



ROYAUME DU MAROC
Université Mohammed V - Rabat
Faculté de Médecine et de Pharmacie
RABAT



Année : 2022

MS2112022

Mémoire de fin d'études
Pour L'obtention du Diplôme National de Spécialité

en **CHIRURGIE THORACIQUE**

Intitulé

LES STERNECTOMIES ONCOLOGIQUES.

**EXPÉRIENCE DU SERVICE DE CHIRURGIE THORACIQUE,
CHU IBN SINA DE RABAT.**

Elaboré par :

Docteur ELAAMADI wafae

Sous la direction du

Professeur BOUCHIKH mohammed

Année: 2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قالوا

لسببائك لا علم لنا
إلا ما علمتنا إنك أنت
العليم العظيم

صدقة الله العظيم

سورة البقرة الآية: ٣٢

TABLE DES MATIERES

A. Introduction	4
B. Rappels :	6
1. Classifications des tumeurs de la paroi thoracique :.....	6
2. Évaluation de la tumeur :.....	7
3. Traitement péri opératoire :.....	9
4. Bilan pré opératoire.....	10
5. Préparation pré-opératoire des patients.....	11
6. Technique chirurgicale :.....	12
i. La résection :.....	13
ii. Remplacement :.....	16
iii. Recouvrement :.....	16
C. Matériel-et Méthodes	18
1. Présentation de l'étude.....	18
i. Critères d'inclusion et d'exclusion.....	18
ii. Collecte des données.....	18
D. Résultats	19
E. DISCUSSION	29
F. Conclusion	34
G. RESUME	35
H. REFERENCES	38

A. INTRODUCTION

Le sternum est un os impair et symétrique. Il participe à la formation de la charpente thoracique, il s'articule avec les côtes de part et d'autre via les cartilages afin de former la paroi antérieure de la cage thoracique.

Il joue un rôle important dans la mécanique ventilatoire mais aussi dans la protection des organes vitaux du médiastin. Cet os contient aussi de la moelle osseuse et donc constitue un site d'hématopoïèse. De ce fait il peut être le siège de plusieurs pathologies : traumatiques, tumorales, infectieuses, malformation congénitale...

La sternectomie partielle, subtotale ou totale est un geste chirurgicale lourd, mais qui dans certaines circonstances, constitue le seul moyen thérapeutique pour obtenir une guérison complète de la maladie. Cette résection entraîne un défaut pariétal important et donc une altération de la mécanique ventilatoire. Le principal défi du chirurgien au cours de ce geste est le rétablissement de ce défaut; afin de permettre à la cage thoracique de reprendre son rôle de protectrice des organes vitaux et de récupérer sa mobilité lors mouvements respiratoires.

Plusieurs méthodes de reconstruction sont décrites dans la littérature : notamment celles réalisées à l'aide d'une plaque sandwich en mailles Marlex en méthylméthacrylate, de mailles en titane, d'une plaque en titane et d'une plaque en acier inoxydable, d'une transplantation d'allogreffe et d'une prothèse tridimensionnelle sur mesure. Le choix du chirurgien dépendra de l'expérience de l'équipe chirurgicale, du plateau technique, et des disponibilités locales.

L'objectif de cette étude est de :

- Décrire la technique de résection sternales, ses indications, son intérêt.

- Décrire les moyens de remplacement, leurs avantages et leurs inconvénients.
- Comparer l'expérience de notre service avec la littérature.

B. RAPPELS :

1. Classifications des tumeurs de la paroi thoracique :

Il s'agit d'un groupe hétérogène de tumeurs pouvant se développer de l'os, du tissu mou ou du cartilage. Ils peuvent être classés en fonction du tissu d'origine et de leur caractère malin ou bénin. (*figure1*)

Environ 50 à 80 % des tumeurs de la paroi thoracique sont malignes (1,2). Parmi ces tumeurs malignes, environ 55 % proviennent de l'os ou du cartilage et 45% des tissus mous (3). La survie globale à 5 ans après la résection d'une tumeur de la paroi thoracique est d'environ 60% (2). Une récurrence peut survenir chez plus de 50% des patients, avec une survie à 5 ans de 17% (2).

Les tumeurs bénignes les plus fréquentes incluent : Ostéochondrome, chondrome, dysplasie fibreuse. Les tumeurs malignes les plus fréquentes incluent les sarcomes des tissus mous, les chondrosarcomes et les familles des sarcomes d'Ewing (4).

La localisation sternale de ces tumeurs est moins fréquente. Parmi les os plats, l'incidence des tumeurs se développant au dépend du sternum est de 0,65% et contribue à environ 15% des tumeurs de la paroi thoracique. (5)

L'incidence des localisations secondaires sternales est peu évaluée dans la littérature. L'étude réalisée par Urovitz a estimé leurs incidences à 15,1% (6). Cependant les métastases sternales proviennent volontiers de néoplasme du sein, de la thyroïde, des reins, ou d'hémopathies malignes (lymphome et myélome) (6). Ils peuvent siéger dans le manubrium ou dans le corps sternal.

Malignant	Benign
Primary <ul style="list-style-type: none"> • Chondrosarcoma • Osteosarcoma • Fibrosarcoma • Malignant fibrous histiocytoma • Plasmacytoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Osteochondroma • Osteoma • Hemangioma • Fibrous dysplasia • Langerhan's cell histiocytosis
Secondary <ul style="list-style-type: none"> • Metastases (most common) • Multiple myeloma • Direct contiguous spread from adjacent malignancies- mediastinal masses, carcinoma lung, breast and thyroid 	

Figure 1: Classification des néoplasies sternales (5)

2. Évaluation de la tumeur :

La précision de sa localisation exacte, ses rapports, son extension, sa vascularisation et sa nature histologique permettra d'établir une stratégie de prise en charge médicale si besoin et /ou chirurgicale : étendu de la résection, prévoir les dangers per opératoires, décider de la modalité de remplacement à utiliser, et de la technique de recouvrement si besoin.

Une TDM injectée avec reconstruction 3D constitue la modalité de choix dans l'évaluation des tumeurs sternales grâce à sa haute résolution spatiale et ses capacités multiplanaires (5). Elle fournit aux chirurgiens une excellente description anatomique de la lésion, avec des détails de l'envahissement médiastinal et l'extension Intra thoracique. Elle permet également l'exploration du parenchyme pulmonaire, et donne des bons résultats sur l'évaluation post thérapeutique des tumeurs chimio sensibles (4).

L'IRM thoracique est un examen non irradiant, qui fournit des images de haute résolution. Elle est plus sensible que la TDM thoracique dans l'évaluation de l'envahissement médiastinal et de l'étendu de l'atteinte osseuse, justifiant sa réalisation dans les situations douteuses. Cependant L'IRM n'arrive pas à établir le schéma de minéralisation de la matrice et le type de destruction de la moelle osseuse qui constitue des éléments primordiaux dans le diagnostic des tumeurs osseuses (5).

Le Pet scanner garde toute sa place dans l'évaluations des métastases à distance et dans la recherche de d'autres localisations tumorales.

Une biopsie de la masse est nécessaire afin d'établir un diagnostic histologique pré opératoire de la tumeur (7). La biopsie chirurgicale est préconisée par rapport à la ponction écho ou scannoguidée car la quantité et la qualité des fragments obtenus est meilleure. Elle permet de réaliser des examens immunohistochimiques et de biologie moléculaire pour une identification histologique pré opératoire. Cependant la biopsie chirurgicale présente essentiellement un risque d'ensemencement des tissus sains, il faut alors préconiser l'abord le plus direct et éviter toute dissection inutile et surtout penser a emporté le site de biopsie lors de la résection chirurgicale (4). Dans certaines situations l'obtention d'un diagnostic histologique précis sur des fragments biopsiques est difficile, une biopsie exérèse devrait être planifier considérant la tumeur comme maligne. (8)

Une fois le diagnostic histologique est obtenu, un bilan d'extension est nécessaire en cas d'une localisation primitive à la recherche de métastase et en cas d'une localisations secondaires à la recherche du primitif.

3. Traitement péri opératoire :

Plusieurs traitements péri-opératoires peuvent être proposés en fonction des données histologiques afin d'assurer un contrôle local ou général de la maladie. Lorsqu'il s'agit d'une tumeur bénigne aucun traitement n'est indiqué une résection d'emblée devra être envisagée.

Devant une tumeur maligne primitive un traitement néoadjuvant est à discuter dans le cadre d'une réunion multidisciplinaire. En effet devant les ostéosarcomes une radio chimiothérapie est préconisé en néoadjuvant avant la chirurgie, devant les tumeurs d'Ewing une chimiothérapie première devrait être envisagée avant un contrôle local de la maladie par chirurgie et/ou une radiothérapie. Un cas exceptionnel d'une localisation sternale d'un plasmocytome, le traitement est une radiothérapie mais une chirurgie peut être proposé en post radiothérapie. Un traitement péri opératoire peut également être proposé aux localisations tumorales secondaires au niveau du sternum, ces traitements dépendront de la nature histologique du primitif (Rein, thyroïde, Sein, ...)

Une réunion multidisciplinaire est indispensable pour la prise en charge de ces patients. (*figure2*)

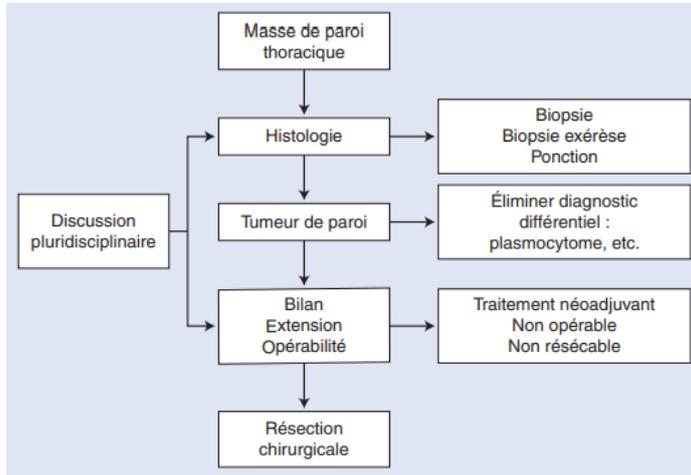


Figure 2 : Conduite à tenir devant une tumeur de la paroi (5)

4. Bilan pré opératoire

La résection sternale est une procédure chirurgicale majeure, la réalisation d'un bilan pré opératoire exhaustif est nécessaire et largement justifié. Ce bilan permettra au chirurgien thoracique d'évaluer le risque individuel de chaque patient en fonction de ces antécédents et de sa pathologie afin d'établir une stratégie chirurgicale adaptée à ses besoins et qui permettra d'éviter des complications per et post opératoires. A noter que la réalisation de ce bilan ne doit en aucun cas retarder la prise en charge thérapeutique.

Les principaux facteurs de risque à évaluer sont :

Le risque cardiovasculaire : L'exploration de la fonction cardiaque du patient est nécessaire par un électrocardiogramme et une échographie

transthoracique. Si une anomalie est observée des explorations spécifiques peuvent être demandés (coronarographie, ...)

Le risque d'une détresse respiratoire post opératoire : elle commence par un interrogatoire détaillé sur les antécédents respiratoires du patient passant la présence d'une pathologie pulmonaire ancienne, en cours, ou récente. Le sevrage tabagique est préconisé et diminue le risque de pneumopathie post opératoire. Les examens à réaliser dépendront du terrain et peuvent se baser sur des tests cliniques : test de montée des escaliers ou test de marche ou des tests à type d'une spirométrie ou d'une pléthysmographie ou même une épreuve d'effort.

Les troubles métaboliques notamment un diabète ou un état de dénutrition, une consultation chez un endocrinologue et un nutritionniste afin d'équilibrer ces troubles et éviter la survenue de complications post opératoire liées au recouvrement chirurgical.

Le bilan réalisé chez ces patients a pour but d'évaluer la morbidité, la récupération et la survie post opératoire. Il ne cherche pas à contre indiquer le geste opératoire (9) mais à détecter les situations à risque afin de prévoir une prise en charge adéquate spécialement que dans la majorité des cas la résection sternale constitue le seul traitement curatif qu'on peut proposer au patient. En principe seule une insuffisance respiratoire sévère devrait constituer une contre-indication à ce geste chirurgical. (8)

5. Préparation préopératoire des patients

Comme toute autre chirurgie thoracique, une préparation pré opératoire est nécessaire afin d'éviter les complications post opératoires.

L'information du patient constitue la première étape de sa préparation au geste opératoire ; il doit être averti de toutes les étapes de la chirurgie afin de le faire participer activement à sa préparation et sa réhabilitation en post opératoire.

Une préparation respiratoire est à démarrer le plutôt possible avant la chirurgie visant à renforcer les muscles respiratoires et à s'entraîner sur des exercices de désencombrement bronchique en pré opératoire (10). Faire appel à un kinésithérapeute est primordial. Les effets de la préparations respiratoires pré opératoire sur la réduction de la morbidité post opératoires ont été démontrés dans plusieurs études. (10)

Une préparation physique par l'adoption d'une activité physique régulière (30 min de marche) afin de stimuler son système cardiorespiratoire.

Une préparation mentale est nécessaire. Il ne faut pas hésiter à demander une consultation psychiatrique chez les patients fragiles.

L'arrêt si possible ou la diminution de la consommation de tabac et d'alcool est vivement recommandée, plusieurs semaines avant l'intervention. L'arrêt diminue la morbidité post opératoire (11).

La préparation alimentaire La dénutrition constitue un élément prédictif de complications post opératoire (12). Un régime hyperprotidique et hypercalorique est à préconiser avec même une perfusion d'albumine pré ou péri ou post opératoire.

6. Technique chirurgicale :

Le geste chirurgical se passe en 3 temps opératoires : résection, remplacement et recouvrement.

i. La résection :

La résection chirurgicale devrait répondre au critère de résection oncologiques des tumeurs de la paroi thoracique. En effet elle doit se faire en zone saine (R0), en monobloc, avec des marges de sécurité suffisante et sans effraction tumorale (13). Le geste chirurgical se fait sous AG, avec une IS du côté ou la résection pulmonaire serait éventuellement envisagée.

L'acte chirurgical doit être radical car le pronostic de ces patients est intimement lié au risque de récurrence locale (14). Il doit emporter toute la partie atteinte de l'os avec des marges de 4 cm pour les tumeurs malignes et de 2cm pour les métastases et les tumeurs bénignes (15).

Une incision verticale emportant le site de biopsie sera réalisée en cas d'absence d'envahissement de la peau et des tissus sous cutanés sus jacent. La résection est démarrée au niveau des marges costales, les muscles grands pectoraux sont largement décollés latéralement, En haut, le muscle peaucier du cou est décollé et les muscles sous-hyoïdiens sectionnés pour exposer la fourchette sternale. En bas, on peut désinsérer les muscles de la paroi abdominale pour exposer les cartilages costaux communs et l'appendice xiphoïde. L'espace pleural est ouvert des 2 cotés et un drain pleural est mis en place au niveau des deux cavités.

Toute adhérence avec les tissus adjacents devrait faire suspecter une atteinte tumorale et devrait être réséquée, des prélèvements pour examen anatomopathologique extemporané afin de confirmer l'atteinte pourrait être réalisé, cependant cet examen est difficile sur les recoupes osseuses.

Une sternectomie subtotale est réalisée pour les tumeurs localisées au niveau du corps sternal épargnant les clavicules et les 2 cm sup du manubrium sternal

réalisant un pont osseux (14). Une sternectomie partielle est réservée aux tumeurs du manubrium sternal. La résection peut être élargie aux éléments antérieurs de la paroi thoracique s'ils sont envahis (côtes, cartilages). La résection étendue aux éléments vasculaires est envisagée et réalisée s'ils sont envahis, le tronc veineux innominé peut être ligaturé et emporté avec la pièce, l'envahissement de la veine cave peut nécessiter une résection avec remplacement prothétique pour revascularisation afin de respecter les principes de résection complète.

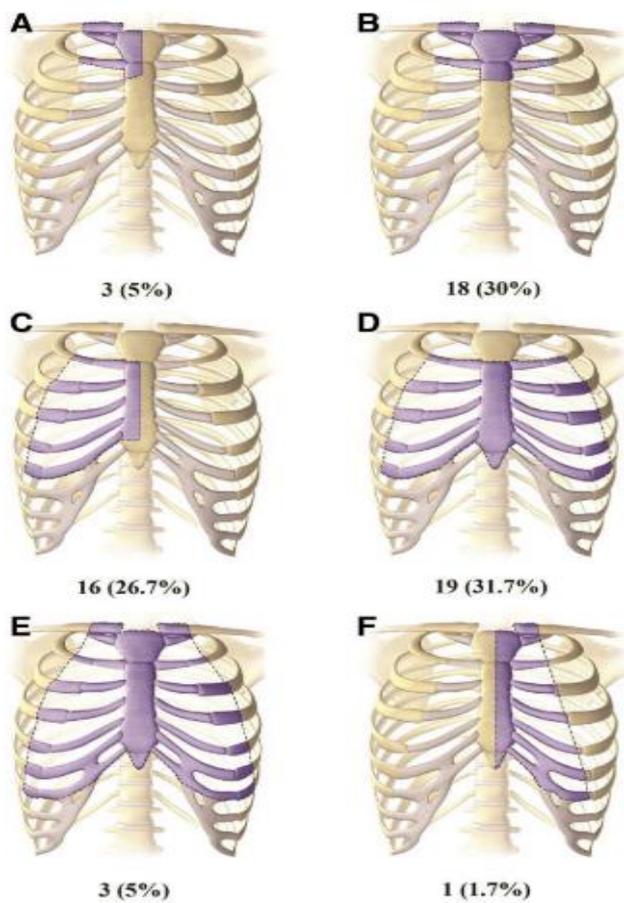


Figure 3: Différents types de sternectomie.(15)

A/Résection impliquant la moitié du manubrium et le sternum adjacent, les têtes claviculaires, les côtes et les cartilages. **B**/ Résection impliquant tout le manubrium et le sternum adjacent avec les têtes claviculaires, les côtes et les cartilages bilatéraux. **C**/ Résection de la moitié du corps sternal avec les côtes et les cartilages unilatéraux adjacents. **D**/ Résection de la plus grande partie du corps sternal avec côtes et cartilages adjacents bilatéraux. **E**/ Sternectomie totale. **F**/ héli-sternectomie totale . (15)

ii. Remplacement :

Il est impératif en cas de résection sternale : il aura pour but de :

- Rétablir la morphologie de la paroi thoracique.
- Éviter les respirations paradoxales.
- Assurer la protection des organes rétro-sternaux.
- Réussir un résultat esthétique satisfaisant pour le patient.

Plusieurs matériaux prothétiques sont décrits dans plusieurs études, idéalement le matériel choisit doit être solide, modelable, facile à utiliser, disponible rapidement, robuste à long terme, résistant à l'infection, radio transparent et peu coûteux (9). Ont été décrits, des matériaux :

Métaux : Acier, titane, alliages

Synthétiques, résorbables ou pas : polypropylène, polytétrafluoroéthylène, polyglactine...

Minéraux : Hydroxyapatite.

Céramique : alumine poreuse...

Biomatériaux : Bovin, porc, humain...

Chaque matériau a ses avantages et ses inconvénients, le choix dépendra de l'équipe chirurgicale et de ses préférences et habitudes, du plateau technique, de la disponibilité et accessibilité du produit mais aussi de l'indication initiale de résection et du terrain.

iii. Recouvrement :

En cas d'absence de résection des tissus musculo-cutanés, le matériel prothétique peut être recouvert par suture sur la ligne médiane des muscles grands pectoraux décollés initialement, un décollement plus large peut s'avérer nécessaire afin d'obtenir une suture sans tension réalisant ainsi une myoplastie de glissement (13). En cas de résection musculo-cutané, le recouvrement par un

lambeau est généralement nécessaire (grand dorsal, grand droit, lambeaux libres, etc.). L'aide de l'équipe de chirurgie plastique est généralement nécessaire.

C. MATERIEL-ET METHODES

1. Présentation de l'étude.

Il s'agit d'une étude rétrospective, s'étalant sur 8ans et ce de janvier 2013 à décembre 2021 au sein du service de chirurgie thoracique du centre hospitalier universitaire de Rabat.

i. Critères d'inclusion et d'exclusion

Tous les patients ayant présenté une tumeur sternale primitive ou secondaire et ayant bénéficié d'une sternectomie totale, subtotale ou partielle ont été inclus.

Les patients ayant bénéficié d'une résection sternale pour traumatisme sternale ou pour une ostéite chronique ont été exclus.

ii. Collecte des données

Les données en rapport avec les 12 interventions ont été extraites à partir des dossiers médicaux des patients et des comptes rendus opératoires.

Pour chaque patient nous avons relevé :

L'identité,

Les antécédents,

La durée d'évolution avant l'intervention,

Les données cliniques,

Les données para-cliniques (radiographie standard, tomodensitométrie, bilan d'extension)

Le traitement néoadjuvant (chimiothérapie et/ ou radiothérapie le cas échéant).

L'intervention chirurgicale : Voie d'abord et geste chirurgical.

L'évolution post opératoire immédiate.

Les résultats de l'examen anatomo-pathologique.

Une fiche d'exploitation a été réalisée afin d'y regrouper toutes les informations précédentes.

D. RESULTATS

Il s'agissait de 6 femmes et de 6 hommes.

L'âge de nos patients variait de 45 à 84 ans avec une moyenne de 63 ans.

Le délai entre le début de la symptomatologie et la prise en charge chirurgicale variant entre 38mois et 2 mois pour une moyenne de 17 mois.

Commenté [MOU1]:

Commenté [u2R1]:

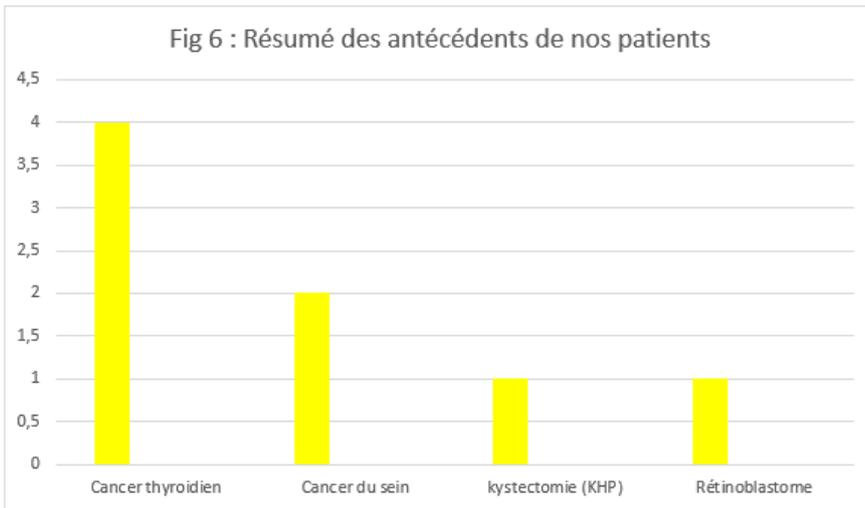


Figure 4: Résumé des antécédents de nos patients.

Les antécédents étaient marqués par la présence d'une localisation néoplasique primitive connue chez 7 de nos patients (figure 4). 2 patients ont été opérés pour un carcinome thyroïdien avant le diagnostic de la localisation

sternale, chez un seul patient le diagnostic de la métastase sternale a été retenue dans le cadre du bilan d'extension de son carcinome thyroïdien. Le cancer du sein est au deuxième plan, chez 2 patients le diagnostic de la métastase sternale est posé dans le cadre du suivie, à 4 ans et 5ans après avoir bénéficié d'une chirurgie et d'une radio chimiothérapie adjuvante avec hormonothérapie.

Le signe d'appel présenté par nos 12 patients était une tuméfaction sternale douloureuse, qui était associée à une AEG chez 5 de nos patients. A l'examen clinique 6 patients présentaient une masse aux dépens du corps sternal, 4 aux dépens du manubrium sternal et chez 2 patients elle occupait les 2/3 du sternum. Afin d'obtenir un diagnostic histologique, une biopsie de la masse a été réalisée chez 8 patients, 6 biopsies chirurgicales et 2 biopsies au trocart.

Tous nos patients avaient bénéficié d'une TDM thoracique, 1 patient d'une scintigraphie osseuses, et 3 patients d'un Pet scanner. Dans le cadre du bilan pré opératoire Ils ont également bénéficié d'un bilan biologique standard, d'une spirométrie et d'une échographie cardiaque. Une évaluation pré anesthésique a été faite dès leurs admission et des séances de kinésithérapie ont été démarrées.

Nos 12 patients était admis au bloc opératoire, installés en décubitus dorsale avec un billot sous les omoplates. Une incision cutanée de part et d'autre la tuméfaction sternale emportant la peau et les bords internes des muscles grands pectoraux a été réalisée chez 10 patients, chez 1 seul patient l'incision cutanée a été élargie du côté droit (en regard de la zone ou déborde la tumeur) emportant la peau en regard et le muscle grand pectoral droit. Chez 1 seul patient la résection cutanée n'était pas nécessaire. 8 patients ont bénéficié d'une sternectomie subtotale supérieure, 2 patients d'une sternectomie subtotale inférieure, une sternectomie partielle chez 1 patient et 1 patiente a bénéficié d'une sternectomie totale (*figure 5*). Tous nos patients ont bénéficié d'une résection en monobloc de la

tumeur.

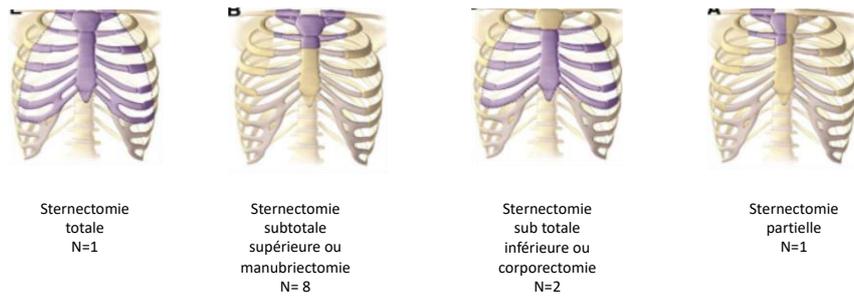


Figure 5: Schéma résumant l'étendu de la résection sternale de nos patients

Une résection pulmonaire atypique a été nécessaire chez 3 patients : 1 patient pour une bullectomie, 1 patient pour nodule pulmonaire métastatique, 1 patient pour un envahissement pulmonaire proximal. Ces résections sont faites par pince automatique. Une thyroïdectomie totale avec curage ganglionnaire cervicale a été faite chez un seul patient en même temps opératoire.

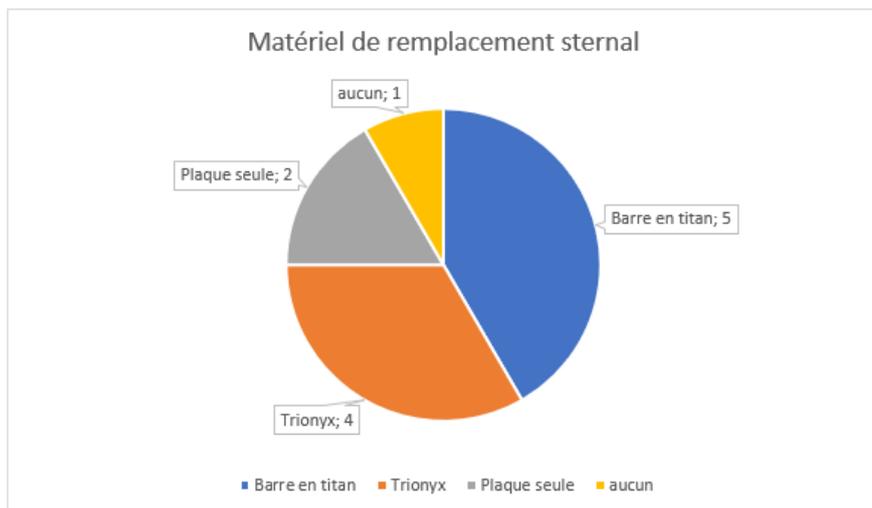


Figure 6: Graphique résumant le matériel de remplacement utilisé chez nos patients

Le remplacement sternal n'était pas nécessaire chez un seul patient (Résection de la moitié gauche du manubrium sternal), la mise en place d'une plaque PTFE chez 2 patients. Un remplacement par barre en titane chez 5 patients (1 ou 2 barres). Une plaque en titan faite sur mesure a été faite chez 4 patients (figure6). Une plaque PTFE est toujours inséré sur les tissus chaque fois qu'un matériel d'ostéosynthèse est mis en place afin de le séparer des organes médiastinaux.

La réalisation d'une myoplastie de glissement par décollement large des muscles grands pectoraux était suffisante afin de recouvrir le defect pariétale chez 10 patients, seule une patiente a nécessité l'intervention de l'équipe de chirurgie plastique afin de réaliser un lambeau libre de recouvrement à partir du muscle

grand dorsal homolatéral.

8 patients ont nécessité un séjour en réanimation en post opératoire immédiat, avec des extrêmes allant de 1 jour jusqu'à 14 jours. Les complications post opératoires immédiates étaient marquées par une pneumopathie hypoxémiant chez une seule patiente rétablie sous antibiothérapie et VNI (la patiente était hospitalisée 14 jours en réanimations) , et une fuite prolongée de chyle sur les redons sous cutané chez une autre patiente rentrée dans l'ordre dans les 10 jours suivants la chirurgie, un seul patient a été ré hospitalisé 15 jours après avoir été déchargé pour la prise en charge d'une pneumopathie virale rétablie sous oxygénothérapie et corticothérapie.

Nous déplorant 2 décès dans les 10 jours suivant la chirurgie. Le premier patient est décédé suite à un choc septique déclaré en post opératoire immédiat. Le deuxième patient a été repris initialement à j3 post opératoire pour saignement pariétale au niveau des Redon, l'extubation était difficile après la reprise chirurgicale ensuite le patient est décédé par un syndrome de détresse respiratoire aiguë.

L'étude anatomopathologique des pièces opératoire a été réalisée chez tous nos patients en effet 33% de nos patients présentait une tumeur sternale primitive avec 2 cas de chondrosarcome, 1 cas de tumeur myofibroblastique et un cas d'ostéosarcome. Chez 67% des patients une localisations secondaires a été retrouvée avec prédominance des métastases de cancer thyroïdien (5 patients) suivie du cancer du sein (2 patientes) et un seul cas de métastases d'un rétinoblastome. (*figure7*)

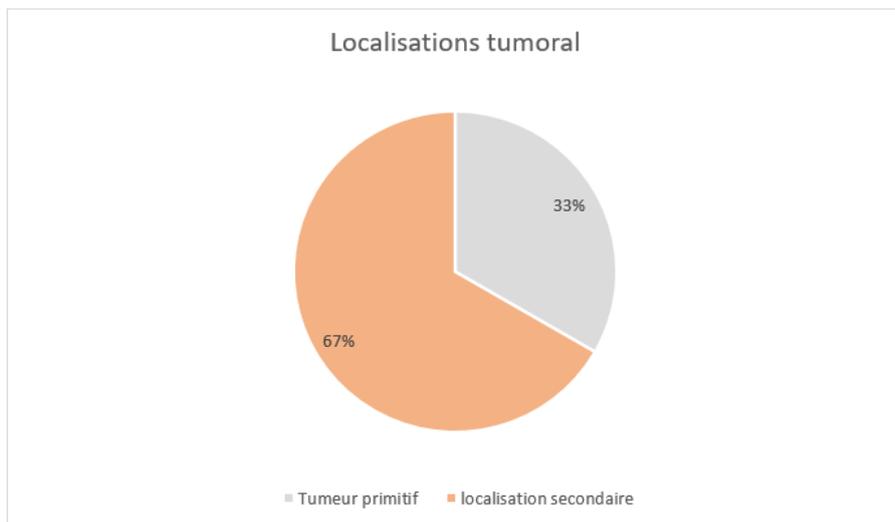


Figure 7: Graphique résumant le pourcentage de la localisation tumorale après étude anatomopathologique sur la pièce opératoire

Patient	Année	Sexe	age	Biopsie	Etude anatomopathologique de la pièce opératoire	Matériel de remplacement	Suites opératoires	Recouvrement
1	2013	M	62	Chondrome	Chondrosarcome	PTFE	Décès	Myoplastie par glissement des muscles grands pectoraux
2	2013	F	74	Chondrosarcome	Chondrosarcome	PTFE	Simple	Myoplastie par glissement des muscles grands pectoraux
3	2016	F	67	Carcinome épidermoïde	Ostéosarcome sternal	PTFE+ Barre THORIB	Simple	Rapprochement des muscles grands pectoraux
4	2017	M	84	Localisation secondaire d'un carcinome vésiculaire de la thyroïde	Méta carcinome thyroïdienne	PTFE+2 barres en titan THORIB	Simple	Myoplastie par glissement des muscles grands pectoraux
5	2017	M	64	Localisation secondaire d'un carcinome thyroïdien	-	PTFE+Barre en titan THORIB	Décès	Myoplastie par glissement des muscles grands pectoraux
6	2017	M	62	Non faite	Localisation sternale d'un carcinome thyroïdien	PTFE+Barre en titan STRATOS	Simple	Myoplastie par glissement des muscles grands pectoraux
7	2017	M	80	Métastase d'un rétinoblastome	Localisation sternale d'un rétinoblastome	-	Simple	-
8	2019	F	71	Non faite	Métastase sternale d'un carcinome papillaire de la thyroïde	PTFE+Plaque sur mesure TRIONYX	Fuite prolongée de chyle	Suture directe
9	2020	F	49	Non faite	Localisation secondaire Carcinome thyroïdien	PTFE+Barre thorib	simples	Decollement des muscles grands pectoraux
10	2020	M	48	Localisation secondaire d'un carcinome mammaire	-	PTFE+Plaque sur mesure TRIONYX	Simple	Myoplastie par glissement des muscles grands pectoraux
11	2020	F	45	Non faite	Localisation osseuse d'un adénocarcinome moyennement différencié d'origine mammaire	PTFE+Plaque sur mesure TRIONYX+ Barre THORIB	Pneumopathie + séjour en réanimation de 14 jours	Lambeau libre du muscle grand dorsal homolatéral
12	2021	M	48	Tumeurs myofibroblastiques	Tumeurs myofibroblastique	PTFE+Plaque sur mesure TRIONYX	Pneumopathie virale	Myoplastie par glissement des muscles grands pectoraux

Figure 8: Tableau récapitulatif des observations de nos patients.



Figure 9: Image per opératoire de la mise en place d'une barre après résection du manubrium sternal + bord interne des 2 clavicule



Figure 10: Image per opératoire de la fermeture du plan musculaire par myoplastie de glissement des deux muscles grands pectoraux

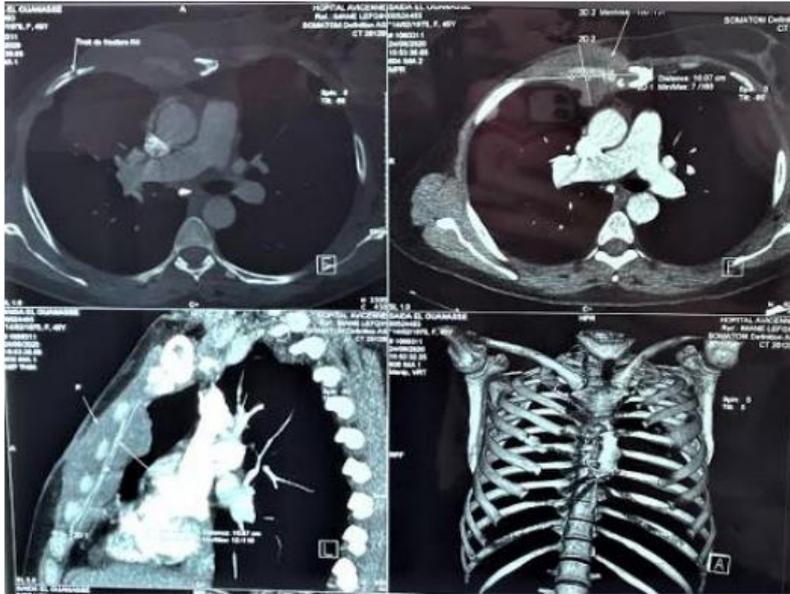


Figure 11: Images scannographique d'une tumeur du corps sternale débordant sur le 4 espace inter costale droit avec destruction de la corticale et déminéralisation du corps sternal par endroit.

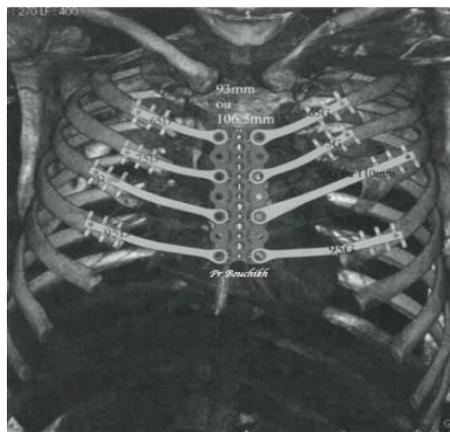


Figure 12: Planification et désigne de la plaque sur mesure



Figure 13: Image montrant la position du patient et le tracage en salle opératoire



Figure 14: Image per opératoire du site après résection (A) et après mise en place du matériel prothétique (B)



Figure 15 : Images per opératoires de la fermeture (A) et de la modification de la position et tracage du site de prélèvement du lambeau musculaire (B) et le recouvrement par lambeau musculo cutané (C) et de la cicatrice final(D)

E. DISCUSSION

Actuellement, et à notre connaissance il n'existe pas de consensus sur les indications absolues de reconstruction de la paroi thoracique. Néanmoins sur plusieurs études portant sur les tumeurs de la paroi thoracique en général, il a été conseillé de réaliser un remplacement lorsque le défaut pariétal est supérieur à 5 cm ou contient 4 côtes ou plus et en cas de résection sternale la reconstruction est obligatoire (9) avec des marges de résection de 3 cm pour les tumeurs malignes et de 2 cm pour les tumeurs bénignes (17).

Plusieurs techniques et moyens sont décrits pour rétablir les fonctionnalités de la paroi thoracique après résection sternale. Chaque méthode et moyen présente ses avantages et ses inconvénients. Dans le passé, les résections larges de la paroi thoracique incluant le sternum constituaient un véritable problème à cause : des difficultés techniques per opératoires, des complications chirurgicales qu'elles entraînent, l'insuffisance respiratoire majeure due à l'instabilité de la cage thoracique et à la respiration paradoxale secondaire à cette résection, mettant en jeu le pronostic vital du patient.

Actuellement et grâce au développement de l'imagerie et des moyens de diagnostic une planification précise pré opératoire peut être réalisée et une reconstruction faite sur mesure peut être programmée permettant d'améliorer le pronostic de ces malades.

La reconstruction aura pour but de :

- ✓ Prévenir les complications respiratoires essentiellement la respiration paradoxale
- ✓ La protection des organes mis à nu lors de la résection afin d'éviter leurs hernie (pulmonaire ou cardiaque)
- ✓ Obtenir un résultat esthétique satisfaisant pour le patient.

Le matériau de reconstruction idéal à choisir devrait répondre à plusieurs critères qui sont : la disponibilité, coût, adaptation, malléabilité, durabilité, résistance aux infections, radio visibilité, stérilisable, biointégrabilité. Plusieurs types de matériaux synthétiques ou biologiques sont disponibles et peuvent être associés ou utilisés séparément (*Figure 17*).

En 1948 Bisgard et Swenson (18) ont publié le premier cas de reconstruction de la paroi thoracique par autogreffe costale. Watson et James (19) ont suggéré l'utilisation d'un greffon de fascia lata pour le remplacement des défauts pariétaux thoraciques, et Campbell et ses collègues (20) ont décrit l'utilisation du lambeau de muscle grand dorsal. Dans le passé l'utilisation de tissus autogènes étaient le choix de références, mais ces tissus présentent l'inconvénient d'être limités quant à la quantité disponible et la morbidité du site donneur (21), à cause de ces faits l'utilisation de tissus d'autogreffe est limitée surtout lorsqu'il s'agit de résection large et étendue.

L'introduction des prothèses synthétiques (Polytetrafluoroéthylène, polypropylène (MARLEX,PROLENE)) a révolutionné la prise en charge de ces patients, car elles procurent une meilleure stabilité de la cage thoracique et la protection des organes sous-jacents(19).En 1980, le composé de méthylméthacrylate isolée ou associée (sandwich)) a commencé à être largement utilisé (2), il a été remarqué qu'il présente certains inconvénients à noter : l'altération de la dynamique des mouvements respiratoires en transformant le thorax en une cage fixe, le risque d'érosion des structures sous-jacentes , le risque également d'infection et de rejet due à l'imperméabilité de leurs mailles aux sérosités et à l'air. En effet un taux d'infection de 5% a été rapporté avec l'utilisation des Mesh de MARLEX (2). Le composé de méthylméthacrylate et de plus en plus abandonné à cause de la toxicité au moment de la pose (17).

A partir des années 2000, l'impression 3D a révolutionné le monde des chirurgiens pour les remplacements après la résection chirurgicale. Le titane a commencé à devenir populaire, il présente une faible densité, une grande résistance, une bonne biocompatibilité, un faible risque de rejet, une résistance aux chocs, une radiopacité, il est non cancérigène et non allergène, et ne se déforme pas après stérilisation (23). Dans notre série le titane a été utilisé chez 9 patients aucun cas d'intolérance, d'allergie ou de rejet de matériel n'a été rapporté. Le remplacement sur mesure par une plaque en titane qui a été fixée sur les côtes adjacentes par des agrafes associées à une plaque PTFE a été réalisée chez 4 patients, il s'agit de la première expérience marocaine. Les 4 patients à ce jour se portent bien et ne rapportent aucune complication en rapport avec leurs matériels prothétiques. Le seul inconvénient des prothèses en titane reste le coût, et le temps d'approvisionnement qui peut être supérieur à 1 mois entravant la prise en charge de ces malades surtout dans un contexte d'un néoplasme maligne. Le risque de cassure du matériel est rare en effet aucun cas dans notre série n'a été déclaré jusqu'à ce jour. Cependant D.Yordanov a décrit le cas d'une patiente de 48 ans opérée pour une tumeur bénigne du sternum, la reconstruction a été réalisée par un implant sur mesure en titane 7/6cm, 5 ans après la chirurgie et suite à des douleurs intenses, une fracture de l'implant a été diagnostiquée (24). Une prothèse 3D faite par des fibres de carbone semble donner de bons résultats, décrites par Bin Wang et al (25), publié en 2019 il s'agit de la première expérience chirurgicale avec un matériel de cette nature. G.MARULLI et al ont rapporté l'utilisation de sternum cadavérique qui est fixé aux côtes par des agrafes en titane en 2016, les résultats sont satisfaisants et l'os cadavérique garde des propriétés d'ostéoconduction et d'ostéoinduction permettant à la prothèse de s'intégrer avec les tissus adjacents (26).

Type	Nom	Nature	Rôle	Devenir	Avantages	Inconvénients
Matériaux biologiques	AutoGr os	Os frais				
	AlloGr os	Os cuit	Soutien	Réabsorption partielle	1/ matériel autologue	1/ geste lourd, délicat et long
	Fascia lata	Aponévrose			2/ stabilité à long terme	2/ pas de solidité immédiate pour les lambeaux
	Lambeaux	Muscle Musculocutané Fasciocutané Épiloïque	Couverture	Permanent	3/ résistance à l'infection	3/ couverture insuffisante des grands défauts
Matériaux synthétiques	Goretex® (Téflon)	PTFE	Isolement	Permanent	1/ geste facile, rapide	1/ corps étranger
	Marlex (Prolène)	Polypropylène	Isolement	Permanent		
	Vicryl P.d.s.	Polyglactine Polydioxanone	Isolement	Résorbable	2/ bonne solidité à court et long terme	2/ faible résistance à l'infection
	Méthyl-h métacrylate		Soutien	Permanent		3/ toxicité à la pose (méthylmétacrylate)
	Agrafes Borrelly	Acier	Soutien	Permanent	3/ large couverture possible	

Figure 16 : Tableau quelques matériaux de remplacement, leurs avantages et inconvénients (13)

Une fois la reconstruction faite, le matériel prothétique doit être recouvert et les berges cutanées suturées sans tension (9) puisque le plus souvent une résection des parties molles sus jacentes à la masse est réalisée dans le cadre du respect des règles carcinologique (site de biopsie, zone irradiée, récurrence ou tumeurs ulcérées...).

Lorsqu'il s'agit de petit défaut un simple rapprochement direct ou une mobilisation des muscles grands pectoraux par décollement direct peuvent suffire à recouvrir le matériel prothétique. Dans d'autres situations l'utilisation de lambeau musculaire ou musculo cutané peut être nécessaire. Les principaux muscles utilisés sont le muscle grand dorsale, muscle grand pectorale et le muscle grand droit de l'abdomen. Ils présentent l'avantage d'être sûr, fiable à long terme, transportable (14) (Figure 18). Ils peuvent être utilisés en tant que muscle seul ou en lambeau musculo cutané car la vascularisation cutanée est assurée par des

perforantes musculaires (14). L'épiploon est un excellent tissu d'interposition grâce son abondance et la richesse de sa vascularisation (9). L'étude de ses éventualités devrait faire appel à une équipe de chirurgie plastique. Il existe un risque non négligeable de complications notamment l'infection (7%), sérome (5%), nécrose (4%), hémorragie (3%) (27-28).

	Muscle (cm)	Peau (cm)	Couverture
Grand dorsal	23 × 35	30 × 40	Ant./Post.
Grand pectoral	15 × 23	20 × 28	Ant.
Grand dentelé	12 × 10	12 × 6	Ant./Post.
Grand droit	6 × 25	21 × 14	Ant.
Trapèze	34 × 18	20 × 8	Post. et Sup.

Figure 17 : Tableau montrant les principaux lambeaux musculaires et leurs propriété (13)

F. CONCLUSION

Les tumeurs sternales sont rares, il n'existe pas de recommandations scientifiques précises concernant leurs prises en charge diagnostiques et chirurgicales, mais l'ensemble des études bibliographiques prouvent que la chirurgie est la pierre angulaire du traitement de cette pathologie. Un bilan pré opératoire est nécessaire afin d'évaluer et préparer au mieux ces patients, cependant il ne doit en aucun cas retarder la prise en charge chirurgicale.

Cette chirurgie pose un problème, celui de la reconstruction et du recouvrement qui constitue un véritable challenge pour les chirurgiens. De nos jours plusieurs avancées technologiques ont été réalisées permettant de diminuer la morbidité chez ces patients. Restant tributaire de l'évolution technologique et de la biomédecine nous restons impatients de découvrir les progrès à venir.

G. RESUMES

Titre : Sternectomies oncologiques, expérience du service de chirurgie thoracique. Chu ibn Sina RABAT.

Auteur : ELAAMADI WAFAE

Mots clés : Sternum, résection, reconstruction, recouvrement, 3D.

INTRODUCTION : Le sternum est un os plat impaire et symétrique, participe à la formation de la cage thoracique, joue un rôle important dans la ventilation et dans la protection des organes médiastinaux. Rarement le sternum peut être le siège de pathologie tumorale primitive ou secondaire. Une résection chirurgicale s'impose. Il existe plusieurs méthodes de reconstruction et de recouvrement, d'où l'intérêt d'une planification précise du geste opératoire.

Matériels et méthodes : Il s'agit d'une étude rétrospective, rapportant l'expérience du service de chirurgie thoracique sur une période s'étalant de Janvier 2013 à Décembre 2021, et colligeant 12 patients.

Résultats : Il s'agit de 6 femmes et de 6 hommes, l'âge moyen était de 63 ans, la symptomatologie était dominée par une tuméfaction sternale. La TDM thoracique a été réalisé chez tous nos patients, Tep scanner chez 3 patients, scintigraphie osseuse chez 1 patient. 8 patients ont bénéficié d'une biopsie chirurgicale. Une sternectomie totale a été réalisé chez 1 patient, une sternectomie subtotale supérieure chez 8 patients, une sternectomie subtotale inférieure chez 2 patients et une sternectomie partielle chez 1 seul patient. Le remplacement sternal a été réalisé par la mise en place de barre en titan chez 5 patients, une plaque sur mesure TRIONYX chez 4 patients, une plaque seule chez 2 patients, et chez 1 patient aucun matériel n'a été nécessaire. Le recouvrement par une myoplastie de glissement était suffisant chez 10 patients, un lambeau libre du muscle grand dorsale était nécessaire pour 1 patiente. Les suites post opératoires sont marqués par le séjour en réanimations chez 8 patients, les complications post opératoires étaient gérables chez 2 patients, et nous déplorant le décès de 2 patients.

Conclusion : Il n'existe pas de recommandations scientifiques concernant la prise en charge des tumeurs sternal, néanmoins la chirurgie constitue le seul moyen d'obtenir une guérison complète en oncologies sternale. La reconstruction après la résection constitue un véritable challenge pour le chirurgien. Grace au développement de la biomédecine plusieurs moyens et matériaux sont disponible.

ABSTRACT

Title: Oncological sternectomies., experience of the thoracic surgery department of CHU ibn sina of Rabat.

Author: ELAAMADI WAFAE

Key words: Sternum, resection, reconstruction, coverage, 3D.

Introduction:The sternum is an odd, symmetrical, flat bone, participates in the formation of the rib cage, plays an important role in ventilation and in the protection of mediastinal organs. Rarely, the sternum may be the site of primary or secondary tumor pathology. Surgical resection is necessary. There are several methods of reconstruction and recovery, hence the importance of precise planning of the surgical procedure.

Materials and methods:This is a retrospective study, reporting the experience of the thoracic surgery department over a period from January 2013 to December 2021, and collecting 12 patients.

Results: They were 6 women and 6 men, the average age was 63 years, the symptomatology was dominated by a sternal swelling. Chest CT was performed in all our patients, PET scan in 3 patients, bone scan in 1 patient. 8 patients underwent surgical biopsy. Total sternectomy was performed in 1 patient, subtotal superior sternectomy in 8 patients, subtotal inferior sternectomy in 2 patients and partial sternectomy in 1 patient. Sternal replacement was performed with titanium bar in 5 patients, TRIONYX custom plate in 4 patients, plate alone in 2 patients, and in 1 patient no material was required. A sliding myoplasty was sufficient in 10 patients, a free flap of the dorsalis major muscle was necessary in 1 patient. Postoperative follow-up was marked by a stay in intensive care in 8 patients, postoperative complications were manageable in 2 patients, and we deplored the death of 2 patients.

Conclusion: There are no scientific recommendations concerning the management of sternal tumors, nevertheless surgery is the only way to obtain a complete cure in sternal oncology. Reconstruction after resection is a real challenge for the surgeon. Thanks to the development of biomedicine several means and materials are available

ملخص

العنوان: استئصال القص الأورام ، تجربة قسم جراحة الصدر في مستشفى CHU ابن سينا بالرباط.

Commenté [u3]:

الكاتب: وفاء العمادي

الكلمات الأساسية: القص، الورم، الاستئصال، الترميم، التغطية، ثلاثي الأبعاد.

مقدمة: القص هو عظم مسطح غير متساوٍ ومتناسق يساهم في تكوين القفص الصدري. يلعب دورًا مهمًا في التهوية ولكن أيضًا في حماية أعضاء المنصف. نادرًا ما يكون القص موقعًا لعلم أمراض الورم الأولي أو الثانوي. الاستئصال الجراحي ضروري. استئصال القص هو إجراء مرهق بسبب عدوانية هذه الأورام وعلاقتها بالمنصف، ولكنها يمكن أن تقدم للمريض علاجًا كاملاً. هناك طرق مختلفة لإعادة البناء وإعادة التغطية التي قد تؤدي إلى استخدام فرق جراحية أخرى، ومن هنا تأتي الفائدة من استكشاف شامل وتخطيط دقيق للإيماء الجراحية مع احترام الضرورات السرطانية.

المواد والطرق: هذه دراسة بأثر رجعي، تقدم تقريرًا عن تجربة قسم جراحة الصدر على مدار فترة من يناير

2013 إلى ديسمبر 2021، وجمع 12 مريضًا.

النتائج: كان هؤلاء 6 نساء و6 رجال، كان متوسط العمر 63 عامًا، وكان ظهور انتفاخ في القص على الأغلب. تم

إجراء تصوير الصدر بالأشعة المقطعية لجميع مرضانا، وفحص التصوير المقطعي المحوسب بانبعثات

البروتون في 3 مرضى وفحص العظام لمريض واحد. تم الحصول على دليل تاريخي منطقي في 8 مرضى عن

طريق الخزعة الجراحية. تم إجراء استئصال القص الكلي لمريض واحد، واستئصال القص الجزئي الجزئي في 8

مرضى، واستئصال القص الجزئي الجزئي في مريضين، واستئصال القص الجزئي الجزئي لمريض واحد. تم إجراء

استئصال كلي للقص في مريض واحد، واستئصال القص الجزئي العلوي في 8 مرضى، واستئصال القص

الجزئي السفلي في مريضين، واستئصال القص الجزئي لمريض واحد. تم تشكيل الاستبدال القصي عن طريق

وضع شريط التيتانيوم في 5 مرضى، لوحة ثلاثية الأبعاد ثلاثية الأبعاد في 4 مرضى، لوحة بمفردها في مريضين

، وفي مريض واحد لم تكن هناك حاجة إلى أي مادة. تمت تغطية عشرة مرضى بجراحة رأب عضلي منزلق،

واحتاج مريض واحد فقط إلى سديلة حرة من العضلة الظهرية الرئيسية. تميزت دورة ما بعد الجراحة بالبقاء في

إعادة التأهيل في 8 مرضى، ويمكن التحكم في مضاعفات ما بعد الجراحة في مريضين، وقد شجبتنا وفاة

مريضين.

الخلاصة: لا توجد توصيات علمية فيما يتعلق بالتدبير العلاجي لأورام القص، ومع ذلك فإن الجراحة هي الطريقة

الوحيدة للحصول على علاج كامل لأورام القص. إعادة البناء بعد الاستئصال تحدٍ حقيقي للجراح. بفضل تطوير

الطب الحيوي، تتوفر العديد من الوسائل والمواد.

H. REFERENCES

- 1- Hsu PK, Hsu HS, Lee HC, et al. Management of primary chest wall tumors: 14 years' clinical experience. *J Chin Med Assoc* 2006;69:377–382.
- 2- King RM, Pairolero PC, Trastek VF, et al. Primary chest wall tumors: factors affecting survival. *Ann Thorac Surg* 1986;41: 597–601.
- 3- Burt M. Primary malignant tumors of the chest wall. The Memorial Sloan-Kettering Cancer Center experience. *Chest Surg Clin N Am* 1994;4:137–154.
- 4- Shah, Asad A, and Thomas A D'Amico. "Primary chest wall tumors." *Journal of the American College of Surgeons* vol. 210,3 (2010): 360-6. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2009.11.012
- 5- Singh A, Chandrashekhara SH, Triveni GS, Kumar P. Imaging in Sternal Tumours: A Pictorial Review. *Pol J Radiol.* 2017;82:448-456. Published 2017 Aug 23. doi:10.12659/PJR.901226
- 6- Piggott RP, Curtin M, Munigangaiah S, Jadaan M, McCabe JP, Devitt A. Sternal metastasis - the forgotten column and its effect on thoracic spine stability. *World J Orthop.* 2017;8(6):455-460. Published 2017 Jun 18. doi:10.5312/wjo.v8.i6.455
- 7- Soysal, O et al. "Resection of sternal tumors: extent, reconstruction, and survival." *The Annals of thoracic surgery* vol. 60,5 (1995): 1353-8; discussion 1358-9. doi:10.1016/0003-4975(95)00641-W
- 8- Chapelier AR, Missana MC, Couturaud B, et al. Sternal resection and reconstruction for primary malignant tumors. *Ann Thorac Surg.* 2004;77(3):1001-1007. doi:10.1016/j.athoracsur.2003.08.053

- 9- J.-B. Menager, O. Mercier, Techniques d'exérèse et de reconstruction des tumeurs de la paroi thoracique (hors lambeaux), Volume , Issue , /2020, Pages , ISSN 1241-8226, [http://dx.doi.org/10.1016/S1241-8226\(20\)64625-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1241-8226(20)64625-4).([http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1241-8226\(20\)64625-4](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1241-8226(20)64625-4))
- 10- Yacine Ynineb, Thibaut Mariaux de Serres, Olga Szymkiewicz, Anissa Houhou, Francis Bonnet,Prise en charge périopératoire des patients opérés du poumon, Le Praticien en Anesthésie Réanimation,Volume 17, Issue 3,2013,Pages 147-151,ISSN 1279-7960,<https://doi.org/10.1016/j.pra-tan.2013.04.008>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1279796013000727>)
- 11- Mason DP, Subramanian S, Nowicki ER, et al. Impact of smoking cessation before resection of lung cancer: a Society of Thoracic Surgeons General Thoracic Surgery Database study. *Ann Thor Surg* 2009;88:362–70
- 12- Kuzu MA, Terzioglu H, Genc V, et al. Preoperative nutritional risk assessment in predicting postoperative outcome in patients undergoing major surgery. *World J Surg* 2006;30:378–90
- 13- Dahan M, Brouchet L, Berjaud J, Garcia O. Chirurgie des tumeurs de la paroi thoracique [Surgery of chest wall tumors]. *Ann Chir Plast Esthet.* 2003;48(2):93-98. doi:10.1016/s0294-1260(03)00012-8
- 14- Matheos T, Ram L, Canelli R. Preoperative Evaluation for Thoracic Surgery. *Thorac Surg Clin.* 2020;30(3):241-247. doi:10.1016/j.thor-surg.2020.04.003
- 15- Banuelos J, Abu-Ghname A, Bite U, et al. Reconstruction of Oncologic Sternectomy Defects: Lessons Learned from 60 Cases at a Single Institution. *Plast Reconstr Surg - Glob Open* 2019; 7: 1–7.

- 16- King RM, Piehler JM, Bernatz PE. Primary chest wall tumors: factors affecting survival. *Ann Thorac Surg* 1986;41(6):597–601
- 17- Rabiou, Sani & Efareed, Boubacar & Younssa, Hama & Didier, Lassey & Sani, Rachid & Samuila, Sanoussi & Lakranbi, Marouane & Oufkir, A.A. & Ouadnoui, Yassine & Mohamed, Smahi. (2016). La reconstruction pariétale : un problème posé au cours de la prise en charge des tumeurs de la paroi thoracique. *Journal Franco vietnamien de pneumologie*.
- 18- Bisgard JD, Swenson SA. Tumors of the sternum; report of a case with special operative technic. *Arch Surg* 1948;5:570–8.
- 19- Watson WL, James AG. Fascia lata grafts for chest wall defects. *J Thorac Surg* 1947;16:399–406.
- 20- Campbell DA. Reconstruction of the anterior thoracic wall. *J Thorac Surg* 1950;19:456–61.
- 21- Marulli G, Dell'amore A, Calabrese F, Schiavon M, Daddi N, Dolci G, et al. Safety and effectiveness of cadaveric allograft sternochondral replacement after sternectomy: a new tool for the reconstruction of anterior chest wall. *Ann Thorac Surg* 2017;103:898–905.
- 22- Girotti P, Leo F, Bravi F, et al. The “rib-like” technique for surgical treatment of sternal tumors: lessons learned from 101 consecutive cases. *Ann Thorac Surg* 2011;92:1208
- 23- Zhang, Yan, et al. "Sternal tumor resection and reconstruction with titanium mesh: a preliminary study." *Orthopaedic surgery* 7.2 (2015): 155-160.
- 24- Yordanov, D., Assenov, R., Badarov, T. *et al.* A unique case of fractured titanium implant after sternal resection. *J Cardiothorac Surg* 8 (Suppl 1), O77 (2013). <https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-S1-O77>

- 25- Wang, Bin et al. "Three-dimensional custom-made carbon-fiber prosthesis for sternal reconstruction after sarcoma resection." *Thoracic cancer* vol. 10,6 (2019): 1500-1502. doi:10.1111/1759-7714.1308
- 26- Marulli, Giuseppe et al. "Safety and Effectiveness of Cadaveric Allograft Sternochondral Replacement After Sternectomy: A New Tool for the Reconstruction of Anterior Chest Wall." *The Annals of thoracic surgery* vol. 103,3 (2017): 898-905. doi:10.1016/j.athoracsur.2016.08.093
- 27- al-Kattan KM, Breach NM, Kaplan DK, Goldstraw P. Soft-tissue reconstruction in thoracic surgery. *Ann Thorac Surg* 1995;60:1372–5.
- 28- Larson DL, McMurtrey MJ. Musculocutaneous flap reconstruction of chest-wall defects: an experience with 50 patients. *Plast Reconstr Surg* 1984;73:734–40.