2 |
| Strabisme | 2 | 2 |
| Hypoplasie | 2 | 2 |
| Seins tubéreux | 0 | 1 |

Tableau I : Caractéristiques des patients

Satisfaction des patients (Tableau II)

Les patients jugeaient leurs résultats « bons » ou « excellents » dans 77% des cas dans le groupe Plâtre et dans 86% des cas dans le groupe CAO. Trois patients du groupe Plâtre et deux du groupe CAO considéraient que leur reconstruction était « ratée ».

Dans le groupe Plâtre, la note moyenne attribuée à leur reconstruction par les patients selon le score de Davis et Weinstein était de 3,9/5 tandis que dans le groupe CAO elle était de 4,4/5 ($p=0,11$).

Ainsi 14 patients du groupe CAO se jugeaient « pleinement satisfaits » ou « très satisfaits » de leur reconstruction.

La totalité des patients à l'exception du cas d'infection avec dépose de l'implant subiraient à nouveau la procédure si la décision était à reprendre.

De même, tous la conseilleraient à un proche se trouvant dans la même situation qu'eux.

| | Groupe plâtre n=13 | Groupe CAO n=16 | p |
|---|--------------------------|--------------------|--------|
| <u>Résultats selon le score de Davis et Weinstein</u> | | | |
| Moyenne | 3,9/5 | 4,4/5 | P=0,11 |
| 5/5 | 3 | 7 | |
| 4/5 | 7 | 7 | |
| 3/5 | 2 | 2 | |
| 2/5 | 1 | 0 | |
| 1/5 | 0 | 0 | |
| <u>Résultats selon le score de Del Frari et al.</u> | | | |
| Excellent | 3 | 7 | P=0,43 |
| Bon | 7 | 7 | P=0,71 |
| Raté | 3 | 2 | P=0,63 |

Tableau II : Satisfaction des patients

Satisfaction de l'équipe chirurgicale (Tableau III)

Les résultats étaient jugées « très bons » dans 15% des cas dans le groupe Plâtre et dans 25% des cas dans le groupe CAO.

Les résultats étaient jugées « bons » dans 30% des cas dans le groupe Plâtre et dans 50% des cas dans le groupe CAO.

Les résultats étaient jugées « acceptables » dans 39% des cas dans le groupe Plâtre et dans 19% des cas dans le groupe CAO.

Les résultats étaient jugées « mauvais » dans 16% des cas dans le groupe Plâtre et dans 5% des cas dans le groupe CAO.

Les notes moyennes sur 10 étaient respectivement de 6,96/10 et 8,17 dans les groupes Plâtre et CAO ($p=0,001$). Les bords de la prothèse n'étaient perçus que dans 5 cas du groupe CAO versus 10 du groupe plâtre ($p=0,03$).

| | Groupe plâtre n=13 | Groupe CAO n=16 | p |
|--|--------------------------|-----------------------|---------|
| Note sur 10 | 6,96 (5 – 8) | 8,17 (7 – 9,5) | P=0,001 |
| <u>Résultats selon le score de Goretski et al.</u> | | | |
| Très bon | 2 | 4 | P=0,66 |
| Bon | 4 | 8 | P=0,45 |
| Acceptable | 5 | 3 | P=0,45 |
| Mauvais | 2 | 0 | P=0,19 |
| Perception de la prothèse | 10 | 5 | P=0,03 |

Tableau III : Satisfaction de l'équipe chirurgicale

Reprises chirurgicales à but cosmétique

Le nombre moyen d'interventions à visée morphologique, en comptant l'intervention initiale, était de 1,62 dans le groupe Plâtre versus 1,38 dans le groupe CAO ($p=0,65$).

Dans le groupe Plâtre, les interventions complémentaires consistaient en un geste d'augmentation mammaire ($n=2$), une reprise de loge prothétique afin de recentrer l'implant ($n=2$) ou en un lipofilling ($n=1$).

Dans le groupe CAO, il s'agissait de gestes de comblement par de la graisse autologue: lipofilling ($n=3$) ou une matrice dermique acellulaire injectable ($n=1$).

Données péri-opératoires (Tableau IV)

Le nombre moyen de consultations pré-opératoires était de 2,9 dans le groupe Plâtre versus 2,3 dans le groupe CAO ($p=0,28$).

Quatre des patients du groupe CAO n'ont été vus qu'une seule fois en consultation avant leur intervention.

Le délai pré-opératoire moyen calculé comme le délai entre la première consultation et le jour de la chirurgie était de 11,2 mois dans le groupe Plâtre versus 9,5 mois dans le groupe CAO ($p=0,47$).

Les durées opératoires moyennes étaient respectivement de 74,7 minutes versus 60,2 minutes dans les groupes Plâtre et CAO ($p=0,04$).

La voie d'abord était sternale médiane dans 72% des cas ($n=21$) dans notre série. Elle représentait 46% des voies d'abord dans le groupe Plâtre, tandis que dans le groupe CAO, ce pourcentage s'élevait à 94% ($n=15$). Les autres voies d'abord utilisées étaient épigastriques circonflexes ($n=4$) et sous-mammaire droite ($n=4$).

Un drainage était mis en place dans 69% des cas. Il était quasi-systématique dans le groupe Plâtre où 92% ($n=12$) des interventions faisaient l'objet d'un drainage. Dans le groupe CAO, un drain était mis en place dans 50% des cas ($n=8$). Lorsqu'un drain était mis en place, il était retiré en moyenne au bout de 4,5 jours dans le groupe Plâtre versus 4,2 jours dans le groupe CAO.

Huit patients ont bénéficié de l'utilisation de colle de fibrine type ARTISS, tous dans le groupe CAO.

La mise en place d'un pansement compressif et d'un vêtement de contention était la règle en post-opératoire pour l'ensemble des patients.

La durée moyenne d'hospitalisation était de 5,8 jours dans le groupe Plâtre versus 3,5 jours dans le groupe CAO ($p=0,01$).

Le nombre moyen de consultations post-opératoires était de 3,7 dans le groupe Plâtre versus 2,76 dans le groupe CAO (p=0,7).

Complications (Tableau IV)

La survenue de complications à type de séromes était comparable dans les deux groupes, respectivement de 53,8% et 50%, indépendamment de la présence ou non de drains ou de l'utilisation de colle biologique. Le nombre moyen de ponctions était de 2,3 dans le groupe Plâtre versus 1,5 dans le groupe CAO. Deux séromes n'ont pas nécessité de ponction.

Nous n'avons eu à déplorer aucun hématome au sein de notre série.

Trois cas de désunions cicatricielles ont été relevés, un dans le groupe Plâtre et deux dans le groupe CAO. Parmi ces trois cas, l'un d'eux était la conséquence d'une infection de la loge prothétique ayant abouti à terme à la dépose définitive de la prothèse, sans remplacement.

| | Groupe plâtre n=13 | Groupe CAO n=16 | p |
|--|-------------------------------|----------------------------|----------|
| Nombre de consultations pré-opératoires | 2,9 (2 – 8) | 2,3 (1 - 5) | P=0,29 |
| Délai 1ere consultation – chirurgie (mois) | 11,2 (5 – 26) | 9,5 (4 – 15) | P=0,47 |
| Durée opératoire (minutes) | 74,7 (45 – 140) | 60,2 (47 – 89) | P=0,04 |
| Durée d'hospitalisation (jours) | 5,3 (2 – 9) | 3,5 (2 – 5) | P=0,01 |
| <u>Complications</u> | | | |
| Sérome | 7 (53,8%) | 8 (50%) | P=0,8 |
| Hématome | 0 | 0 | |
| Infection | 0 | 1 | |
| Désunion cicatricielle | 1 | 2 | |
| Nombre de consultations post-opératoires | 3,7 (1 – 10) | 3,35 (2 – 4) | P=0,7 |
| <u>Pourcentage de reprises</u> | | | |
| Transfert de tissu adipeux | 1 | 3 | |
| Matrice acellulaire injectable | 2 | 0 | |
| Retouche de loge prothétique | 0 | 0 | |
| Chirurgie mammaire | 2 | 0 | |
| Changement d'implant | 0 | 1 | |

Tableau IV : Données péri-opératoires

IV – DISCUSSION

Caractère esthétique de la démarche

Les patients consultant en chirurgie plastique pour avis sur thorax en entonnoir sont stéréotypés. Nous retrouvons donc dans notre série les éléments communs à toutes les séries de PE, à savoir des sujets jeunes de morphotype plutôt longiligne.

Le sex-ratio de 2/1 en faveur des hommes est moins déséquilibré que dans les autres séries de la littérature (1-6). Une hypothèse plausible serait celle d'un biais de recrutement lié à la nature même de notre spécialité, la chirurgie plastique attirant volontiers une patientèle féminine.

Les déformations sont homogènes en terme de sévérité dans nos deux groupes avec des index de Haller moyens comparables. Les PE de type 1 de Chin sont proportionnellement plus nombreux dans le groupe plâtre tandis que les 3 types sont équitablement représentés au sein du groupe CAO.

Au sein de notre effectif, la prise de conscience de cette malformation se fait le plus souvent au moment de l'adolescence, parfois même à l'âge adulte. Chez tous les patients, le retentissement de la malformation est important sur les plans psychologique, social et affectif. A ce stade, les patients sont généralement demandeurs d'un geste rapide, le moins invasif et avec les suites les plus simples possibles.

Nous ne réalisons pas d'exams complémentaires cardiaques et pulmonaires lorsque l'examen clinique est normal. Les six patients présentant une plainte fonctionnelle (dyspnée d'effort, palpitations ...) ont été adressés en consultation spécialisée où le bilan ne retrouvait aucun élément objectif pathologique. Nous ne pouvons pas formellement exclure un biais de recrutement nous faisant méconnaître les formes sévères avec un potentiel retentissement fonctionnel, prises en charges plus précocement au sein d'équipes de chirurgies infantile ou thoracique. Cependant, plusieurs séries remettent en doute les conséquences sur les fonctions cardiaques et respiratoires de ce type de malformations thoraciques.

Par ailleurs, la correction du pectus excavatum par les techniques de sternochondroplasties semble n'entraîner aucune amélioration des fonctions cardiaques et pulmonaires comme l'ont montré Malek et al. et Guntheroth et al. dans leurs méta-analyses respectives (11,12).

L'objectif purement esthétique de la correction est également à mettre en balance avec les complications décrites des techniques de sternochondroplasties. La littérature fait état d'un taux de complications allant de 18 à 30%. Les plus fréquentes sont les déplacements ou ruptures de matériel (barres, stabilisateurs) (27-30), d'infection pulmonaires ou médiastinales (31), d'hémo-pneumothorax (32), d'érosion des vaisseaux pulmonaires (33,34), d'occlusion de la veine cave inférieure (35,36) jusqu'aux plus dramatiques avec des lésions cardiaques directes parfois fatales (31,37-41).

Notre série comporte dix femmes. Le motif de consultation initial de six d'entre elles était initialement un désir d'augmentation mammaire, les patientes ignorant totalement la malformation thoracique. Trois d'entre elles ont bénéficié de la mise en place d'implants

mammaires dans le même temps que l'implant sternal. Une patiente a eu un lipomodélage mammaire bilatéral dans un second temps. Les patientes restantes étaient satisfaites de la correction apportée à leur poitrine par l'implant sternal.

Les gestes chirurgicaux secondaires sur les seins sont donc relativement fréquents. L'équipe de Toulouse préconise lorsqu'ils sont nécessaires de les différer par rapport à la pose de l'implant sternal (10). En effet, il n'est pas rare que la restauration de la projection par le seul implant sternal satisfasse la patiente, comme l'ont montré Ho Quoc et al. (13) ou Schwabegger et al (47).

Taille de l'échantillon

Nous sommes conscients du faible effectif de notre série en comparaison d'autres études portant sur le même sujet publiées récemment. Le service de chirurgie plastique du CHU de Nantes est un service de chirurgie plastique générale, polyvalent, dont l'activité est partagée avec la prise en charge des brûlés et une activité de chirurgie plastique pédiatrique. Nous prenons en charge la quasi-totalité des pathologies de notre spécialité et n'avons pas vocation à nous hyperspécialiser dans un domaine spécifique. Le nombre de patients qui ont été pris en charge au sein de notre équipe pour PE est donc cohérent.

Les résultats de ce travail permettent par conséquent de dégager des tendances générales, à analyser avec tout le recul nécessaire, plus que de démontrer la supériorité d'une technique sur une autre.

Il est intéressant de constater que seuls trois PE ont été corrigés par implant thoracique entre 2002 et 2012 tandis qu'entre 2012 et 2016, 16 patients ont bénéficié de cette méthode. Au delà d'un simple biais de recrutement, nous en déduisons que la CAO a apporté une facilité d'utilisation ayant relancé cette activité au sein de notre équipe. Ce ralentissement peut également être en partie imputé à l'avènement des techniques de transfert de tissu adipeux dans le courant des années 2000 (13,17,18).

Qualité des résultats esthétiques

Les satisfactions respectives du patient et de l'équipe chirurgicale, qui constituaient nos critères de jugement principaux se sont révélées peu discriminantes. En effet, les patients quelque soit leur groupe étaient satisfaits de leur résultat, la grande majorité d'entre eux préférant retenir l'amélioration globale et tolérer d'éventuelles imperfections. Ces résultats sont en accord avec les quelques séries de PE corrigés par implants siliconés, où les taux de satisfaction sont élevés (42-46).

Les notes données par les évaluateurs de l'équipe chirurgicale étaient globalement moins bonnes que celles données par les patients pour une même reconstruction. Ces données sont à interpréter avec toute la réserve qu'impose une évaluation subjective sur photographies. La situation pré-opératoire était prise en compte dans le jugement du résultat final.

Les bons résultats en ce qui concerne la perception des bords de la prothèse dans le groupe CAO étaient attendus, même si dans les faits la prothèse reste visible sous la peau dans un tiers des cas dans le groupe CAO



Figure 10 : Sujet ayant bénéficié de la mise en place d'un implant CAO chez qui les limites de l'implant sont bien visibles.

Analyse des données péri-opératoires

Un des réels apports de la CAO, outre la précision de conception de l'implant, a été le confort d'utilisation du chirurgien. La méthode de moulage est laborieuse, soumise à une bonne expérience du chirurgien car imposant de représenter mentalement la projection restituée en tenant compte des parties molles.

Par ailleurs le moulage faisait l'objet d'une consultation dédiée et de ce fait pouvait se révéler chronophage.

Le moulage obtenu était imparfait et fragile, dans la mesure où il était dangereux de trop affiner les bords sans risquer de les endommager durant le transport.

En comparaison, une simple ordonnance de TDM thoracique à réaliser en externe suffit à lancer la production de l'implant par CAO.

Dans cette logique, nous constatons que le nombre de consultations pré-opératoires ainsi que les délais opératoires sont diminués dans le groupe CAO par rapport au groupe plâtre, ce qui est satisfaisant pour des patients généralement pressés de se faire opérer.

Les données ont été recueillies de manière rétrospective sur plusieurs années. Il faut donc ajouter à la variabilité inter-opérateurs, l'évolution propre de chaque chirurgien qui a pu modifier sa pratique au fil des années (variabilité intra-opérateur).

Nous constatons une diminution de la durée opératoire dans le groupe CAO. Une explication possible est que les implants moulés à même le thorax étaient quasi-systématiquement retouchés en per-opératoire, afin d'en affiner les bords notamment, allongeant de ce fait la durée opératoire.

Nous constatons par ailleurs une standardisation de la technique opératoire, notamment dans la voie d'abord. En effet, elle est depuis plusieurs années systématiquement médiane tandis que les voies alternatives étaient fréquentes dans le groupe Plâtre (figure 14).

Nous n'avons observé aucunes cicatrices hypertrophiques ou chéloïdes, ce qui est assez logique dans la mesure où la tension cutanée est très faible voire nulle et où les cicatrices sont comprimées en post-opératoire. La taille des incisions suit également une tendance à la baisse depuis l'utilisation d'un polymère de silicone semi-rigide facilitant l'introduction de l'implant, même si cette donnée n'a malheureusement pas été chiffrée dans notre travail.

Par ailleurs, nous avons constaté que les cicatrices pouvaient être latéralisées lors de la correction des formes asymétriques. Peut-être qu'une incision d'emblée décalée, anticipant la résultante à la manière des incisions sous-mammaires dans les augmentations, réglerait ce problème.

Le recours à un système de drainage, auparavant systématique, n'est plus réservé qu'aux situations de saignements per-opératoires importants. Dans notre série, sa durée variait de 2 à 5 jours. La survenue de séromes ou d'hématomes était indépendante de la présence ou non d'un drain. Dans cette logique, le drain lorsqu'il est mis en place a plus un rôle d'élément de surveillance.



Figure 11 : Patient présentant une voie d'abord circonflexe épigastrique avec adhérences profondes

Nos pratiques ont également été modifiées par l'utilisation de colle biologique type ARTISS®, dont la pulvérisation préviendrait à la fois le risque hémorragique, la lymphorrhée ainsi que la mobilisation secondaire de l'implant en post-opératoire immédiat. Ces éléments mériteraient de faire l'objet d'un travail dédié.

La diminution des durées d'hospitalisation est probablement plus liée à l'absence de drainage qu'au changement de méthode de conception des implants.

Facilité d'utilisation

La CAO a en outre amélioré le confort du chirurgien.

En pré-opératoire, elle permet de s'affranchir du moulage. Celui-ci pouvait s'avérer laborieux en terme de logistique, et faisait l'objet d'un rendez-vous de consultation dédié. Par ailleurs, il était soumis à une courbe d'apprentissage, la tâche imposant de se représenter mentalement la projection restituée, tout en tenant compte des parties molles. De plus, pour ne pas risquer

de casser le prototype pendant le transport, les bords en plâtres étaient souvent plus épais que souhaité.

En per-opératoire, l'implant est d'emblée parfaitement adapté et il n'y a plus lieu de le modifier à la demande, comme cela pouvait être le cas avec les prothèses « ancienne génération », souvent retaillées sur les bords.

Aspect médico-économique.

Le traitement des pectus excavatum sont pris en charge par l'Assurance Maladie.

En l'absence de comorbidités, les patients appartiennent au **GHM* 04C031** « *Autres interventions chirurgicales sur le système respiratoire, niveau 1* » et au **GHS** 1009** (*Bornes: 0 jours - 7 jours, Tarif : 2251.44 €, EXH : 152.41 €*).

Le coût de conception d'un implant par CAO est de 1800 à 2300€.

Au CHU de Nantes, cette somme est prise en charge par la pharmacie de l'établissement et n'est par conséquent pas facturée au patient, ce qui implique un bilan financier négatif pour l'intervention et l'hospitalisation qui l'entoure.

Nous estimons que le surcoût lié à la CAO serait, au moins en partie, amorti dès lors que le nombre de ré-interventions à but de retouche diminuerait chez les patients du groupe CAO. Par ailleurs le gain de temps en pré, per et post-opératoire consécutif à la facilité d'usage reste difficile à chiffrer de manière matérielle.

En comparaison, le coût de fabrication d'un implant à partir de son modèle plâtré était de 760 à 915 euros. Mais le système de financement des hôpitaux était différent. Avant la mise en place de la tarification à l'activité (T2A) en 2004, ceux-ci étaient financés sur le mode de la dotation globale (DG), calculée en fonction du nombre de journées annuelles d'un établissement, et reconduite d'année en année. Les longs séjours n'étaient pas pénalisés, parfois au détriment de l'activité.

* GHM : Groupe Homogène de Malades

** GHS : Groupe Homogène de séjours

Reprises chirurgicales à visée cosmétique

Le nombre de ré-interventions était équivalent dans les deux groupes, de l'ordre d'un patient sur trois, à un patient sur quatre. En revanche la nature des gestes entrepris différait : dans le groupe CAO, toutes les retouches consistaient en des injections de produits de comblement (tissu adipeux autologue, matrice dermique injectable) afin de camoufler un ou plusieurs

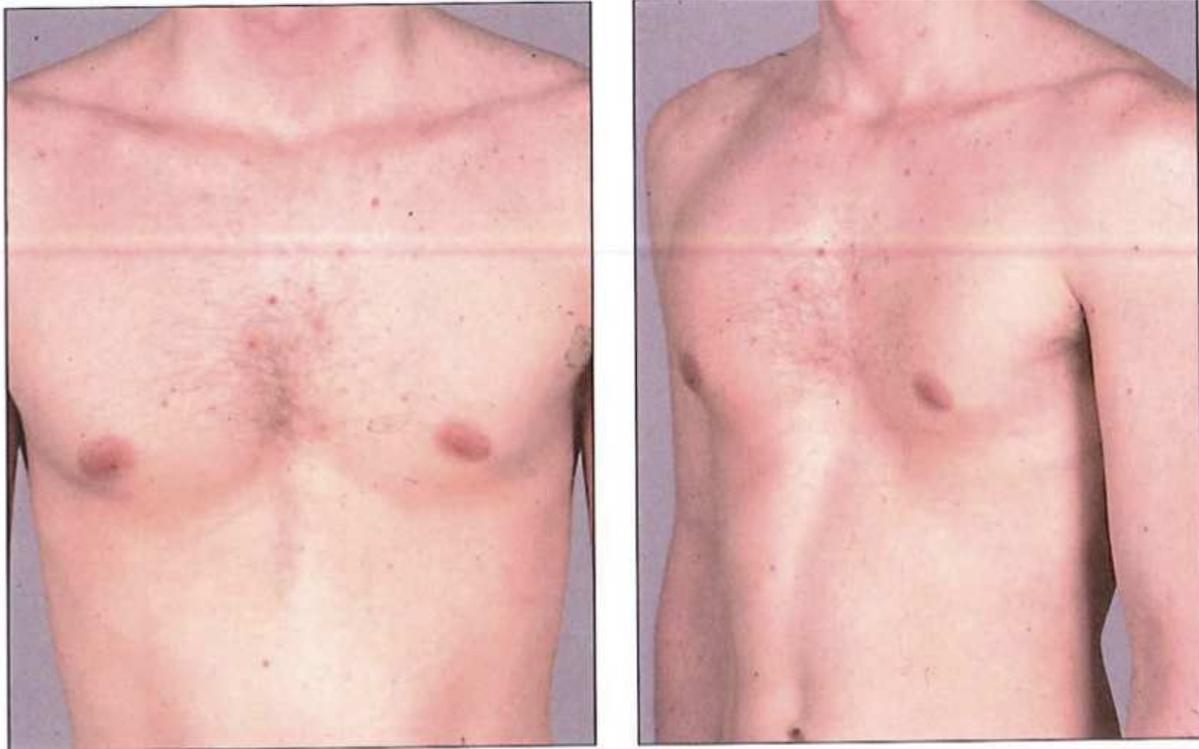
bords de l'implant. Au sein du groupe plâtre, nous constatons que les interventions supplémentaires consistent en une reprise de la loge prothétique ou en une chirurgie mammaire.

Cas particuliers: formes asymétriques ou complexes, sujets de sexe féminin

La conception des implants par moulage plâtré montrait ses limites dans certains cas particuliers. Nous pensons notamment aux déformations complexes, de type 3 de Chin, ou aux formes secondaires. De même, chez les sujets de sexe féminin, le volume mammaire naturel ou la présence de prothèses mammaires peut compliquer le moulage plâtré. Chez les sujets présentant des indices de masse corporelle (IMC) extrêmes, la CAO peut permettre de réaliser un implant aux bords très effilés chez le sujet très mince, et de faire abstraction de l'épaisseur des tissus mous chez le sujet corpulent.

V- CAS CLINIQUES

Cas n°1 (Figures 12A et 12B)



**Figure 12A : Patient de 25 ans présentant un pectus excavatum de type 2 de Chin.
Photographies pré-opératoires**



Figure 12B : Résultat post-opératoire à 6 mois

Le résultat est satisfaisant bien que les bords de l'implant soient visibles, notamment en inférieur. La cicatrice est toujours inflammatoire, ce qui n'est pas surprenant à quelques mois de l'intervention.

Cas clinique 2 (Figures 13A et 13B)



Figure 13A : Patiente de 29 ans présentant un pectus excavatum de type 3 de Chin associé à une asymétrie mammaire. Photographies pré-opératoires

On note l'asymétrie marquée au niveau du volume et de la projection mammaires, de la hauteur des sillons et des plaques aréolo-mamelonnaires, ainsi que le strabisme convergent.

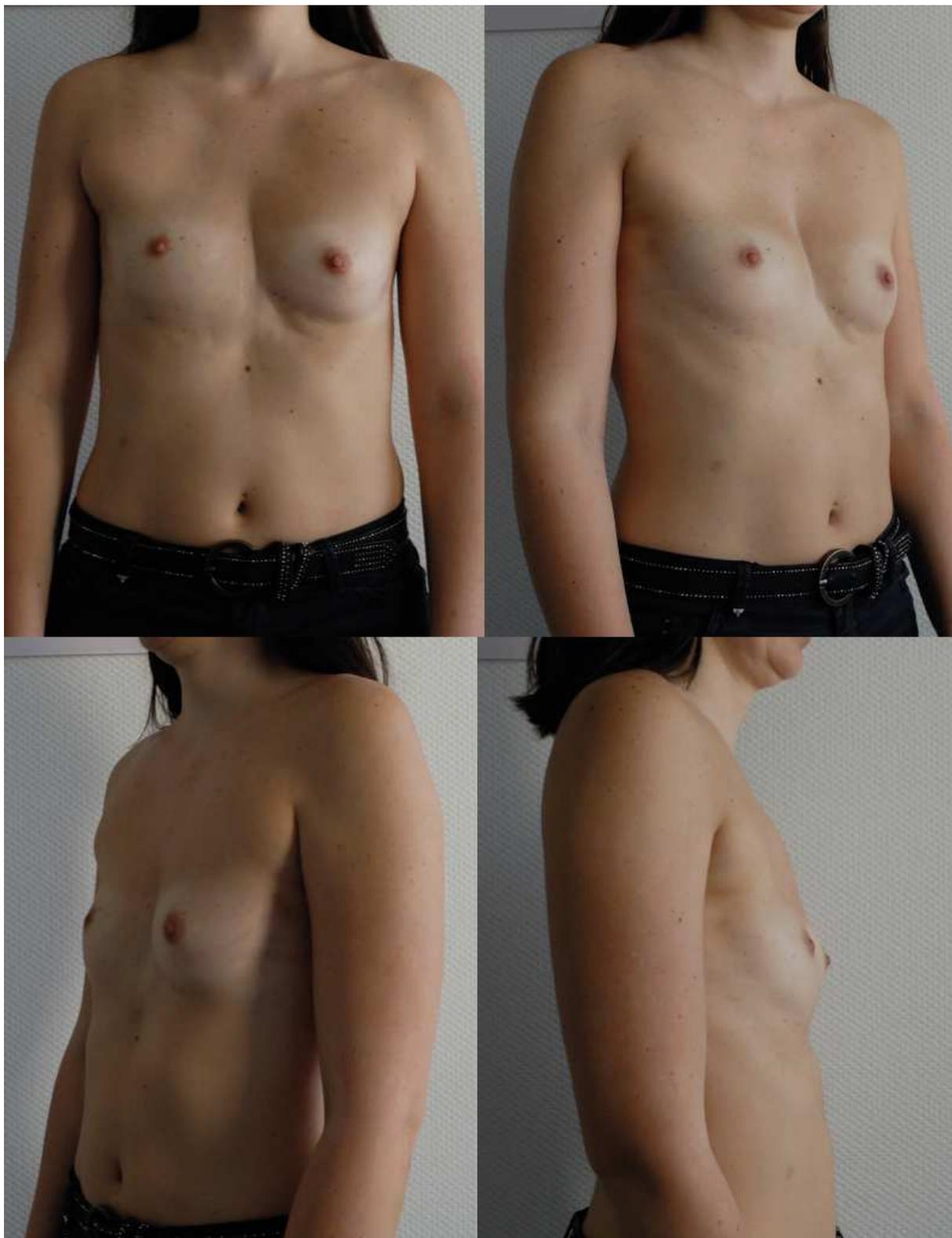


Figure 13B : Résultats post-opératoires à 48 mois

On peut constater la restauration partielle de la projection mammaire droite, corrigeant en partie l'asymétrie, tant au niveau du volume, que de la position des sillons et des plaques aréolo-mamelonnaires. La cicatrice est de bonne qualité bien que latéralisée à droite.

VI- CONCLUSION

La correction des PE est pour nous dictée par une nécessité cosmétique. Dans cette logique il convient d'utiliser la technique la plus reproductible, la plus sûre et la moins invasive possible. La mise en place d'un implant en silicone afin de combler la dépression remplit parfaitement ce cahier des charges contrairement aux techniques de sternochondroplasties qui exposent le patient à des complications rares mais potentiellement dramatiques.

L'utilisation des outils modernes d'imagerie et de traitement informatique, le développement de la CAO, ont permis la conception précise d'implants parfaitement adaptés et offrant de ce fait un fort taux de satisfaction, tant du point de vue des patients que de celui des chirurgiens.

Outre les bons résultats cosmétiques, cette nouvelle méthode de conception facilite considérablement la logistique per et péri-opératoire, ce qui a eu pour effet au sein de notre service de relancer cette activité.

Annexes

| | |
|--|------------|
| Déformation invisible | TRES BON |
| Déformation fronto-sagittale invisible de face | BON |
| Déformation dans le plan sagittal invisible sous un vêtement fin | ACCEPTABLE |
| Déformation visible à travers un vêtement fin | MAUVAIS |
| Note globale sur 10 : | |

Score de satisfaction du chirurgien selon Goretski et al.

| | |
|---|---|
| Je suis pleinement satisfait de ma reconstruction | 5 |
| Je suis très satisfait de la reconstruction et ai constaté une amélioration considérable | 4 |
| La reconstruction est juste satisfaisante | 3 |
| Je suis un peu déçu du résultat. La reconstruction n'est pas aussi satisfaisante qu'attendu ... | 2 |
| Je suis très déçu du résultat. La reconstruction n'est pas du tout satisfaisante | 1 |

Score de satisfaction du patient selon Davis et Weinstein.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Creswick HA, Stacey MW, Kelly RE, Gustin T, Nuss D, Harvey H, et al. Family study of the inheritance of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* oct 2006;41(10):1699-703.
2. Fonkalsrud EW. Current management of pectus excavatum. *World J Surg.* mai 2003;27(5):502-8.
3. Garcia VF, Seyfer AE, Graeber GM. Reconstruction of congenital chest-wall deformities. *Surg Clin North Am.* oct 1989;69(5):1103-18.
4. Krasopoulos G, Dusmet M, Ladas G, Goldstraw P. Nuss procedure improves the quality of life in young male adults with pectus excavatum deformity. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* janv 2006;29(1):1-5.
5. Roberts J, Hayashi A, Anderson JO, Martin JM, Maxwell LL. Quality of life of patients who have undergone the Nuss procedure for pectus excavatum: Preliminary findings. *J Pediatr Surg.* mai 2003;38(5):779-83.
6. Kelly RE, Lawson ML, Paidas CN, Hruban RH. Pectus excavatum in a 112-year autopsy series: anatomic findings and the effect on survival. *J Pediatr Surg.* août 2005;40(8):1275-8.
7. Brigato RR, Campos JRM, Jatene FB, Moreira LFP, Rebeis EB. Pectus excavatum: evaluation of Nuss technique by objective methods. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* déc 2008;7(6):1084-8.
8. Nuss D, Obermeyer RJ, Kelly RE. Pectus excavatum from a pediatric surgeon's perspective. *Ann Cardiothorac Surg.* sept 2016;5(5):493-500.
9. Horth L, Stacey MW, Proud VK, Segna K, Rutherford C, Nuss D, et al. Advancing our understanding of the inheritance and transmission of pectus excavatum. *J Pediatr Genet.* sept 2012;1(3):161-73.
10. Chavoïn J-P, Grolleau J-L, Moreno B, Brunello J, André A, Dahan M, et al. Correction of Pectus Excavatum by Custom-Made Silicone Implants: Contribution of Computer-Aided Design Reconstruction. A 20-Year Experience and 401 Cases. *Plast Reconstr Surg.* mai 2016;137(5):860e-71e.
11. Malek MH, Berger DE, Marelich WD, Coburn JW, Beck TW, Housh TJ. Pulmonary function following surgical repair of pectus excavatum: a meta-analysis. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg.* oct 2006;30(4):637-43.
12. Guntheroth WG, Spiers PS. Cardiac function before and after surgery for pectus excavatum. *Am J Cardiol.* 1 mars 2008;101(5):743.
13. Ho Quoc C, Chaput B, Garrido I, André A, Grolleau J-L, Chavoïn J-P. [Management of breast asymmetry associated with primary funnel chest]. *Ann Chir Plast Esthet.* févr 2013;58(1):54-9.
14. Chavoïn J-P, Dahan M, Savina EN, Didier A, Chaput B. The Pectus Excavatum is nothing but an aesthetic problem. *Plast Reconstr Surg.* 16 sept 2016;

15. Nuss D, Kelly RE, Croitoru DP, Katz ME. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* avr 1998;33(4):545-52.
16. Ravitch Procedure for Pectus Excavatum: Background, Indications, Contraindications. 21 oct 2016
17. Pereira LH, Sterodimas A. Free fat transplantation for the aesthetic correction of mild pectus excavatum. *Aesthetic Plast Surg.* mars 2008;32(2):393-6.
18. Ho Quoc C, Delaporte T, Meruta A, La Marca S, Toussoun G, Delay E. Breast asymmetry and pectus excavatum improvement with fat grafting. *Aesthet Surg J.* 1 août 2013;33(6):822-9.
19. Chavoin JP - Chirurgie plastique et reconstructrice des parois et des confins - Elsevier Masson
20. Marks MW, Argenta LC, Lee DC. Silicone implant correction of pectus excavatum: indications and refinement in technique. *Plast Reconstr Surg.* juill 1984;74(1):52-8.
21. Chin EF, Adler RH. The surgical treatment of pectus excavatum (funnel chest). *Br Med J.* 8 mai 1954;1(4870):1064-6.
22. Chin EF. Surgery of funnel chest and congenital sternal prominence. *Br J Surg.* janv 1957;44(186):360-76.
23. Haller JA, Kramer SS, Lietman SA. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report. *J Pediatr Surg.* oct 1987;22(10):904-6.
24. Goretsky MJ, Kelly RE, Croitoru D, Nuss D. Chest wall anomalies: pectus excavatum and pectus carinatum. *Adolesc Med Clin.* oct 2004;15(3):455-71.
25. Del Frari B, Schwabegger AH. Clinical results and patient satisfaction after pectus excavatum repair using the MIRPE and MOVARPE technique in adults: 10-year experience. *Plast Reconstr Surg.* déc 2013;132(6):1591-602.
26. Davis JT, Weinstein S. Repair of the pectus deformity: results of the Ravitch approach in the current era. *Ann Thorac Surg.* août 2004;78(2):421-6.
27. Hebra A, Swoveland B, Egbert M t al. Outcome analysis of minimally invasive repair of pectus excavatum : Review of 251cases. *J Pediatr Surg.* 2000;35:252-257.
28. Park HJ, Kim KS, Lee S. A next generation pectus excavatum repair technique : New devices make a difference. *Ann. Thorac Surg.* 2015;99:455-461.
29. Fallon SC, Slater BJ, Nuchtern JG. Complicatopns related to Nuss procedure. Minimizing risk with operative technique. *J Pediatr Surg* 2013;48:1044-1048.
30. Giacomo TD, Diso D, Francioni F. Minimally invasive pectus excavatum repair : migration of bar and ossification. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2013;21:88-89.
31. Moss RL, Albanese CT, Reynolds M. Major complications after minimallu invasive repair of pectus excavatum : case reports. *J Pediatr Surg.* 2001 ;36:155-158.

32. Cheng YL, Lin CT, Wang HB. Pleural effusion complicating after Nuss procedure for pectus excavatum. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 ;20:6-11.
33. Leonhardt J, Kübler JF, Feiter J. Complications of the mini-invasive repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg .* 2005 ;40:e7-e9.
34. Adam LA, Mehann JJ. Erosion of the Nuss bar into the lateral mammary artery 4 months after minimally invasive repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2008 ;43 :394-397).
35. Nath DS, Wells WJ, Reemstem BL. Mechanical occlusion of the inferior vena cava : an unusual complication after repair of pectus excavatum using the Nuss procedure. *Ann Torac Surg.* 2008 ;85:1796-1798.
36. Ballhouey Q, Léobon B, Trincherro JF. Mechanical occlusion of the inferior vena cava : an early complication after repair of a pectus excavatum using the Nuss procedure. *J Pediatr Surg.* 2012 ;47 :e1-e3.
37. Johnson WR, Fredor D, Singhal S. A novel approach to eliminate cardiac perforation in the Nuss procedure. *Ann Thorac Surg.* 2013 ;95:1109-1111.
38. Schaarschmidt K, Lempe M, Schlesinger F. Lessons learned from lethal cardiac injury by Nuss repair of pectus excavatum in a 16-year-old . *Ann Thorac Surg.* 2013 ;95:1793-1795.
39. Bouchard S, Hong AR, Gilchrist BF. Catastrophic cardiac injuries encountered during the mini-invasive repair of pectus excavatum. *Semin Pediatr Surg.* 2009 ;18:66-72.
40. Becmeur F, Ferreira CG, Haeker FM. Pectus excavatum repair according to Nuss : Is itsafe to place a retrosternal bar by a transpleural approach, under thoracoscopic vision ? *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2011 ;21:757-761.
41. Darlong LM. Pectus tunneloscopy : Making Nuss procedure for pectus excavatum safe. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013 ;17:233-236.
42. Nordquist J, Svensson H, Johnsonn M. Silastic implant for reconstruction of pectus excavatum : an update. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2001 ;35 :65-69.
43. Wechselberger G, Ohlbauer M, Haslinger J. Silicone implant correction of pectus excavatum. *Ann Plast Surg.* 2001 ;47:489-493.
44. Margulis A, Sela M, Neuman R. Reconstruction of pectus excavatum with silicone implants. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2006 ;59 :1082-1086.
45. Snel BJ, Spronk CA, Werker PM. Pectus excavatum reconstruction with silicone implants : Long-term results and review of the english-language litterature. *Ann Plast Surg* 2009 ;62 :205-209.
46. Johnson PE. Refining silicone implant correction of pectus excavatum through computed tomography. *Plast Reconstr Surg.* 1996;97:445-449.
47. Schwabegger AH, Del Frari B, Pierer G. Aesthetic improvement of the female breast in funnel chest deformity by surgical repair of the thoracic wall : Indication or lifestyle surgery ? *Plast Reconstr Surg.* 2012;130 :245e-253e.

Titre de Thèse :

**Apport de la conception assistée par ordinateur (CAO) à la réalisation des implants thoraciques sur mesure pour correction des Pectus Excavatum.
Expérience du CHU de Nantes.**

RESUME

Le pectus excavatum est la malformation congénitale thoracique la plus fréquente et constitue un motif de consultation courant en chirurgie plastique. En l'absence de données fiables concernant un retentissement fonctionnel cardiaque ou pulmonaire, notre attitude consiste en un comblement de la dépression par une prothèse sur mesure en silicone.

L'objectif de ce travail était d'évaluer les gains apportés par la conception assistée par ordinateur (CAO) dans la fabrication des implants en comparaison de la méthode classique de moulage plâtré.

Nous avons colligé l'ensemble des cas ayant bénéficié de la mise en place d'implants sur mesure en silicone au sein du service de chirurgie plastique du CHU de Nantes. Les critères de jugement étaient la qualité des résultats évaluée par le patient, et par l'équipe chirurgicale en aveugle sur photographies et par questionnaires standardisés. Les délais pré-opératoires, les durées d'interventions et d'hospitalisation, le nombre de reprises chirurgicales à visée cosmétique, les suites et complications post-opératoires, étaient relevés. Nous nous sommes également intéressés à l'aspect médico-économique de la prise en charge.

Entre 1990 et 2016, 29 implants thoraciques en silicone ont été posés dans notre service. Avant 2012, les implants étaient conçus par moulage plâtré (n=13). Après cette date, les implants étaient conçus par CAO (n=16). Les patients jugeaient leurs résultats « bons » ou « excellents » dans 77% et 86% des cas respectivement dans les groupes Plâtre et CAO. Les notes attribuées par l'équipe chirurgicale aux reconstructions par implants CAO étaient significativement meilleures que dans le groupe Plâtre. Les implants CAO étaient moins visibles ou sensibles que les implants du groupe Plâtre. La durée opératoire était réduite dans le groupe CAO : 60,2 minutes versus 74,7 minutes dans le groupe Plâtre (p=0,04), de même que la durée d'hospitalisation : 3,5 jours versus 5,3 jours (p=0,01). Il n'y avait pas de différences significatives entre les deux groupes en termes de complications post-opératoires.

La prise en charge des pectus excavatum par pose d'un implant en silicone sur mesure constitue une méthode peu invasive et pourvoyeuse de bons résultats cosmétiques. La conception de ces implants est facilitée et améliorée qualitativement par la CAO.

MOTS CLES

Pectus Excavatum ; Malformation thoracique ; Prothèse ; Conception assistée par ordinateur ;

Vu, le Président du Jury,
(tampon et signature)

Vu, le Directeur de Thèse,
(tampon et signature)

Vu, le Doyen de la Faculté,
(tampon et signature)