

Protocole chirurgical

PECTUS EXCAVATUM

Technique des implants 3D sur-mesure



**Pr Jean-Pierre Chavoïn**

Ex chef du service de chirurgie Plastique au CHU de Toulouse, ex secrétaire général de la Société Française de chirurgie Plastique, Reconstructrice et esthétique (SoFCPRE) pendant 13 ans puis président

Référent dans le traitement des malformations par implants sur mesure 3D avec plus de 800 cas opérés

# TABLE DES MATIÈRES

<b>AVANT-PROPOS</b>	3
<b>PRÉ-REQUIS</b>	3
Tomodensitométrie du thorax	3
Photos du thorax	3
<b>PRÉ-OPÉRATOIRE</b>	4
Mesure et marquage	4
Préparation du patient	5
Dessin pré-opératoire	5
Abord chirurgical et incision	5
<b>CHIRURGIE</b>	6
Incision	6
Dissection	6
Insertion	8
Suture	9
<b>CAS PARTICULIERS</b>	11
Implants mammaires présents avant le traitement du Pectus	11
Pose d'implants mammaires après traitement du Pectus	11
Reprise de Pectus après Ravitch	12
Pectus latéral bas	12
Pectus Mixte (type 3 avec carinatum latéral)	12
Saillie costale haute sur Pectus Arcuatum bas	13
Saillie de l'auvent costal	13
<b>SUITES OPÉRATOIRES</b>	14
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	15
Guide chirurgical pas à pas	16
Webinar traitement des déformations thoraciques avec implants 3D sur-mesure	16
<b>CONTACTS</b>	17

## AVANT-PROPOS

Le pectus excavatum est la déformation la plus fréquente du thorax. Elle concerne entre 1/300 et 1/1000 naissances par an dans le monde. Dans la plupart des cas, cette dépression du sternum n'a pas d'impact fonctionnel, mais elle conduit souvent à de forts complexes psychologiques.

En l'absence de symptômes cardio-respiratoires, une chirurgie de comblement avec implant 3D sur mesure est une procédure de premier choix. En effet, il s'agit d'une chirurgie simple et unique, à faible risque de complication, et donnant des résultats immédiats pour tout type de pectus.

La technique convient aussi bien aux hommes qu'aux femmes, de 15 à 60 ans, pectus légers ou profonds. Elle est particulièrement intéressante pour les cas asymétriques, les Pectus Arcuatum ou bas et les reprises après échec des autres techniques orthopédiques.

Ce protocole très précis est le fruit d'une longue expérience de chirurgiens plasticiens, thoraciques et pédiatriques, sur des centaines de cas. Son objectif est d'éviter les erreurs techniques, de réduire le risque de complications et de garantir les meilleurs résultats morphologiques.

## PRÉ-REQUIS

### Tomodensitométrie du thorax

En position couchée, bras le long du corps (non en élévation classique), sans produit de contraste et en coupes fines de 1 à 1.2mm du thorax et de l'abdomen complets.

### Photos du thorax

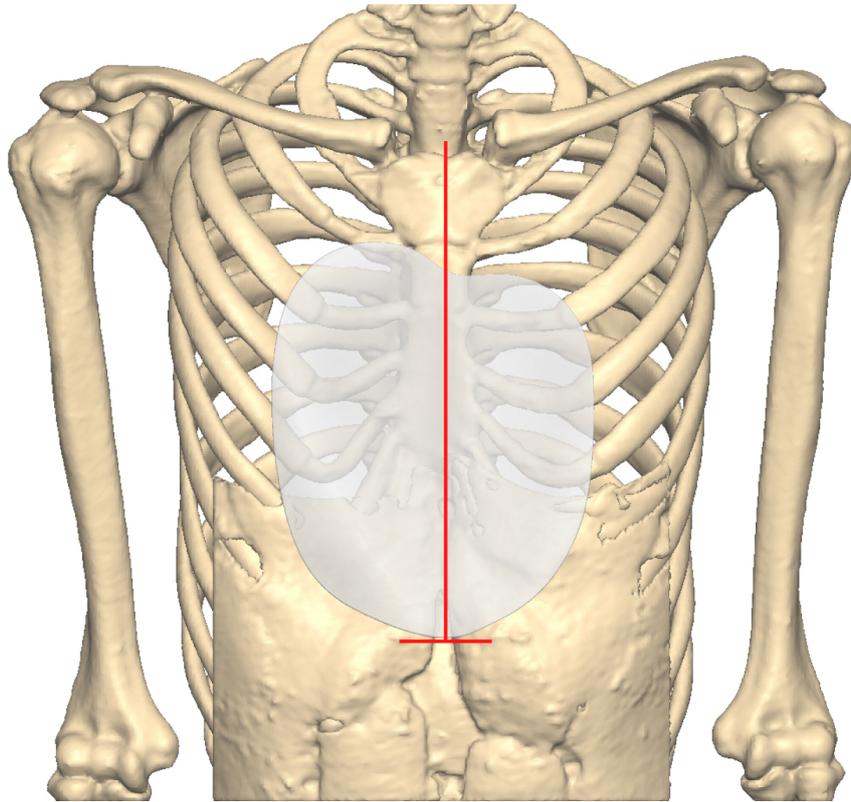
Des photos du thorax du patient peuvent être utiles en complément des données du scan, en particulier pour des patients très musclés ou très enveloppés (ex : adipomastie). Elles permettent en particulier de mieux prendre en compte la morphologie externe des parties molles, seins, tissus adipeux :

- photos de face et de  $\frac{3}{4}$ , en position debout, bras le long du corps, depuis le cou jusqu'aux crêtes iliaques,
- en position couchée (défilé) ou en prise de vue de contre-plongée.



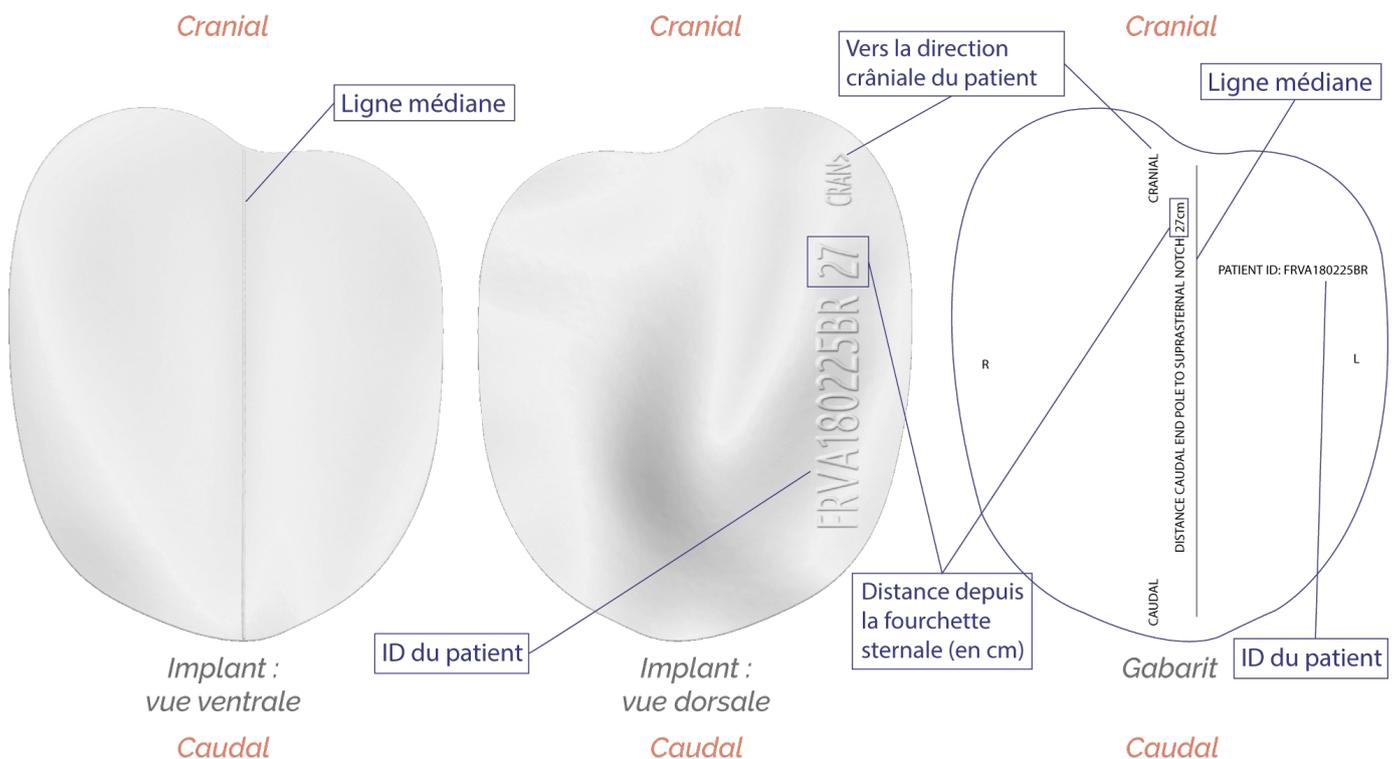
# PRÉ-OPÉRATOIRE

## Mesure et marquage



Un gabarit rigide transparent est fourni dans la boîte en plus de l'implant stérile. Ce gabarit comporte toutes les indications pour pouvoir réaliser le dessin pré-opératoire.

La distance en cm entre la fourchette sternale et l'extrémité caudale de l'implant est calculée sur le thorax virtuel du patient. Sur la face frontale du gabarit, la ligne sternale correspond à l'axe sternal médian. Avec ces deux repères, le gabarit peut être placé avec précision dans la bonne position et son contour tracé sur la peau.



## Préparation du patient

- Douche classique, brossage des mains et pieds, ongles sans vernis,
- Rasage avec tondeuse limité à la zone pré-sternale (10X15cm - zone pansement),
- Antibiothérapie dissuasive à l'induction anesthésique (cefazoline 2G iv) 30 minutes avant l'incision.

## Dessin pré-opératoire

Patient en décubitus dorsal, bras le long du corps.

La zone précise de l'implant est dessinée avec un feutre permanent, en utilisant le gabarit.

- Tracer la ligne médiane pré-sternale de la fourchette sternale jusqu'à l'ombilic,
- Marquer la distance entre la fourchette sternale et l'apex de l'implant (distance gravée sur le gabarit),
- Le gabarit doit être placé dans le bon sens « cranial » vers le haut et en respectant les indications Droite (R : right) / Gauche (L : Left). La ligne sternale sur la face ventrale du gabarit est centrée sur l'axe sternal médian dessiné sur la peau,
- Tracer le contour du gabarit.

Préparation antiseptique, champs opératoires, checking, contrôle de l'éclairage.

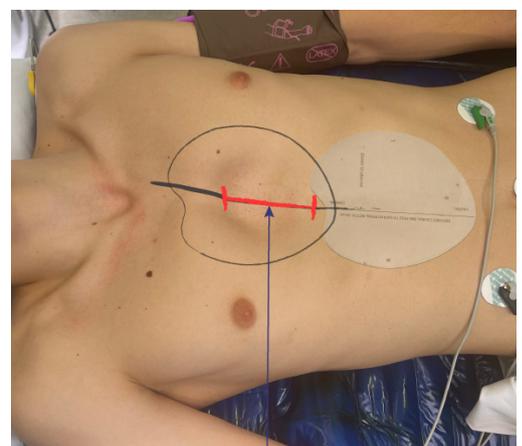
## Abord chirurgical et incision

Un bon éclairage est essentiel pour visualiser toute la zone de dissection et d'hémostase à travers une voie d'abord limitée : on doit avoir à sa disposition un éclairage à lumière froide soit frontale soit couplée à un écarteur éclairant (Écarteur Tebbetts 9 cm).



La ligne d'incision de 6 à 9 cm est médiale et verticale, mieux adaptée qu'une incision basse horizontale :

- La dissection centrifuge permet une vue et un contrôle plus facile de tout l'espace, y compris sous-fascial bas,
- L'hémostase est plus facile sur les tranches de section musculaires et sur les gros vaisseaux perforants supérieurs (2ème et 3ème espaces intercostaux),
- La qualité de la cicatrice est améliorée par la moindre tension de la suture (excès cutané, suture musculaire) et par une compression post-opératoire plus efficace sur un sous-sol osseux ferme que dans une approche basse.



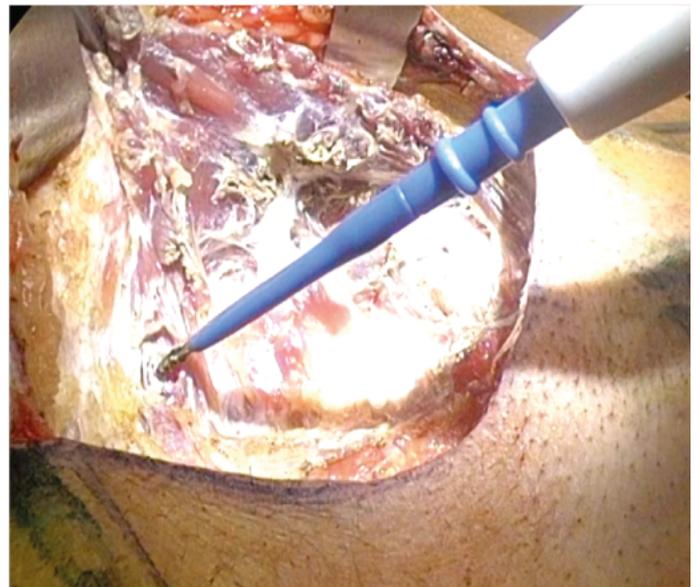
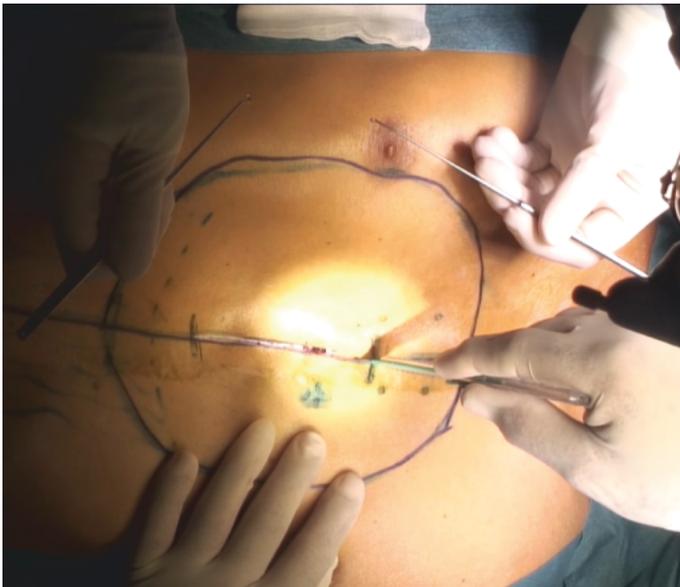
Dessin de l'incision verticale présternale (6 à 9 cm)

Attention : le gabarit est posé sans pression ni déformation sur la surface du thorax.

## CHIRURGIE

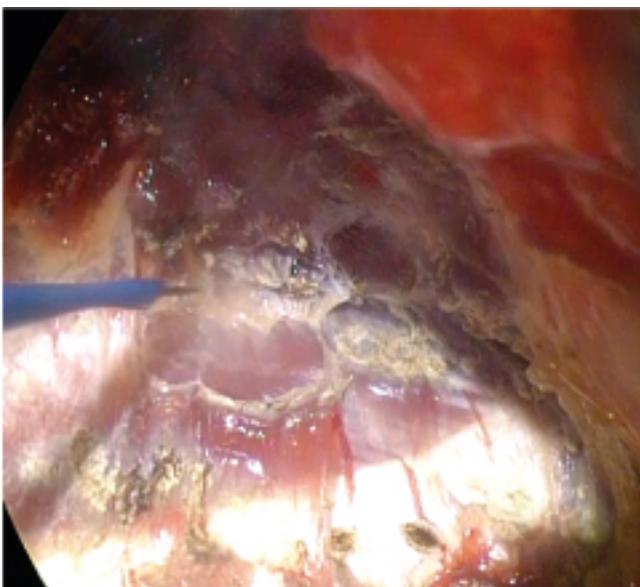
### Incision

- Incision cutanée au bistouri lame sans infiltration préalable d'adrénaline,
- L'assistant tient les berges cutanées avec deux crochets de Gillies,
- Incision du plan sous-cutané en mode section avec le bistouri électrique, électrode courte protégée (idéal : embouts Stryker Colorado) pour éviter de brûler les bords de la peau.



### Dissection

- Sur le plan pré-sternal, libération médiale des attaches musculaires, sternales, costales et intercostales du Pectoralis Major (PM) et sur l'ensemble de leurs insertions médiales et caudales. Le muscle petit pectoral doit être respecté,
- Les assistants tendent les fibres musculaires à l'aide de deux écarteurs de Farabeuf ou américains, les fibres musculaires doivent être sectionnées à 2 mm au-dessus de leurs insertions costale et intercostale,



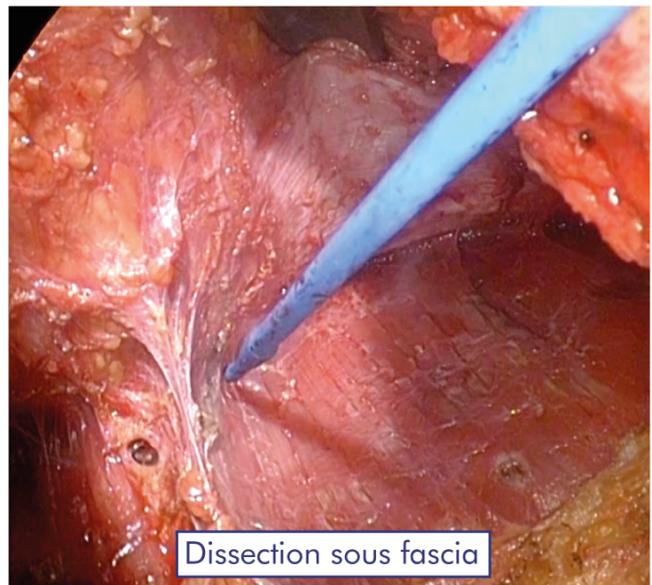
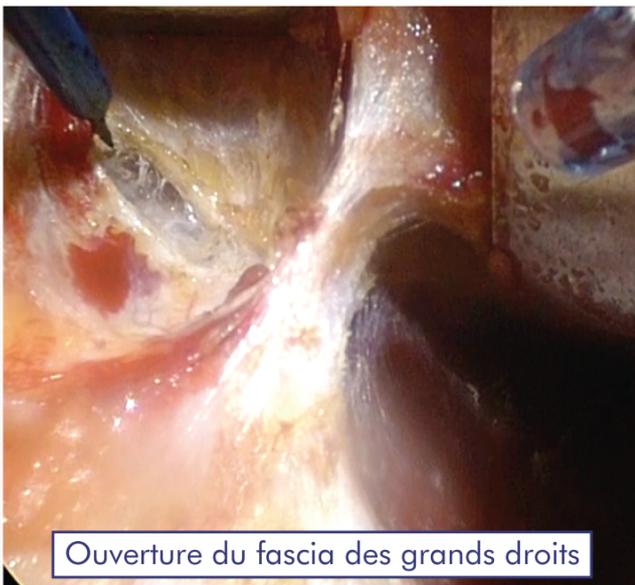
- La dissection s'étend sur 1 cm au-delà des limites de la zone tracée sur la peau afin de prévenir la plicature des bords fins de l'implant, un risque potentiel en cas de dissection trop

courte,

- L'hémostase complète est réalisée avec précision à chaque étape,
- L'assistant utilise deux écarteurs plus gros (type Richardson, Ollier, Kalmorgen, etc.) pour faciliter la dissection caudale et le contrôle de l'hémostase sous un éclairage à lumière froide (frontale ou sur écarteur),
- Dans la partie para-médiane supérieure, le plan de dissection profond est plus difficile à respecter : il faut rester dans le plan cellulaire sous le grand pectoral et progresser lentement pour détecter les gros vaisseaux perforants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> espaces intercostaux. Si possible, ils sont coagulés avant de les couper (mono ou bipolaire),

**Attention : Un clivage trans-musculaire serait hémorragique et rendrait le décollement difficile : il faut toujours rester dans le plan cellulaire précostal.**

- Dans la partie caudale, après section des dernières insertions inférieures et latérales du Pectoralis Major (PM), nous atteignons la zone de transition avec l'insertion du muscle Rectus Abdominis (RA),
- Le fascia est ouvert assez haut, bistouri électrique en section, le muscle apparaît, la section est complétée transversalement depuis le bord latéral du muscle jusqu'à la ligne médiane blanche à au moins 5 cm du pôle inférieur du tracé,



- La dissection se poursuit dans le plan situé entre le muscle et le fascia, écarteurs en traction verticale. Le contrôle des vaisseaux perforants est facilité par les ciseaux à coagulation bipolaire. Les limites sont celles tracées sur la peau et la cloison intermusculaire doit être respectée sur la ligne blanche,

**Attention au risque d'effraction péritonéale en cas de diastasis ou de chirurgie secondaire après Ravitch (sections et résections musculo-aponévrotiques inappropriées).**

- Le chirurgien vérifie l'hémostase, met en place de grandes gazes avec une solution saline chaude dans l'espace libéré puis procède de la même manière de l'autre côté. À la fin de cette dissection, les limites du décollement sont vérifiées :
  - Le décollement crânial dépasse de 1 cm environ les limites tracées sur la peau,
  - Dans la zone caudale, les deux poches sous-fasciales sont libres et séparées par le septum étroit sur cinq centimètres.

- Dernier contrôle d'une hémostase parfaite grâce à l'éclairage à lumière froide,
- Insertion de grandes gazes abdominales imbibées de sérum physiologique chaud (pas tiède !) : cela accélère la coagulation primaire (transformation du fibrinogène en fibrine en cas de saignement en nappe).

## Insertion

- Les chirurgiens changent de gants, l'infirmière instrumentiste nettoie la peau avec du sérum, la sèche, pose les champs de bordure et demande l'implant,

L'implant est livré stérile dans un double sachet : seul le sachet externe est entrouvert et présenté à l'infirmière qui saisit le deuxième sachet stérile contenant l'implant (en cas de chute accidentelle, l'implant pourrait encore être récupéré stérile !).

- Après avoir changé de gants, le chirurgien vérifie une dernière fois l'ensemble de la cavité, ses limites et complète l'hémostase si nécessaire,
- Le chirurgien demande alors à l'instrumentiste d'ouvrir le deuxième sachet. Il saisit l'implant, le replie sur son axe le plus long (généralement vertical) et, appuyé par les écarteurs de Farabeuf, l'introduit immédiatement dans la cavité en bonne position,



- L'implant se déploiera et se positionnera spontanément dans la cavité : sur la partie frontale la ligne medio-sternale verticale saillante apparaît en bonne position, sinon l'implant est repositionné,
- Une fois l'implant en place, son pôle inférieur est externalisé. En l'absence de diastasis, le chirurgien le coupe sur la ligne médiane sur environ 4 cm, à l'aide de ciseaux de Mayo droits. Il l'insère sous l'aponévrose à cheval sur la cloison intermusculaire : la partie caudale de l'implant doit être plane sur le RA : son repli le rendrait visible sous la peau épigastrique.



Remarque : s'il n'y a pas assez d'espace médial, la section médiale de l'implant peut être élargie en triangle. En cas de diastasis total des muscles droits de l'abdomen avec absence de cloison, l'implant est posé sous le fascia sans être sectionné.



## Suture

- Les deux muscles Pectoralis major détachés sont suturés l'un à l'autre par-dessus l'implant,

**Attention : Du fait de leur suture entre eux, la contraction forcée des deux muscles pectoraux pourra entraîner un mouvement transversal visible sous la peau. Il n'y a pas de gêne fonctionnelle ni d'atrophie secondaire, mais il faut avertir les patients pratiquant la musculation intensive.**

- La suture se fait au fil tressé résorbable vicryl 0, grande aiguille courbe ; les points sont séparés et inversés depuis la partie crâniale jusqu'à la partie caudale. S'il n'y a plus de muscle caudalement, le dernier point sera appuyé sur le fascia profond. Les nœuds sont tous en position profonde, sous le plan aponévrotique,



Attention : pas besoin de drain aspiratif car le fort gradient de dépression entre deux surfaces lisses peut provoquer des hématomes par aspiration des caillots de coagulation des gros vaisseaux et de plus favoriser une voie de contamination par les bactéries saprophytes (*Cutibacterium acnes anaerobie*) ou virulents (*staphylococcus*)

- Le plan sous-cutané est suturé par 5 points monocryl 3/0 inversés. En l'absence de tension, 4 à 5 noeuds coupés court sont suffisants : les noeuds restent profonds, les brins ne doivent pas dépasser en surface,

L'utilisation de fils tressés résorbables Vicryl ou Polysorb est déconseillée pour un usage sous-cutané, car ils ont un risque plus élevé de fixer les germes saprophytes de la peau, surtout si de nombreux noeuds conduisent à la formation d'une «tresse» rigide qui risque de s'extérioriser - une véritable autoroute pour les saprophytes en ensemencement rapide de toute la ligne de suture puis contamination de l'implant.

- La fermeture cutanée est réalisée avec une suture continue au monocryl 3/0 : le fil doit passer dans le derme profond,

Attention : éviter une insertion trop superficielle car cela pourrait bloquer la suture et créer un blanchiment des bords épidermiques (signes d'ischémie, risque d'apparition d'une ligne nécrotique).

- Le surjet intra-dermique doit bien glisser : il est bloqué par un seul petit noeud à une extrémité et incarcéré par une forte traction longitudinale. Le fil est coupé à 3cm de sa sortie et maintenu par un steri-strip,
- Le pansement est standard,
- Un tampon en feutre de dacron souple (Rolta) est placé sur la zone pré-sternale, puis une compression circulaire modérée est mise en place : soit une ceinture abdominale élastique provisoire (Thuasne Cicatrex), soit directement un gilet thoracique (MedicalZ S033).

Attention : une compression circulaire trop forte est douloureuse mais une compression insuffisante favorise les séromes.

## CAS PARTICULIERS

### Implants mammaires présents avant le traitement du Pectus

Si les implants mammaires sont dans le plan pré-musculaire et éloignés de la ligne médiane, il est possible mettre l'implant thoracique derrière le muscle et garder les implants mammaires. Sinon, il faut les retirer pour éviter qu'ils ne glissent au milieu et ne créent une « symmastie ».



### Pose d'implants mammaires après traitement du Pectus

En cas d'hypotrophie ou d'asymétrie des seins, il est possible de poser des implants mammaires, mais toujours en position pré-musculaire et dans un deuxième temps opératoire, 6 mois après le traitement de la paroi thoracique et du Pectus.



## Reprise de Pectus après Ravitch

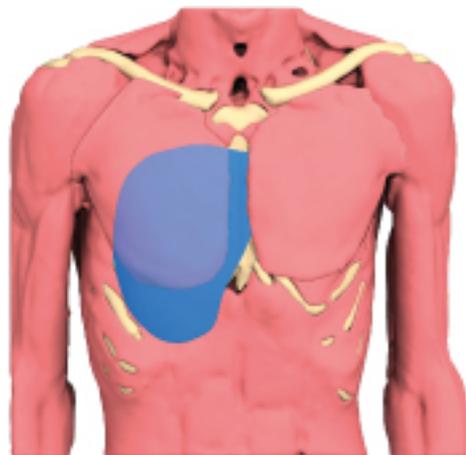
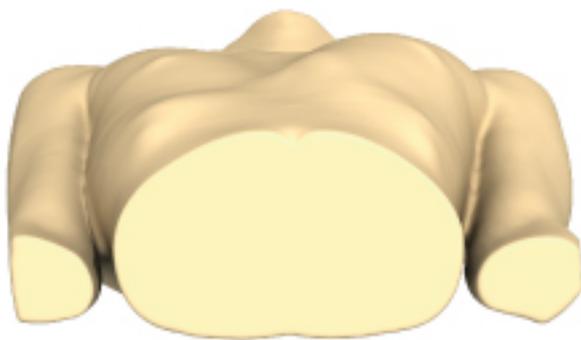
En cas d'échec ou de résultats insuffisants après une sternochondroplastie modelante de type Ravitch ou Ravitch modifié, il faut prendre en compte les altérations et modifications des plans musculaires.

En effet, l'importante rétraction des muscles pectoraux et abdominaux rendent la dissection difficile, surtout au niveau abdominal où peut survenir un risque d'effraction péritonéale en cas de dissection trop profonde. En cas d'absence de plans anatomiques profonds, la mise en place d'un filet préalable peut-être requise comme pour une éventration. Cela évite une migration sous-cutanée de l'implant.



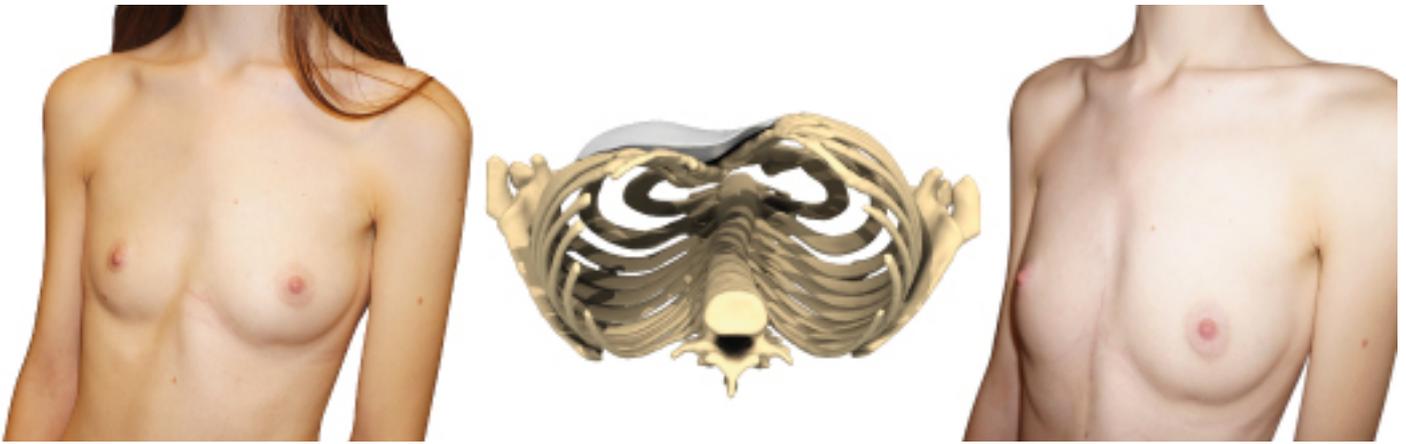
## Pectus latéral bas

Le pectus s'étend latéralement jusqu'aux côtes inférieures. La dissection est la même que d'habitude : sous les muscles pectoraux. La dissection inférieure commence par l'ouverture horizontale de l'aponévrose, découvrant le plan du Rectus Abdominis (RA) homolatéral puis se poursuit latéralement sous le plan musculaire mince du muscle Obliquus Externalis (OE) jusqu'aux limites tracées sur la peau.



## Pectus Mixte (type 3 avec carinatum latéral)

Pectus Excavatum asymétrique de type 3 ou 5 (échec de Nuss) associé à une crête Carinatum latérale à l'opposé. Le dessin de l'implant doit venir jusqu'à la crête lors du comblement du pectus. Il est indispensable de désinsérer les deux muscles pectoraux bien que la dépression soit unilatérale.



Il est très efficace sur les femmes dont le sein recouvre la malformation, mais aussi sur les hommes en particulier après échec d'une autre technique invasive.

### Saillie costale haute sur Pectus Arcuatum bas

Un Pectus Arcuatum modéré peut être associé à une protrusion médiale haute des cartilages costaux. Il est facile, par l'abord classique, avec une dissection plus haute, de libérer les cartilages et de les araser au bistouri. C'est très efficace sur les femmes dont le sein recouvre la malformation, mais aussi sur les hommes.



### Saillie de l'auvent costal

Le pectus est associé à une saillie des auvents costaux. Par une approche directe, on peut d'abord disséquer puis réséquer un segment de cartilage costal puis suturer les tranches de section l'une à l'autre.



## SUITES OPÉRATOIRES

- **J+1** : Bilan

Première ponction dans la zone inférieure, corps droit ou mieux, à demi-assis dans le lit, en cas de malaise vagal. La ponction est aseptique, elle est faite avec une aiguille de 19 gauge et une ou plusieurs seringues de 60cc. Luer-Lock. La ponction doit être faite dans la zone déclive, à droite ou à gauche de la ligne médiane sous l'extrémité de la cicatrice. On recueille 40 à 400cc de collection séro-hématique.

- **J+2** : Bilan

Nouvelle ponction : le liquide est moins hématique. Le pansement de base est remplacé par un hydro-colloïde (Mepilex border e.m. 9x15 cm Monlyncke). Le pansement sera maintenu pendant 8 jours sans être changé (pas de soins infirmiers à domicile), il permet au patient de prendre une douche.

- **J+2** :

La brassière thoracique est mise en place pour 1 mois 24h/24 et 7j/7 avec un coussinet souple médial.



Références :

- Homme : ceinture thoracique avec bretelles Medical Z S033 avec pelote de mousse ronde
- Femmes : Brassière ZBRA S021 avec pelote de mousse triangulaire

- **J+8** : Consultation de contrôle

Changement de pansement. Ponction du sérome si nécessaire.

- **J+15** : Consultation de contrôle.

Suppression du pansement. Ponction si nécessaire : le liquide est plus clair ou séreux.

- **J+22** : Consultation de contrôle.

Ponction si nécessaire. Si le liquide est clair et en petite quantité, les contrôles et les ponctions peuvent être interrompus.

Suivi à **M3** (autorisation pour une reprise progressive d'activité sportive)

La cicatrisation complète et solide de la suture des deux muscles grand pectoraux entre eux,

prend un an. La pratique du sport est interdite pendant au moins **3 mois** et doit être reprise de façon progressive et non violente pendant **un an**. Les sports impliquant des mouvements brusques au niveau des muscles pectoraux sont déconseillés pendant un an (pompes, gainage, escalade, tennis, golf, sports de contact...).

## PROPRIÉTÉS DES ÉLASTOMÈRES DE SILICONE

L'implant est fabriqué à partir d'un élastomère de silicone de grade médical et choisi en fonction de sa fermeté : ferme dans sa partie médiale épaisse, très flexible «aile d'avion» latéralement.

L'introduction par une approche courte est facilitée par la possibilité de le plier. En bas, position sous le plan musculo-aponévrotique, les bords ne sont pas visibles et l'implant parfaitement stable.

Ce matériau est un corps étranger, il n'y a pas de réaction immunitaire de « rejet », mais une classique encapsulation qui est une réaction « d'exclusion ». Cette capsule fibreuse prévient les risques de la migration de l'implant et une contamination par voie sanguine à moyen et à long terme.

L'élastomère de silicone est une gomme dont trois consistances (durométrie) sont à notre disposition. AnatomikModeling choisit la souplesse de l'implant la plus adaptée en fonction de l'indication, du volume et de la projection maximale. Pour le Pectus Excavatum, une durométrie «Extra Soft» est généralement choisie.

## BIBLIOGRAPHIE

Chavoin 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. 2016 May;137(5):860e-71e

Chavoin J-P, editor. Pectus Excavatum and Poland Syndrome Surgery: **Custom-Made Silicone Implants by Computer Aided Design.** Springer International Publishing; 2019 [cited 2019 Apr 24]

Jean-Pierre Chavoin, MD, PhD, Flavio Facchini, MD, Akshay J. Patel, MA(Cantab), MRCS, and Ian Hunt, MD, FRCS(CTh). **The Role of Computer-Aided Design Implant Insertion in Revision Pectus Surgery.** Ann Thorac Surg 2021;112:e387-90

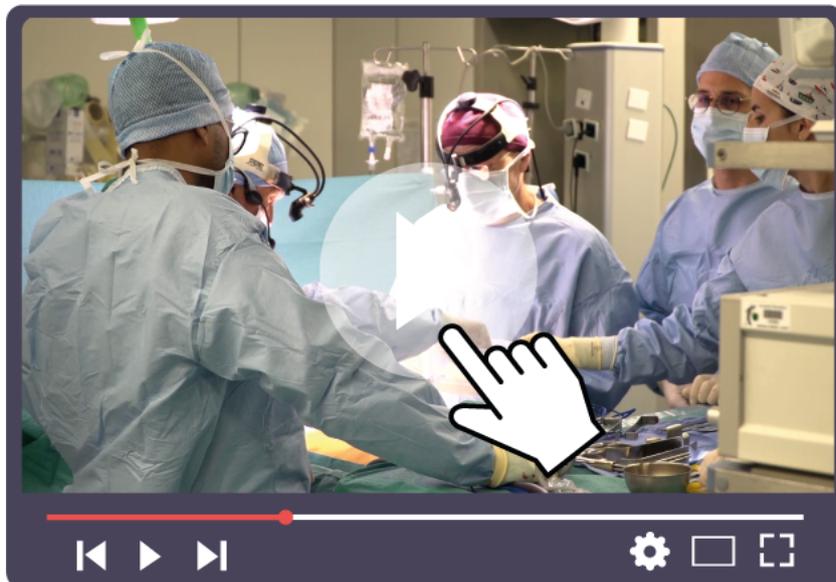
J.-P. Chavoin, S. Gandolfi, P. Leyx, F. Facchini, C. Schirmer, J.-L. Grolleau, E. Lupon, B. Chaput - **Le sein et les malformations thoraciques : stratégie chirurgicale et implants** - Ann.chir.plast.esthet. 2022 vol.67/5-6 , pp 404-413

J.-P. Chavoin, F. Facchini, P. Leyx, I. Hunt, M.-D. Benjoar, L. Molins, O. Tiffet, C. Ratdke, U. Dornseifer , M. Giovannini, B. Chaput, K. Redmond - **Place des implants sur mesure 3D après échec des sterno-chondro-plasties modelantes** - Ann.chir.plast.esthet. 2022 vol.67/5-6 , pp 414-424

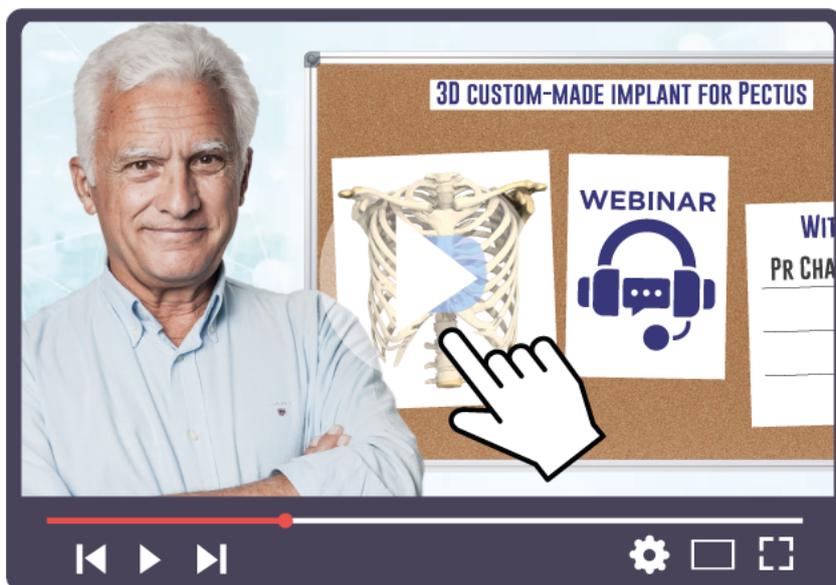
J.-P. Chavoin, B. Chaput, P. Leyx, B. Moreno, M. Dahan, J.-L. Grolleau, - **Chirurgie de comblement du pectus excavatum par implants sur mesure conçus par ordinateur** - EMC 10/01/25

## VIDÉOS

### Guide chirurgical pas à pas ([bit.ly/3D-Implant-Operation-Tenon](https://bit.ly/3D-Implant-Operation-Tenon))



### Webinar traitement des déformations thoraciques avec implants 3D sur-mesure ([bit.ly/Webinar-3D-Implant-Pr-Chavoin](https://bit.ly/Webinar-3D-Implant-Pr-Chavoin))



## CONTACTS



Pr Jean-Pierre Chavoin

jean-pierre.chavoin@orange.fr



3D custom-made implants

Conception 3D, formation et distribution :  
**AnatomikModeling**

7 bis rue des Capucines  
31120 Castanet-Tolosan, France

customerservice@anatomikmodeling.com

+33 (0)9 62 65 59 25

www.anatomikmodeling.com