



كلية الطب والصيدلة وطب الأسنان
FACULTÉ DE MÉDECINE, DE PHARMACIE ET DE MÉDECINE DENTAIRE
جامعة سيدي محمد بن عبد الله - فاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

**LA PLACE DE VERTEBROPLASTIE &
KYPHOPLASTIE DANS LA PRISE EN CHARGE
DES LÉSIONS VERTEBRALES : EXPERIENCE
DE L'HOPITAL MILITAIRE MY ISMAIL DE
MEKNES (A propos de 46 cas).**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR :
Docteur ABDELILAH IDIR.**

**POUR L'OBTENSION DU DIPLÔME
DE SPÉCIALITÉ EN MÉDECINE.**

OPTION : NEUROCHIRURGIE.

Sous la direction de : Professeur OMAR BOULAHROUD.

Session 2024.

LISTE DES ABREVIATIONS :

ATCDs	: Antécédents
PMMA	: poly méthacrylate de méthyle
NFS	: numération formule sanguine
EVA	: échelle visuelle analogique
ECG	: électrocardiogramme
AVP	: accident de la voie public
BPO	: peroxyde de benzoyle
DMT	: diméthyl—p—toluidine
CPCs	: Céramiques phosphocalciques
MMA	: méthacrylate de méthyle
PNN	: polynucléaire neutrophile
TCA	: temps de céphaline activée
TP	: temps de prothrombine
IRM	: imagerie par résonance magnétique
TDM	: tomodensitométrie
FCVs	: fractures compression vertébrales
VPP	: vertébroplastie percutanée

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : répartition selon le sexe	61
Tableau 2 : Répartition des cas selon le sexe et le mécanisme lésionnel	62
Tableau 3 : l'âge électif des fractures tassements vertébraux dans la littérature	92
Tableau 4 : répartition des patients selon le sexe dans la littérature.....	93
Tableau 5: Répartition des mécanismes lésionnels dans la littérature	94
Tableau 6 : comparaison de l'EVA en préopératoire dans la littérature	95
Tableau 7: répartition du niveau lésionnel selon la littérature	105
Tableau 8: répartition en fonction de la nature de la lésion selon la littérature	106
Tableau 9 : comparaison de l'EVA en préopératoire et en postopératoire dans la littérature	109
Tableau 10 : réduction de l'angle de cyphose dans la littérature	110
Tableau 11 : restauration de la hauteur vertébral dans la littérature	110
Tableau 12 : complications cliniques rapportées par DERAMOND et CHIRAS (53) en 1995 à partir d'une série de 258 patients traités par vertébroplastie pour des affections vertébrales diverses	117
Tableau 13 : avantages et inconvénients de la vertébroplastie et de la kyphoplastie	121

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : vue ventrale, dorsale et latérale de rachis (6)	16
Figure 2 : vue supérieure d'une vertèbre cervicale C5 (6)	19
Figure 3 : vue supérieure d'une vertèbre dorsale (6)	20
Figure 4 : vue supérieure d'une vertèbre lombaire (6).....	21
Figure 5 : ligaments vertébraux et disques intervertébraux (7)	24
Figure 6 : une coupe transversale de la moelle épinière.....	27
Figure 7 : le canal vertébral et son contenu (6)	28
Figure 8 : la moelle épinière et ses racines (6)	29
Figure 9 : les courbures physiologiques du rachis	32
Figure 10 : Exemple de trocars de vertébroplastie (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	42
Figure 11 : 1 le solvant, 2 le mélangeur, 3 le ciment acrylique (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	44
Figure 12 : table numérisée d'un arceau biplan permettant de faire des clichés de face et de profil.....	45
Figure 13 : Introduction des trocars par voie transpédiculaire (image peropératoire du service de neurochirurgie HMMI Meknès)	46
Figure 14 : désinfection et mise en place de champs stériles avec repérage percutané des points de ponction des pédicules (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	48
Figure 15 : repérage scopique des pédicules (un cliché de face) (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	48
Figure 16 : introduction du trocart sous contrôle scopique (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	49
Figure 17 : le ciment acrylique	49
Figure 18 : préparation du ciment.....	50
Figure 19 : image d'un injecteur poussoir (service de neurochirurgie HMMI Meknès) 50	

Figure 20 : injection du ciment sous contrôle scopique (injecteur poussoir) (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	51
Figure 21 : contrôle scopique lors de l'injection du ciment (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	51
Figure 22 : vertébroplastie de L4 (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	52
Figure 23 : Matériel de kyphoplastie : 1-l'aiguille d'accès osseux, 2-la broche de guidage, 3-la canule de travail, 4-l'introducteur, 5-les ballonnets, 6-le manomètre ,7-la canule d'injection (1 mm). (Service de neurochirurgie HMMI Meknès)	53
Figure 24 : abord corporel bilatéral lors de la kyphoplastie avec mise en place de la canule de travail (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	55
Figure 25 : image scopique montrant l'emplacement de la canule de travail à 2 mm du mur postérieur de la vertèbre (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	55
Figure 26 : introduction des ballonnets au niveau du corps vertébral sous scopie (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	56
Figure 27 : gonflement progressif des ballonnets sous contrôle manométrique (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	56
Figure 28: (A et B) expansion des ballonnets remplis par le produit de contraste (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	57
Figure 29: contrôle radiologique après kyphoplastie de L1 (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	58
Figure 30: répartition selon la tranche d'âge.&	60
Figure 31 : répartition selon le sexe	61
Figure 32:répartition selon le mécanisme lésionnel	63
Figure 33: répartition des bilans radiologiques réalisés	65
Figure 34 : niveau d'atteinte des tassements vertébraux.....	66
Figure 35 : type de vertèbres atteintes	67
Figure 36: répartition des malades en fonction de l'étiologie de l'atteinte	68
Figure 37: gain en hauteur de 5 mm après kyphoplastie (service de neurochirurgie HMMI Meknès)	71

Figure 38: gain en angle de 6° après kyphoplastie (service de neurochirurgie HMMI Meknès).....	71
Figure 39 : Coupe sagittale d'une TDM du rachis montrant une fracture tassement de L4.....	73
Figure 40 : coupe sagittale d'une TDM du rachis après vertébroplastie de L4.....	74
Figure 41 : coupe sagittale du TDM du rachis montre une lésion tumorale ostéolytique du D12	75
Figure 42 : coupe sagittale d'une TDM du rachis montre une lésion tumorale ostéolytique du D12	76
Figure 43 : radiographie du rachis dorsolombaire après vertébroplastie du D12	76
Figure 44 : une TDM du rachis montrant une fracture tassement de L3	77
Figure 45 : radiographie du rachis dorsolombaire (face +profil) après vertébroplastie de L3 avec ostéosynthèse de L2 et L4.....	78
Figure 46 : radiographie du rachis dorsolombaire (face+profil) montrant une fracture tassement de L1	79
Figure 47 : coupe sagittale d'une TDM du rachis après kyphoplastie de L1	79
Figure 48 : coupe axiale d'une TDM du rachis après kyphoplastie de L1 montrant une fuite de ciment	80
Figure 49 : fuite prévertébrale du ciment	115
Figure 50 : fuite intracanaulaire du ciment.....	116
Figure 51 : fuite discale du ciment au cours d'une vertébroplastie de L4 et L5.....	116
Figure 52 : le dispositif de SpineJack.....	122
Figure 53 : le dispositif d'OsseoFix	123

PLAN

PLAN.....	6
INTRODUCTION	11
HISTORIQUE	13
RAPPEL ANATOMIQUE ET BIOMECHANIQUE DU RACHIS	15
I. Rappel anatomique.....	16
A. Contenant	17
B. Articulations rachidiennes.....	22
C. Contenu	25
II. Biomécanique du rachis : [10].....	31
MATERIEL ET METHODES	33
I. Fiche d'exploitation	34
II. Type d'étude et critères d'inclusion.....	40
III. Bilan pré thérapeutique	40
A. Bilan radiologique [11].....	40
B. Bilan biologique.....	41
IV. Technique	41
A. Vertébroplastie	41
B. Kyphoplastie.....	52
RESULTATS.....	59
I. Epidémiologie.....	60

II.	Clinique.....	63
A.	Signe d'appel	63
B.	Evaluation de la douleur (EVA).....	63
C.	Examen clinique	64
III.	Paraclinique.....	64
A.	Bilan radiologique.....	64
B.	Résultats radiologiques.....	65
IV.	Traitement	68
A.	Traitement médical.....	68
B.	Traitement chirurgical (vertébroplastie et kyphoplastie)	69
C.	. Traitement des lésions associées	69
V.	Evolution et complications	70
A.	Evaluation neurologique	70
B.	Evaluation de la douleur	70
C.	Statique rachidienne	70
D.	Incidents et complications	72
E.	Durée de l'hospitalisation postopératoire	72
VI.	Observations cliniques.....	72
DISCUSSION		81
I.	Vertébroplastie.....	82
A.	Principes généraux	82

B.	Buts et mécanismes d'action	82
C.	Les indications.....	83
II.	Kyphoplastie.....	88
A.	Technique et buts : [31].....	88
B.	Les indications.....	89
III.	Contre-indication de la vertébroplastie et de la kyphoplastie	90
IV.	Profil épidémiologique.....	92
V.	Etude clinique.....	94
A.	Signes d'appel.....	94
B.	Evaluation de la douleur	95
C.	Examen clinique à l'arrivée à l'hôpital : [51]	96
D.	Examen neurologique : [51].....	97
E.	Lésions traumatiques associées	98
VI.	Paraclinique.....	98
A.	Radiologie	98
B.	Signes radiologiques à rechercher.....	100
C.	Discussion des résultats radiologiques de notre série avec les résultats de la littérature.....	105
D.	Bilan biologique.....	107
VII.	Traitement.....	108
A.	Traitement médical.....	108

B. Traitement chirurgical (vertébroplastie et kyphoplastie)	108
C. Les incidents et Les complications de la vertébroplastie et de la kyphoplastie.....	113
D. Comparaison entre la vertébroplastie et la kyphoplastie à ballonnets dans les fractures ostéoporotiques et post-traumatique	120
E. Autres techniques utilisant des implants.....	122
CONCLUSION.....	124
RESUME.....	127
BIBLIOGRAPHIE	129

INTRODUCTION

La vertébroplastie percutanée est une technique mini-invasive mise au point par Deramond et Galibert en 1987. Elle consiste en l'injection percutanée du ciment acrylique dans le corps d'une vertèbre pathologique pour obtenir un effet antalgique et une consolidation de la vertèbre. Cette consolidation entraîne un effet antalgique quasi immédiat et durable [1].

Le champ d'application de ce geste a été limité initialement aux angiomes vertébraux [1], s'est étendu aux lésions tumorales malignes ostéolytiques secondaires ou en rapport avec une hémopathie ainsi qu'aux lésions ostéoporotiques vertébrales fracturaires.

Le concept de la kyphoplastie consiste à créer une expansion contrôlée du corps vertébral au moyen d'un ballonnet puis de stabiliser le corps vertébral en l'état par l'injection de ciment acrylique [2]. la kyphoplastie est essentiellement indiquée en cas de tassement vertébral ostéoporotique récent. En effet, pendant cette période la fracture n'est pas encore consolidée et on peut espérer obtenir un rehaussement de la hauteur du corps vertébral.

Le but de ce travail est de rapporter l'expérience du service de neurochirurgie à l'hôpital militaire my Ismail de Meknès à propos de 46 patients dans le traitement des fractures-tassements vertébraux traumatiques, ostéoporotiques et métastatiques par la vertébroplastie et la kyphoplastie percutanée. Ainsi que d'évaluer les effets de ces deux techniques (vertébroplastie et kyphoplastie) à court et à long terme sur la douleur et sur la stabilité rachidienne.

HISTORIQUE

La vertébroplastie (VP), qui consiste en l'injection de ciment acrylique dans le corps vertébral, fut imaginée par Gallibert, un neurochirurgien, et réalisée pour la première fois, en France, en 1984 [3]. En 1985, sous l'impulsion de Deramond, la technique de vertébroplastie devint percutanée. La première vertébroplastie percutanée (VPP) fut réalisée par Gallibert et Deramond [3] pour traiter un angiome vertébral agressif d'une vertèbre cervicale avec un excellent contrôle de la douleur à long terme.

Rapidement, les indications de la vertébroplastie percutanée se sont étendues au traitement des fractures compression vertébrales d'origine ostéoporotiques (FCVs) [4], puis d'autres lésions douloureuses du rachis comme les métastases ou le myélome.

Par la suite, l'intérêt de la vertébroplastie n'a cessé de grandir depuis son introduction aux Etats-Unis avec l'équipe de neurochirurgie de l'Université de Virginie [5]. La vertébroplastie percutanée permet d'obtenir un contrôle rapide de la douleur liée aux FCVs et devient progressivement le traitement standard pour les FCVs.

En 1990, Reiley met au point la technique de la kyphoplastie qui consiste à traiter un tassement vertébral à l'aide d'un ballonnet gonflable placé dans le corps vertébral pour en restaurer la hauteur. Secondairement, il complète le geste en lui associant la vertébroplastie [2].

RAPPEL

ANATOMIQUE

ET

BIOMECHANIQUE

DU RACHIS

I. Rappel anatomique:

La colonne vertébrale se compose de 33 vertèbres, le nombre et les caractéristiques de ces vertèbres varient avec leur position le long de la colonne vertébrale.

On compte sept vertèbres cervicales, douze vertèbres thoraciques, cinq vertèbres lombaires, cinq sacrés qui sont fusionnées pour constituer le sacrum et trois ou quatre vertèbres coccygiennes.

Dans le plan sagittal, la colonne vertébrale décrit 4 courbures :

- Courbure cervicale: en lordose
- Courbure thoracique: en cyphose
- Courbure lombaire: en lordose
- Courbure sacro coccygienne : en cyphose.

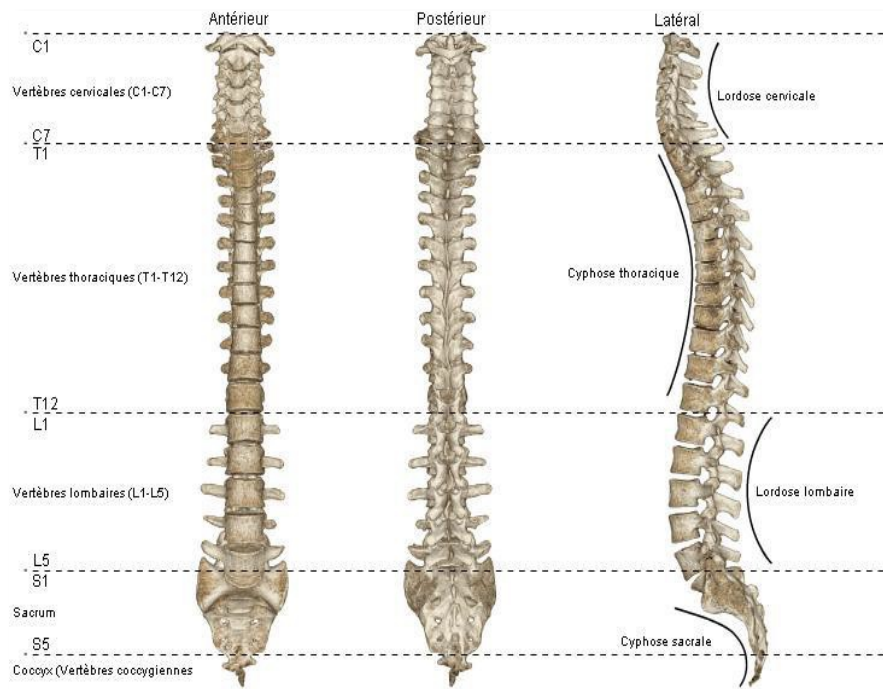


Figure 1 : vue ventrale, dorsale et latérale de rachis [6]

A. Contenant :

1) Description générale d'une vertèbre :

A l'exception de l'Atlas (C1) et l'Axis (C2), toutes les vertèbres présentent 3 parties fondamentales :

- Le corps vertébral
- L'arc neural ou vertébral
- Le foramen vertébral

a) Le corps vertébral :

Le corps vertébral occupe la partie antérieure de la vertèbre dont il supporte l'essentiel des contraintes mécaniques, sa taille augmente de C1 à L5.

Les disques intervertébraux de nature fibrocartilagineuse séparent les corps vertébraux des vertèbres adjacentes.

b) L'arc neural ou vertébral

Il est formé latéralement et de chaque côté par un massif apophysaire et par un pédicule reliant ce dernier au corps vertébral ; en arrière de cet arc osseux se trouvent les lames vertébrales. Ces dernières se réunissent sur la ligne médiane pour donner l'apophyse épineuse.

➤ Le pédicule :

C'est une lame osseuse aplatie, ses bords supérieur et inférieur sont échancrés. Les pédicules de deux vertèbres adjacentes délimitent le trou de conjugaison par où sortent les nerfs rachidiens et les vaisseaux qui les accompagnent.

➤ Les lames :

De forme rectangulaire, aplatie d'arrière en avant, leur face antérieure donne insertion au ligament jaune.

En arrière, à l'union des deux lames vertébrales s'implante l'apophyse épineuse.

➤ **Le massif apophysaire :**

Il comprend trois apophyses de chaque côté :

- ❖ Une apophyse transverse : implantée à la jonction de la lame vertébrale et du pédicule. Elle est épaisse, aplatie d'avant en arrière et se dirige obliquement en arrière et en dehors.
- ❖ L'apophyse articulaire supérieure : se détache du bord supérieur de la lame vertébrale et du pédicule.
- ❖ L'apophyse articulaire inférieure : naît au niveau de la face antérieure et du bord inférieur des lames vertébrales. Chaque apophyse articulaire supérieure s'articule avec l'apophyse articulaire inférieure de la vertèbre sus-jacente.

c) Le foramen vertébral :

Espace circonscrit par le corps et l'arc vertébral. La superposition de ces foramens constitue le canal vertébral contenant la moelle spinale, les méninges et les racines des nerfs spinaux.

2) Le rachis cervical

Les sept vertèbres cervicales sont caractérisées par leur petite taille et par la présence d'un foramen perforant chacun des processus transverses (à l'exception de C7).

a) Le rachis cervical supérieur : Atlas (C1) et Axis (C2)

La première vertèbre cervicale ou Atlas se différencie notamment des autres vertèbres cervicales par l'absence de corps vertébral. Formé d'un anneau avec 2 masses latérales réunies par deux arcs osseux, antérieurs et postérieurs.

La deuxième vertèbre cervicale ou Axis possède une apophyse volumineuse : apophyse odontoïde (dent de l'Axis) qui se détache de la face supérieure du corps vertébral pour s'articuler avec la face postérieure de l'arc antérieur de l'Atlas.

b) Le rachis cervical inférieur : (C3) à (C7) [7]

Les vertèbres de C3 à C7 ont les caractéristiques suivantes :

- Un corps vertébral court et de forme quadrangulaire en vue supérieure, sa surface supérieure est concave et sa surface inférieure convexe.
- Un processus épineux est court et bifide à l'exception de C7 dont le processus est plus long oblique en bas et en arrière.
- Le foramen vertébral a une forme triangulaire

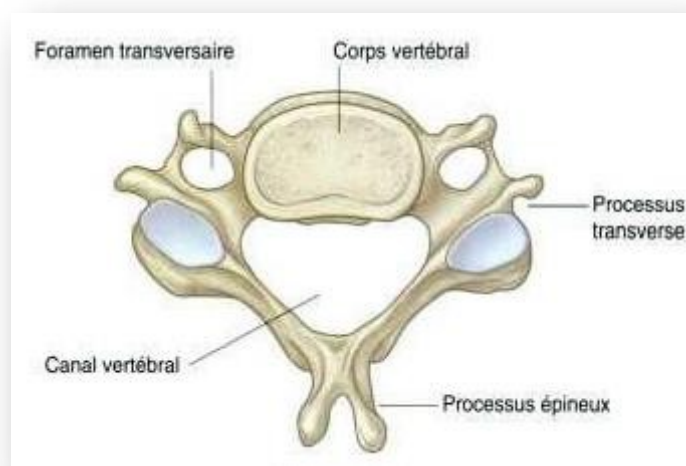


Figure 2 : vue supérieure d'une vertèbre cervicale C5 [7]

3) Le rachis dorsal : [7]

Les 12 vertèbres dorsales sont caractérisées par leurs articulations avec les côtes. Une vertèbre dorsale typique comporte 2 facettes (facettes costales supérieure et inférieure) de chaque côté du corps vertébral s'articulant avec la tête de sa propre côte et la tête de la côte sous-jacente. La facette costale supérieure est plus large que la facette inférieure.

Chaque processus transverse présente également une facette articulaire (facette transverse costale) pour l'articulation avec le tubercule de la côte adjacente.

Les vertèbres dorsales ont un corps vertébral cylindrique. L'apophyse épineuse est longue et inclinée vers le bas. Les apophyses transverses assez massives, elles sont dirigées en dehors et en arrière, les lames vertébrales plus hautes que larges et les pédicules sont arrondis et horizontaux.

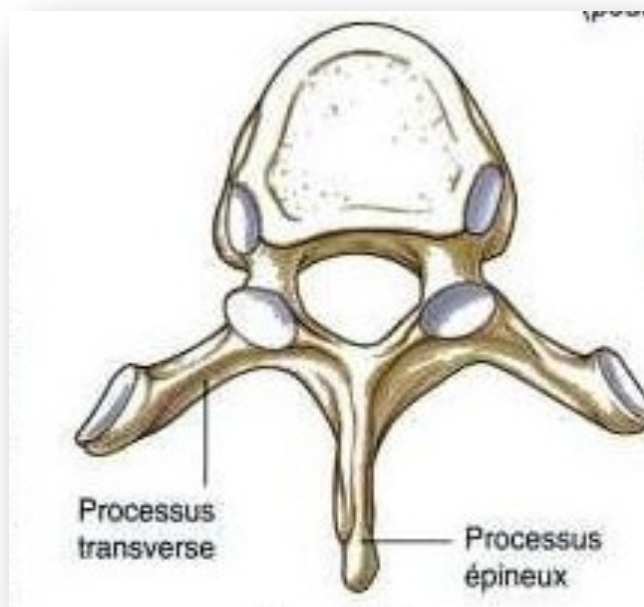


Figure 3 : vue supérieure d'une vertèbre dorsale [7]

4) Le rachis lombaire : [7]

Les cinq vertèbres lombaires se distinguent des vertèbres des autres régions par leur grande taille. Elles ne présentent pas de surfaces articulaires pour les côtes.

Elles ont un corps vertébral volumineux, réniforme. L'apophyse épineuse est courte, haute, rectangulaire et dirigée horizontalement en arrière.

Leurs processus transverses sont habituellement minces et longs, ressemblant à une côte d'où son nom apophyse costiforme et présente un tubercule nommé le tubercule accessoire.

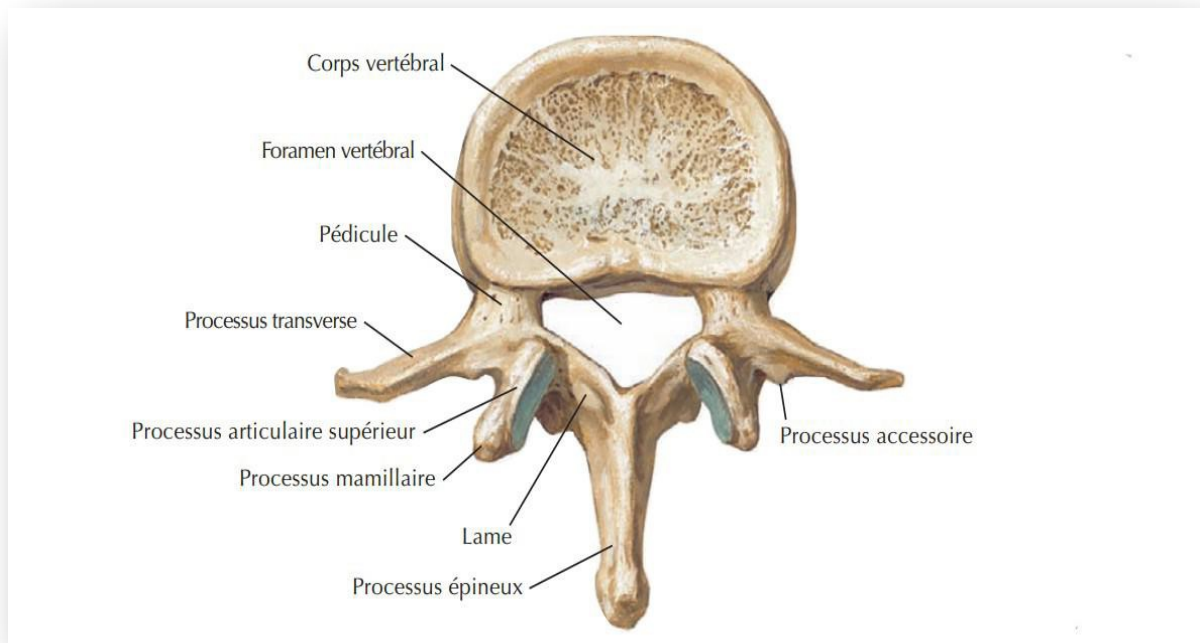


Figure 4 : vue supérieure d'une vertèbre lombaire [7]

5) Sacrum :

Il résulte de la soudure des cinq vertèbres sacrées.

La soudure des corps vertébraux donne la bande médiane antérieure. La soudure des apophyses transverses et articulaires forme respectivement les

tubercules postéro-latéraux et médiaux. La crête sacrée est le résultat de la réunion des apophyses épineuses. La superposition des lames vertébrales forme les gouttières sacrées.

6) Coccyx :

De forme triangulaire, il résulte de la soudure de trois à quatre vertèbres atrophiées : les vertèbres coccygiennes.

B. Articulations rachidiennes :

1) Articulation des corps vertébraux :

a) Surfaces articulaires :

Ce sont les plateaux vertébraux enroulés de cartilage.

b) Moyens d'union :

Ce sont les disques intervertébraux et les ligaments vertébraux :

➤ **Disques intervertébraux :**

Ils occupent les intervalles compris entre les corps vertébraux, leur forme est celle d'une lentille biconvexe qui s'adapte et s'attache par ses faces aux surfaces articulaires des corps vertébraux. La hauteur des disques diminue légèrement de la colonne cervicale où elle est uniforme (1 à 4 mm) jusqu'à la 5ème vertèbre dorsale. Elle augmente ensuite graduellement vers le bas et atteint ses plus grandes dimensions entre L4 et L5 (12mm) pour se réduire entre L5 et S1.

Le disque intervertébral est constitué de deux parties : l'une centrale, le nucleus pulposus et l'autre périphérique : l'annulus fibrosus.

Le noyau pulpeux a un aspect grossièrement identique à celui d'une gelée homogène blanchâtre dû à la richesse en eau (88% du poids total). L'anneau lamelleux ou anneau fibreux est constitué de lamelles fibreuses concentriques disposées autour du nucleus par leurs bords, ces lamelles s'insèrent dans les plateaux vertébraux. Cette insertion est moins importante en arrière qu'en avant.

➤ **Ligaments vertébraux :**

- **Ligaments longitudinaux antérieur et postérieur :**

Les ligaments longitudinaux antérieur et postérieur sont disposés sur les faces antérieure et postérieure des corps vertébraux, s'étendant sur toute la longueur de la colonne vertébrale.

Le ligament longitudinal antérieur est amarré à la base du crâne par son extrémité supérieure et à la face antérieure du sacrum par son extrémité inférieure. Entre ces deux extrémités, ce ligament est solidaire de la face antérieure des corps vertébraux et des disques intervertébraux.

Le ligament longitudinal postérieur est disposé sur la face postérieure des corps vertébraux et répond ainsi à la face antérieure du canal vertébral. Tout comme le ligament longitudinal antérieur, il est solidaire tout le long de la colonne des corps vertébraux et des disques intervertébraux, mais sur leur face postérieure.

- **Ligaments jaunes :**

Les ligaments jaunes relient entre elles les lames des deux vertèbres adjacentes. Chacun de ces ligaments jaunes s'étend de la surface postérieure de la lame de la vertèbre sous-jacente à la surface antérieure de la lame de la vertèbre au-dessus.

- **Les ligaments interépineux :**

Les ligaments interépineux sont tendus entre les processus épineux des vertèbres adjacentes.

- **Ligament supraépineux :**

Le ligament supraépineux passe sur le sommet des processus épineux de toutes les vertèbres comprises entre la vertèbre cervicale C7 et le sacrum.

De la vertèbre C7 au crane, ce ligament se modifie dans sa structure et devient le ligament nuchal.

2) Articulations inter-apophysaires postérieures :

Ce sont des articulations synoviales généralement planes, les surfaces articulaires sont l'apophyse articulaire inférieure d'une vertèbre et l'apophyse articulaire supérieure de la vertèbre sous-jacente. Les facettes articulaires sont planes dans les régions cervicale et dorsale taillées en segments de cylindre dans la région lombaire.

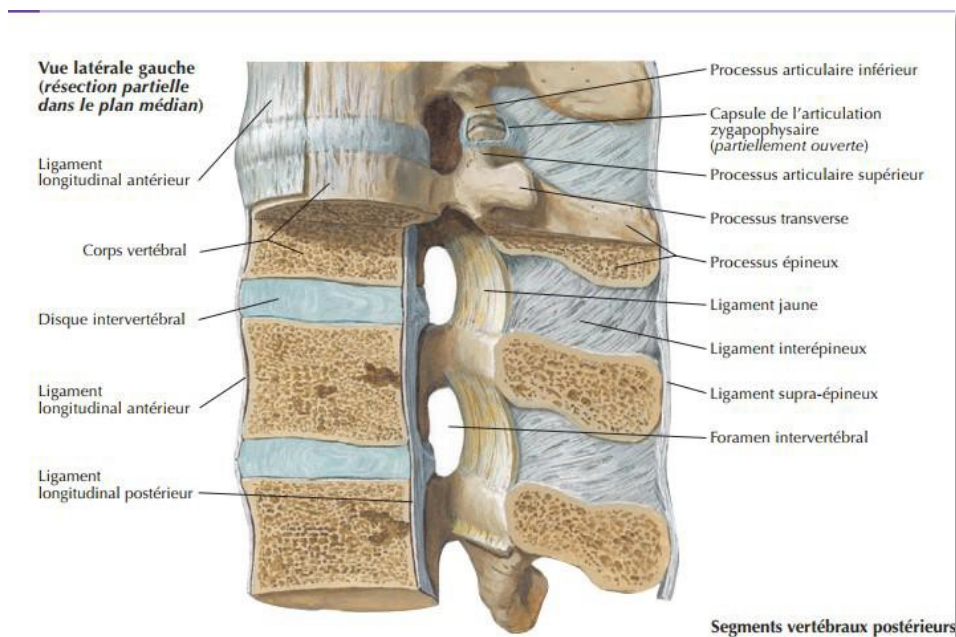


Figure 5 : ligaments vertébraux et disques intervertébraux [8]

C. Contenu :

1) La moelle : [9]

C'est un cordon de tissu nerveux situé dans le canal vertébral et s'étendant de la première vertèbre cervicale (C1) à la deuxième vertèbre lombaire (L2).

Il a 43 cm de long chez l'adulte et pèse une trentaine de grammes. Elle est formée par la substance grise qui est en situation profonde et la substance blanche qui est en situation périphérique.

a) Configuration externe :

➤ Les sillons :

Parcourent la moelle, aux nombres de six :

- Le sillon postérieur, dorsal peu profond
- Les sillons collatéraux antérieur et postérieur, ce sont des sillons latéraux au nombre de deux, un de chaque côté.
- Le sillon antérieur, profond.

➤ Les cordons :

Ils sont séparés par les sillons, aux nombres de trois :

- Le cordon antérieur, compris entre le sillon antérieur et le sillon collatéral antérieur.
- Le cordon latéral, compris entre les sillons collatéraux antérieur et postérieur
- Le cordon postérieur, compris entre les sillons postérieur et collatéral postérieur

➤ **Les renflements :**

Ils sont situés dans les zones correspondantes aux myélomères destinés aux membres, le renflement cervical pour le membre supérieur et le renflement lombaire pour le membre inférieur.

b) Configuration interne :

Composée de deux substances, la substance grise centrale et la substance blanche périphérique.

➤ **La substance grise :**

La substance grise de la moelle épinière est de situation centrale, autour du canal de l'épendyme, formée par les corps cellulaires des neurones leurs dendrites et leurs synapses, c'est le centre nerveux de la moelle, revêtant grossièrement la forme d'un H.

➤ **La substance blanche :**

La substance blanche de la moelle épinière est de situation périphérique, formée par l'ensemble des prolongements des cellules nerveuses, elle a un rôle de transmission. La substance blanche de la moelle est constituée par trois cordons : antérieur, latéral et postérieur.

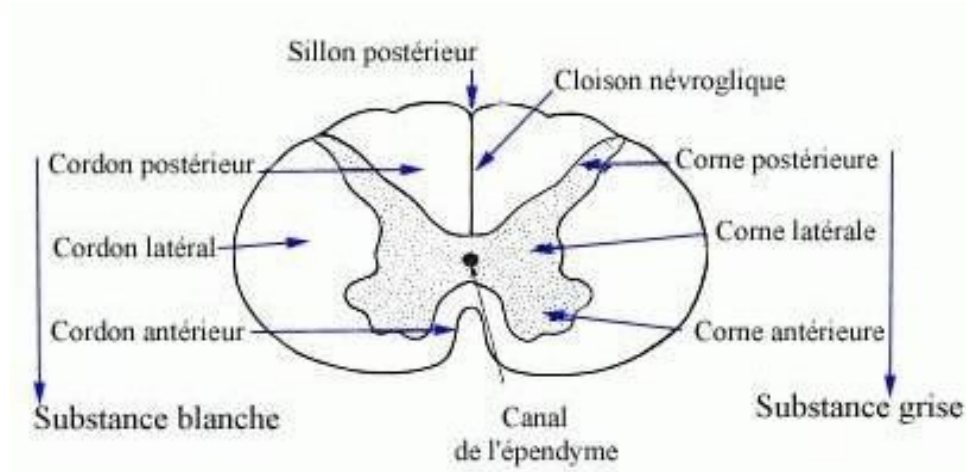


Figure 6 : une coupe transversale de la moelle épinière

2) Les méninges :

- La dure mère qui constitue un sac solide ancré au trou occipital et aux trous vertébraux et se prolonge jusqu'à la deuxième vertèbre sacrée.
- L'arachnoïde qui est en contact avec le sac dural, est reliée à la pie mère par de minces faisceaux fibreux.
- La pie mère est étroitement en contact avec la moelle et elle a un rôle nourricier.
- L'espace entre la pie mère et l'arachnoïde, appelé espace sous arachnoïdien, est rempli de liquide céphalorachidien. Le tissu adipeux et le plexus vasculonerveux intrarachidien remplissent l'espace compris entre la dure mère et les parois du canal rachidien. Cet espace est appelé espace péri-dural ou épidual.

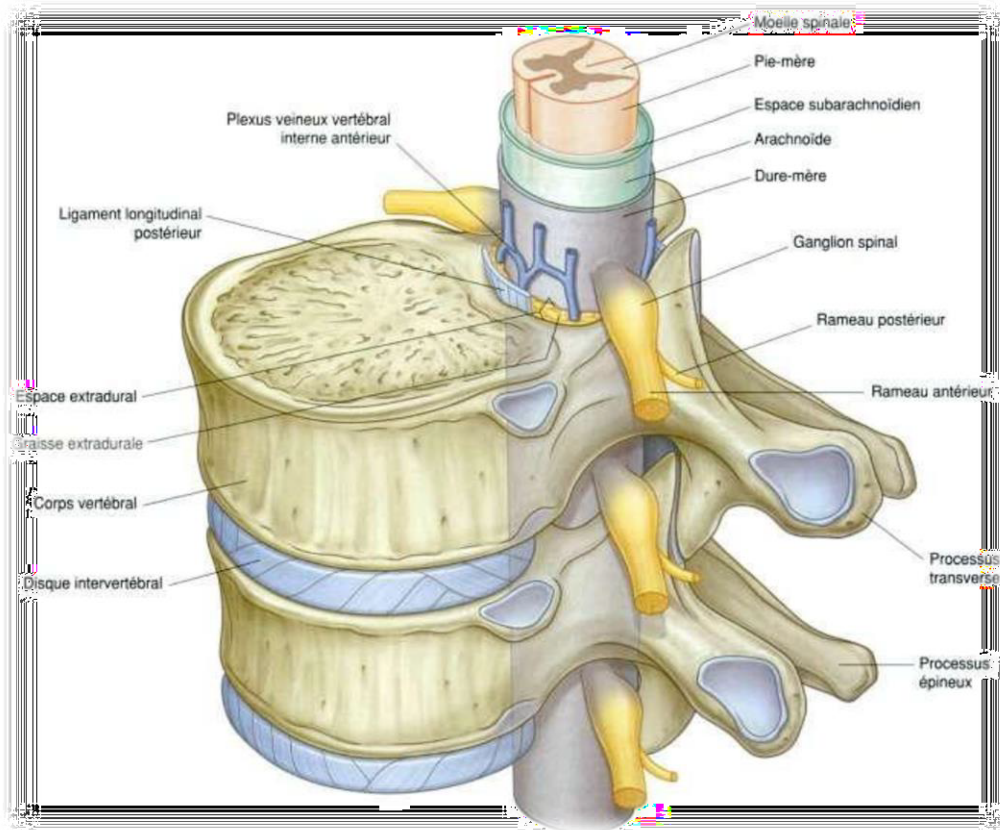


Figure 7 : le canal vertébral et son contenu [7]

3) Les racines : [9]

En raison de la croissance différentielle de la moelle épinière et du canal vertébral, la disposition des racines dans ce canal varie selon le niveau considéré.

Au niveau cervical, les racines sont pratiquement horizontales. Elles deviennent progressivement de plus en plus obliques le long de la moelle thoracique puis de plus en plus verticales au niveau de la moelle lombo-sacrée. Enfin à ce niveau, les nerfs spinaux descendent verticalement sous la moelle dans le cul de sac dural.

L'ensemble de ces racines nerveuses lombo-sacrées constituent les nerfs de la queue de cheval. Ils sont responsables de la motricité et de la sensibilité des membres inférieurs, des sphincters et du périnée.

Globalement, la moelle épinière donne naissance à 8 nerfs spinaux cervicaux (de C1 à C8), 12 nerfs spinaux thoraciques (T1 à T12), 5 nerfs spinaux lombaires (L1 à L5), 5 nerfs spinaux sacrés (S1 à S5), 1 nerf spinal coccygien (C1). En tout, il existe donc 31 paires de nerfs spinaux.

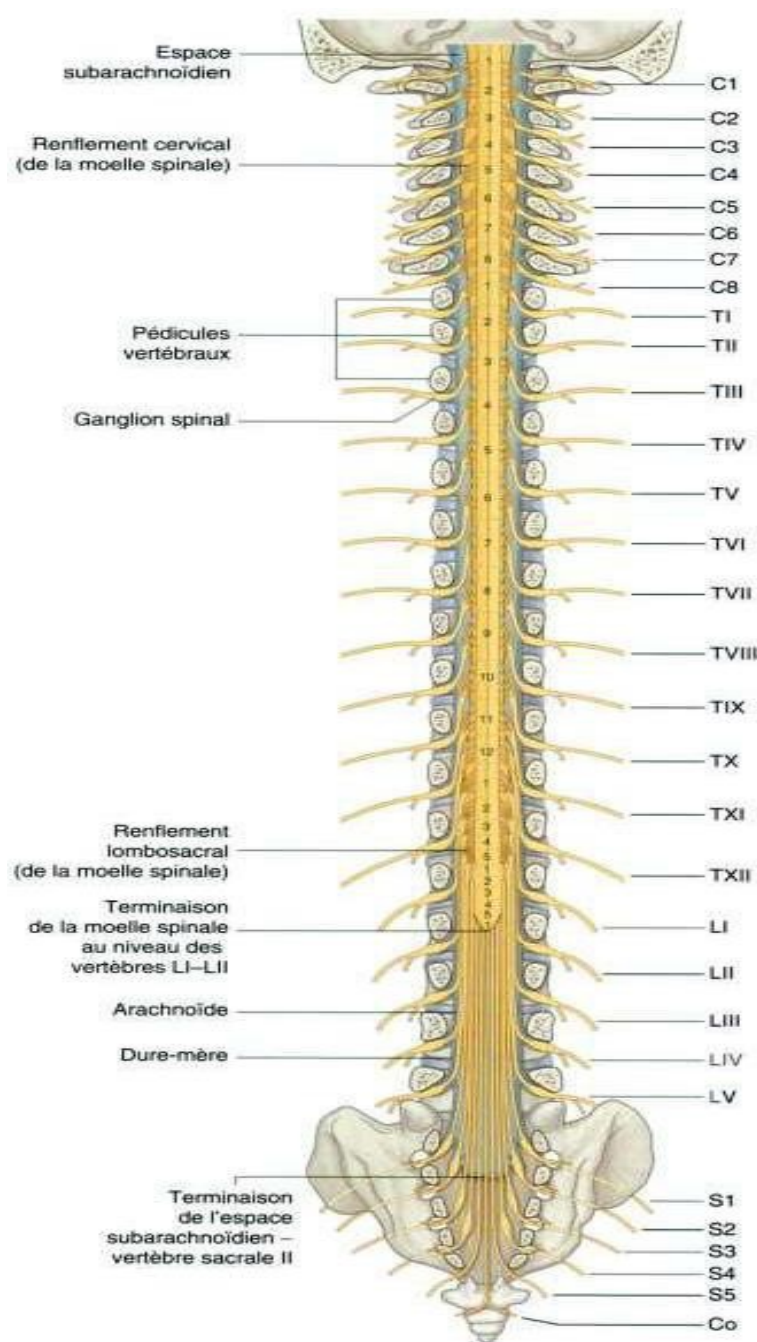


Figure 8 : la moelle épinière et ses racines [7]

4) La vascularisation de la moelle épinière :

La vascularisation de la moelle est assurée par un apport artériel et un drainage veineux, il n'y a pas de drainage lymphatique.

a) La vascularisation artérielle :

Est assurée par deux systèmes artériels, longitudinal formé par les artères spinales antérieure et postérieure, transversal formée par les artères radiculaires et segmentaires

- Artères spinales antérieures : naissent des artères vertébrales, s'anastomosent pour former une seule artère cheminant dans la fissure médiale antérieure.
- Artères spinales postérieures : naissent de l'artère vertébrale ou cérébelleuse inféro-postérieure, cheminent le long des sillons postéro-latéraux.
- Artères radiculaires antérieure et postérieure : naissent des artères vertébrales, artères intercostales postérieures et artères lombaires.
- Artères médullaires segmentaires : volumineuses branches des artères spinales, on distingue selon leur terminaison les artères médullaires segmentaires antérieur et postérieur.

b) La vascularisation veineuse :

Assurée par les veines spinales et plexus veineux péri-médullaire se jetant dans les veines radiculaires puis dans les veines vertébrales, cervicales et système azygos.

II. Biomécanique du rachis : [10]

Le rachis présente normalement dans le plan sagittal une succession de courbures harmonieuses de sens inverse : lordose lombaire, cyphose thoracique, lordose cervicale.

Ces courbures se constituent au cours de la croissance et leurs amplitudes varient d'un individu à l'autre. Pour chaque individu, l'équilibre sagittal du rachis est une combinaison compensée aboutissant à une posture « économique » dite physiologique. Les variabilités sont grandes dans la population pour aboutir à cet équilibre sagittal et de multiples facteurs d'ordre psychologique, social ou historique sont susceptibles de venir interférer.

Il est nécessaire de tenir compte de cette grande variabilité dans l'équilibre sagittal du rachis avant de qualifier telle ou telle courbure de « pathologique ». L'équilibre est dit économique si, au repos ou lors d'un effort habituel (marche), les muscles fournissent un effort minimal pour garder la tête droite, le regard horizontal et le corps proche de la ligne de gravité à l'intérieur du polygone de sustentation.

Deux circonstances principales entraînent une rupture de cet équilibre économique :

- lorsque les patients présentent une déformation en cyphose qui conduit à une activité musculaire importante et douloureuse pour garder un équilibre minimal.
- lorsqu'un déficit musculaire ne permet plus de conserver la stabilité rachidienne.

La pathologie de la colonne vertébrale a un retentissement double sur :

–La statique : déformations.

–Le contenu du canal rachidien : moelle épinière au-dessus de L1, racines de la queue de cheval en dessous, avec constitution de troubles neurologiques.

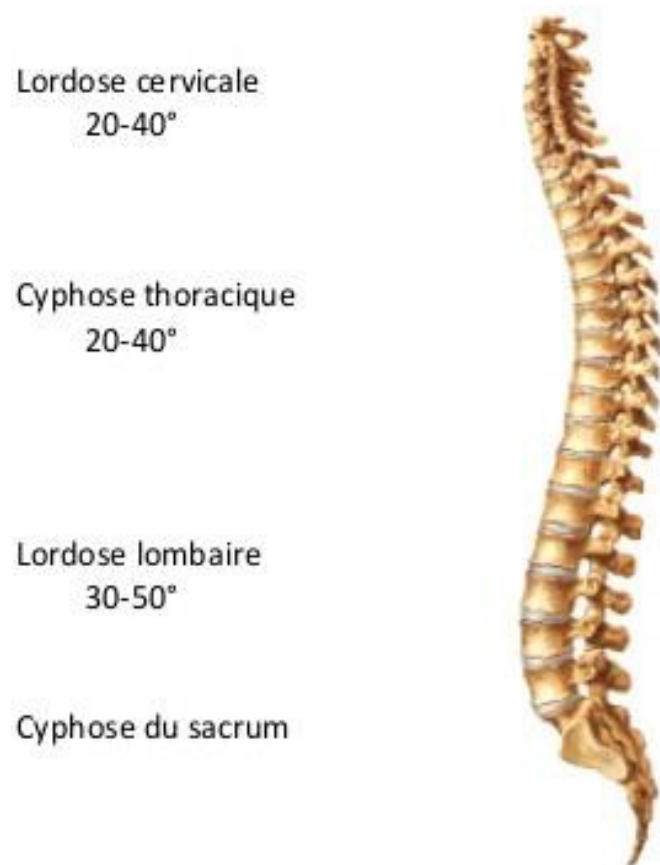


Figure 9 : les courbures physiologiques du rachis

MATERIEL ET

METHODES

I. Fiche d'exploitation

L'étude des dossiers a été faite selon une fiche d'exploitation pour chaque patient et comprenant les informations suivantes :

Fiche d'exploitation : vertébroplastie et kyphoplastie

Epidémiologie :

Nom : Prénom :

IP :

Date d'entrée : Date de sortie :

Age : ans

Sexe : Homme : ☐ Femme : ☐

Profession :

Origine : Province : Urbaine ☐ Rurale ☐

Couverture sociale : Mutualiste : ☐ RAMED : ☐ Sans : ☐

ATCDs

Personnels :

➤ Médicaux :

- Cardiopathie ☐
- HTA ☐
- Néphropathie ☐
- Diabète ☐
- Autre ☐

➤ Chirurgicaux :

Familiaux :

Mécanisme lésionnel :

AVP : ☐

Chute : Hauteur : ☐ De sa hauteur : ☐ Arbre : ☐ Autre : ☐

Accident de travail : ☐

Agression : ☐

Tentative d'autolyse : ☐

Autre : ☐

Clinique :

Signes d'appel :

-Rachialgies ☐

-Impotence fonctionnelle ☐

-Troubles génito-sphinctériens : oui ☐ Non ☐

Examen général :

Etat de conscience :

GCS : <8 ☐ 9-12 ☐ 13-15 ☐

Etat Hémodynamique : stable ☐ instable ☐

Etat respiratoire : stable ☐ instable ☐

Température :

Examen neurologique :

Grading de FRANKEL

➤ Grade A : ☐

➤ Grade B : ☐

➤ Grade C : ☐

➤ Grade D : ☐

➤ Grade E : ☐

Examen rachidien :

- Douleur rachidienne à la pression des épineuses : ☐
- Déformation rachidienne : ☐
- Saillie d'une épineuse : ☐
- Ecchymose paravertébrale : ☐

Intensité de la douleur selon l'échelle EVA :

Lésions associées :

–Thoracique :

Hémothorax

Pneumothorax

Hémopneumothorax

Fracture des côtes

–Abdominale : (à préciser)

–Membres :

M.S (à préciser)

M.I (à préciser)

–Cranio–

faciale HED :

☐

HSDA : ☐

Contusion cérébrale : ☐

Hémorragie méningée : ☐

Lésion facial ☐

Examens para cliniques :

Bilan radiologique :

Radiographie standard :

Radiographie du rachis cervical : ☐

Radiographie du rachis thoracique : ☐

Radiographie du rachis lombaire : ☐

TDM : faite ☐ non faite ☐

IRM : faite ☐ non faite ☐

Ostéodensitometrie : faite ☐ non faite ☐

Autres : Rx thorax : ☐ Echographie ☐ Radiographie ☐ de
☐ abdominale ☐ bassin ☐

Résultats

Etage rachidien atteint : cervical ☐ dorsal ☐ Charnière dorsolombaire ☐
Lombaire ☐

(Préciser la ou les vertèbre(s) atteinte(s) :

Nombre d'étage atteint :

Type lésionnel (Classification de Magerl)

Degré du tassement :

Degré de la cyphose :

Effraction du mur postérieur : présente ☐ absente ☐

Atteinte pédiculaire : présente ☐ absente ☐

Nature de la lésion :

- Tassement vertébral ostéoporotique : ☐
- Tassement vertébral sur lésion tumorale : ☐
- Tassement vertébral post-traumatique : ☐
- Métastase vertébrale : ☐
- Angiome vertébral : ☐

Bilan Biologique préopératoire

: Traitement :

➤ **Médical :**

Anti-inflammatoire : Corticoïde ☐ AINS ☐

Antalgique : ☐

Myorelaxant : ☐

Anticoagulant : ☐

Traitement adjuvant (ostéoporotique): ☐

➤ **Chirurgical :**

Délai d'intervention :

Vertébroplastie : ☐ Kyphoplastie : ☐

Sédation ☐ Anesthésie général ☐

Chirurgie à ciel ouvert : laminectomie ☐ ostéosynthèse ☐ Biopsie ☐ autre

Traitement chirurgical des lésions associées (à préciser)

➤ **Orthopédique** : Non : ☐ Oui : ☐ Type : Durée :

Evolution :

Evaluation de la douleur post opératoire selon l'échelle EVA

- A court terme :
- A long terme

Evaluation neurologique (marche) :

- A court terme :
- A long terme :

Statique rachidienne :

Degré de tassement

- A court terme :
- A long terme :

Degré de cyphose :

- A court terme
- A long terme

Evolution tumorale :

- A court terme :
- A long terme :

Incidents :

- Incidents de ponction : ☐
- Fuite de ciments : ☐
- Fuite veineuse : ☐
- Fuite discale : ☐
- Fuite para vertébrale : ☐

Complications locales & générales du traitement :

- Locales :

- Exacerbation des douleurs locales : ☐
- Compression médullaire : ☐
- Compression radiculaire : ☐
- Infection : ☐
- Fracture vertèbre adjacente : ☐

- Générales :

- Embolie pulmonaire : ☐
- Infection pulmonaire : ☐

Satisfaction globale :

Très satisfait ☐ plutôt satisfait ☐ plutôt insatisfait ☐ très insatisfait

II. Type d'étude et critères d'inclusion

Il s'agit d'une étude descriptive et rétrospective menée sur une période de 05 ans (de Janvier 2018 à janvier 2023) au service de Neurochirurgie à l'hôpital militaire my Ismail de Meknès. Le recueil de données a été effectué sur 46 dossiers de patients pris en charge dans le service ayant bénéficié d'une vertébroplastie et/ou d'une kyphoplastie.

Les moteurs de recherche exploités ont été Pub Med, Sciences Direct, les mots clés utilisés ont été : Vertébroplastie percutanée, kyphoplastie, ciment acrylique, fractures vertébrales, ostéoporose, métastase vertébrale.

III. Bilan pré thérapeutique

A. Bilan radiologique [11]

Le bilan préopératoire du rachis comporte :

Des clichés radiographiques standards de face et de profil permettent d'évaluer l'importance du tassement, l'atteinte de l'arc postérieur et un éventuel trouble de la statique rachidienne.

Un examen tomodensitométrique de la vertèbre pathologique car lui seul permet d'évaluer correctement l'existence d'une lyse corticale touchant soit la corticale externe du corps vertébral, soit le mur postérieur. Il permet également d'apprécier la texture globale de la vertèbre avec présence d'une lacune globale ou au contraire des micro géodes multiples, plus ou moins confluentes, de zone de condensation pathologiques, tous éléments qui influent de manière importante sur la

répartition du ciment dans le corps vertébral ou sa fuite éventuelle en dehors de ses limites lors de l'injection percutanée.

Une imagerie par résonnance magnétique (IRM) qui précise l'importance de l'atteinte du corps vertébral, l'atteinte éventuelle des pédicules et de l'arc postérieur, l'existence d'une rupture du mur postérieur pour les processus expansifs, l'existence ou non d'un envahissement épidural, une extension dans les parties molles. Elle évalue le nombre de fractures pathologiques (symptomatiques ou non). Elle permet également de mieux caractériser les tassements ostéoporotiques récents ou anciens selon leur signal en T1 et en T2. Egalement dans les lésions tumorales pour le diagnostic d'une épidurite qui contre indique la technique.

B. Bilan biologique

Une numération formule sanguine permet de s'assurer du bon taux de plaquettes et de PNN. Elle est complétée par un bilan de coagulation incluant le temps de prothrombine et le temps de céphaline activée (TP, TCA).

Une consultation pré anesthésie est programmée, le geste s'effectuant sous anesthésie générale ou simple sédation selon la localisation des lésions et l'état clinique.

IV. Technique

A. Vertébroplastie

1) Matériel de ponction

Les trocars de vertébroplastie utilisés sont variables en fonction de l'étage traité. Les aiguilles standards utilisables aux étages thoraciques ou lombaires sont de

calibre de 10G (gauge), permettant de réaliser dans le même temps des biopsies par la mise en place coaxiale d'un trocart de biopsie osseuse (14 G ou 15 G).

Des trocars de plus fin calibre (13 à 15 G) peuvent être utilisés au niveau cervical et dorsal supérieur lorsque les pédicules sont de petite taille ou en cas de tassement en « galette ».



Figure 10 : Exemple de trocars de vertébroplastie (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

2) Ciment acrylique [12]

a) Composition générale :

Les ciments acryliques tirent leur nom de leur composant historique principal, le méthacrylate de méthyle (MMA). Ils se présentent, comme les CPCs (céramiques phosphocalciques), sous forme d'une phase liquide et d'une phase solide.

La phase liquide est essentiellement composée du monomère, par exemple le MMA. du DMT (diméthyl-p-toluidine) un activateur de polymérisation, est ajouté pour permettre la prise de ciment à température ambiante. On trouve également dans la

plupart des formulations un inhibiteur de polymérisation, en général l'hydroquinone, d'une part pour éviter la polymérisation durant le stockage mais aussi pour limiter la vitesse de polymérisation.

La phase solide comporte au minimum un polymère pulvérulent et du peroxyde de benzoyle (BPO), inhibiteur de polymérisation. Les polymères utilisés sont généralement solubles dans le monomère permettant l'obtention d'une pâte homogène lors du mélange. Le PMMA est le polymère dont l'utilisation est la plus répandue [13] .

b) Mélange et prise du ciment :

Pour obtenir le ciment acrylique, il convient donc de mélanger les deux phases en incorporant la phase liquide à la phase solide, l'emploi d'activateur et d'initiateur permettant une prise du ciment à température ambiante [13]. Ce mélange doit avoir lieu dans le bloc opératoire et peut s'effectuer soit à la spatule soit avec un mélangeur généralement développé par le fabricant du ciment .la norme ISO 5833 définit deux temps de prise pour les ciments acryliques. Le premier, le td (dought time) correspond au temps pendant lequel le ciment est malléable ou temps de pétrissage. Celui-ci doit être en moyenne de 5 min+/- 1,5 min. le second, le ts (setting time) correspond à la prise polymérique du ciment, ou temps de durcissement et doit être compris entre 3 et 15 min pour une utilisation sous forme de pâte et entre 6,5 et 15 min pour une utilisation en seringue.

La prise du ciment acrylique de PMMA se fait par une polymérisation en masse, et plus précisément par une polyaddition de type radicalaire, la plus répandue dans l'industrie. Son mécanisme suit quatre étapes : l'initiation, le transfert, la propagation et la terminaison.

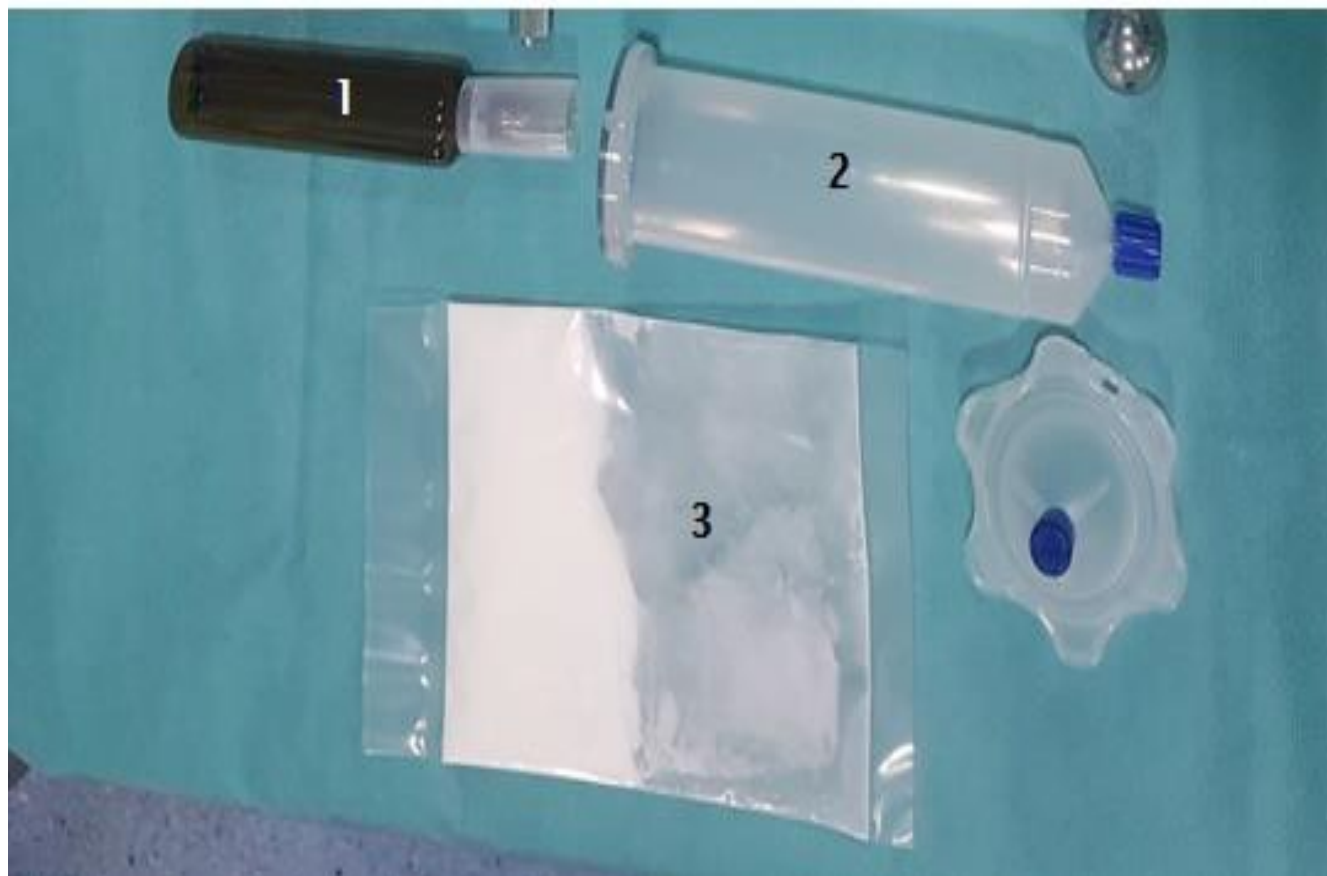


Figure 11: 1 le solvant, 2 le mélangeur, 3 le ciment acrylique (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

3) Matériel radiologique :

Le contrôle du geste se fait par l'amplificateur de brillance, il permet de surveiller la position des trocars ainsi que le remplissage vertébral qui est apprécié plus effectivement et en temps réel. Cette procédure doit se réaliser dans une salle de neurochirurgie équipée permettant le contrôle de la position de l'aiguille de face et de profil, avec des conditions d'asepsie rigoureuses.



Figure 12 : table numérisée d'un arceau biplan permettant de faire des clichés de face et de profil

4) Abord rachidien :

Les différentes voies d'abord utilisées sont celles décrites pour les techniques de biopsie des corps vertébraux par Deramond (1990). La voie d'abord est fonction de l'étage rachidien traité :

L'étage cervical : Plusieurs voies d'abord ont été décrites dans la littérature, mais la plupart des auteurs s'accordent actuellement pour aborder le rachis cervical par voie antérolatérale. La ponction se fait sur un patient en décubitus dorsal, les doigts de l'opérateur s'insinuant entre l'axe aérodigestif en dedans et l'axe vasculaire en dehors, permettant le repérage des quatre derniers corps vertébraux. Le trocart est ainsi facilement introduit jusqu'au contact osseux. Cette voie permet d'aborder l'ensemble des vertèbres cervicales de C2 à C7. Compte tenu de la petite taille de ces vertèbres, il est rarement nécessaire d'utiliser un abord bilatéral.

Aux étages dorsal et lombaire : Ces vertèbres peuvent être abordées par voie postérolatérale ou transpédiculaire, cette dernière paraissant préférable car elle réduit le risque de complication pleuroparenchymateuse au niveau dorsal ou d'hématome du psoas au niveau lombaire et expose beaucoup moins aux fuites extracorporeales par le trou de ponction. Par contre cette voie n'est pas utilisable en cas de lyse pédiculaire, d'hypotrophie pédiculaire ou de présence de matériel d'ostéosynthèse.

Lors d'un abord transpédiculaire, le patient est placé en procubitus strict et la ponction s'effectue de face.

L'abord postérolatéral est réservé aux contre-indications de l'abord transpédiculaire. Le patient est également en procubitus et la ponction est réalisée à environ un travers de main en dehors de la ligne des épineuses.

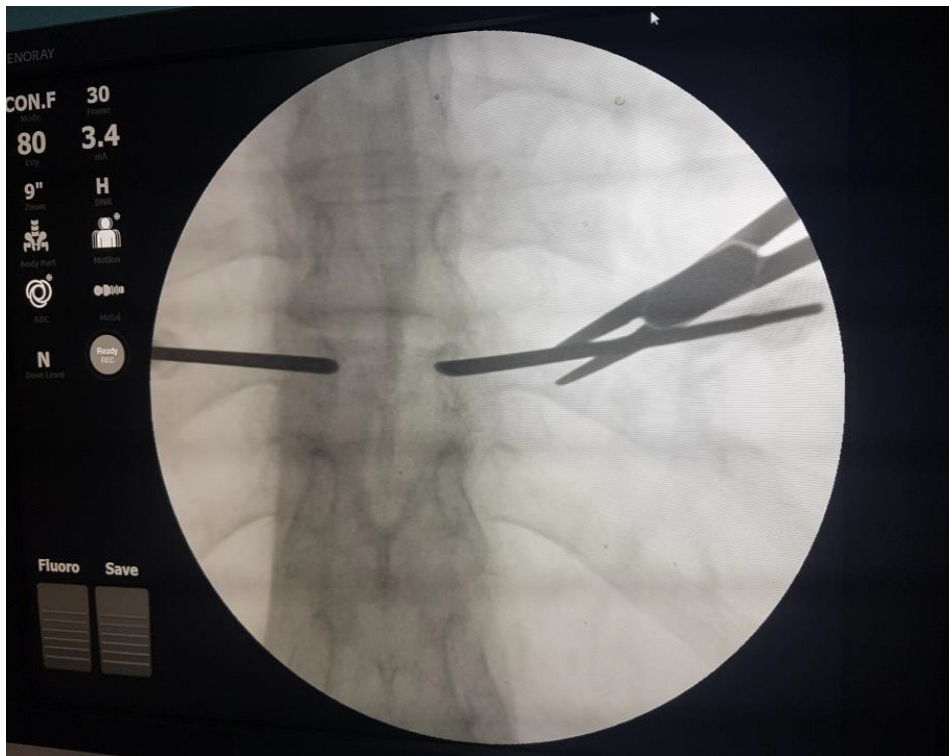


Figure 13 : Introduction des trocars par voie Trans pédiculaire (image peropératoire du service de neurochirurgie HMMI Meknès)

5) Procédure :

Le patient est sous anesthésie générale ou sédation. L'antibioprophylaxie en début de procédure est faite systématiquement. Le geste est réalisé dans des conditions strictes d'asepsie.

Le patient est installé en décubitus ventral sur la table, on désinfecte la région à traiter et on la recouvre par des champs stériles (figure 14).

On effectue un repérage scopique des pédicules puis on introduit le trocart sous scopie, la progression du trocart se fait sous contrôle scopique de face et de profil (figure 15 et 16).

La préparation du ciment s'effectue en mélangeant la poudre de méthymétacrylate avec le solvant (figure 18). Ce mélange est opacifié par l'addition de la poudre de tungstène stérile. On injecte le ciment lorsqu'il atteint une viscosité adéquate à l'aide d'un injecteur poussoir (figure 19).

L'injection est réalisée en incidence de profil, il faut prévoir l'arrêt immédiat de l'injection en cas d'extravasation du ciment hors du corps vertébral (figure 20 et 21).

La quantité injectée est variable en fonction de l'étage traité et la qualité de remplissage de la vertèbre. On arrête le remplissage dès que l'on estime la consolidation suffisante. On effectue alors des clichés de face et de profil, puis le trocart est retiré du corps vertébral.

Il est indispensable d'effectuer un contrôle par radiographie standard ou par TDM après la vertébroplastie pour vérifier la qualité de remplissage et pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuite de ciment en extravertébrale qui sont parfois sous-estimés en scopie (étape indispensable avant le premier lever) (figure 22).

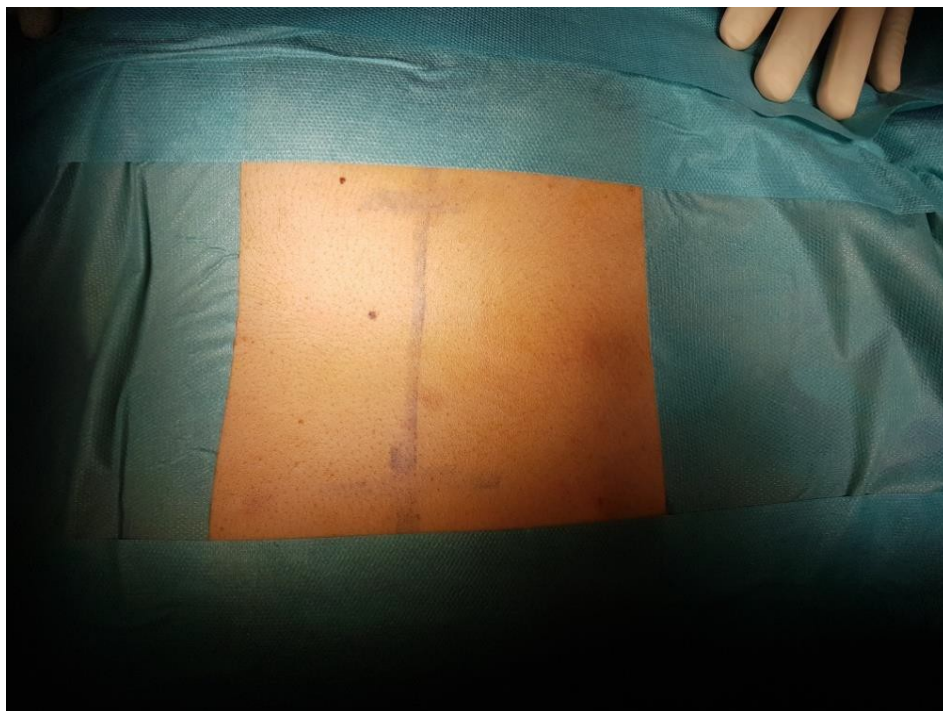


Figure 14 : désinfection et mise en place de champs stériles avec repérage percutané des points de ponction des pédicules (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

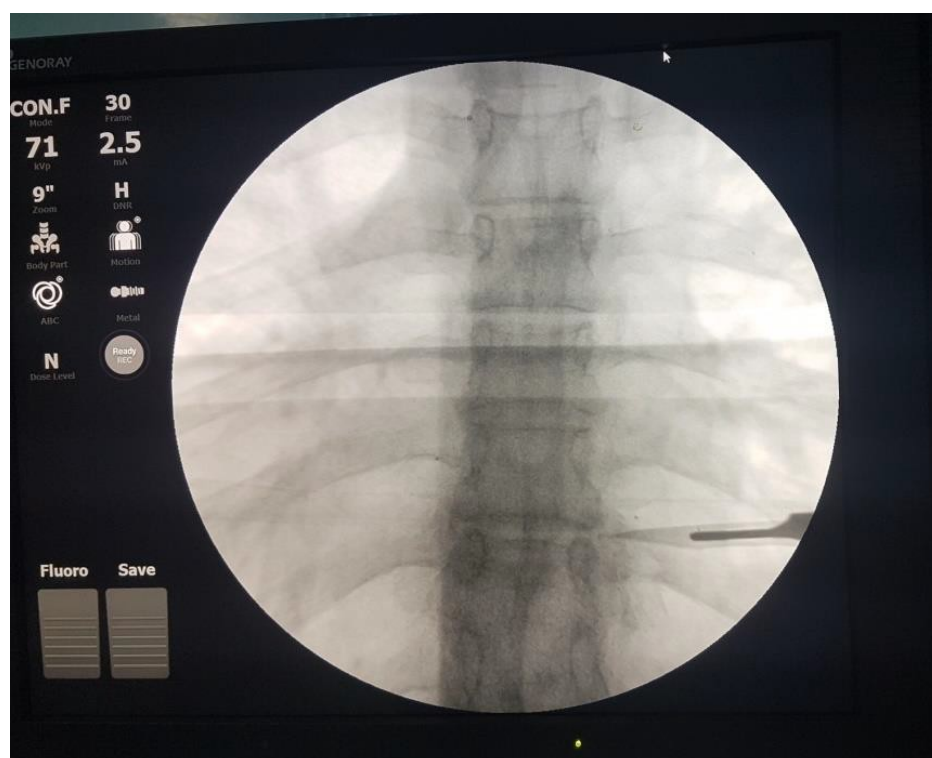


Figure 15 : repérage scopique des pédicules (un cliché de face) (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

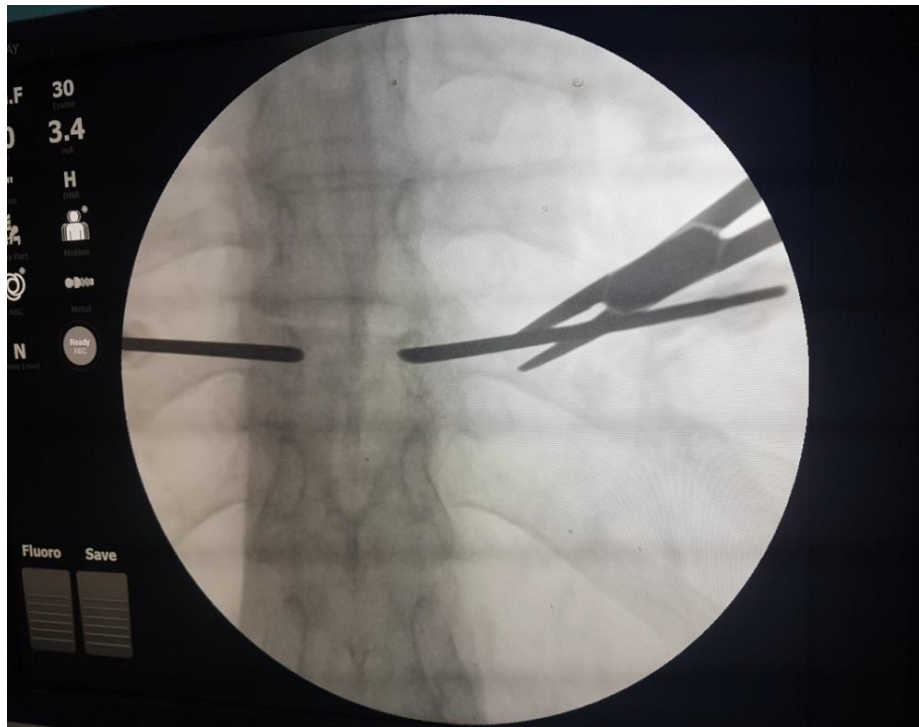


Figure 16 : introduction du trocart sous contrôle scopique (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

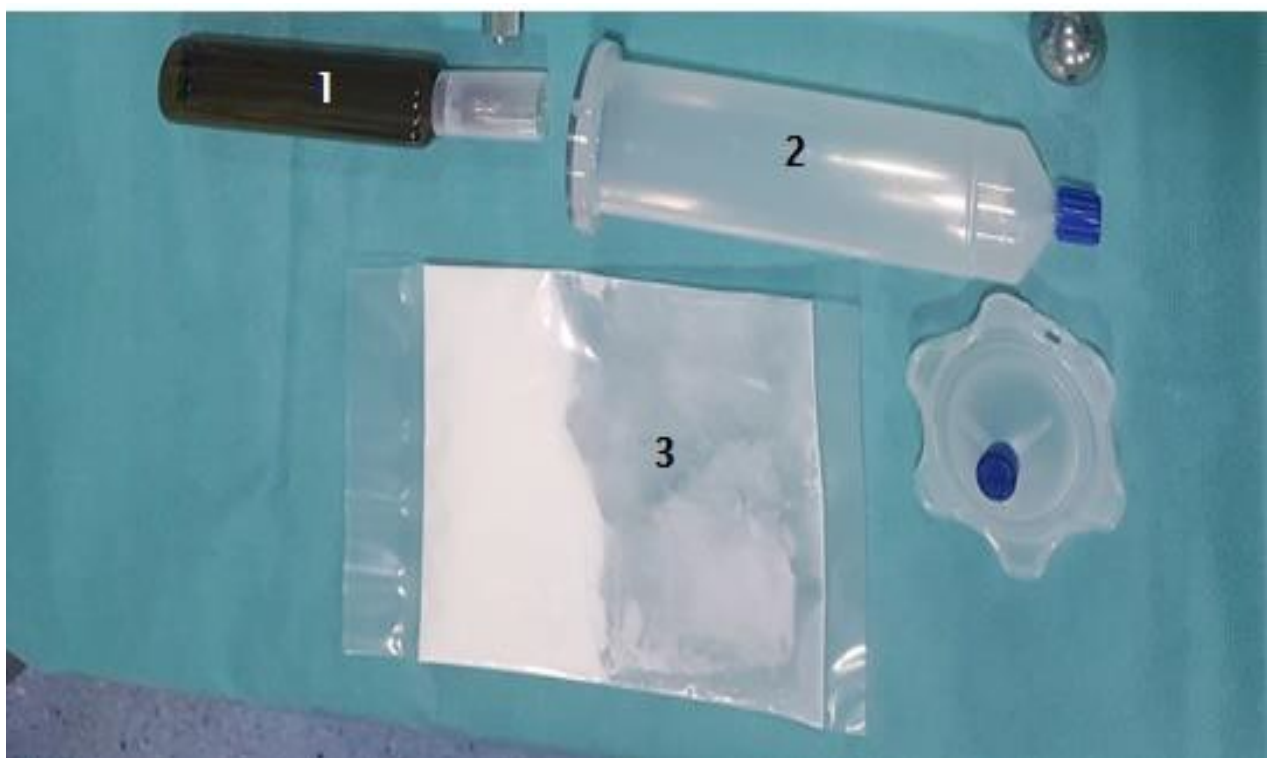


Figure 17 : le ciment acrylique

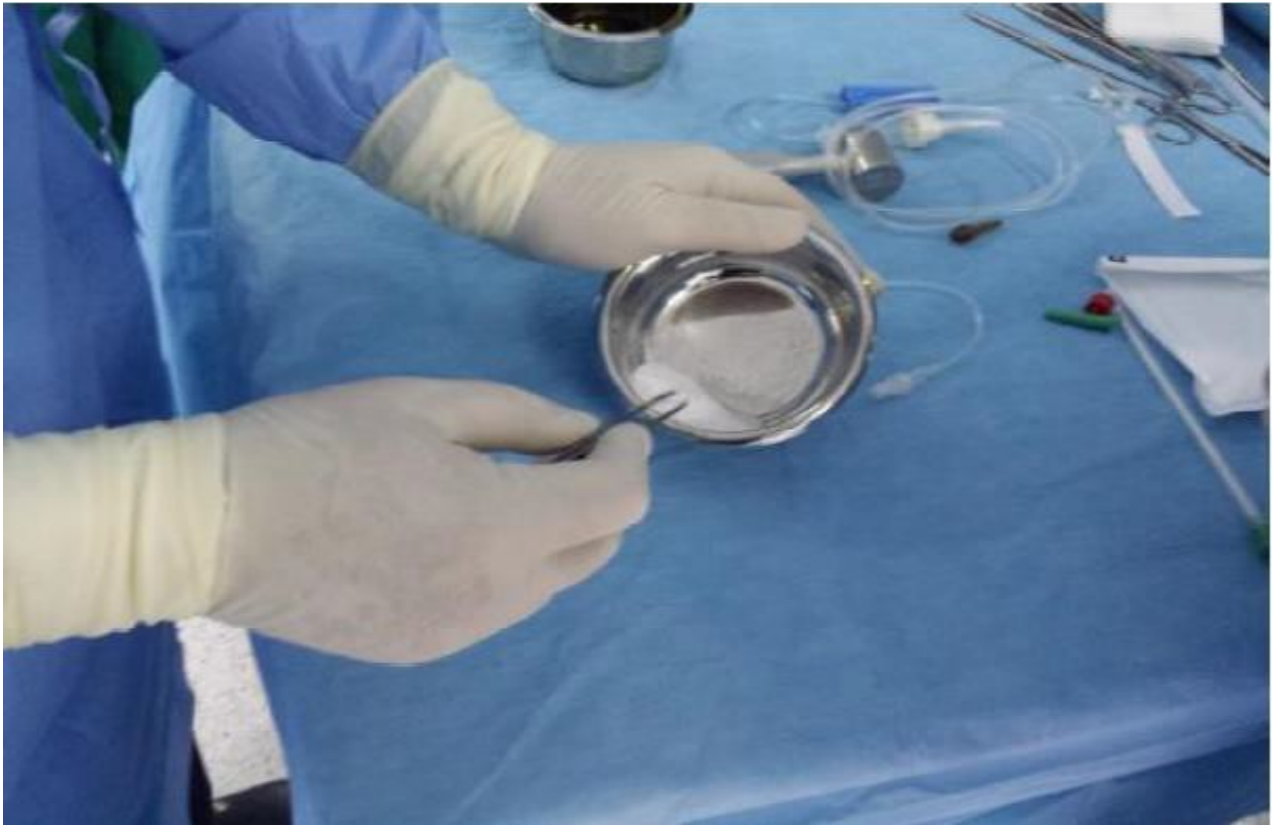


Figure 18 : préparation du ciment



Figure 19 : image d'un injecteur poussoir (service de neurochirurgie HMMI Meknès)



Figure 20 : injection du ciment sous contrôle scopique (injecteur poussoir)
(service de neurochirurgie HMMI Meknès)

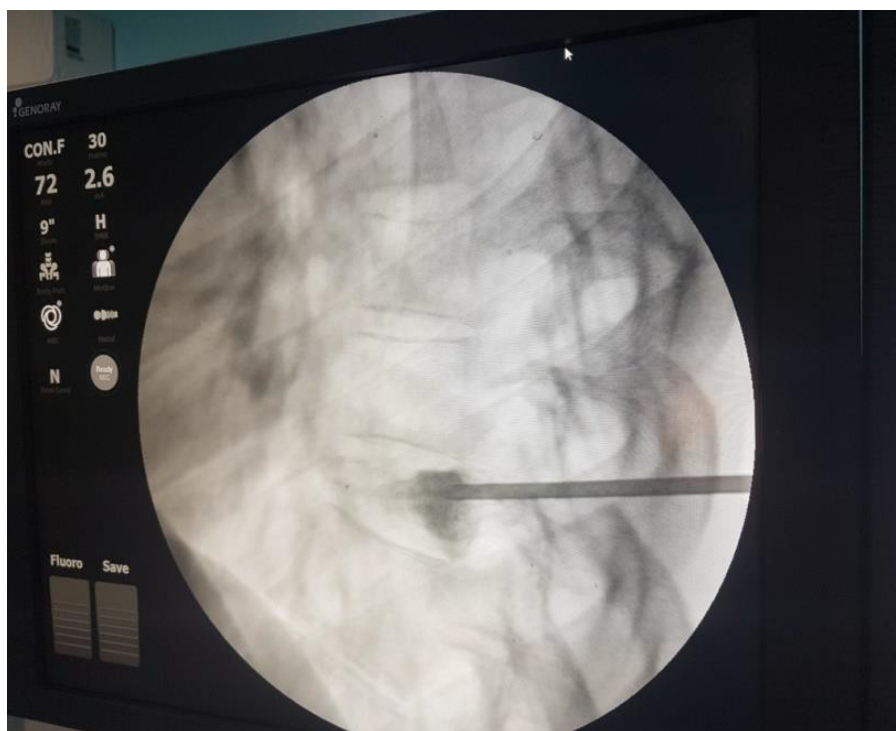


Figure 21 : contrôle scopique lors de l'injection du ciment (service de
neurochirurgie HMMI Meknès)



Figure 22 : vertébroplastie de L4 (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

B. Kyphoplastie

Le concept de la kyphoplastie consiste à créer une expansion contrôlée du corps vertébral au moyen d'un ballonnet puis de stabiliser le corps vertébral en l'état par l'injection de ciment acrylique ou phosphocalcique.

La mise en œuvre de la kyphoplastie s'apparente initialement à celle de la vertébroplastie quant au positionnement du patient, au type d'analgésie requis (anesthésie générale recommandée), au mode de visualisation du segment rachidien dans le plan frontal et sagittal et à la voie d'abord choisie [2].

- **Matériel :**



Figure 23 : Matériel de kyphoplastie : 1–l’aiguille d’accès osseux, 2–la broche de guidage, 3–la canule de travail, 4–l’introducteur, 5–les ballonnets, 6–le manomètre, 7–la canule d’injection (1 mm). (Service de neurochirurgie HMMI Meknès)

- **Procédure :**

L’abord corporel généralement bilatéral est réalisé au moyen d’une aiguille JAMSHIDI de 11 Gauge jusqu’au mur vertébral postérieur par voie extra –pédiculaire (étage thoracique) ou transpédiculaire (étage lombaire). La mise en place d’un introducteur monté sur un guide donne accès au corps vertébral.

Un chenal intra corporel est réalisé sous contrôle radioscopique pour l’introduction du ballonnet gonflable dont la taille (10, 15 ou 20 mm) est choisie en fonction du volume corporel (figure 25).

Le ballonnet muni d’un repère radio opaque à chaque extrémité est placé dans le corps vertébral de sorte que son extrémité distale soit située à 5 mm du mur

vertébral antérieur et que le repère proximal soit au-delà de l'extrémité de l'introducteur (figure 26).

Après avoir mis en place le second ballonnet selon la même procédure, on procède à leur gonflage progressif à l'aide d'un produit de contraste iodé hydrosoluble qui visualise leur degré d'expansion et en contrôlant leur position par rapport aux parois vertébrales (figure 28 A et B). L'évolution de ces deux paramètres est suivie sous contrôle fluoroscopique et la pression dans chaque ballonnet est surveillée grâce à un manomètre (figure 27). Une pression maximale 130 PSI est définie pour chaque type de ballonnet et l'arrêt du gonflage dépend de l'évolution morphologique locale sous l'effet du ballon.

Chaque ballonnet crée de cette manière une chambre intra somatique dont le siège et le volume sont précisément déterminés et contrôlés en temps réel en cours de procédure et qui persiste après le retrait du ballon. Le volume de produit de contraste injecté dans chaque ballon correspond exactement au volume du ciment utilisé de chaque côté. Après avoir dégonflé puis retiré les ballonnets, le ciment visqueux introduit sous contrôle fluoroscopique remplit les cavités corporeales et permet de stabiliser la correction du corps vertébral [2].

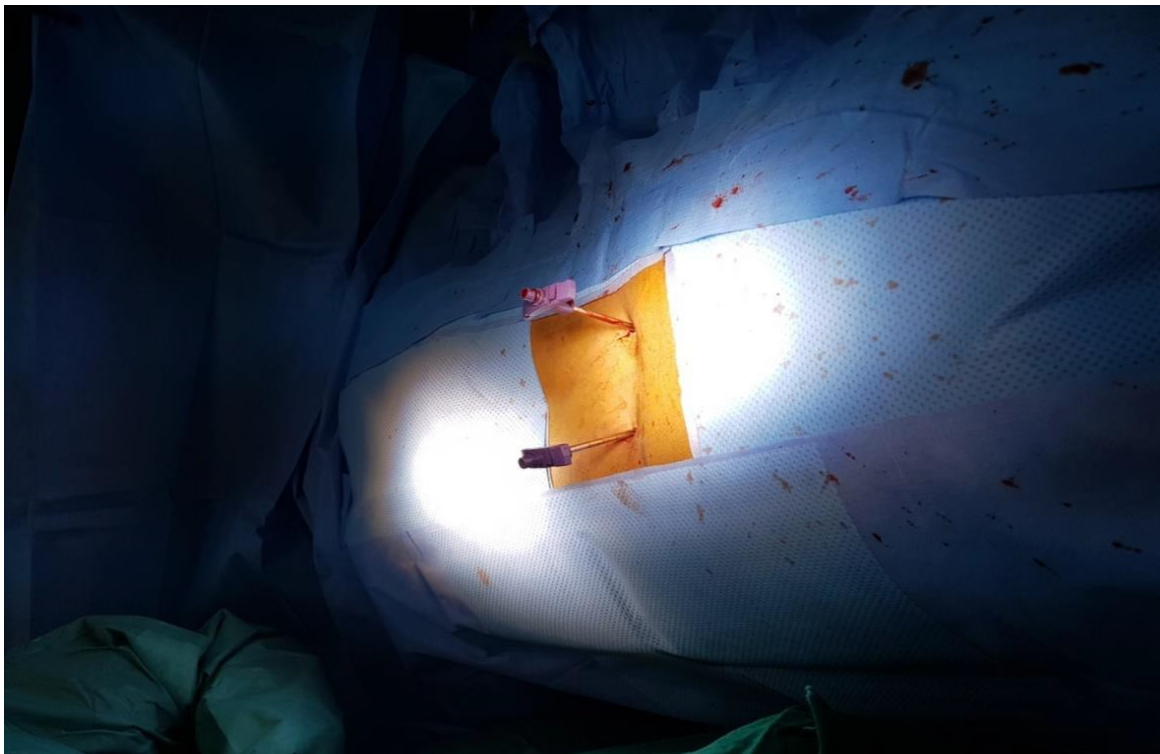


Figure 24 : abord corporel bilatéral lors de la kyphoplastie avec mise en place de la canule de travail (service de neurochirurgie HMMI Meknès).

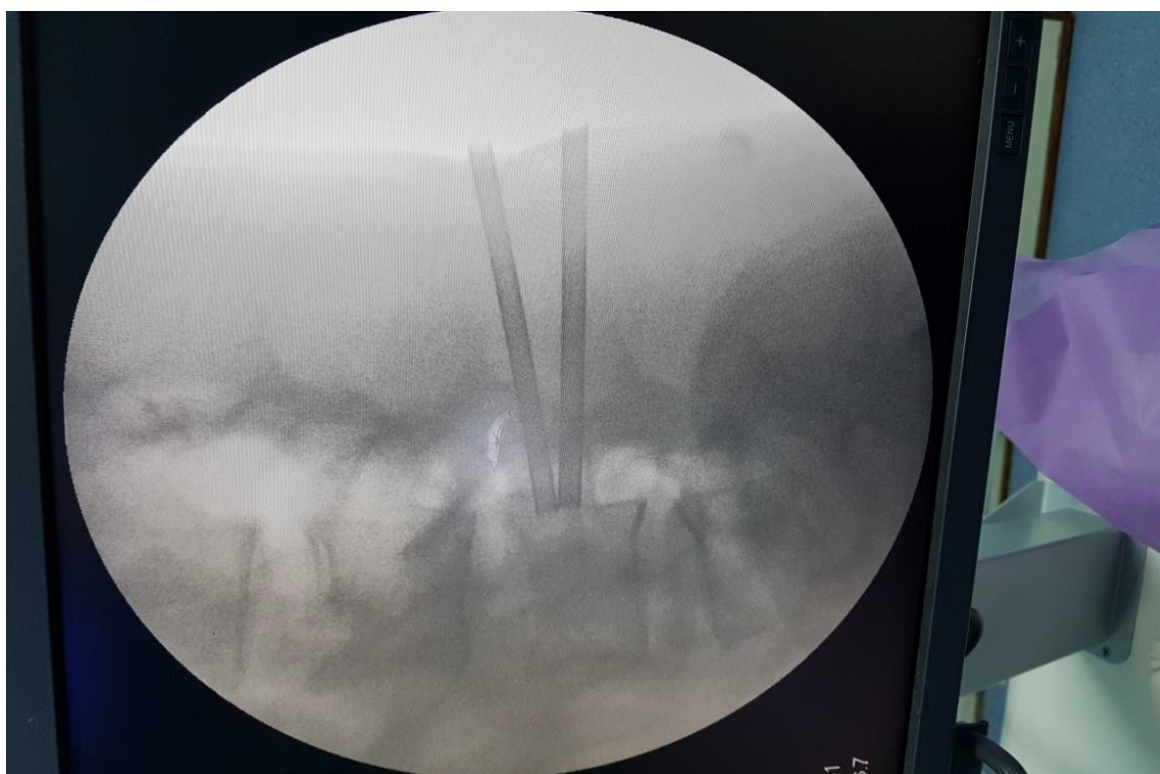


Figure 25 : image scopique montrant l'emplacement de la canule de travail à 2 mm du mur postérieur de la vertèbre (service de neurochirurgie HMMI Meknès)



Figure 26 : introduction des ballonnets au niveau du corps vertébral sous scopie
(service de neurochirurgie HMMI Meknès)

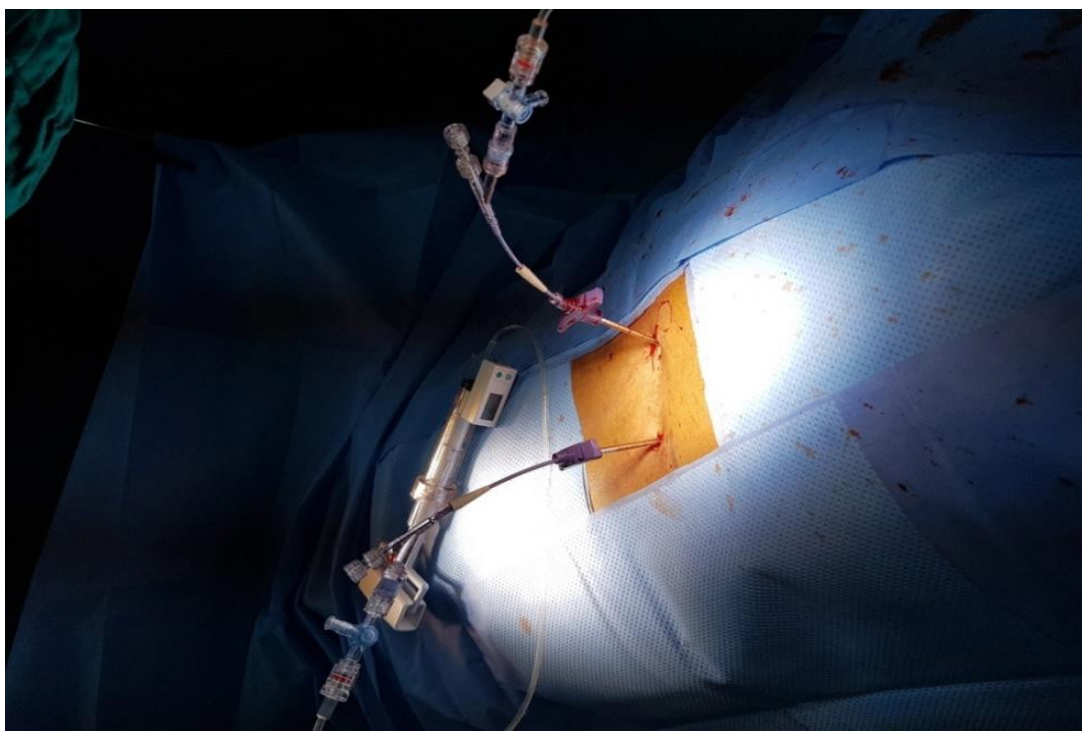


Figure 27 : gonflement progressif des ballonnets sous contrôle manométrique
(service de neurochirurgie HMMI Meknès)

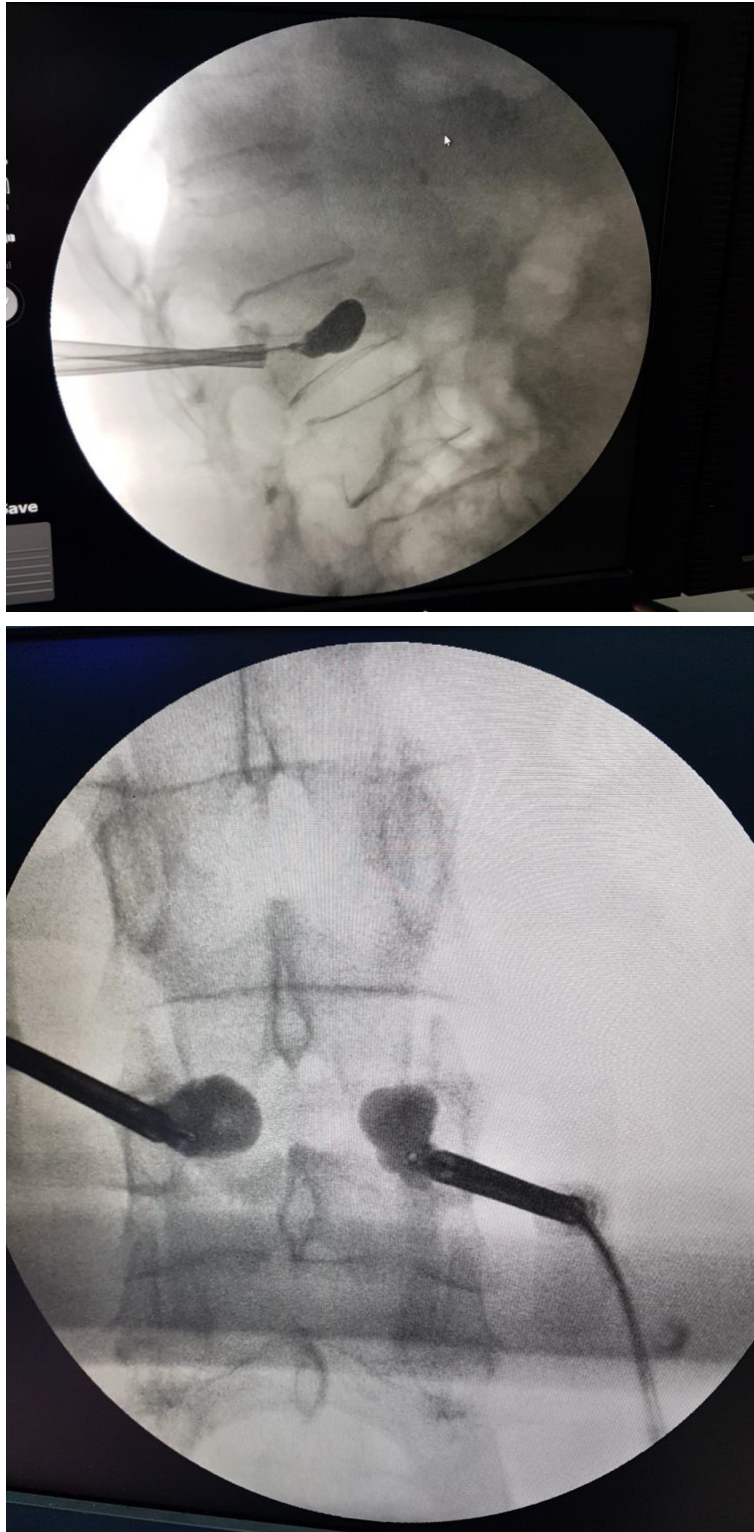


Figure 28: (A et B) expansion des ballonnets remplis par le produit de contraste
(service de neurochirurgie HMMI Meknès)



Figure 29: contrôle radiologique après kyphoplastie de L1 (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

RESULTATS

I. Epidémiologie

1) Répartition selon l'âge

Les tranches d'âge les plus touchées sont la tranche de 60 à 79 ans avec 17 cas soit un pourcentage de 36,95% suivie de la tranche de 40 à 59 ans avec 32 cas soit un pourcentage de 32,60%.

L'âge moyen de nos malades est de 55 ans avec des extrêmes allant de 18 ans à 82 ans.

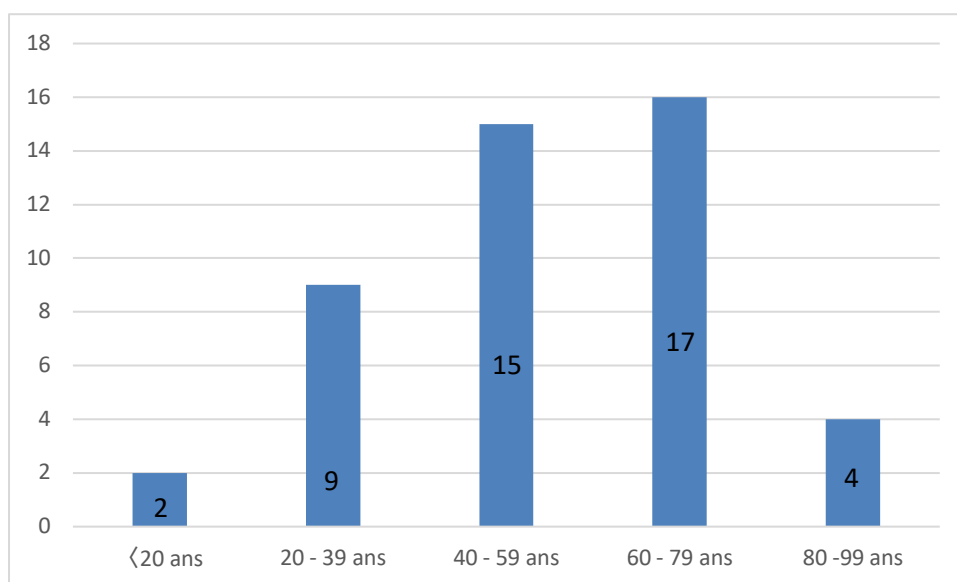


Figure 30: répartition selon la tranche d'âge.

2) Répartition selon le sexe

Dans notre série les femmes sont au nombre de 26 cas correspondant à une proportion de 56%, tandis que les hommes représentent 43% avec 20 cas.

Tableau 1: répartition selon le sexe

Sexe	Nombre de cas	Pourcentage %
Femme	26	56,5%
Homme	20	43,5%
Total	46	100%

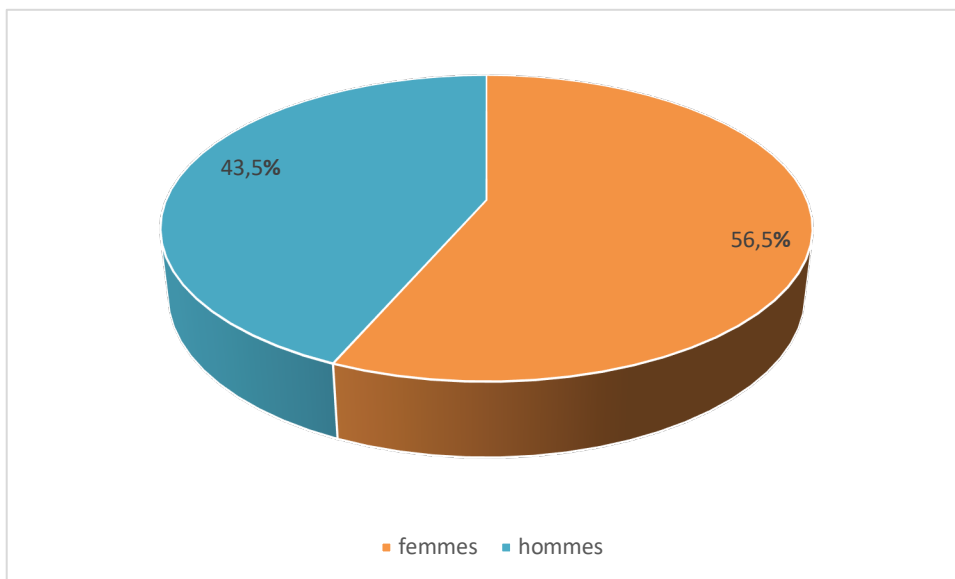


Figure 31: répartition selon le sexe

3) Répartition selon les antécédents pathologiques

Septs patients étaient suivis pour des néoplasies (2 néo de sein opéré, un cancer prostatique, un sarcome médiastinal opéré et 3 myélomes multiples). Les autres antécédents sont variés entre diabète (7 cas), HTA (10cas), cardiopathie (1 cas), AVCI (1 cas), affection psychiatrique (1 cas).

4) Répartition selon le mécanisme lésionnel

Les tassements vertébraux sont causés par des circonstances variées, avec une nette prédominance des accidents domestiques.

a) Accidents domestiques

Elles viennent au premier rang, représentant 16 cas, soit un pourcentage de 34,78% de l'ensemble des mécanismes lésionnels.

b) Chute d'une hauteur

Elle est responsable de 11 cas, représentant 23,91% de l'ensemble des cas.

c) Accidents de la voie publique

Elle est responsable de 12 cas, représentant 26,08% de l'ensemble des cas.

d) Lésion tumorale

Elle est rapportée par 7 malades, 4 métastases vertébrales 8,69% et 3 myélomes multiples 6,52%.

Tableau 2 : Répartition des cas selon le sexe et le mécanisme lésionnel

Mécanismes lésionnels	Homme	Femme	Total	Pourcentage %
Accidents domestique :				
➤ Chute de sa hauteur	3	13	16	34,78%
Chute d'une hauteur	5	6	11	23,91%
AVP	7	5	12	26,08%
Lésions tumorales :	5	2	7	15,21%
➤ Métastases vertébrales	2	2	4	8,69%
➤ Myélome multiple	3	0	3	6,52%

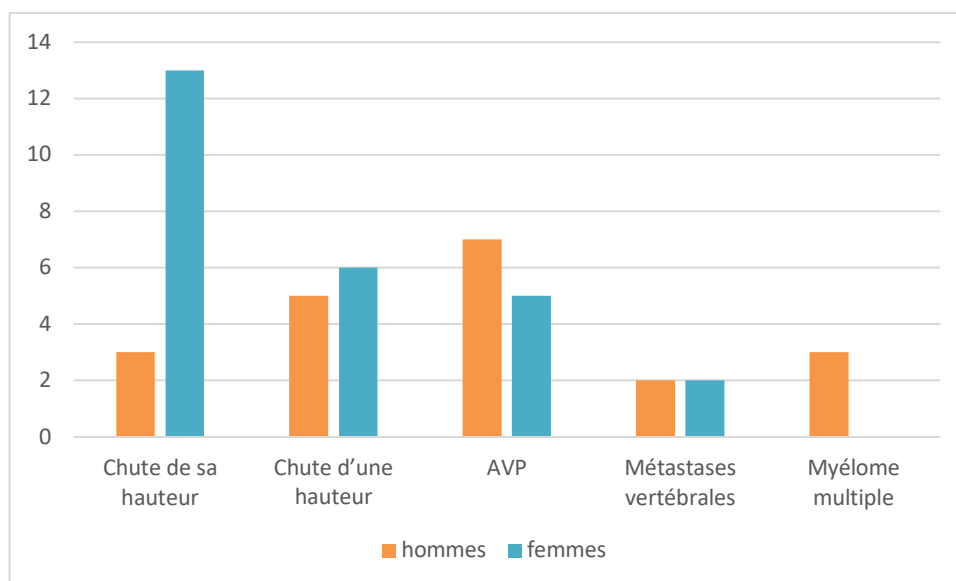


Figure 32: répartition selon le mécanisme lésionnel

II. Clinique

A. Signe d'appel

La symptomatologie orientant vers l'atteinte rachidienne a été notée chez la totalité des patients de notre série. Ces signes se résument ainsi :

- Rachialgies : 46 cas
- Impotence fonctionnelle : 46 cas
- Les troubles génito-sphinctériens : 0 cas.

B. Evaluation de la douleur (EVA)

Tous les patients souffraient avant l'intervention de douleurs invalidantes estimées alors avec l'échelle visuelle analogique (EVA) à 8,7 sur 10 en moyenne, avec des extrêmes allant de 7 à 10.

C. Examen clinique

1) Examen général

Tous les patients de notre série ont été admis dans un état hémodynamique et respiratoire stable. Tous les patients ont été apyrétiques.

2) Examen neurologique

Dans notre travail, aucun patient ne présentait des signes neurologiques (absence de déficit sensitivo-moteur).

3) Examen du rachis

Les signes orientant vers le rachis ont été notés dans les observations de tous les patients de cette série.

Ces signes se résument ainsi :

- Douleurs rachidiennes à la pression des apophyses épineuses : 46 cas
- Déformation rachidienne : 4 cas

4) Lésions traumatiques associées

Les lésions traumatiques associées sont présentées par la fracture des côtes chez 3 patients, la fracture de calcaneum chez 2 patients.

III. Paraclinique

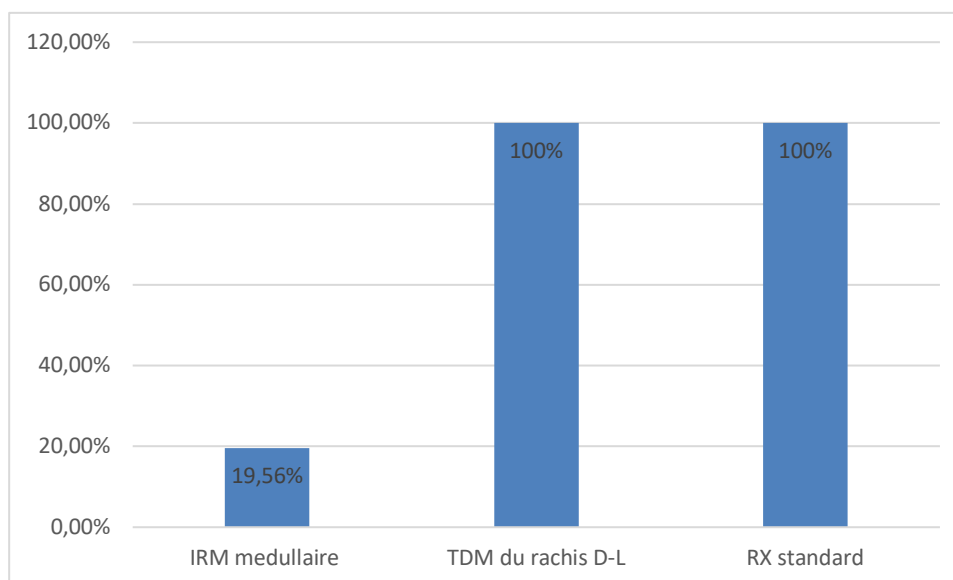
A. Bilan radiologique

La radiographie standard du rachis était réalisée chez 100% des patients de notre série.

La TDM du rachis D-L a été réalisée chez la totalité des malades.

L'IRM médullaire a été réalisée chez 9 patients, soit 19,56 % des cas.

Figure 33: répartition des bilans radiologiques réalisés



B. Résultats radiologiques

1) Niveau d'atteinte

La localisation de la lésion en hauteur était orientée par l'examen clinique et déterminée grâce aux examens radiologiques.

Dans notre série, les fractures tassements–vertébraux se répartissent comme suit :

- 19 vertèbres atteintes au niveau du rachis lombaire soit 33,92 %.
- 25 vertèbres atteintes au niveau de la charnière dorsolombaire soit 44,64 %.
- 12 vertèbres atteintes au niveau du rachis dorsal soit 21,42%.

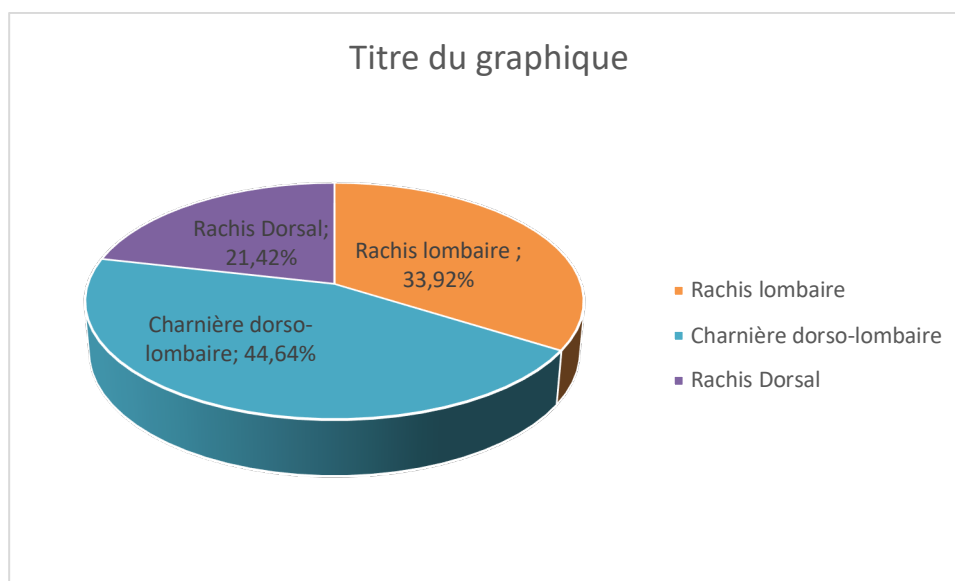


Figure 34 : niveau d'atteinte des tassements vertébraux

2) Vertèbres atteintes par le tassement

a) Nombre de vertèbres atteintes

Les tassements vertébraux intéressaient :

- 01 vertèbre chez 40 patients soit 86,95 %
- 02 vertèbres chez 3 patients soit 6,52 %
- 03 vertèbres chez 2 patients soit 4,34 %
- 04 vertèbres chez 1 patient soit 2,17%

b) Type de vertèbres atteintes

Dans notre série, on trouve une prédominance de l'atteinte de L1 présentée par 10 vertèbres avec un pourcentage de 17,85 %, suivie de L4 par 8 vertèbres avec un pourcentage de 14,28 %.

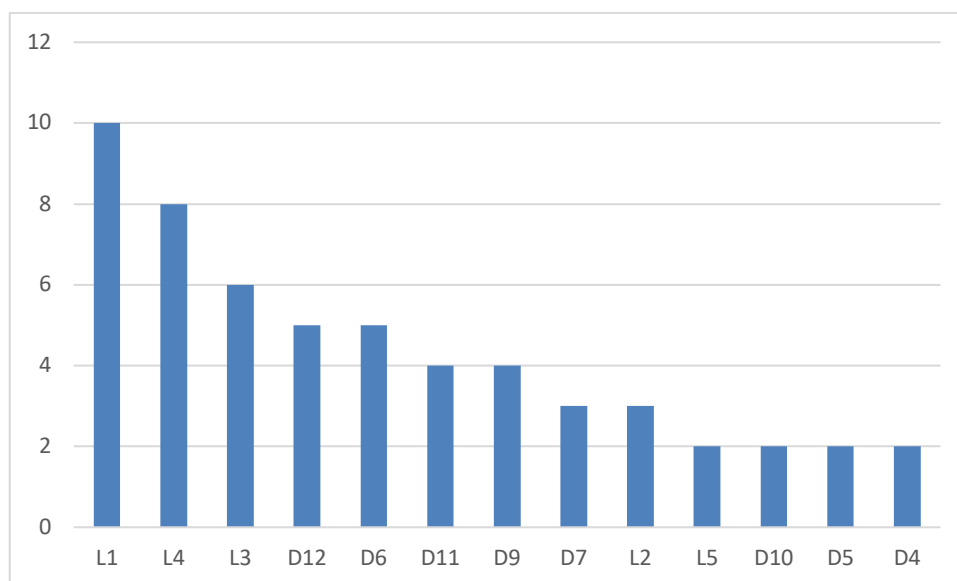


Figure 35 : type de vertèbres atteintes

3) Nature des lésions selon la classification de Magerl

Notre série comprend des fractures tassements vertébraux type A1, A1-3, A3 et A3-1 de Magerl. La perte de la hauteur vertébrale était en moyenne de 10,19mm avec des extrêmes entre (1,1mm et 32mm), le degré de la cyphose locale était estimé à 12,47 degrés en moyenne avec des extrêmes entre (4 et 30 degrés).

4) Diagnostic étiologique

Les différents examens radiologiques ont révélé :

- 20 cas de tassement ostéoporotique soit 43,47%.
- 19 cas de fracture tassement post traumatique soit 41,30%.
- 4 cas de métastases vertébrales soit 8,69%.
- 3 cas de tassement sur maladie de Kahler soit 6,52%.

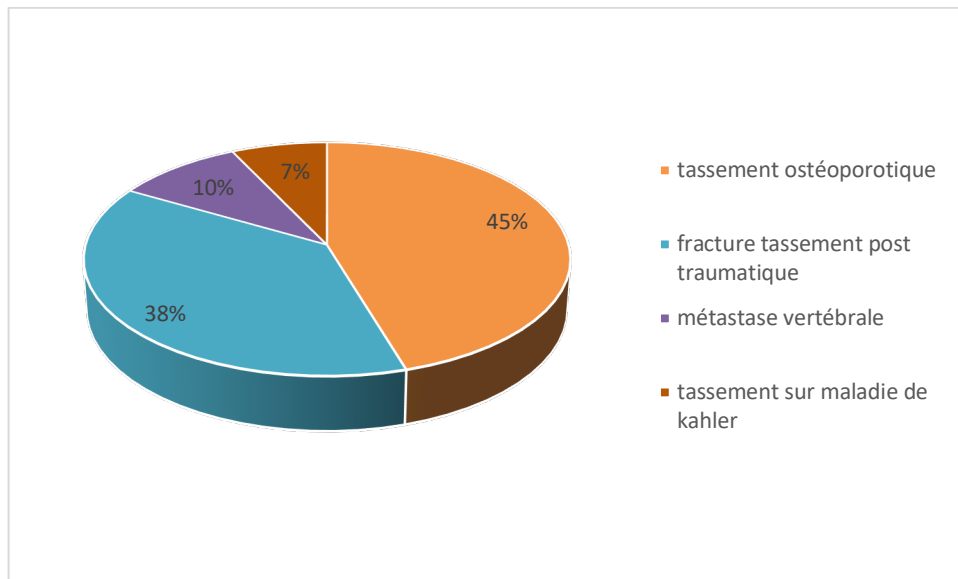


Figure 36: répartition des malades en fonction de l'étiologie de l'atteinte

5) Bilan d'opérabilité

Tous les patients ont bénéficié d'un bilan préopératoire comportant :

- ✓ Une NFS
- ✓ Bilan d'hémostase : TP, TCA
- ✓ Groupage sanguin
- ✓ Glycémie, urée, créatinine.
- ✓ Radiographie du thorax, ECG

IV. Traitement

A. Traitement médical :

Dans notre série, la plupart des patients ont bénéficié d'un traitement médical à type d'antalgiques (palier 1 et 2 et AINS) et des myorelaxants. Les anticoagulants à dose prophylactiques ont été préconisés aux patients alités et 24 heures en postopératoire.

B. Traitement chirurgical (vertébroplastie et kyphoplastie) :

1) Délai d'intervention

Tous nos malades ont été opérés entre 24 heures et 48 heures après leur hospitalisation au service.

2) Type d'anesthésie

Tous nos malades ont été opérés sous anesthésie générale.

3) Type d'intervention

Dans notre série, on trouve que 34 patients (73,91%) ont été opérés par vertébroplastie, 9 patients (19,56%) par kyphoplastie et 3 patients (6,52%) par vertébroplastie avec ostéosynthèse à ciel ouvert

C. . Traitement des lésions associées

1) Biopsies concomitantes

Dans notre série 2 patients (4,34%) ont bénéficié d'une biopsie concomitante à la vertébroplastie (une chez une femme âgée de 70 ans qui a des antécédents d'un néo du sein opéré et l'autre chez un patient âgé de 80 ans victime d'une chute de sa hauteur).

2) Les lésions de l'appareil locomoteur

Les lésions de l'appareil locomoteur associées sont marquées par une fracture des 2 calcaneums chez un patient, qui a été traité par ostéosynthèse, une autre fracture du calcaneum chez une femme qui était victime d'une chute d'escalier qui a été traitée orthopédiquement.

V. Evolution et complications

A. Evaluation neurologique

1) à court terme

La pluparts de nos patient ont repris leur mobilité après 24 heures en postopératoire sans corset ni orthèse.

2) à long terme

Aucun patient n'a déclaré de perte d'autonomie, ni de diminution de ses activités.

B. Evaluation de la douleur

1) à court terme

En postopératoire immédiat (24 h après l'intervention), les patients ont tous rapporté un soulagement par rapport aux douleurs initiales avec une diminution très significative du score moyen sur l'échelle EVA de 8,7/10 à 1,1/10.

2) à long terme

A long terme : 95% des patients déclarent avoir été soulagé par rapport aux douleurs avant le geste, et 1 cas gardent une douleur résiduelle avec un score moyen sur l'échelle EVA à 5/10.

C. Statique rachidienne

1) à court terme

L'étude de la statique rachidienne montre une réduction de la cyphose respectivement de 3° en moyenne après vertébroplastie et de 4,2° en moyenne après

kyphoplastie. La restauration de la hauteur vertébrale a été également satisfaisante, avec une moyenne de 2,5 mm après vertébroplastie et de 3,5mm après kyphoplastie.

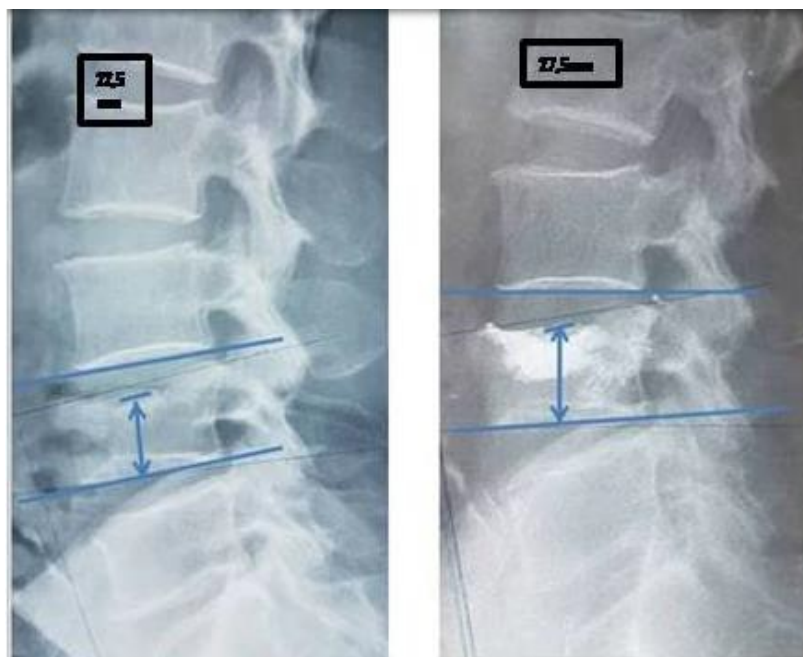


Figure 37: gain en hauteur de 5 mm après kyphoplastie (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

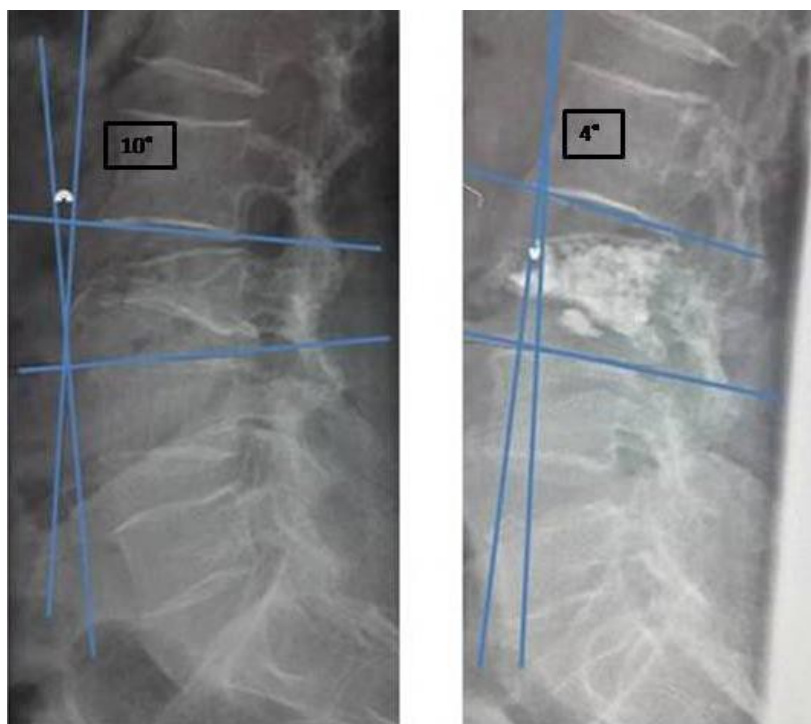


Figure 38: gain en angle de 6° après kyphoplastie (service de neurochirurgie HMMI Meknès)

2) à long terme

Aucun cas de fracture des vertèbres adjacentes après traitement par vertébroplastie et kyphoplastie dans notre série.

D. Incidents et complications

Une extravasation pré-vertébrale du ciment est survenue de façon asymptomatique chez 4 patients, Une petite fuite de ciment dans les disques intervertébraux, sans signification pathologique a été retrouvée chez un seul cas.

E. Durée de l'hospitalisation postopératoire :

Elle est en moyenne de 60 heures (2 jours et ½), avec reprise des activités de la Vie quotidienne dès la sortie de l'hôpital.

VI. Observations cliniques :

Cas clinique n° 1 : vertébroplastie de L4

Mr M.M, âgé de 30 ans, suivie pour une affection psychiatrique sans autres ATCDs, a subit une tentative d'autolyse. Admis au service de neurochirurgie dans un tableau de syndrome rachidien manifeste au niveau lombaire sans déficit sensitivomoteur.

Le bilan radiologique : Radiographie standard et TDM du rachis.



Figure 39 : Coupe sagittale d'une TDM du rachis montrant une fracture tassement de L4

L'indication d'une vertébroplastie de L4 a été retenue.



Figure 40 : coupe sagittale d'une TDM du rachis après vertébroplastie de L4

Les suites opératoires ont été favorables, marquées par l'amélioration des douleurs rachidiennes avec passage de EVA de 9 en préopératoire à 2 en post opératoire.

Cas clinique n° 2 : vertébroplastie de D12 (lésion tumorale) :

Mme B.K âgée de 54 ans, qui a comme antécédents un sarcome médiastinal opéré en 2016 et elle a été mise sous chimiothérapie+radiothérapie, admise au service de neurochirurgie pour un syndrome rachidien dorsal avec une impotence fonctionnelle sans déficit sensitivomoteur.

Le bilan radiologique: radiographie standard et TDM du rachis montrant une lésion tumorale ostéolytique de D12.



Figure 41 : coupe sagittale du TDM du rachis montre une lésion tumorale ostéolytique du D12



Figure 42 : coupe sagittale d'une TDM du rachis montre une lésion tumorale ostéolytique du D12

L'indication d'une vertébroplastie de D12 a été retenue.

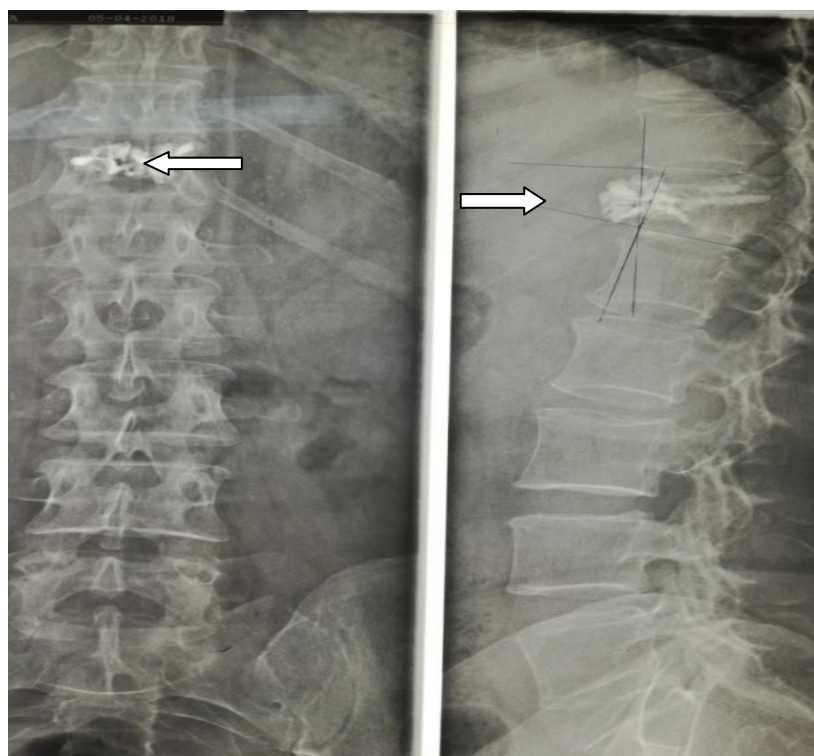


Figure 43 : radiographie du rachis dorsolombaire après vertébroplastie du D12

Les suites opératoires étaient favorables, avec amélioration de l'EVA (de 8 en préopératoire à 2 en postopératoire).

Cas clinique n° 3 : vertébroplastie avec ostéosynthèse à ciel ouvert:

Mr H.R âgé de 50 ans, sans antécédents pathologiques notables, victime d'un AVP. Admis au service de neurochirurgie pour un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivomoteur.

Le bilan radiologique : radiographie standard et TDM du rachis.



Figure 44 : une TDM du rachis montrant une fracture tassement de L3

L'indication d'une vertébroplastie de L3 avec ostéosynthèse de L2 et L4 a été retenue.

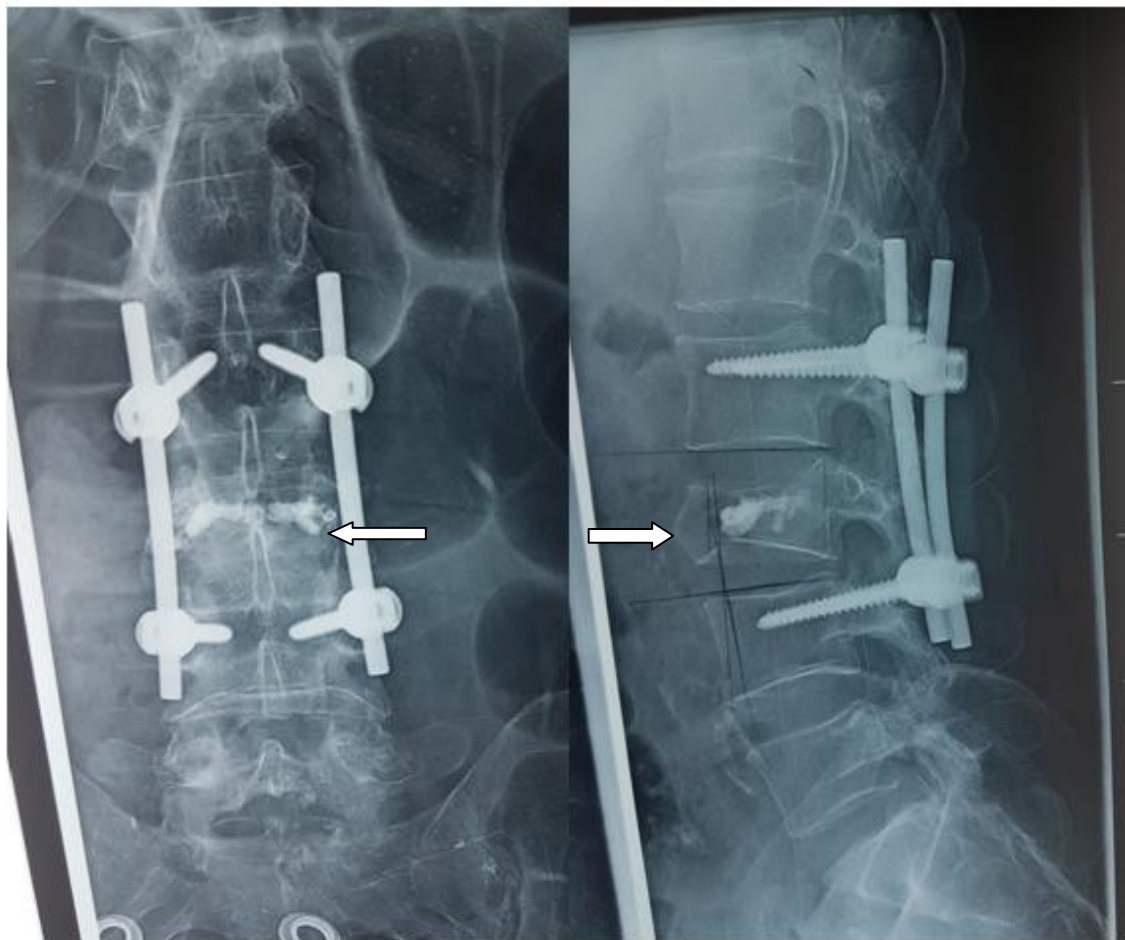


Figure 45 : radiographie du rachis dorsolombaire (face +profil) après vertébroplastie de L3 avec ostéosynthèse de L2 et L4

Les suites opératoires étaient simples, avec une évolution favorable.

Cas clinique n° 4 : kyphoplastie de L1:

Mme A.F âgée de 82 ans, hypertendue sous traitement, admise au service de neurochirurgie pour un syndrome rachidien lombaire avec impotence fonctionnelle sans déficit sensitivomoteur.

Un bilan radiologique : radiographie standard et TDM du rachis.

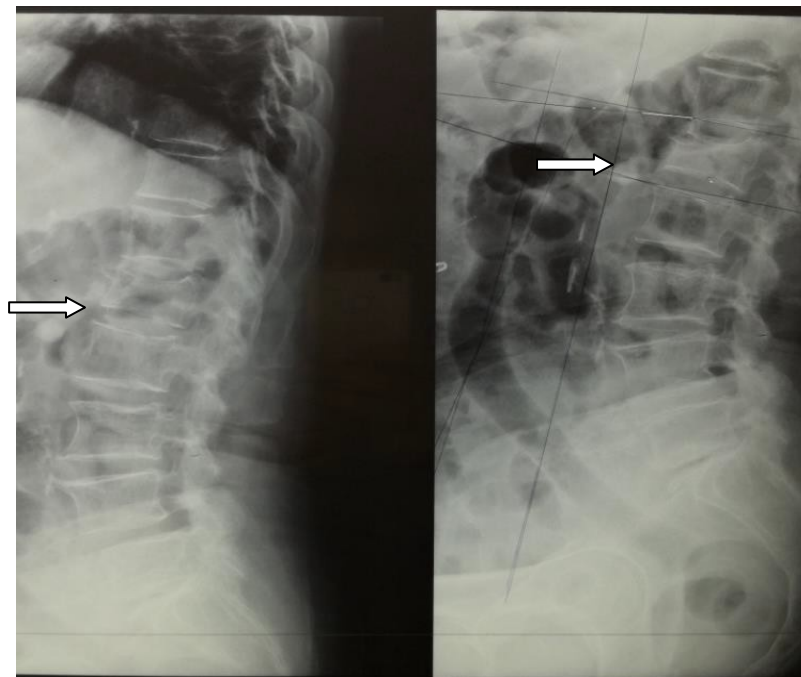


Figure 46 : radiographie du rachis dorsolombaire (face+profil) montrant une fracture tassement de L1

L'indication d'une kyphoplastie de L1 a été retenue



Figure 47 : coupe sagittale d'une TDM du rachis après kyphoplastie de L1

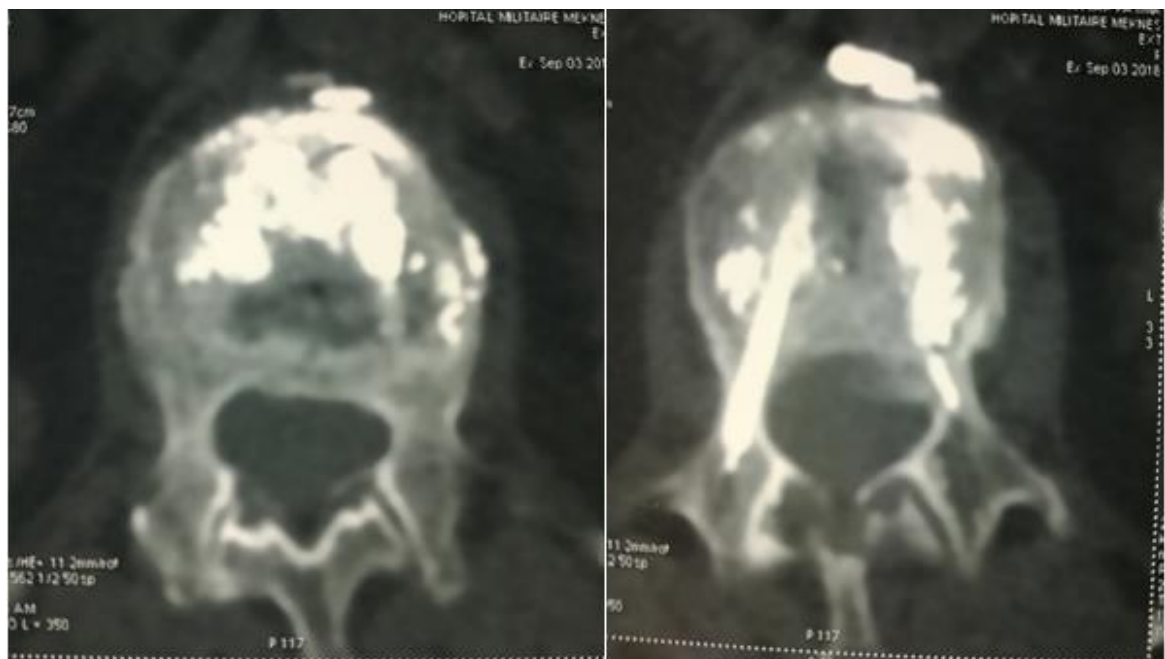


Figure 48 : coupe axiale d'une TDM du rachis après kyphoplastie de L1 montrant une fuite de ciment

Les suites opératoires ont été favorables, avec amélioration de l'EVA (de 8 en préopératoire à 3 en postopératoire).

On a remarqué une fuite de ciment mais sans traduction clinique.

DISCUSSION

I. Vertébroplastie

A. Principes généraux

La vertébroplastie a été inventée par Galibert et Deramond en 1987 [3]. Elle consiste en l'injection radioguidée de polyméthylmétacrylate (PMMA) au sein du corps vertébral fragilisé dans un but antalgique et/ou stabilisateur. Elle est réalisée grâce à l'introduction dans la vertèbre à travers le pédicule, sous contrôle de la scopie et par voie percutanée, des trocars de tailles variables permettant l'injection de ciment chirurgical adapté [3].

B. Buts et mécanismes d'action

La Vertébroplastie conjugue trois effets, le premier est antalgique et se révèle immédiatement après l'injection du ciment. Il semble d'action prolongée. Les deux autres effets sont consolidants ainsi que antitumoral [14]

1) Effet antalgique

On pense que les douleurs rachidiennes sont au moins en partie secondaires à des micro-fractures, à une augmentation des contraintes mécaniques ou à des phénomènes inflammatoires au niveau de la vertèbre atteinte [15]. L'injection de ciment dans la vertèbre consolide les micro-fractures et diminuent les contraintes mécaniques. Elle aurait également une efficacité par le biais d'une destruction des terminaisons nerveuses de l'os normal [16].

2) Stabilisation de la vertèbre

Sous sa forme polymérisée, le méthylmétacrylate est un matériau dur et résistant. L'étude expérimentale de Darrason [17] a montré une augmentation

importante de la résistance vertébrale après injection de ciment acrylique. La stabilisation de la vertèbre permet de prévenir l'apparition de nouvelles microfractures (surtout en bordure de l'os sain) et donc une aggravation du tassement. Il a été montré récemment sur une série de fractures ostéoporotiques que la hauteur de la vertèbre augmentait de 2,7 mm en son centre après l'injection de ciment [18]; ceci contribue à diminuer les contraintes mécaniques liées à ces fractures.

3) Antitumoral local [14] :

Cet effet permet d'expliquer le faible taux de récurrence tumorale locale après vertébroplastie même en absence d'autre traitement local. La nécrose tissulaire est due au caractère exothermique de la réaction de polymérisation. Elle est due également aux propriétés cytotoxiques du ciment. Les métastases vertébrales elles-mêmes ne sont pas innervées. L'apparition de la douleur est en rapport avec le refoulement de l'os sain voisin qui contient des terminaisons nerveuses sensibles à l'apparition d'une hyperpression locale et à de nombreux facteurs cellulaires à l'origine de la douleur. L'effet antalgique est dû à la nécrose des terminaisons nerveuses péri-tumorales.

C. Les indications

1) Les angiomes vertébraux symptomatiques

Historiquement, il s'agit du premier type de lésion vertébrale à avoir été traité par une vertébroplastie. Aujourd'hui ils en constituent toujours une indication [19] [20]. Ce sont des dysplasies vasculaires bénignes de découverte souvent fortuite. Les données radiologiques sont assez caractéristiques ; trabéculations verticales du corps

vertébral sur les radiographies standard, hypodensité au scanner et hyperintensité en T1 en IRM du fait de leur composante graisseuse [21].

Parfois ces angiomes vertébraux sont agressifs cliniquement et/ou radiologiquement (douleur vertébrale intense, une compression médullaire et / ou radiculaire).

Les signes d'évolutivité radiologique : faible composante graisseuse en IRM et au scanner avec prise de contraste intense et parfois extension paravertébrale, essentiellement intracanalair.

Lorsque l'angiome vertébral est radiologiquement et / ou cliniquement agressif, le traitement doit poursuivre 3 objectifs :

- Permettre une décompression effective et durable radiculo-médullaire ;
- Assurer une stabilisation rachidienne primaire et éviter ainsi les déformations secondaires ;
- Contrôler l'évolution de ces malformations pseudotumorales.

La chirurgie souvent hémorragique ou la radiothérapie étaient les seuls traitements jusqu'à l'apparition des techniques de radiologie interventionnelle.

La vertébroplastie par l'injection de ciment acrylique dans le corps vertébral réalise une embolisation in situ des trabéculations vasculaires d'une part et une consolidation et une stabilisation du corps vertébral d'autre part.

A l'heure actuelle, la prise en charge thérapeutique de tels angiomes agressifs sur le plan radiologique et clinique proposée par Deramond [22] est la suivante : devant un patient présentant une symptomatologie neurologique brutale ou rapidement progressive et chez lequel est diagnostiqué un angiome vertébral associé

à une composante épidurale importante et compressive, il faut associer la vertébroplastie et la chirurgie.

Devant un patient présentant une symptomatologie neurologique progressive ou des rachialgies intenses sans signes de compression nerveuse et radiologiquement un angiome « agressif » avec composante épidurale, la vertébroplastie sera réalisée avec injection du ciment acrylique et complétée dans le même temps par une injection d'alcool absolu après ponction de l'arc postérieur angiomateux ou d'un compartiment angiomateux du corps vertébral non injecté de ciment. Cette association permet la stabilisation vertébrale et la sclérose totale de l'angiome qui perd toute évolutivité et dont la composante épidurale s'affaisse [21].

Devant un patient présentant des rachialgies intenses avec un angiome localisé au corps vertébral et un aspect radiologique non agressif, on réalisera une vertébroplastie simple au ciment acrylique. La vertébroplastie permet une embolisation directe de l'angiome et une consolidation du corps vertébral.

2) Les métastases vertébrales lytiques et myélome rachidien :

Ils constituent une importante indication de la vertébroplastie dans les pays européens [19] [23].

Ces lésions vertébrales sont à l'origine de douleurs souvent intenses et invalidantes, liées en partie à une déstabilisation rachidienne et à des fractures vertébrales.

En 1989, Lapras [15] fut le premier à rapporter l'utilisation de la vertébroplastie sur une vertèbre métastatique. Cette première expérience fut encourageante, avec de très bons résultats antalgiques. Depuis, cette indication s'est largement développée.

La vertébroplastie est souvent proposée après un traitement radiothérapique et/ou chimiothérapique, devant la persistance des douleurs rachidiennes ou leur réapparition [1] [24], voire l'apparition secondaire d'un tassement vertébral [11].

Depuis longtemps l'absence d'interaction entre le ciment acrylique et/ou la radiothérapie a été montrée [25]. On conçoit donc l'intérêt de la vertébroplastie dans la prise en charge thérapeutique initiale des métastases rachidiennes douloureuses [23].

Dans les métastases vertébrales douloureuses, la radiothérapie permet dans 70% des cas [26] [27] environ d'obtenir un effet antalgique, mais dans la majorité des cas, cet effet est retardé et n'apparaît qu'au bout de 2 à 6 semaines. Par ailleurs, la radiothérapie ne met pas à l'abri de l'apparition secondaire de troubles statiques liés au tassement vertébral en rapport avec la nécrose tumorale. Dans ces conditions, la vertébroplastie trouve sa place en permettant d'obtenir un effet antalgique quasi immédiat (dans les 72 heures) [1] [11] et une consolidation vertébrale prolongée.

En cas de métastase peu radiosensible (cancer du rein, cancer de la thyroïde), la vertébroplastie constitue également un moyen simple d'obtenir une consolidation du corps vertébral [11].

En revanche, le but de la vertébroplastie est de consolider le corps d'une vertèbre et si la présence d'une épidurite n'est pas en soi une contre-indication à la vertébroplastie, elle n'aura aucun effet sur les signes cliniques en rapport avec l'épidurite [1] [15] [11]. Ainsi dans les métastases avec signes neurologiques, la vertébroplastie ne se conçoit qu'en complément du traitement par radiothérapie et /ou chirurgical.

Dans ces différents cas l'existence d'une lyse du mur postérieur ne doit pas être considérée comme une contre-indication formelle mais doit inciter à redoubler de prudence dans la réalisation du geste [1] [11] [28].

3) Fractures tassements vertébraux ostéoporotiques

Ces fractures constituent la plupart des indications de la vertébroplastie aux Etats-Unis. Une femme ménopausée sur quatre présente un tassement vertébral ostéoporotique [29]. La période douloureuse peut s'étendre de 1 à 3 mois. On comprend dès lors que ces fractures constituent un véritable problème de santé publique. La vertébroplastie dans cette indication est efficace sur la douleur dans 90% des cas [30] [5]. C'est également Lapras et al [24] qui ont les premiers décrit la vertébroplastie comme traitement des fractures vertébrales ostéoporotiques et c'est, à l'heure actuelle, la principale indication de cette méthode thérapeutique.

Le risque de complications dans ce type de pathologies était très faible (1%) [24] et certainement très inférieur à celui de la survenue de complications de décubitus chez des sujets très âgés. L'effet antalgique est excellent dans plus de 90% des cas et très rapide puisqu'une reprise de l'appui est le plus souvent possible dans les 48 heures [19] [30]. Dans cette population la vertébroplastie permet de passer un cap difficile, mais doit être associée à un traitement de fond de l'ostéoporose pour éviter la survenue d'autres tassements ostéoporotiques [1].

La vertébroplastie peut être également très utile dans la prise en charge des tassements aigus survenant sous corticothérapie.

II. Kyphoplastie

A. Technique et buts : [31]

La kyphoplastie par ballonnets est caractérisée par l'utilisation de ballonnets (2 par vertèbre) pour corriger la déformation vertébrale avant l'injection de ciment.

L'introduction des aiguilles de Jamshidi se fait de manière standard sous contrôle à l'écran de l'amplificateur de brillance, une fois le bon positionnement des aiguilles de Jamshidi confirmé, des canules de travail pour les ballons sont introduites.

On procédera tout d'abord de manière à créer une cavité avec la mèche à disposition dans le set, le long du trajet de la fracture en respectant une distance d'au moins 3 mm des plateaux. Une fois le trajet effectué, on pourra introduire les ballons préalablement choisis et connectés à une seringue contenant du produit de contraste après avoir éliminé l'air.

Différentes tailles et formes de ballons sont à disposition, Le choix se basera sur le niveau et le type de fracture.

Les ballonnets sont gonflés à l'aide d'un produit de contraste radio-opaque afin de les visualiser sous fluoroscopie. Les ballonnets repoussent l'os spongieux sur les bords de la vertèbre et créent ainsi une cavité visant à restaurer l'anatomie vertébrale.

Un manomètre permet de contrôler la pression interne du ballonnet qui correspond à la capacité de l'os à répondre au ballonnet. Lorsque la hauteur du corps vertébral est corrigée autant que possible, les ballonnets sont dégonflés et retirés. Un ciment orthopédique visqueux est alors injecté à basse pression dans la cavité, fixant ainsi la fracture.

La pression de gonflement du ballonnet est de l'ordre de 130 PSI (pounds/square inch) (70–250), et une rupture est possible, pouvant survenir dans un tiers des cas [32]. La rupture se produit généralement après avoir atteint la dilatation maximale du ballonnet et ne nécessite pas le changement de celui-ci. Le volume moyen de la cavité est de 2.6 ml (0,5–5,0). Un à sept niveaux sont traités pour un même patient [33].

La kyphoplastie a un double but :

- Limiter les fuites en raison de la création de cette cavité par le ballonnet.
- La tentative de redressement de la hauteur vertébrale [34].

B. Les indications

Celles-ci sont pratiquement identiques à celle de la vertébroplastie.

- La fracture vertébrale ostéoporotique pour laquelle il est important de caractériser le tassement (récent moins de deux semaines, ou ancien) et de déterminer sa relation avec la douleur (tassement symptomatique ou non, douleur aiguë). L'approche est plus difficile en cas de douleurs chroniques d'autant qu'un grand nombre de pathologies dégénératives peuvent être associées (spondylarthrose, spondylolisthésis dégénératif, arthrose facettaire, sténose canalaire) [2].
- Les fractures vertébrales par compression dans les traumatismes aigus (A1, A3.1 et A3.2 de Magrel).
- Les lésions tumorales (métastases ostéolytiques, myélome) pour lesquelles la procédure est sécurisée en cas d'atteinte du mur vertébral postérieur [2]

III. Contre-indication de la vertébroplastie et de la kyphoplastie :

1) Générales :

- La thrombopénie ($< 100\,000/\text{mm}^3$), la neutropénie ($\text{PNN} < 1\,500/\text{mm}^3$) ; il est d'ailleurs important de réaliser la vertébroplastie à distance d'une éventuelle cure de chimiothérapie, en attendant la phase de réparation de l'aplasie médullaire [35].
- Allergie aux produits anesthésiques [36], elle est très rare mais qui doit être recherché systématiquement.
- Troubles sévères des fonctions respiratoires contre indiquant l'anesthésie en procubitus [36].

2) Locales :

- L'infection locale à proximité du site de la ponction vertébrale [14] car elle comporte un grand risque de dissémination de l'infection engendrant ainsi une spondylite ou spondylodiscite.
- La rupture du mur postérieur, bien que citée par l'American College of Radiology dans les contre-indications relatives [37], ne doit pas être considérée réellement comme une contre-indication selon plusieurs auteurs [38]. En cas de rupture du mur postérieur, si la vertébroplastie augmente le risque potentiel de fuites intracanales [11], il a été montré qu'elle n'entraînait pas d'augmentation significative du risque de complications [39]. L'étude d'Appel [35] montre que la vertébroplastie peut être réalisée chez les patients avec une atteinte du mur vertébral

postérieur et une épidurite sans signes de compression médullaire ou foraminale.

- Certains auteurs classent parmi les contres indications relatives les fractures vertébrales compressives sévères, c'est-à-dire une hauteur vertébrale diminuée de 2/3 au moins [19], ceci à cause des difficultés d'injection. Cependant une étude récente [40] a montré l'intérêt et l'innocuité de la vertébroplastie dans ce type de fracture : dans une série de 48 fractures vertébrales ostéoporotiques sévères, on n'a pu relever qu'un faible nombre de complications mineures, qui n'incluait que des fuites discales ou des parties molles, et aucune complication majeure. Aucun patient n'a eu recours à un traitement chirurgical secondaire et à 11 mois.
- L'ancienneté de la fracture vertébrale n'est pas une contre-indication car elle n'a pas d'incidence sur l'efficacité de la vertébroplastie ; une étude récente portant sur une série de 122 fractures vertébrales ostéoporotiques d'âges différents a en effet montré des résultats équivalents dans les différents groupes de patients [41].
- Les fractures tassements récentes ne constituent une contre-indication qu'à partir du moment où il existe une rupture de la corticale du corps vertébral. Elles constituent une barrière anatomique à la diffusion du ciment acrylique [36].
- La présence d'une épidurite est une contre-indication absolue quand elle est importante car la cimentoplastie n'a pas d'effet sur le compartiment épidural [14].

- Les lésions ostéocondensantes en raison de leur dureté, constituent une contre-indication [36] [14]. L'absence à proximité d'unité chirurgicale du rachis est aussi une contre-indication à la réalisation des vertébroplasties [36, 14].

En fin, les autres limites techniques sont représentées par les lésions thoraciques supérieures (au-delà de D3) où la visibilité du mur postérieur reste peu satisfaisante en scopie de profil [14, 36].

IV. Profil épidémiologique :

1) Age :

Tableau 3 : l'âge électif des fractures tassements vertébraux dans la littérature :

Auteurs	Nombre de cas	Age moyen	Intervalle d'âge
Kose et al., 2006 [42]	16	63	30–82
Frankel et al, 2007 [43]	19	65	26–88
Zhou et al, 2008 [44]	56	61	34–85
M.Mounadi.Sce de neurochirurgie Rabat 2015	60	56	46–75
Notre série	46	55	18–82

La grande majorité des fractures tassements vertébraux touchent des adultes d'un âge avancé. Ces lésions sont plus rares chez le sujet jeune.

Dans la série de M.Mounadi, l'âge moyen des patients était de 56 ans avec des extrêmes de 46 à 75 ans.

Dans notre série, la moyenne d'âge est de 55 ans et des extrêmes variant entre 18 et 82 ans. Nous avons enregistré un pic entre 60 et 79 ans (38,46%).

2) Sexe :

Tableau 4 : répartition des patients selon le sexe dans la littérature.

Auteurs	Nombre de cas	Hommes %	Femmes %
Kose et al, 2006 [42]	16	45,5	54,5
Frankel et al, 2007 [43]	19	48,6	51,4
Zhou et al, 2008 [44]	56	51	49
M.Mounadi. Sce de neurochirurgie Rabat 2015	60	55	45
Notre série	46	43,5	56,5

Notre série a comporté 20 hommes, soit 43,5% et 26 femmes, soit 56,5%.

Pour la plupart des auteurs, il existe une nette prédominance féminine dans les FTV. Dans une étude prospective européenne sur les FTV menée chez 14011 patients âgés de plus de 50 ans, l'incidence annuelle des fractures vertébrales était de 10,7/1 000 pour les femmes et de 5,7/1 000 pour les hommes [29]. Elles sont donc deux fois plus fréquentes chez les femmes après la ménopause. Elles peuvent survenir spontanément ou après un traumatisme minime de la colonne vertébrale pendant une activité quotidienne.

3) Mécanismes lésionnels :

Tableau 5: Répartition des mécanismes lésionnels dans la littérature

Séries d'études	Accidents domestiques %	AVP %	Chute d'une hauteur %	Métastase vertébrale %	Maladie de Kahler %
Kose et al, 2006 [42]	55,2	32,8	12	–	–
Frankel et al, 2007 [43]	72,5	20,3	7,2	–	–
Zhou et al, 2008 [44]	64,8	12,6	4,5	–	–
M.Mounadi. Sce de neurochirurgie Rabat 2015	–	–	–	11,7	5
Notre série	34,78	26,08	23,91	8,69	6,52

Dans notre série, le principal mécanisme est représenté par les accidents domestiques (34,78% %). La même notion paraît dans les travaux faits dans la littérature occidentale.

V. Etude clinique :

A. Signes d'appel :

Dans la plupart des études qui ont été réalisées [45] [46] [47], les rachialgies sont de loin le signe le plus fréquemment rencontré.

Dans notre série la symptomatologie orientant vers l'atteinte rachidienne se repartie ainsi :

- Rachialgies : 46 cas
- Impotence fonctionnelle : 30 cas
- Troubles génito sphinctériens : 0 cas

B. Evaluation de la douleur :

Tous les patients souffraient avant l'intervention de douleurs invalidantes estimés alors avec l'échelle visuelle analogique (EVA) à 8,7 en moyenne avec des extrêmes allant de 7 à 10. On a remarqué une similitude avec la littérature.

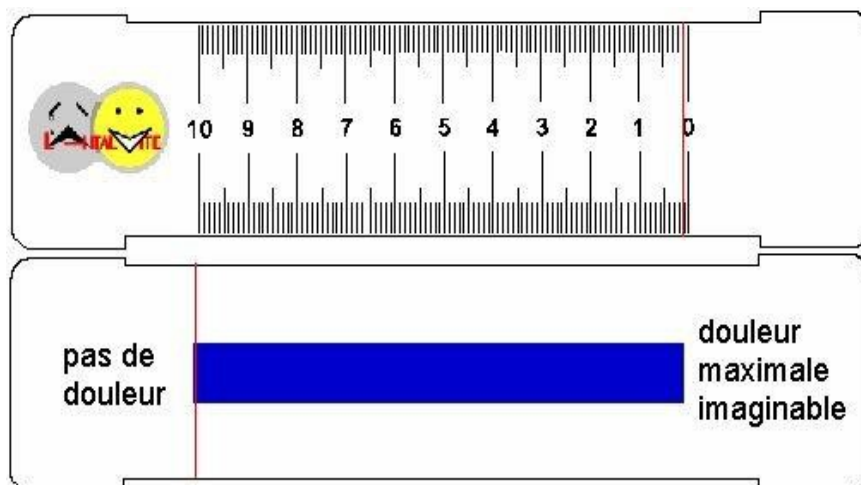


Tableau 6 : comparaison de l'EVA en préopératoire dans la littérature

Auteurs	EVA préopératoire
Kumar et al 2005 [48]	8,2
Evans et al 2016 [49]	8,9
Prather et al 2006 [50]	7,8
M.Mounadi. Sce de neurochirurgie Rabat2015	8
Notre série	8,7

C. Examen clinique à l'arrivée à l'hôpital : [51]

L'examen clinique doit être simple et complet et doit chercher tout d'abord les signes d'une détresse respiratoire et circulatoire nécessitant un traitement urgent.

L'examen ne doit pas oublier la recherche des lésions associées qui mettraient en jeu le pronostic vital et de l'urgence traitée pourrait primer sur celle du rachis (lésion du crâne, de l'abdomen et du thorax).

Pour ceci l'examen doit commencer tout d'abord par :

- L'appréciation de l'état de conscience du malade
- La prise de la tension artérielle et du pouls.
- L'examen cardio-respiratoire minutieux.

Et enfin un examen général complet au niveau du rachis sur un patient en décubitus dorsal, manipulé doucement permet de rechercher :

- Douleur rachidienne à la pression des épineuses
- Déformation rachidienne
- Saillie d'une épineuse
- Plaie paravertébrale
- Ecchymose para vertébrale

Dans notre série, tous les patients ont été admis dans un état hémodynamique et respiratoire stable. Tous les patients ont été apyrétiques.

A l'examen clinique du rachis, les douleurs rachidiennes à la pression des apophyses épineuses ont été observées chez tous les patients, les déformations rachidiennes chez quatre cas, ainsi qu'une saillie d'une apophyse épineuse chez un seul cas.

D. Examen neurologique : [51]

L'examen neurologique précis et systématique est absolument indispensable à la recherche des signes d'irritation, de souffrance ou de destruction médullaire, ainsi que d'en déterminer le niveau lésionnel.

Il comprend une étude de la motricité, de la sensibilité, des réflexes et des fonctions végétatives.

Au terme de cet examen neurologique, il est simple de préciser la sévérité du déficit neurologique, en utilisant la classification de FRANKEL, cette classification reconnaît 5 types de tableaux cliniques :

A : déficit moteur et sensitif complet.

B : déficit moteur complet avec préservation de quelques fonctions sensitives.

C : préservation d'une activité motrice non fonctionnelle.

D : fonction motrice présente et utile.

E : aucun trouble sensitif moteur ou sphinctérien (trouble des réflexes possibles).

Dans notre série, aucun patient ne présentait de signe neurologique (pas de déficit moteur ni sensitif) avec Frankel E. En revoyant la littérature, on remarque que Les patients dans le restant des séries [44] [42] [43] [45] [46] [47] étaient tous sans déficit, car préalablement choisis, **dans la mesure où la compression médullaire constitue une contre-indication à la vertébroplastie** [24] [36] [14].

E. Lésions traumatiques associées :

Les lésions traumatiques associées ont été retrouvées chez 4 patients, 2 présentaient une fracture de calcaneum et 2 autres présentaient des fractures des côtes.

La hantise de méconnaître une lésion associée à distance impose un examen clinique général et un bilan complet afin d'éviter leur décompensation au cours et au décours de l'intervention chirurgicale.

VI. Paraclinique :

A. Radiologie :

1) Radiographie standard :

Le bilan radiologique comporte un cliché de face et un cliché de profil. Ces radiographies classiques de départ restent indispensables pour apprécier l'unicité ou la multiplicité des lésions ainsi que l'importance des déformations et des déplacements. [52]

Cet examen est systématique chez tous les patients de notre série.

2) Tomodensitométrie :

La réalisation des coupes axiales est maintenant passée dans la pratique courante. Cette possibilité d'investigation a véritablement révolutionné l'exploration du rachis.

Le scanner dans l'étude du rachis et des espaces para-rachidiens apporte une vision dans une autre dimension du rachis.

Il est possible d'obtenir les reconstructions des différentes coupes selon un plan sagittal, coronal, oblique ou courbe (scanner 2D) ainsi le scanner fournit une excellente visualisation des lésions disco-corporelles, pédiculo-lamaires avec une appréciation très fine du degré de sténose canalaire et des facteurs de neuro agression patents ou potentiels. [53] [54]

La nette supériorité du scanner dans la visualisation des lésions du rachis est reconnue.

Avantages de TDM:

- Cet examen non agressif ; demande un minimum de mobilisation du patient.
- Il visualise idéalement les lésions osseuses et le degré de sténose canalaire.
- Reconstruction 3D.

Les limites d'utilisation de la TDM :

- Bien que la TDM fournisse un 3ème plan de coupe complémentaire de la radiologie conventionnelle. Les coupes superposées ne permettent pas toujours une visualisation aussi fine que les tomographies des lésions des structures verticales (colonne articulaire) ou des déplacements. Ces éléments sont pourtant fondamentaux tant pour la compréhension du mécanisme traumatique, l'évaluation du degré d'instabilité et la sanction chirurgicale. [54]
- L'examen est réalisé en décubitus dorsal et en décharge ce qui ne permet pas d'apprécier le comportement dynamique du rachis.

Dans notre série le scanner a été réalisé chez la totalité des malades.

3) L'imagerie par résonance magnétique :

C'est l'examen de choix pour l'étude des parties molles et des rapports contenant contenu.

Elle permet d'apprécier le retentissement d'une lésion osseuse sur les structures neurologiques et surtout de mettre en évidence la souffrance de la moelle immédiatement après le traumatisme.

Il va ainsi être possible de visualiser une image de section ou au contraire de continuité médullaire. L'IRM a de ce fait une indication formelle devant la présence d'un déficit neurologique sans lésion osseuse.

La résonance magnétique est le seul examen qui fournit des indications précieuses pour évaluer la compression, identifier les lésions médullaires intrinsèques telles une hémorragie intra médullaire ou une contusion et d'apprécier l'intégrité ligamentaire et détecter les ruptures discales. Elle a aussi un grand intérêt dans le diagnostic des tassements d'origine tumoral.

Dans notre série, l'IRM médullaire a été réalisée chez 5 patients soit 19,24% des cas.

B. Signes radiologiques à rechercher

1) Signes cardinaux de face :

Le fuseau paravertébral : synonyme d'hématome périvertébral, constitue dans la région dorsale un excellent signe indirect de la fracture corporelle, son épaisseur maximale repère généralement le niveau lésionnel.

L'augmentation de la distance interpédiculaire a pour corollaire l'agrandissement du diamètre transversal du canal rachidien.

La fracture horizontale : lésion quasi élective du rachis lombaire, synonyme de fracture par traction ou hyper flexion, la lésion débute toujours à l'arrière de la vertèbre et sa localisation sur l'arc postérieur est une étape indispensable.

Image du pédicule de face à la recherche d'une fracture pédiculaire qui contre indique la voie transpédiculaire.

2) Signes cardinaux de profil :

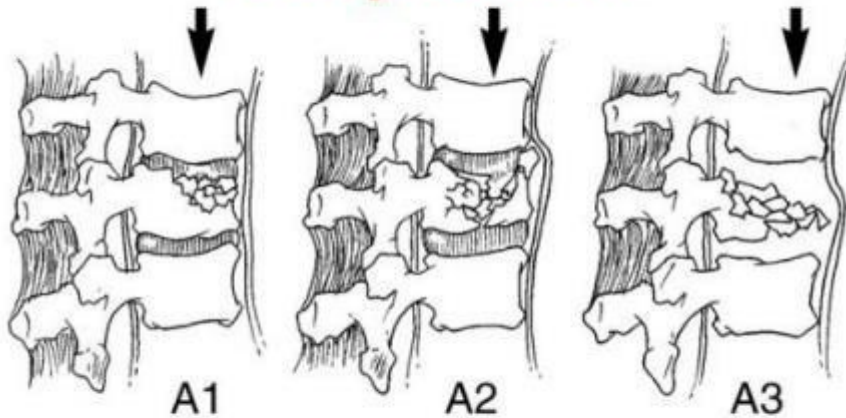
a) Tassement vertébral :

- Le tassement cunéiforme antérieur se traduit par une diminution de la hauteur du corps vertébral localisée à la partie antérieure.
- Le tassement latéral : Sur le cliché de face, le corps vertébral présente une asymétrie de hauteur dans le plan frontal. Ce tassement est rarement isolé, il est le plus souvent associé à un tassement cunéiforme antérieur.
- Le tassement antéropostérieur : Il associe un tassement antérieur à une lésion postérieure du corps à type de tassement avec ou sans fragment détaché intra-canalair.

En pratique courante, On utilise la classification de Magrel c'est une classification de référence pour les traumatismes du rachis thoraco-lombaire. Ou actuellement la classification AOSpine

- Type A de Magrel: lésions par compression pure.

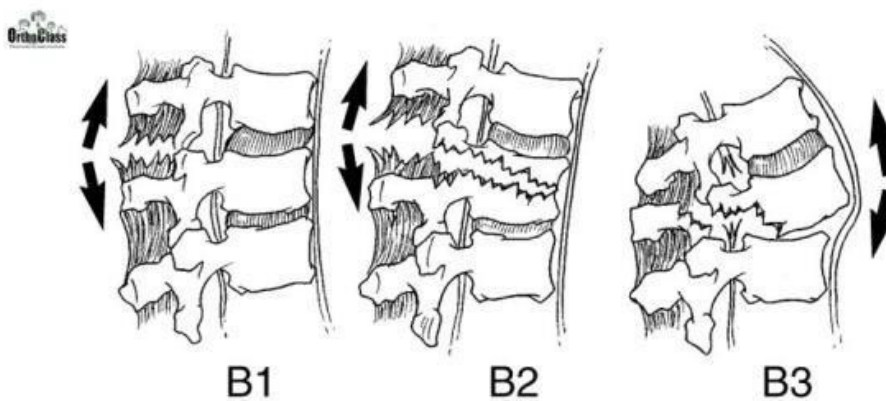
Type A de Magerl : Compression



A1 : Fracture - tassement.
A2 : Fracture - séparation.
A3 : Fracture - éclatement.

- Type B de Magerl: lésion par distraction antérieure ou postérieure.

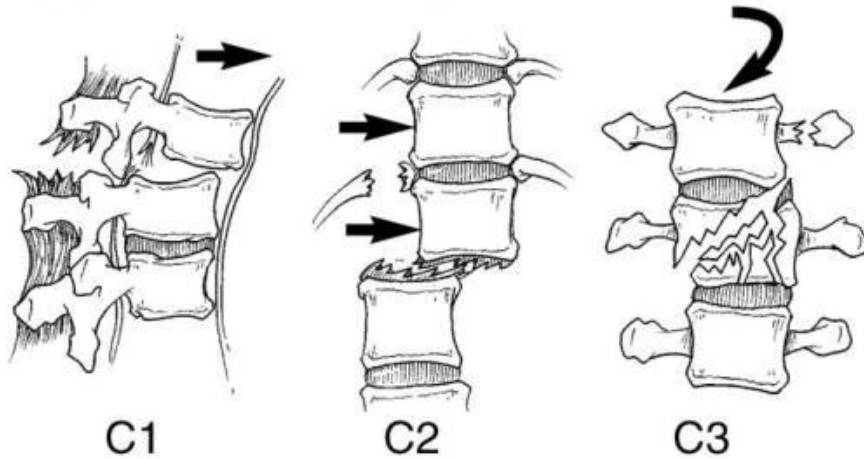
Type B de Magerl : Distraction



B1 : Postérieure ligamentaire.
B2 : Postérieure osseuse (*Fracture de Chance*).
B3 : Antérieure (*Hyperextension et cisaillement à travers le disque*).

- Type C de Magerl: lésions avec composante rotatoire.

Type C de Magerl : Rotation

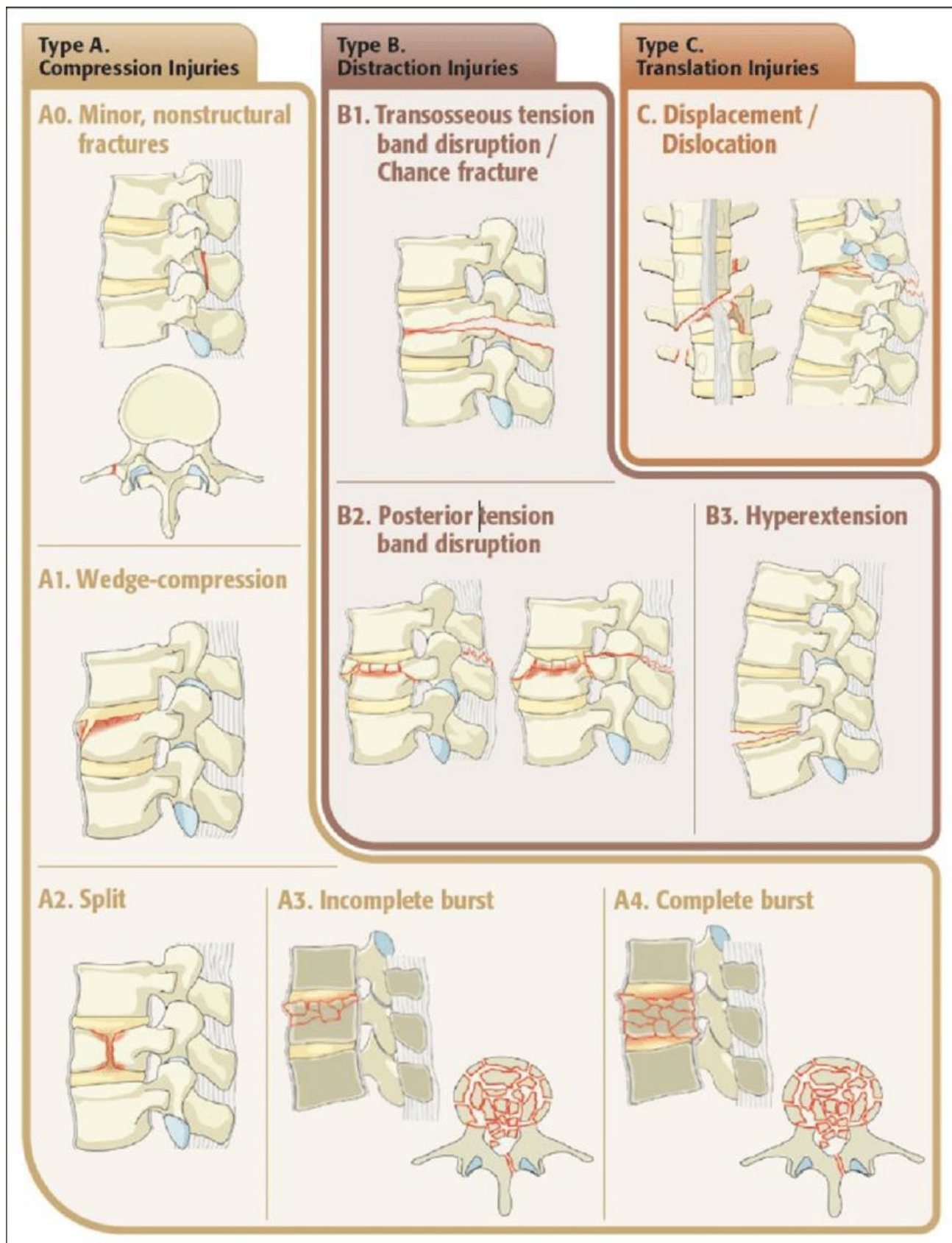


C1 : Compression & rotation.

C2 : Distraction & rotation.

C3 : Trait oblique & cisaillement rotatoire.

- La classification AOSpine



C. Discussion des résultats radiologiques de notre série avec les résultats de la littérature :

1) Niveau lésionnel :

Tableau 7: répartition du niveau lésionnel selon la littérature

Auteurs	Cervical %	Dorsal %	Charnière D-L %	Lombaire %
Zhou et al, 2008 [44]	–	26,7	38,3	35
Frankel et al, 2007 [43]	–	18	35,2	46,8
Köse et al, 2006 [42]	4,5	15,5	43	37
Gangi 2002 [55]	3,8	20,6	40,6	35
M.Mounadi, Sce de neurochirurgie Rabat 2015	–	33,9	–	66,1
Notre série	–	21,42	44,64	33,92

Dans notre série, la charnière dorso-lombaire est la plus concernée avec 25 vertèbres soit 44,64%, avec en second lieu le rachis lombaire avec 19 vertèbres soit 33,92% puis l'étage dorsal avec 12 vertèbres soit 21,42%.

Les résultats trouvés rejoignent les résultats de Zhou et al [44], Köse et al [42] et Gangi [55] contrairement aux résultats de Frankel et al [43] qui a trouvé que l'atteinte du rachis lombaire dépasse celle de la charnière D-L et du rachis dorsal.

2) Fréquence des lésions par vertèbre :

Les signes radiologiques montrent une prédominance de lésions siégeant au niveau de L1, avec 10 cas soit 17,85%. Ces résultats concordent avec ceux des séries Zhou et al 28,7% [44], Frankel et al 31,2% [43] , Gangi 25,4%. [55].

3) Nature de la lésion :

Tableau 8: répartition en fonction de la nature de la lésion selon la littérature

Auteurs	Tassement	Métastases et Myélome %	Angiome %	Tassement post traumatique %
	Ostéoporotique %			
Gangi [55]	59	39	2	–
Frankel et al [43]	51,3	33	4,2	11,5
Zhou et al [44]	47,3	25,7	2,3	24,7
M.Mounadi. Sce de neurochirurgie Rabat 2015	38,3	16,7	3.3	41,7
Notre série	43,47	15,21	–	41,30

Les tassements ostéoporotiques sont prédominants dans notre série avec un pourcentage de 43,47%, ce qui rejoint les résultats des autres séries Gangi [55], Frankel et al [43] et Zhou et al [44]. Contrairement à la série de M.Mounadi et al qui est caractérisée par la prédominance des tassements post traumatique 41,7 %.

Les tassements néoplasiques étaient rares dans notre série avec un pourcentage de 15,21%, contrairement aux résultats des séries de Gangi, Frankel et al et Zhou et al ou elle occupe la deuxième place après la cause ostéoporotique.

Les angiomes vertébraux n'ont été notés chez aucun patient de notre série.

D. Bilan biologique :

Après la radiologie, un bilan biologique préopératoire doit être fait systématiquement comportant une N.F.S, Urée, créatinine, glycémie et un bilan d'hémostase.

Tous les patients de notre série ont bénéficié d'un bilan biologique préopératoire ainsi qu'un ECG et une radiographie de thorax.

VII. Traitement :

A. Traitement médical :

Il est prescrit en préopératoire à base d'antalgiques (palier 1 et 2 de l'OMS, AINS), des myorelaxants et des corticoides.

Au cours des suites opératoires, un traitement anticoagulant est systématique chez les patients alités pour prévenir les complications thrombo-emboliques.

B. Traitement chirurgical (vertébroplastie et kyphoplastie) :

1) Les voies d'abords :

La voie pédiculaire (para pédiculaire, transpédiculaire, supra pédiculaire) est préférable à la voie postéro latérale, qui croise le foramen neural et peut soumettre la racine du nerf rachidien à des dommages, particulièrement en cas d'extravasation du ciment le long du trocart.

Une approche transpédiculaire bilatérale est préférée à l'approche unilatérale, particulièrement en cas de grand risque de fuite de ciment tels que l'effondrement vertébral grave et la hernie discale importante. L'approche bilatérale permet le placement de chaque pointe du trocart dans la partie centrale où les fuites veineuses sont plus difficiles à se produire. La pression d'injection nécessaire sera réduite du fait de l'existence d'un trou d'aération controlatéral.

La voie transpédiculaire a été utilisée chez la totalité des patients de notre série.

2) Intérêts de la vertébroplastie et de la kyphoplastie dans les pathologies bénignes :

L'objectif premier de ces deux techniques est antalgique : consolider le corps vertébral et soulager les patients invalidés par des douleurs intenses et persistantes, plusieurs études font état de 80 à 95 % des bons résultats sur la douleur, les indices fonctionnels et la consommation d'antalgiques. Ces effets favorables commencent dans les heures qui suivent la vertébroplastie et perdurent à un ou deux ans [56] [57]. En effet, dans l'étude d'Evans et al. [49] Chez 245 malades traités pour 554 fractures, les auteurs signalent 87 % d'efficacité sur la douleur avec une EVA moyenne à 8,9 avant le geste passant à 3,4. Kumar et al [48], chez 42 malades traités pour 83 fractures, les auteurs signalent 87 % d'efficacité sur la douleur avec une EVA moyenne à 8,2 avant le geste passant à 2,9 après le geste. Prather et al [50], à propos de 55 malades a objectivé une EVA moyenne à 7,8 avant le geste, et 2,9 après le geste.

Tableau 9 : comparaison de l'EVA en préopératoire et en postopératoire dans la littérature

	EVA Pré- opératoire	EVA Post- opératoire	Réduction de l'EVA
Kumar 2005 [48]	8,2	2,9	-5,3
Evans 2016 [49]	8,9	3,4	-5,5
Prather 2006 [50]	7,8	2,9	-4,9
Mounadi. Sce de neurochirurgie Rabat 2015	8	2	-6
Notre série	8,7	1,1	-7,6

Concernant la statique rachidienne, dans une étude portant sur une série de patients (57 kyphoplasties et 124 vertébroplasties), A. Hiwatashi et al [58] ont

objectivé une réduction de l'angle de cyphose respectivement de 3° en moyenne après la kyphoplastie et 2,7° après la vertébroplastie, de même une amélioration de la hauteur vertébrale dans la même étude avec une restauration de 2,2 mm en moyenne après la kyphoplastie et de 1,8 mm en moyenne après la vertébroplastie. M. Mounadi et al dans une étude portait sur 60 patients (38 cas de vertébroplastie et 22 cas de kyphoplastie) a montré une réduction de l'angle de cyphose de 4,89° en moyenne après la vertébroplastie et de 6,96° en moyenne après la kyphoplastie.

Tableau 10 : réduction de l'angle de cyphose dans la littérature

Auteurs	kyphoplastie	vertébroplastie
A. Hiwatashi 2009 [58]	3°	2,7°
M. Mounadi. Sce de neurochirurgie Rabat 2015	6,96°	4,89°
Notre série	4,2°	3°

Tableau 11 : restauration de la hauteur vertébrale dans la littérature

Auteurs	kyphoplastie	vertébroplastie
A. Hiwatashi 2009 [58]	2,2 mm	1,8 mm
Notre série	3,5 mm	2,5 mm

Dans une méta-analyse publiée en 2006 portant sur 29 études concernant 1490 malades et 2643 kyphoplasties pour un tassement ostéoporotique et

traumatique, Bouza [57] objective une réduction moyenne du score EVA douleur de -5,11, une augmentation de hauteur du mur antérieur de +13,41 %, une réduction de la cyphose mesurée sur l'angle de Cobb, de -7,68 %, une amélioration des indices fonctionnels de +20 %. Dans ce même travail, les auteurs présentent trois études portant sur 200 malades environ où la kyphoplastie est comparée au traitement médical : la diminution moyenne de la douleur est supérieure dans le groupe kyphoplastie : -55,6 %. Lorsque l'on compare la kyphoplastie à la vertébroplastie, la diminution de la douleur est identique et la restauration de la hauteur significativement supérieure chez les malades ayant eu une kyphoplastie (+4,5 mm).

Dans notre série tous nos patients ayant des fractures-tassements ostéoporotiques ou traumatiques ont rapporté un soulagement immédiat de la douleur avec un score moyen de l'EVA passé de 8,7/10 à 1,1/10 et une mobilité dans les 24 heures. On note aussi une augmentation de la hauteur vertébrale de 2,5 mm en moyenne après la vertébroplastie et de 3,5 mm en moyenne après la kyphoplastie, et une réduction de la cyphose respectivement de 3° en moyenne après la vertébroplastie et de 4,2° en moyenne après la kyphoplastie. Donc nos résultats rejoignent celles de la littérature en ce qui concerne l'amélioration de la douleur et la stabilisation vertébrale.

3) Intérêt de la vertébroplastie et de la kyphoplastie dans les pathologies malignes :

Plusieurs études se sont concentrées sur l'évaluation du bénéfice antalgique des gestes percutanés des fractures vertébrales malignes. La première série rétrospective publiée par Weill et al [11] en 1996 portait sur 37 patients (52 gestes) porteurs de lésions secondaires, les résultats mettaient en évidence une amélioration franche de

la douleur chez 93% des patients. Par la suite plusieurs autres études ont confirmé avec des méthodes d'évaluations différentes leur efficacité antalgique. Fournay et al, [56] ont publié en 2003 une série de 56 patients (99 gestes : 65 vertébroplasties et 32 cyphoplasties) dans le cadre de lésions osseuses secondaires (21 myélomes, 35 métastases osseuses), dans 84 % des cas les patients notaient une nette amélioration, voire une disparition des douleurs évaluées par l'échelle visuelle analogique (EVA), dans 9 % des cas aucune modification de l'EVA n'était notée et dans 7 % des cas l'EVA n'était pas disponible. Cette amélioration de l'EVA se maintenait à un an.

Dans une méta-analyse menée en 2009 par McGirt et al, [59] les auteurs ont étudié 18 publications comparant l'efficacité de la kyphoplastie ou de la vertébroplastie par rapport à un traitement médical optimal dans le cadre de lésions vertébrales tumorales, l'ensemble de ces séries étaient en faveur d'une nette amélioration de la douleur par rapport à un traitement médical seul ou associé à une radiothérapie, et l'amélioration moyenne était de 78%.

Dans notre série, on n'a pas noté de reprise ou d'évolution tumorale au niveau de la vertèbre cimentée chez les sept cas ayant des fractures tassements vertébraux, sur métastases vertébrales ou maladie de kahler, avec une amélioration nette de la douleur en post opératoire immédiat et une augmentation satisfaisante de la hauteur vertébrale.

C. Les incidents et Les complications de la vertébroplastie et de la kyphoplastie :

1) Incidents de ponction :

Voie transpédiculaire : le risque majeur de la voie transpédiculaire est la lésion de la corticale interne du pédicule.

Voie postéro latérale : au niveau dorsal, le risque est essentiellement la ponction pleurale avec risque d'hémothorax.

Au niveau lombaire, les risques théoriques sont la ponction de la loge rénale, l'hématome du psoas et surtout la fuite du ciment par le trou de ponction. Les risques peuvent être évités avec une bonne connaissance anatomique. Les voies postéro-latérales au niveau thoracique et lombaire (voie inter-costo-transversaire, voie extra-pédiculaire) exposant au risque d'hématome para-vertébral car il n'y a pas l'épaisseur des muscles para vertébraux pour faire « tampon ».

2) Fuites de ciment :

Elles sont naturellement plus fréquentes en cas de lyse corticale [14] [24] .

Les fuites de ciment peuvent être évitées par une technique correcte d'insertion et de retrait du trocart et par une surveillance rigoureuse de l'injection du ciment sous scopie [36] [14] [24] .

Elles seraient plus fréquentes en matière de vertébroplastie qu'au cours de kyphoplastie.

✓ Fuites veineuses :

Ces fuites sont réparties en 3 types en fonction du drainage veineux :

- Veines péri rachidiennes (antérieures ou latérales)

- Veines épidurales et veines foraminales
- Veine cave inférieure, veines azygos.

Les fuites dans les veines péri rachidiennes, si elles sont dépistées à temps grâce à un bon contrôle scopique avec arrêt immédiat de l'injection, n'ont pas de conséquences cliniques. Dans le cas contraire, il existe un risque de passage du ciment dans la veine cave inférieure et donc un risque d'embolie pulmonaire [36] [14] [11] [19] [24] .

Les fuites dans les veines épidurales, de la même manière, sont habituellement asymptomatiques si l'injection est arrêtée à temps et donc si le contrôle scopique est correct. Si elles sont importantes, elles peuvent diffuser dans les veines foraminales et alors induire des radiculalgies en comprimant la racine dans le foramen ou le récessus latéral [14].

Les fuites dans la veine azygos ou dans la veine cave inférieure induisent un risque d'embolie pulmonaire.

Une étude a été rapportée en 1995 par Deramond et Chiras ; elle concernait 258 patients dont 67 présentaient des tassements ostéoporotiques, 78 des angiomes vertébraux agressifs et 113 des tassements vertébraux malins [60]. Elle donne une idée de la fréquence respective de chaque type de fuite selon l'indication de la vertébroplastie. On peut remarquer que les fuites de ciment étaient plus fréquentes en cas de lésions métastatiques puisqu'elles surviennent dans 48,4% des cas. Parmi elles, les plus nombreuses étaient les fuites veineuses épidurales (18,3%), suivies des fuites des parties molles extra rachidiennes et le long du trajet de ponction (12,5%) enfin les fuites discals (11%). Les fuites intracanales étaient les moins nombreuses (1,7%).

L'utilisation des ciments actuels injectés à un stade de haute viscosité a diminué de façon très importante la fréquence et le risque de ces fuites.

✓ **Fuites para vertébrales :**

On distingue les fuites intra-canalaires pouvant entraîner une compression radiculaire ou médullaire, les fuites péri rachidiennes, dans l'espace médiastinal postérieur et le long du trajet de ponction.

Les fuites dans les parties molles survenant pendant l'injection sont favorisées par la présence d'une lyse corticale [36].

Elles peuvent survenir le long du trajet de ponction (surtout si l'abord est postérolatéral, ou antérolatéral à l'étage cervical), que ce soit lors de l'injection par flux rétrograde ou bien lors du retrait du trocart [14].



Figure 49 : fuite prévertébrale du ciment

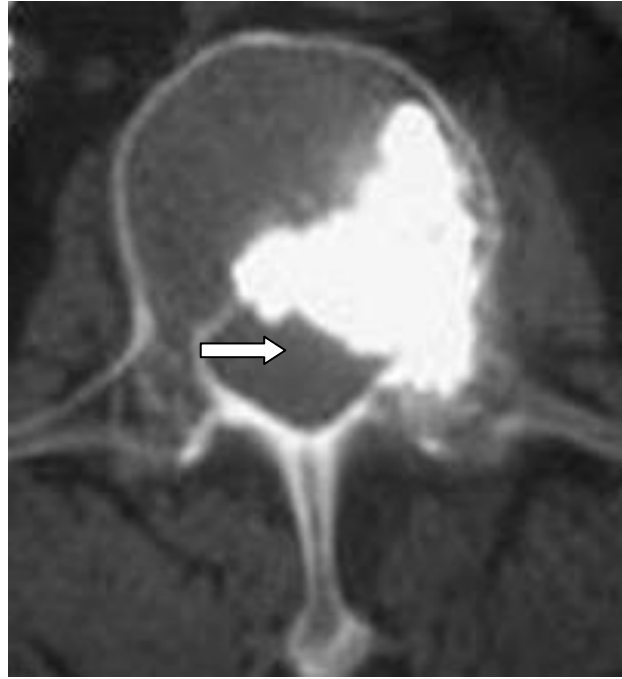


Figure 50 : fuite intracanaulaire du ciment

✓ **Fuites discales :**

Les fuites discales surviennent dans 20% des cas ; elles peuvent s'étendre aux plateaux vertébraux adjacents si ceux-ci sont fracturés. Elles sont favorisées par la présence d'hernies discales intra spongieuses ou de lyse des plateaux vertébraux [39].



Figure 51 : fuite discale du ciment au cours d'une vertébroplastie de L4 et L5

3) Complications cliniques :

La plupart des complications sont secondaires à la fuite de ciment. Toutefois la majorité des fuites n'ont pas de traduction clinique lors du suivi des patients à court et à moyen terme.

Les complications cliniques sont plus fréquentes dans les tassements malins (5à10%) que dans les tassements ostéoporotiques (1%) et dans les vertèbres angiomeuses (2,5%).

Historiquement, les premières vertébroplasties se soldaient par un taux de complications cliniques plus important. Le tableau ci-dessous présente les taux de complications trouvées par Deramond et Chiras en 1995 sur la série de 258 patients [39]. (Tableau n°12)

Tableau 12 : complications cliniques rapportées par DERAMOND et CHIRAS [39] en 1995 à partir d'une série de 258 patients traités par vertébroplastie pour des affections vertébrales diverses :

	Tassements Ostéoporotiques	Angiomes vertébraux agressifs	Tassements métastatiques
Chiras et Deramond 258 patients	67 patients	78 patients	113 patients
Nombre de vertébroplasties	76	78	120
Complications locales	1(1 ,8%)	2(2,6%)	12(10%)
Radiculalgie transitoire	1(1 ,8%)	2(2,6%)	8(6,7)
Radiculalgie durable	0	0	2(1,6)
Compression médullaire	0	0	1(0,8)
Infection	0	0	1(0,8)
Complications générales	0	0	2(1,6)

Embolie pulmonaire (Sujet alité)	0	0	1(0,8)
Infection pulmonaire	0	0	1(0,8)
Complications (TOTAL)	1,8%	2,6%	11,6%

Les complications étaient plus fréquentes pour les tassements malins, qu'elles soient locales (10%) ou générales (1,6%). Pour les vertèbres ostéoporotiques et les vertèbres angiomateuses, on ne comptait que 1,8% et 2,6% de complications locales et aucune complication générale. Ces chiffres reflètent le début de l'expérience et l'utilisation de ciments non dédiés à la vertébroplastie.

Dans notre série, une extravasation pré-vertébrale du ciment est survenue de façon asymptomatique chez 1 patient, Une petite fuite de ciment dans les disques intervertébraux, sans signification pathologique a été retrouvée chez trois cas.

✓ **Augmentation des douleurs locales :**

Une exacerbation transitoire des douleurs rachidiennes peut survenir dans les heures suivant la vertébroplastie, dans moins de 2% des cas [22]. Elle est due à une réaction inflammatoire locale du corps vertébral au contact du ciment qui, en se polymérisant, dégage de la chaleur. Ces douleurs cessent rapidement sous corticoïdes ou anti-inflammatoires non stéroïdiens administrés pendant 2 à 4 jours [22]. Cette réaction inflammatoire peut se résumer à une fièvre transitoire, sans douleurs.

✓ **Les complications radiculaires :**

Si les premiers articles consacrés aux vertébroplasties rapportent très peu de complications radiculaires [24, 30, 61] leur fréquence est vraisemblablement sous-

estimée. En effet le travail précédent [39], a rapporté 3% de radiculalgies durables nécessitant un traitement spécifique (infiltration locale ou intervention chirurgicale).

✓ **Les complications neurologiques déficitaires :**

Les complications neurologiques graves (compression médullaire) sont exceptionnelles, seuls deux cas ont été rapportés dans la littérature [61]. Dans deux cas, la réalisation d'un geste chirurgical d'urgence a permis de lever la compression et d'obtenir une récupération neurologique.

✓ **Les complications infectieuses :**

1 seul cas a été rapporté, survenu sur un tassement vertébral métastatique. Il est à noter que ce patient n'avait pas bénéficié d'antibiothérapie prophylactique.

✓ **Les complications générales :**

Ces complications sont survenues chez des patients en mauvais état général, porteurs de tassements malins. Dans l'étude précédente [39], une embolie pulmonaire est survenue en postopératoire 4 jours après la vertébroplastie. Dans les deux cas, le rapport direct avec la vertébroplastie était difficile à déterminer.

Les complications générales sont en rapport avec l'état clinique du patient, les embolies pulmonaires d'origine thromboembolique chez les patients alités (1,5%), mais aussi les embolies pulmonaires secondaires à une fuite de ciment dans les veines azygos ou dans la veine cave inférieure. Elles sont traitées de manière habituelle par oxygénothérapie et anti-coagulation.

Les embolies pulmonaires secondaires à une fuite de ciment étaient considérées encore comme exceptionnelles en 1999 avec un cas symptomatique survenu juste après la vertébroplastie [62]. Depuis, de nombreuses publications ont rapporté des

cas d'embolie pulmonaire. Trois cas (dont deux asymptomatiques) ont été rapportés en 2002 sur une série de 27 patients traités pour des tassements malins [63]. Ces embolies pulmonaires sont dues à une fuite veineuse passée inaperçue sous scopie. Elles pourraient également être en rapport avec le déplacement de volume important de moelle osseuse, c'est pourquoi on conseille par prudence de ne pas traiter plus de trois vertèbres adjacentes à la fois [39].

Il existe en dehors des complications cliniques liées à l'injection du ciment, un risque d'événement indésirable à moyen ou long terme qui est lié à l'effet consolidant de la vertébroplastie. Il s'agit du risque de fractures des vertèbres adjacentes.

D. Comparaison entre la vertébroplastie et la kyphoplastie à ballonnets dans les fractures ostéoporotiques et post-traumatique

:

Quatre essais randomisés ont comparé les deux techniques [56] [49] [59] [64]. Aucun des quatre n'a trouvé de différence dans l'effet sur la douleur et les capacités fonctionnelles. Il y a plus de fuites extravertébrales de ciment qui restent asymptomatiques avec la vertébroplastie mais pas plus de complications.

La correction moyenne de l'angle de cyphose vertébrale (2 à 3°) obtenue par la kyphoplastie à ballonnet ou la vertébroplastie n'est pas différente mais la perte de correction durant les deux années qui suivent est supérieure dans la vertébroplastie. Dans l'ensemble, les auteurs concluent que la kyphoplastie n'a pas d'avantage déterminant sur la vertébroplastie, tout en étant plus coûteuse et moins rapide.

Les résultats de notre étude mettent en évidence une amélioration franche de la douleur et une augmentation très satisfaisante de la hauteur vertébrale, puisque tous nos patients ont rapporté une diminution de la douleur en postopératoire

immédiat avec un score moyen de l'EVA passé de 8,7/10 à 1,1/10, et cet effet antalgique est maintenu à long terme chez 95% des patients, avec une réduction de la cyphose respectivement de 3° en moyenne après vertébroplastie et de 4,2° en moyenne après kyphoplastie, et une restauration de la hauteur vertébrale ,avec une moyenne de 2,5mm après vertébroplastie et de 3,5mm après kyphoplastie.

Nos résultats sont donc en accord avec ceux de la littérature et confirment l'efficacité des gestes d'ostéoplastie (vertébroplastie et kyphoplastie) permettant une diminution des douleurs, avec une efficacité prolongée dans le temps et une réduction de la cyphose qui constitue un facteur très important dans la statique rachidienne.

Tableau 13 : avantages et inconvénients de la vertébroplastie et de la kyphoplastie

	Vertébroplastie	Kyphoplastie
Avantages	Antalgie rapide dans 90 %	Antalgie rapide dans 90 %
	Faible coût	Peu de fuites de ciment (5 % des cas)
	Technique simple	Complications neurologiques exceptionnelles (0,2 %)
		Restauration de la cyphose
Inconvénients	Fuites de ciment asymptomatiques fréquentes (40 à 50 % des cas)	Coût élevé
	Complications neurologiques liées à ces fuites (2 à 3 %)	Survenue de tassements des vertèbres adjacentes
	Survenue de tassements des vertèbres adjacentes	

E. Autres techniques utilisant des implants :

❖ Technique SpineJack :

SpineJack est une technique qui permet en agissant rapidement après la fracture de relever une partie du plateau vertébral fracturé à l'aide d'un implant « cric » en titane qui sera laissé en place puis cimenté dans le corps vertébral.

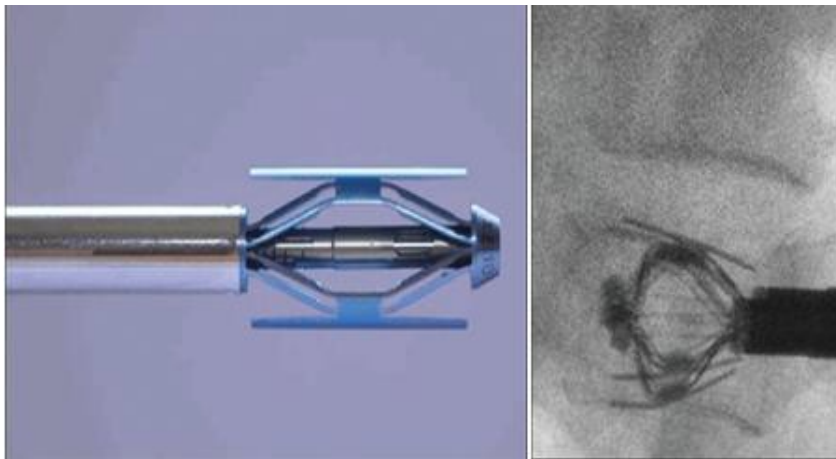


Figure 52 : le dispositif de SpineJack

❖ Technique OsseoFix :

OsseoFix est une technique qui permet de mettre en place un implant en titane sous forme d'une capsule cylindrique, qui se dilate au milieu après le déploiement et aide à réduire la fracture vertébrale et maintient la hauteur du corps vertébral, du ciment est ensuite injecté dans l'implant déployé.

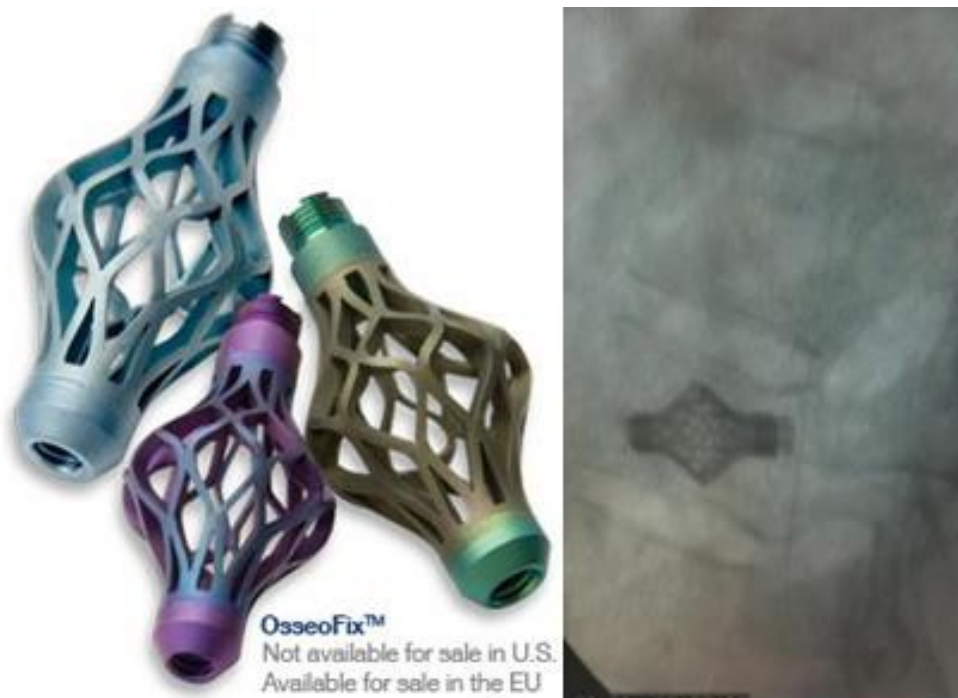


Figure 53 : le dispositif d'OsseoFix

Ces deux techniques ont l'avantage de restaurer la hauteur sans effondrement de la dilatation mais ont l'inconvénient du cout qui est très élevé (actuellement non disponible au Maroc).

CONCLUSION

La vertébroplastie est une technique consistant en l'injection par voie percutanée de ciment acrylique dans une vertèbre pathologique. Elle permet d'obtenir un effet antalgique et une consolidation de la vertèbre. Les principales indications concernent les angiomes vertébraux qui ont été à l'origine du développement de la méthode, les métastases vertébrales et le myélome rachidien ainsi que les fractures tassements vertébrales ostéoporotiques.

Le matériel utilisé est le (PMMA). L'intervention est réalisée, sous anesthésie locale ou générale, par voie percutanée. Le contrôle du geste par l'amplificateur de brillance en peropératoire est nécessaire. La voie d'abord est en fonction de l'étage rachidien traité

La kyphoplastie est une technique similaire à la vertébroplastie sauf que le ciment est injecté dans la cavité créée par le ballonnet gonflé au préalable dans le corps vertébral. La kyphoplastie nécessite une instrumentation couteuse, est plutôt réservé au traitement des fractures-tassements traumatiques les plus récentes (moins de deux semaines).

Actuellement il y a plusieurs procédures qui permettent de maintenir la hauteur vertébrale (Spine Jack, osseoFix).

Les résultats sont très satisfaisants. La douleur régresse rapidement pour disparaître dans la majorité des cas, ce bénéfice est maintenu à long terme. La hauteur du corps vertébral est partiellement restituée et la réduction de la cyphose est généralement bien marquée.

Ces deux techniques de cimentoplastie permettent un retour rapide et non algique aux activités habituelles avec la moindre consommation des médicaments et un cout minime des hospitalisations.

Les complications de la vertébroplastie simple ou de la kyphoplastie sont bien connues. Les principaux incidents sont la fuite du ciment dans les veines, les disques ou les parties molles. Certaines complications telles le déficit neurologique et l'embolie pulmonaire sont exceptionnelles. C'est pour cette raison que cette technique doit être réalisée par une équipe entraînée avec un plateau technique adapté.

RESUME

RESUME

Notre travail est une étude rétrospective à propos de 26 cas traités par vertébroplastie et kyphoplastie au sein du service de neurochirurgie de l'hôpital militaire my Ismail de meknès, sur une période de 5 ans, allant de janvier 2018 à janvier 2023. On a souligné les données suivantes :

- L'âge moyen de nos malades est de 55 ans avec des extrêmes allant de 18 ans à 82 ans.
- La prédominance féminine 56,5%.
- Les mécanismes lésionnels sont dominés par les accidents domestiques 34,78%, suivies des chutes d'une hauteur 23,91%, AVP 26,08% , et lésion tumorale 15,21%, .
- Sur le plan clinique, tous les patients souffrent d'un syndrome rachidien avec l'absence de déficit sensitivomoteur.
- Tous nos patients ont bénéficié d'une radiographie standard, ainsi qu'une TDM, l'IRM a été réalisée chez 9 patients (19,56%).
- L'atteinte de la charnière dorsolombaire est prédominante 44,64%, suivie du rachis lombaire 33,92 % puis le rachis dorsal 21,42%.
- Les étiologies sont variables, le tassement ostéoporotique représente la cause la plus fréquente 43,47%, suivie des fractures tassements post traumatique 41,30% et la lésion tumorale 15,21%.
- 34 patients (73,91,23%) ont été traités par vertébroplastie, 9 patients par kyphoplastie (19,56%) et 3 patients (6,52%) par vertébroplastie avec ostéosynthèse à ciel ouvert.
- L'évolution a été favorable avec une réduction significative de la douleur et une bonne stabilité rachidienne.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Deramond H, Depriester C, Toussaint P, Galibert p, .** Percutaneous Vertebroplasty. *Semin Musculoskelet Radiol* 1997 ; 1 : 285–296.
2. **M Runge et JF Bonneville.** La kyphoplastie par ballonnets : nouvelle technique dans le traitement percutané des tassements vertébraux. *J Radiol* 2007 ; 88 :1200–2.
3. **Galibert P, Deramond H ,Rosat P,Le Gars D,.** Note préliminaire sur le traitement des angiomes vertébraux par vertébroplastie acrylique par voie percutanée.. *Neurochirurgie*, 1987. 233(166–8).
4. **Bascoulergue Y, D.J.,Leclercq R,Mottolese C,Lapras C.,.** Percutaneous injection of methylmethacrylate in the vertebral body for the treatment of various diseases: percutaneous vertebroplasty. *Radiology*, 1988. 169: p. 372–372.
5. **Jensen ME, E.A., Mathis JM,Kallmes DF,Cloft HJ,DionJE ,.** Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1997. 18: p. 1897–1904.
6. **Antoine Micheau, Denis Hoa,.** Atlas d'Anatomie Humaine.
7. **Richard L. Drake, A. Wayne Vogl, A. Mitchell, Fabrice Duparc, Jacques Duparc,.** GRAY'S ANATOMIE POUR LES ÉTUDIANTS 3ème édition.
8. **FRANCK H.NETTER.** Nervous système, CIBA 1953, Vol 1.
9. **Bertrand Boutillier, Pr. Gérard Outrequin,.** NEURO–ANATOMIE.
10. **Garreau de Loubresse, R. Vialle, S. Wolff,.** Cyphose pathologique. *EMC – Rhumatologie–Orthopédie*, Volume 2, Issue 3, May 2005, Pages 294 –334 C.

11. **Weill A, Chiras J, Simon JM, Rose M, Sola- Martinez T, Enkaoua E.** Spinal metastases: indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology* 1996; 199: 241–247.

12. **AUBRUN-FILLATRE, Céline.** Contribution à l'élaboration d'un ciment osseux acrylique amidonné à base d'HEMA.mémoire présenté à l'université d'ARTOIS.2016.

13. **H. Hosseinzadeh, M. Emami,F .Lahiji, A. S. Shahi,A.Masoudi, and S.Emami,**. "The acrylic bone cement in arthroplasty,"in *Arthroplasty-Update*, Intech,2013,pp.101–128.

14. **Calmels V, Chevrot A, Chiras J,.** Evaluation de la vertébroplastie percutanée dans les métastases vertébrales condensantes. Thèse de médecine 2003, Université Rene Descartes, Paris.

15. **Lapras C, Mottolese C , Deruty R , Lapras CH , Remond J , Duquesnel J,.** Percutaneous injection of methylmetacrylate in osteoporosis and severe vertebral osteolysis (Galibert's technic). *Ann Chir* 1989; 43: 371–376.

16. **Hardouin P, Grados F, Cotten A, Cortet B,.** Faut il cimenter les vertèbres ostéoporotiques? *Rev Rhum* 2001 ; 68 : 392–398.

17. **Darrason F.** Place de la vertébroplastie percutanée acrylique dans le traitement des hémangiomes vertébraux agressifs. Thèse pour le doctorat en Médecine. Université de Picardie ; U.E.R. de médecine d'Amiens. 26 oct 1988.

18. **Hiwatashi A, Moritani T, Numaguchi Y, Westesson PL,.** Increase in vertebral body height after vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003;24:185–189.

19. **Cotten A, Boutry N, Cortet B, et al,.** Percutaneous vertebroplasty: state of the art. *Radiographics* 1998; 18: 311–20.

20. **Galibert P, Deramond H.** Percutaneous acrylic vertebroplasty as a treatment of vertebral angioma as well as painful and debilitating diseases. *Chirurgie* 1990; 116: 326–335. .

21. **Laredo JD BL, Hubault A, Deramond H.** Le traitement des hémangiomes vertébraux. In: *L'actualité rhumatologique* 1993. Expansion Scientifique Française 1993: 332–46.

22. **Chiras J, Depriester C, Weill A, Sola-Martinez MT, Deramond H.** Chirurgie percutanée du rachis. Techniques et indications. *J Neuroradiol* 1997 ; 24 : 45–59.

23. **Cotten A, Dewatre F, Cortet B, et al.** Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methylmethacrylate at clinical follow-up. *Radiology* 1996; 200:525–530. .

24. **Chiras J, Sola-Martinez MT, Weill A, Rose M, Cognard C, Martin-Duverneuil N.** Vertébroplastie percutanée. *Rev Med Interne* 1995; 16:854–859.

25. **Murray JA, Bruels MC,** Lindberg RD. Irradiation of polymethylmetacrylate. In vitro gamma radiation effect. *J Bone joint Surg Am* 1974; 56: 311–312.

26. **Shepherd S.** Radiotherapy and the management of metastatic bone pain. *Clin Radiol* 1998; 39:547–550.

27. **Simon JM.** Radiotherapy of bone metastases. A review of the literature. *Bull Cancer Radiother* 1996; 83: 290–298.

28. **Cotten A, Deprez X, Migaud H, Chabanne B, Duquesnoy B, Chastanet P.** Malignant acetabular osteolyses : percutaneous injection of acrylic bone cement. *Radiology* 1995;197: 307–310.

29. **Melton LJ.** 3rd. Epidemiology of spinal osteoporosis. *Spine* 1997; 22: 2S–11S.
30. **Deramond H, Depriester C, Galibert P, Le Gars D,.** Percutaneous acrylic vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Techniques, indications and results. *Radiol Clin North Am* 1998; 36 (3) : 533–546.
31. **H. Huet.** Apport de la kyphoplastie dans les fractures vertébrales. Place actuelle et indications en devenir. *Journal de Radiologie*, Volume 87, Issue 10, October 2006, Page 1224.
32. **Dudeney S, Lieberman I, Phillips F,.** Kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. [Abstract]. *Osteoporosis Int* 2000; 11 (Suppl): 178.
33. **Lane JM, Girardi FP, Khan SN, Parvataneni HK, Reiley MA, Lieberman IH, et al,.** Preliminary outcome of the first 226 consecutive kyphoplasties for the fixation of painful osteoporotic vertebral compression fractures [abstract]. *J Bone Miner Res* 2000 ; 15 (Suppl) : 198.
34. **C. Roux.** Ostéoporose : vertébroplastie et kyphoplastie. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*, Volume 92, Issue 5, Supplement 1, September 2006, Pages 144–145.
35. **Appel NB, Gilula LA, peck DD,.** Percutaneous vertebroplasty in patients with spinal canal compromise. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182:947–951.
36. **Darabi D, Caron C, Pascopapon A,.** Vertebroplasties percutanées : Expérience Angevine de 1996 à 2003. Thèse de médecine 2003 (France).

37. Mathis JM, Barr JD, Belkoff SM, Barr MS, Jensen ME, Deramond H,. Percutaneous vertebroplasty: a developing standard of care for vertebral compression fractures. AJNR Am J Neuroradiol 2001; 22:373–381.

38. Deramond H, Depriester C, Toussaint P,. Vertebroplasty and Percutaneous interventional radiology in bone metasases: techniques, indications, contre indications. Bull Cancer Radiother 1996; 83:277–282.

39. Chiras J, Deramond H, Saillant G, Laville C,. complications des Vertébroplasties. Echecs et complications de la chirurgie du rachis. Paris :Sauramps Medical ; 1995 :149–153.

40. Peh WC, Gilula LA, Peck DD,. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures. Radiology 2002;223:121–126.

41. Kaufmann TJ, Jensen ME , Schweickert PA , Marx WF , Kallmes DF,. Age of fracture and clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty. AJNR Am J Neuroradiol 2001; 22:1860–1863.

42. Köse KÇ, Cebesoy O, Akan B, Altinel L, Dinçer D, Yazar T,. Functional results of vertebral augmentation techniques in pathological vertebral fractures of myelomatous patients. J Natl Med Assoc 2006;98(10):1654–8.

43. Frankel BM, Monroe T, Wang C,. Percutaneous vertebral augmentation: an elevation in adjacent–level fracture risk in kyphoplasty as compared with vertebroplasty. Spine J 2007;7(5):575–82.

44. Zhou JL, Liu SQ, Ming JH, Peng H, Qiu B,. Comparison of therapeutic effect between percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty on vertebral compression fracture. Chin J Traumatol 2008;11(1):42–4.

45. **Layton KF, Thielen KR, Koch CA, et al.,** Vertebroplasty, first 1000 levels of a single center: evaluation of the outcomes and complications. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28: 683–9.
46. **McKieman F, Faciszewski T, Jensen R.,** Quality of life following vertebroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86:2600–6.
47. **Zoarski GH, Snow P, Olan WJ, et al.,** Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fractures: quantitative prospective evaluation of long-term outcomes. *J Vasc Interv Radiol* 2002; 13:139–48.
48. **Kumar K, Verma AK, Wilson J, LaFontaine A.,** Vertebroplasty in osteoporotic spine fractures a quality of life assessment. *Can J Neurol Sci.* nov 2005,32(4) 48/95.
49. **Evans AJ, Kip KE, Brinjikji W, Layton KF, Jensen ML, Gaugen JR, et al.,** Randomized controlled trial of vertebroplasty versus kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures. *J Neurol Interv Surg* 2016;8:756–63.
50. **Prather H, Van Dillen L, Metzler JP, Riew KD, Gilula LA.,** Prospective measurement of function and pain in patients with non-neoplastic compression fractures treated with vertebroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* févr 2006;88(2):334–41.
51. **EL HOUARI F.** Les traumatismes du Rachis dorso-lombaire Thèse Med. Casablanca, 1998–n° 185.
52. **PIAT.C.** Traumatisme du rachis, diagnostic évolution et pronostic principes du traitement. *Revue du praticien*, 1990, VOL 40, n°30, 2839, 2 réf.
53. **BOUCHU.M, B.** Les principales pathologies du rachis. Département d'information médicale C.H.R.U de PONTCHAILLON octobre 95.

54. **BUTHIAU.D.** T.D.M et I.R.M cliniques. Edition Frison Roche. Paris 91.**GOSNARD G., TDUPREZ JL., SARRAZIN. .**

55. **Gangi A, Guth S, Imbert JP, Marin H, Dietemann JL.** Percutaneous vertebroplasty: indications, technique, and results.

56. **Fourney DR, Schomer DF, Nader R, Chlan–Fourney J, Suki D, Ahrar K, et al.,.** Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful vertebral body fractures in cancer patients.J Neurosurg.janv 2003;98(1 suppl):21–30.

57. **Bouza C, López T, Magro A, Navalpotro L, Amate JM,.** Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. Eur Spine J.jul 2006;15(7):1050–67. .

58. **A.Hiwatashi, T.Yoshiura,T.Noguchi,O.Togao,K.Yamashita,H.Kamano,H.Honda,.** kyphoplasty and vertébroplastie produce the same degree of height restoration.

59. **McGirt MJ, Parker SL, Wolinsky J–P, Witham TF, Bydon A, Gokaslan ZL,.** Vertebroplasty and kyphoplasty for the treatment of vertebral compression fractures: an evidenced–based review of the literature.Spine J. juin 2009;9(6):501–8.

60. **Deramond H, Mathis JM, Belkoff S,.** percutaneous Vertebroplasty. Editor.2002, Springer: New York: 125–153.

61. **Kaemmerlen P, Thiesse P, Jonas P, et al,.** Percutaneous injection of orthopedic cement in metastatic vertebral lesions . N Engl J Med 1989;321:121.

62. **Padovani B, Kasriel O, Brunner p, Perretti–Viton P,.** Pulmonary embolism caused by acrylic cement: a rare complication of percutaneous caused by acrylic cement: a rare complication of percutaneous.

63. **Jang JS, Lee SH, Jung SK,**. Pulmonary embolism of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty: a report of three cases. *Spine* 2002; 27:416–418.

64. **Laredo JD, Orcel P,**. Vertébroplastie et cyphoplastie dans les fractures vertébrales ostéoporotiques. *Bull.Acad.Natlé Med.*,2017,201,n2.

65. **DOSCH J.C, D.** Traumatisme du rachis. E.M.C (Paris, France), Radiodiagnostic II, 31038 A10. 12. 1987, 44 pages.

