

UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

FES



Année 2010

Thèse N° 014/10

VERTÉBROPLASTIE ET KYPHOPLASTIE (A propos de 18 cas)

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 10/02/2010

PAR

Mlle. BEN SENNAH NADIA

Née le 15 Mai 1984 à Taza

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS-CLES :

Vertébroplastie percutanée - kyphoplastie - ciment - fractures
ostéoporose - angiomes vertébraux - métastases vertébrales

JURY

M. BELLAKHDAR FOUAD.....	PRESIDENT
Professeur de Neurochirurgie	
M. GANA RACHID.....	RAPPORTEUR
Professeur de Neurochirurgie	
M. CHAOUI EL FAIZ MOHAMMED.....	} JUGE
Professeur de Neurochirurgie	
M. CHAKOUR KHALID.....	
Professeur d'Anatomie	

Sommaire

INTRODUCTION	3
HISTORIQUE	5
BASES ANATOMIQUES ET BIOMECANIQUES DU RACHIS	7
MATERIEL ET METHODES	18
A. FICHE D'EXPLOITATION	19
B. TYPE D'ETUDE ET CRITERES D'INCLUSION.....	19
C. BILAN PRETHERAPEUTIQUE :	20
1. BILAN RADIOLOGIQUE.....	20
2. BILAN PREOPERATOIRE.....	21
D. TECHNIQUE :.....	21
I. VERTEBROPLASTIE.....	21
1. MATERIEL DE PONCTION	21
2. CIMENT ACRYLIQUE	22
3. ABORD RACHIDIEN.....	25
4. MATERIEL RADIOLOGIQUE	27
5. REALISATION DU GESTE.....	29
II.KYPHOPLASTIE.....	33
E.OBSERVATIONS CLINIQUES.....	39
RESULTATS.....	81
A. PARAMETRES CLINIQUES :.....	82
1. TYPE DE LESION	82
2. EVALUATION NEUROLOGIQUE :	82
a. A COURT TERME.....	82
b. A LONG TERME	82
3. EVALUATION DE LA DOULEUR (EVA) :	82
a. A COURT TERME.....	82
b. A LONG TERME	82
B.STATIQUE RACHIDIENNE :	83
a. A COURT TERME	83
b. A LONG TERME	83
C – EVOLUTION TUMORALE	83

D- INCIDENTS ET COMPLICATIONS	83
DISCUSSION	84
A- VERTEBROPLASTIE	85
1. PRINCIPES GENERAUX.....	85
2. BUTS ET MECANISMES D'ACTION.....	85
a) EFFET ANTALGIQUE	85
b) STABILISATION DE LA VERTEBRE	86
c) ANTITUMORAL LOCAL	86
3. LES INDICATIONS.....	87
4. TECHNIQUE	91
B- KYPHOPLASTIE.....	105
1. PRINCIPES, BUTS ET TECHNIQUE.....	105
2. LES INDICATIONS.....	110
C- CONTRE INDICATIONS DE LA VERTEBROPLASTIE & KYPHOPLASTIE ...	111
D-INCIDENTS ET COMPLICATIONS DE LA VERTEBROPLASTIE & KYPHOPLASTIE.....	113
E- COMPARAISON ENTRE VERTEBROPLASTIE ET KYPHOPLASTIE	119
CONCLUSION	122
RESUME	124
BIBLIOGRAPHIE.....	133

INTRODUCTION

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. Cette consolidation entraîne un effet antalgique quasi immédiat et durable [1].

Le champ d'application de ce geste 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.

La kyphoplastie a été développée beaucoup plus récemment, le principe 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]. Les indications sont pratiquement identiques à celle de la vertébroplastie.

Le but de ce travail est de rapporter l'expérience du service de neurochirurgie du professeur Fouad Bellakhdar à l'hôpital Avicenne de Rabat à propos de 18 patients dans le traitement des fractures-tassements vertébraux 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

Le polyméthylmétacrylate ou ciment acrylique est un produit bien connu en chirurgie orthopédique. Son utilisation remonte au début des années soixante [3] Pour fixer les prothèses de la hanche [4]. Plus rarement, il est employé en chirurgie spinale pour combler une cavité osseuse ou pour reconstituer un corps vertébral en chirurgie carcinologique [3].

Le premier cas de vertébroplastie a été décrit par Herve Deramound en 1984 pour le traitement d'un hémangiome vertébral cervical agressif et hyperalgique chez une patiente de 54 ans. La Vertébroplastie fut réalisée à la suite d'une laminectomie chirurgicale avec excision de la composante épidurale de l'angiome [5]. Le but de cette première vertébroplastie était la consolidation, mais on constata un spectaculaire effet antalgique associé. La technique fut répétée pour autres patients avec succès [5]. Dès 1987, cette technique percutanée, réalisée sous contrôle scopique a vu ses indications élargies aux pathologies vertébrales ostéoporotiques et tumorales [6].

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. La kyphoplastie a été introduite en France en 2004 avec le traitement de petit groupe de patients dans quelques centres [2].

BASES ANATOMIQUES ET
BIOMECHANIQUES DU RACHIS

A- Rappel anatomique :

Nous allons commencer par un rappel anatomique indispensable à la compréhension des phénomènes pathologiques, et du geste technique.

Le rachis est constitué d'un rachis cervical formé de sept vertèbres supportant chacune le poids de la tête et permettant son orientation dans l'espace, d'un rachis dorsolombaire formé de douze vertèbres thoraciques rigidifiés par la cage thoracique et de cinq vertèbres lombaires. Les cinq vertèbres immédiatement sous jacentes sont soudées chez l'adulte pour former le sacrum. Les quatre dernières se soudent plus tardivement et forment le coccyx. Les vertèbres de chaque groupe sont identifiées par des caractères particuliers.

1- Contenant : [7]

1.1. Rachis cervical :

Il comprend un rachis cervical supérieur formé par l'Atlas : première vertèbre cervicale caractérisée par l'absence du corps vertébral ; et l'Axis : deuxième vertèbre cervicale se distinguant par la présence au dessus de son corps d'une excroissance verticale osseuse en forme de dent : L'apophyse odontoïde.

Le rachis cervical inférieur comprend, cinq vertèbres (C3 à C7) qui se ressemblent, et permettent de décrire une vertèbre type avec un corps vertébral qui est plus large dans le plan frontal. Elle ne possède pas de facette articulaire.

L'arc neural est composé du pédicule et de la lame et enserme un foramen rachidien, triangulaire. Le processus épineux termine en arrière l'arc neural. Il est souvent bifide et horizontal.

A l'union entre le pédicule et la lame se détachent les processus transverses et articulaires.

1.2. Rachis dorsal et lombaire :

IL comporte douze vertèbres thoraciques et cinq vertèbres lombaires.

La vertèbre type comprend un corps vertébral sur lequel s'implante par deux pédicules un arc postérieur.

Le corps est de forme cylindrique avec deux faces supérieure et inférieure appelées plateaux. Les vertèbres sous et sus jacente sont séparées par une structure cartilagineuse : le disque intervertébral qui permet d'absorber les chocs, et d'égaliser les pressions. Le corps vertébral est constitué principalement d'os spongieux.

L'arc vertébral se trouve en arrière du corps. 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 trouve les lames vertébrales.

Le trou vertébral ou rachidien est délimité par l'arc neural en arrière et le corps vertébral en avant. Leur superposition constitue le canal rachidien. La vertèbre lombaire est plus massive que la vertèbre dorsale avec un corps vertébral volumineux, réniforme ainsi que des pédicules courts trapus.

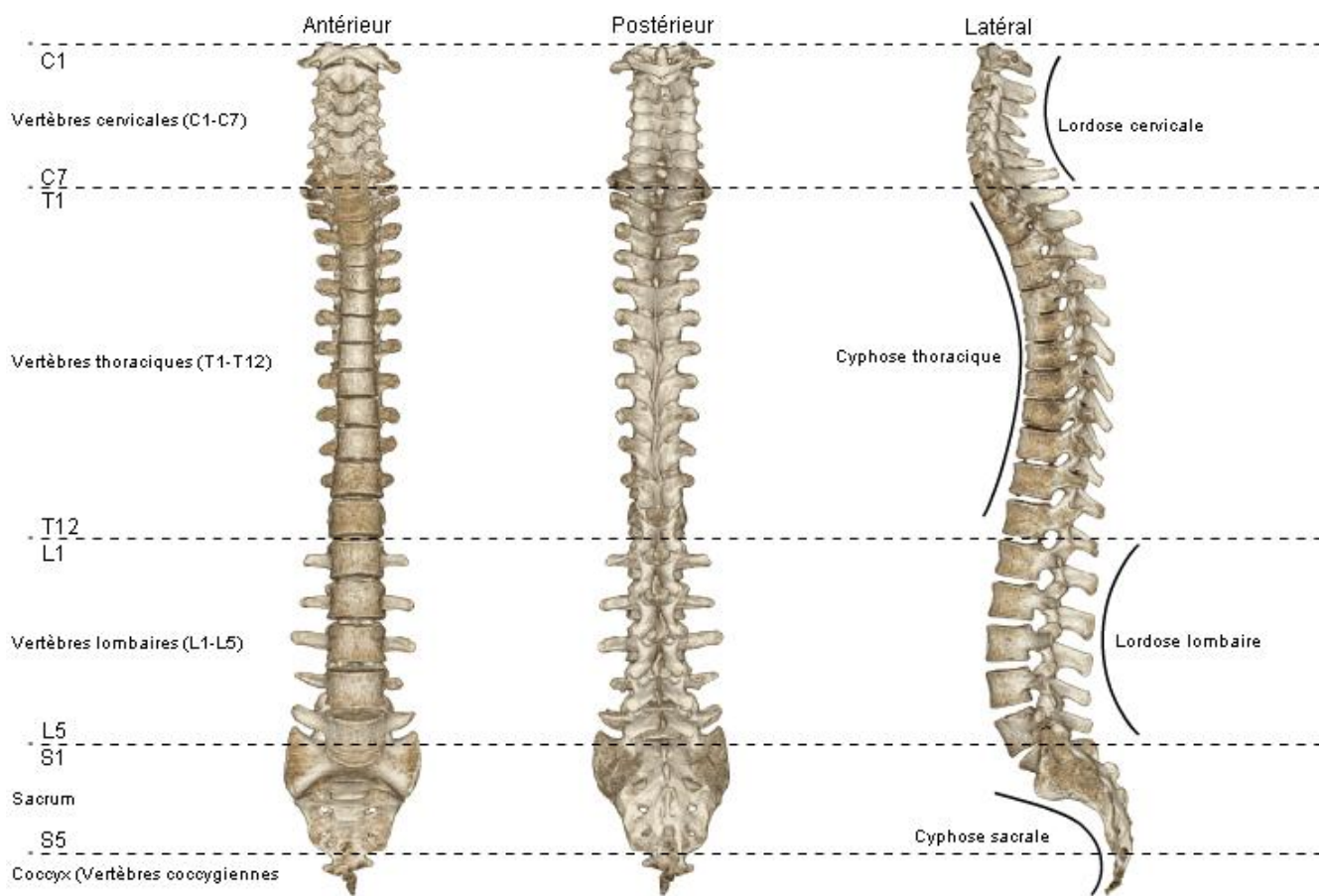


Figure 1 : vue ventrale, dorsale et latérale du rachis [8]

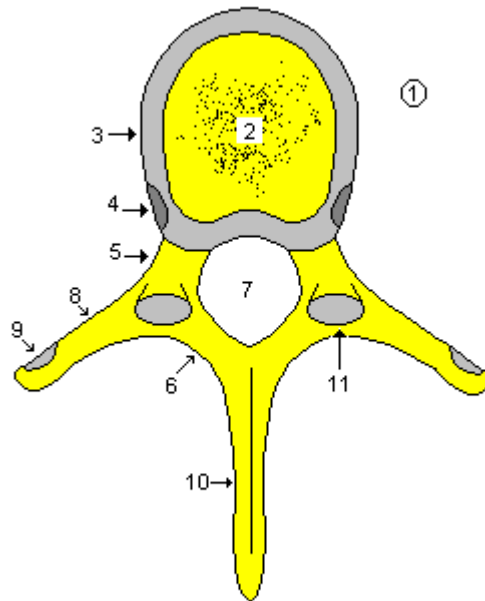


Figure 2 : vue supérieure d'une vertèbre dorsale [9]

1. Corps vertébral
2. Plateau supérieur
3. Bourrelet marginal
4. Fovea costale supérieure
5. Pédicule vertébral
6. Lame
7. Canal vertébral
8. Processus transverse
9. Fovea costale transversaire
10. Apophyse épineuse
11. Processus articulaire supérieur

2- contenu :

2.1. La moelle : [9]

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

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.

2.2 Les méninges [7]

- 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 tapisse la surface de la substance nerveuse.
- L'espace entre la pie mère et l'arachnoïde, appelé espace sous arachnoïdien, est rempli de liquide céphalorachidien. Le tissu adipeux et le plexus vasculo- nerveux intrarachidien. Le tissu adipeux et le plexus vasculo- nerveux intrarachidien remplissent l'espace compris entre la dure mère et les parois du canal rachidien. Cet espace est appelé espace péri-dural ou épidual. Ce dernier peut être le siège d'une extension de l'angiome en épidual participant ainsi à la compression de la moelle et des racines.

2.3. Les racines : [9]

Les racines antérieures et postérieures naissent des radicelles provenant d'une tranche médullaire appelée myélomère à partir des sillons postéro latéraux.

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.

2.4. La vascularisation de la moelle : [9]

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

2.4.1. Vascularisation artérielle : (notion de déségmentation artérielle)

Les artères superficielles de la moelle sont disposées en 3 systèmes verticaux, anastomosés entre eux par un réseau horizontal péri- médullaire.

a) - l'artère spinale antérieure : elle est verticale et située au niveau de la fissure médiane ventrale.

b) - l'artère spinale postérieure droite longe le sillon collatéral postérieur droit.

c) - l'artère spinale postérieure gauche longe le sillon collatéral postérieur gauche.

d) - Le réseau horizontal péri - médullaire distribue des artérioles pénétrantes et assure la vascularisation des cordons de la substance blanche. Le réseau horizontal est fourni par les branches terminales des artères radiculo-médullaires.

Il existe, chez l'embryon, une artère radiculo-médullaire par nerf spinal, donc 31. En fait, la disposition métamérique des artères régresse progressivement (déségmentation artérielle), à partir de la naissance. Elles n'ont pas toutes le même calibre ni la même valeur fonctionnelle. Le plus grand nombre n'atteint pas la moelle.

Il subsiste, de ce fait, quelques artères principales qui assurent l'irrigation des trois segments de la moelle.

e) - Les sources artérielles principales :

- au niveau cervical : les artères vertébrales assurent la formation de la partie haute de l'artère spinale antérieure. Elles donnent, en plus, deux ou trois artères médullaires (artères radiculaires cervicales ou artères du renflement cervical).

- au niveau thoracique, il existe une ou deux artères radiculo-médullaires principales provenant des artères intercostales. C'est le segment de la moelle le plus pauvrement vascularisé.

- au niveau lombaire : il existe une seule artère importante, c'est l'artère radiculaire lombaire ou artère du renflement lombaire ou artère d'ADAMKIEWICZ, dont l'origine est variable.

f) - Les territoires artériels dans la moelle :

Les branches pénétrantes de l'artère spinale antérieure assurent la vascularisation de la corne antérieure de la substance grise (aire motrice), et d'une partie du cordon latéral de la substance blanche, qui contient le faisceau pyramidal.

Les branches pénétrantes périphériques du cercle péri-médullaire assurent la vascularisation des cordons de substance blanche.

2.4.2. Vascularisation veineuse de la moelle :

Les veines sont plus nombreuses que les artères et plus volumineuses (Ex : la grosse veine spinale dorsale).

En plus des veines médullaires satellites des artères déjà décrites, il existe, dans le canal vertébral, un très important réseau veineux plexiforme, en position extra-durale et en rapport avec les veines des vertèbres. Ce sont les veines épi - durales.

Ces réseaux épi -duraux peuvent être responsables d'hématomes intra-Vertébraux comprimant la moelle.

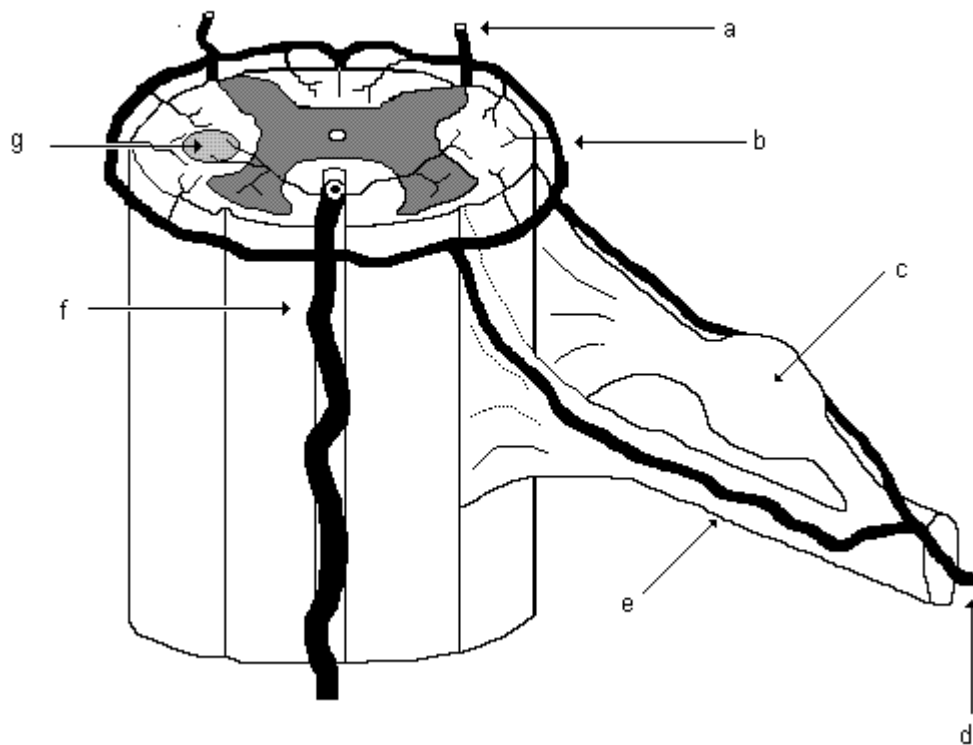


Figure 3 : Schéma descriptif montrant la vascularisation de la moelle

- a. Artère spinale postérieure gauche.
- b. Réseau horizontal péri-médullaire.
- c. Ganglion spinal
- d. Artère radiculo-médullaire
- e. Racine ventrale du nerf spinal
- f. Artère spinale antérieure
- g. Faisceau pyramidal

B-BIOMECANIQUE : [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.



Figure 4 : La ligne de gravité passe, en situation physiologique, en avant des corps vertébraux thoraciques, en arrière des corps vertébraux lombaires et légèrement en arrière des têtes fémorales [10]

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.

MATERIEL ET

METHODES

A- Fiche d'exploitation :

L'exploitation des différentes observations retenues s'est faite au moyen d'une fiche d'exploitation comportant les items suivants :

- Age et sexe des patients.
- Pathologie ou symptôme indiquant la vertébroplastie & la kyphoplastie.
- Les examens de confirmation.
- L'étage(s) rachidien(s) atteint(s) et nombre d'étage par patient.
- La présence et l'évaluation de douleur avant la réalisation du geste.
- La présence de signes neurologiques de compression.
- La survenue d'une complication liée au traitement.
- La durée d'hospitalisation.
- La satisfaction globale.

B- Type d'étude et critères d'inclusion :

Il s'agit d'une étude rétrospective des cas de vertébroplastie & Kyphoplastie colligés dans le service de neurochirurgie du CHU Ibn Sina de Rabat, entre 2006 et 2009.

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

C- Bilan pré- thérapeutique :

1- Bilan radiologique : [11]

Les radiographies standard du rachis (face et profil) permettent d'évaluer l'importance du tassement, l'atteinte de l'arc postérieur et un éventuel trouble de la statique rachidienne.

Le scanner de la vertèbre pathologique présente un intérêt fondamental, 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 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.

Un examen tomodensitométrique est donc réalisé pour chacune des vertèbres à traiter.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) 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 épidual, 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 on T2. Un tassement ancien présentera un iso signal T1 et T2 et un tassement récent un hypo signal en T1 et un hypersignal T2.

2- Bilan pré opératoire:

Ce bilan comprend systématiquement un volet clinique avec un entretien avec le patient lui expliquant le geste ainsi que les risques et complications possibles.

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 [12].

D- TECHNIQUE :

I-VERTEBROPLASTIE :

1-Matériel de ponction :

Il s'agit de trocars biseautés de 10 à 15 cm de long et d'un diamètre de 3 mm (10 Gauge) permettant de réaliser dans le même temps une biopsie par mise en place coaxiale d'un trocart de biopsie osseuse (14 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 ». Il existe un trocart encore plus fin (18G) pour réaliser une biopsie simultanée par voie coaxiale.

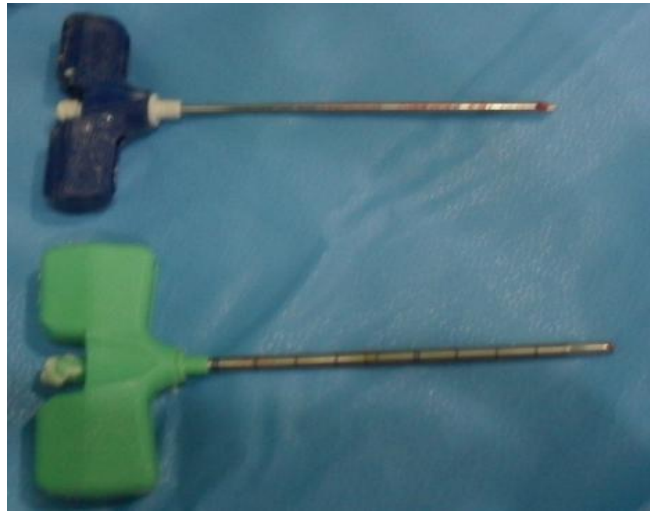


Figure 5 : exemple de trocars à vertébroplastie

2-Ciment acrylique

Bases chimiques du ciment

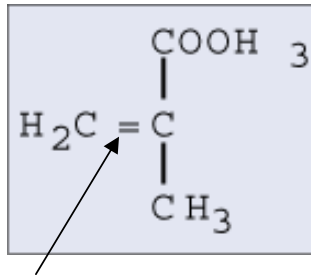
Il est constitué du mélange d'une poudre (PMMA ou polyméthylmétacrylate) et d'un liquide (MMA). La molécule de base est le méthylmétacrylate(MMA).

La poudre contient des grains polymérisés de PMMA, un activateur de la polymérisation (peroxyde de benzoyle) et un opacifiant radiologique (dioxyde de Zirconium ou sulfate de barium).

Le liquide contient des monomères de MMA, un activateur de la polymérisation (N,N-diméthylpartuluidine), un agent de liaison (méthacrylate de butyle) et un stabilisateur de monomère (hydroquinone).

Le déclenchement de la polymérisation se fait grâce à une molécule appelée initiateur. Cet initiateur se sépare par réduction en deux fragments présentant chacun un électron célibataire ou radicaux libres, dont chacun pourra former une liaison avec un carbone de lien double de la molécule de monomère.

Il s'ensuit une réaction en chaîne avec les molécules de monomères, aboutissant à la formation de chaînes de polymères de plus en plus longues. Cette réaction est exothermique.



La double liaison permet la polymérisation

La polymérisation s'effectue en 4 phases :

La phase de mélange, la phase de repos, la phase d'injection, la phase de durcissement. La poudre de polyméthylmétacrylate est mélangée avec un solvant durcisseur. (Figure 6) La viscosité de ce mélange augmente progressivement, grâce à la polymérisation du méthylmétacrylate. La rapidité de cette polymérisation dépend de la température ambiante. Le mélange est injecté lorsqu'il a atteint une consistance semi-pâteuse. Trop liquide, il conduirait à une majoration du risque de fuite ; trop pâteux, il serait trop difficile à injecter (Figure : 7 et 8).



Figure 6



Figure 7



Figure 8

Figure 6, 7 et 8: préparation du ciment.

La durée de la prise du ciment est de quelques minutes à 18° et se réduit notablement à une température ambiante de 24°. Le volume injecté dans une vertèbre est très variable selon le type de vertèbre et l'importance du tassement. En règle générale, il est de 2 à 8 ml. L'injection de méthylmétacrylate, réalisée sous contrôle scopique, est stoppée dès que le produit arrive au niveau du mur vertébral postérieur ou bien dès qu'une fuite menaçante du ciment apparaît. Il est parfois nécessaire de modifier la position du trocart, de manière à obtenir un meilleur remplissage du corps vertébral.

Des études expérimentales chez l'animal ont montré une toxicité pulmonaire [13], mais aussi viscérale et hépatique du monomère. Lors de la réaction de polymérisation, il existe un largage de monomère qui reste inférieur aux taux toxique chez l'homme [14]. Des épisodes hypotensifs sont décrits en chirurgie orthopédique lors de l'utilisation du ciment. Ils ne sont que rarement rencontrés pendant les vertébroplasties probablement en raison du faible volume de ciment injecté. Des travaux ont montré qu'une nécrose osseuse était observée au contact

du ciment dans les prothèses de hanche [15]. En effet la nécrose tissulaire serait due aux propriétés cytotoxiques du ciment ainsi qu'au caractère exothermique de la réaction de polymérisation, laquelle peut porter la température locale à 80°C (in vitro) [16]. Cette nécrose osseuse n'a pas de conséquences mécaniques ou cliniques reconnues dans la vertébroplastie.

3-Abord rachidien :

Celui -ci dépend de l'étage de la vertèbre à traiter, des conditions anatomiques et dans certains cas, de la présence de matériel d'ostéosynthèse.

- Rachis cervical :

Voie antérolatérale :

Elle s'applique aux vertèbres cervicales et peut s'appliquer aux vertèbres thoraciques hautes T1 T2. Le patient est installé en décubitus dorsal. Les doigts de l'opérateur refoulent l'axe vasculaire en dehors ou en dedans de la trachée selon l'opérateur. Un abord unilatéral suffit, compte tenu de la petite taille des vertèbres à ce niveau.

- Rachis dorsal et lombaire :

Voie transpédiculaire : (Figure 9)

Est la plus sûre et la plus utilisée pour le rachis thoracique et lombaire. Le patient est placé en procubitus. La ponction s'effectue sous contrôle scopique de face, jusqu'à ce que le trocart soit dans le mûr postérieur, puis de profil.

Elle présente l'avantage d'éviter les ponctions pleuro parenchymateuses avec risque de pneumothorax (à l'étage thoracique) ou les ponctions du muscle psoas (à l'étage lombaire).

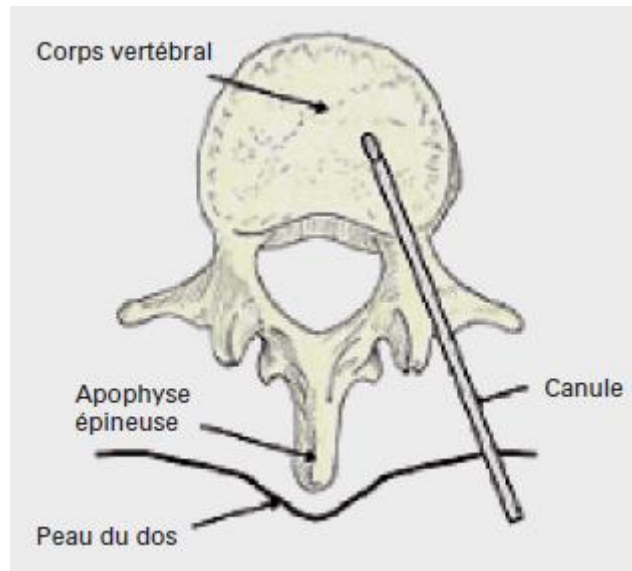


Figure 9: Schéma d'une voie d'abord transpédiculaire [17]

La voie transpédiculaire unilatérale modifiée ou transpédiculaire oblique permet d'insérer l'extrémité du trocart dans la partie médiane et antérieure du corps vertébral. Ce positionnement du trocart est préconisé pour les fractures vertébrales d'origine ostéoporotique [18], permettant un remplissage correct et un résultat antalgique identique avec un seul trocart. La voie transpédiculaire bilatérale doit être privilégiée pour les fractures vertébrales d'origine maligne car elle permet un meilleur remplissage de la vertèbre tumorale et donc un meilleur effet stabilisateur et antalgique.

Voie inter-costo-vertébrale :

Elle est réalisée aux étages thoraciques quand la transpédiculaire est impossible. Le patient est également en procubitus.

La progression du trocart vers le corps vertébral est suivie sous scopie dans les deux plans de l'espace.

L'abord est latéro-supérieur par rapport au pédicule et interne par rapport à la côte.

Cette voie d'abord est donc très sûre, le trocart étant callé entre la côte et le pédicule. Elle peut cependant être de réalisation difficile en raison du repérage

scopique parfois complexe pour cette voie d'abord.

Voie extra pédiculaire lombaire :

Il s'agit d'une voie sus-transversaire abordant le corps vertébral à la jonction du pédicule dans sa partie supérieure et externe. Cette voie permet d'aller dans la partie centrale du corps vertébral lorsque les pédicules sont de petite taille.

4-Matériel radiologique : (Figure 10)

La grande majorité des auteurs [19,20] réalise les vertébroplasties sous contrôle scopique , au moyen d'une table numérisée munie d'un arceau , permettant de faire des clichés de face et de profil et si possible des sériographies qui apparaissent très utiles dans le cadre de lésions hypervasculaires (angiome, métastase de cancer du rein ou de thyroïde) ; les conditions matérielles optimales étant réalisées sur une salle d'angiographie munie d'un arceau monoplan ou biplan qui permet de réaliser le contrôle scopique permanent de face et de profil. Une variante technique consiste à réaliser le geste sous scanner [21].

Cette technique présente l'avantage d'une visée plus précise sous contrôle scanner que sous contrôle scopique du corps vertébral, en particulier pour les petites lésions. Actuellement la plupart des auteurs ont abandonné le contrôle du geste par tomographie. Ce dernier a été initialement décrit par Kaemmerlen en 1989[21], qui réalisait entièrement la procédure sous contrôle TDM ; le geste était certes plus précis mais le contrôle du remplissage vertébrale était plus difficile [11]. Gangi en 1994 a proposé une technique mixte associant TDM et scopie télévisée avec un arceau mobile. La TDM était utilisée pour la mise en place des trocarts et le contrôle scopique pour l'injection du ciment [18].

Cette méthode reste intéressante pour les angiomes agressifs lorsque l'on associe à la vertébroplastie une injection d'alcool.

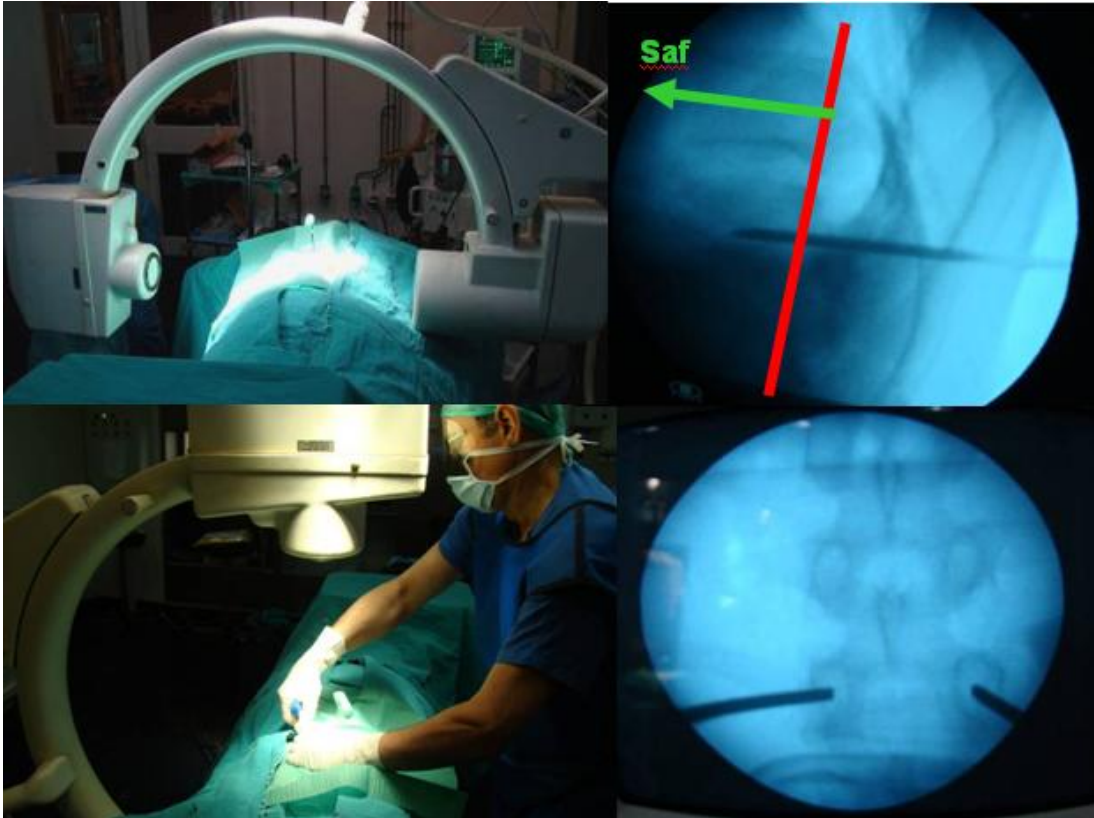


Figure 10 : Table numérisée d'un arceau biplan permettant de faire des clichés de face et de profil

5-Réalisation du geste :

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. La région à traiter est désinfectée et recouverte d'un champ stérile. (Figure 11)



Figure 11 : désinfection et recouvrement de la région à traiter par un champ stérile.

On pratique une anesthésie complémentaire le long de la voie d'abord en cas de simple sédation, puis on introduit le trocart sous scopie. (Figure 12 et 13)



Figure12

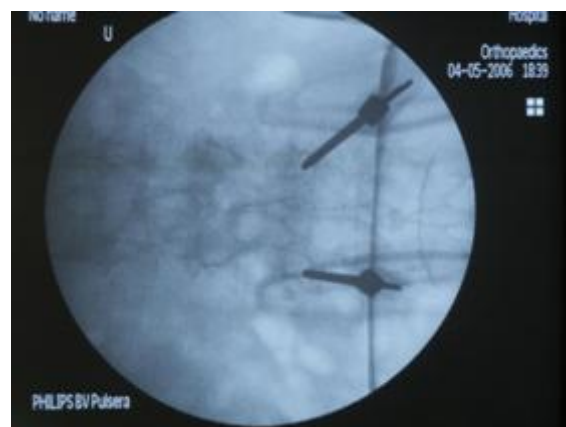


Figure 13

Figure 12 et 13 : introduction du trocart sous scopie.

La réalisation d'une phlébographie a été abandonnée, car elle ne permet pas de diminuer le taux de complications cliniques. Par ailleurs, elle surestime le risque des fuites veineuses par l'utilisation du produit de contraste iodé, plus fluide que le ciment [22].

La progression du trocart se fait sous contrôle scopique de face et de profil.

L'injection est réalisée en incidence de profil. (Figure 14 et 15) Il faut prévoir l'arrêt immédiat de l'injection en cas d'extravasation du ciment hors du corps vertébral.

La quantité injectée est variable et dépend de la qualité du remplissage de la vertèbre ; le plus souvent on injecte 4 à 5 ml à l'étage lombaire, 2 à 3 ml à l'étage cervical.

Le ciment se répartit de façon imprévisible en fonction de la composition tissulaire de la métastase, de son caractère lytique, condensant ou mixte.

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. Après la vertébroplastie, il est intéressant d'effectuer un contrôle par TDM afin d'évaluer précisément les fuites de ciment et de vérifier le bon remplissage des vertèbres.

La durée du geste est d'environ 30 à 45 minutes par vertèbre traitée. L'efficacité antalgique s'observe très rapidement, le plus souvent en moins de 24 heures. Le patient peut se lever le soir même et la durée d'hospitalisation est de 2 à 3 jours seulement.



Figure 14 : le système d'injection



Figure 15 : Injection du ciment sous contrôle scopique



Figure 16 : Radiographie du rachis de face prise après vertébroplastie de D11
(flèche)

II- KYPHOPLASTIE : technique

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 17)

Le matériel nécessaire à la kyphoplastie est constitué par :

- L'aiguille d'accès osseux
- La broche de guidage
- L'introducteur
- La canule
- La mèche
- Les ballonnets gonflables
- Appareil permettant le contrôle manométrique de l'inflation du ballonnet.
- Le ciment acrylique

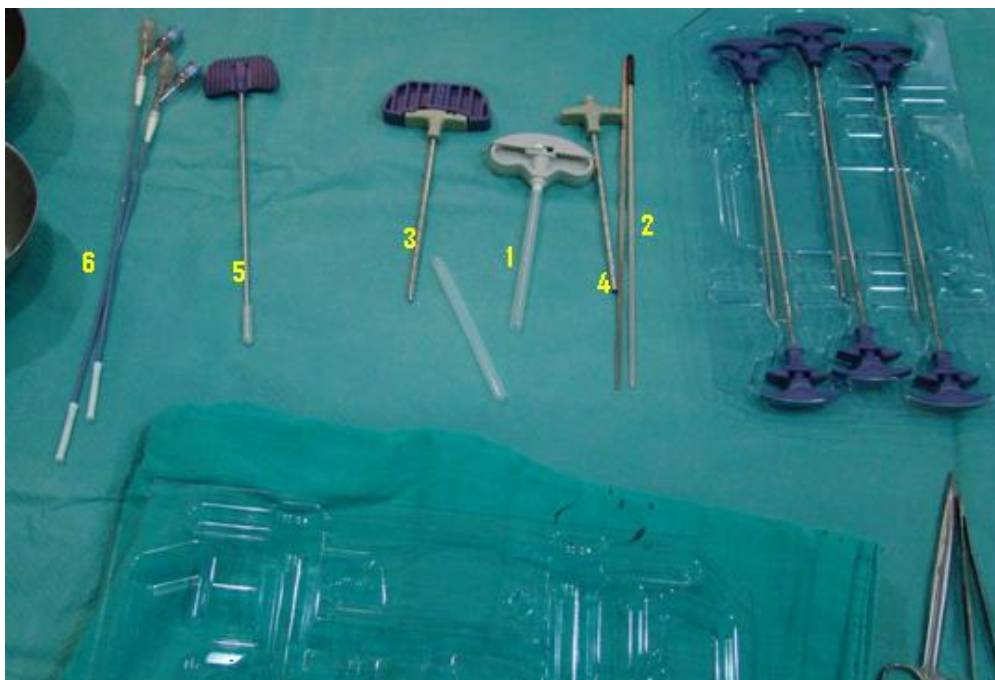


Figure 17 : Matériel de kyphoplastie : 1 -l'aiguille d'accès osseux, 2- broche de guidage, 3- l'introducteur, 4- la canule d'injection, 5-La mèche, 6- les ballonnets

- Réalisation du geste :

L'abord corporel généralement bilatéral est réalisé au moyen d'une aiguille Yamshidi 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.



Figure 18a

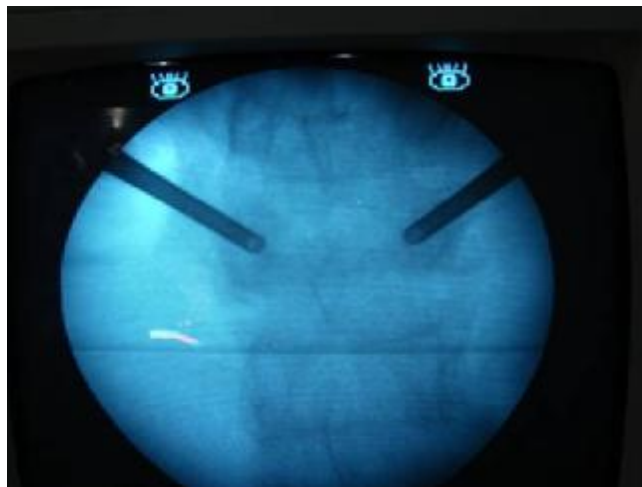


Figure 18b

Figure 18a et 18b : L'abord corporel bilatéral lors de la kyphoplastie.

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.

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. (Figure19a)

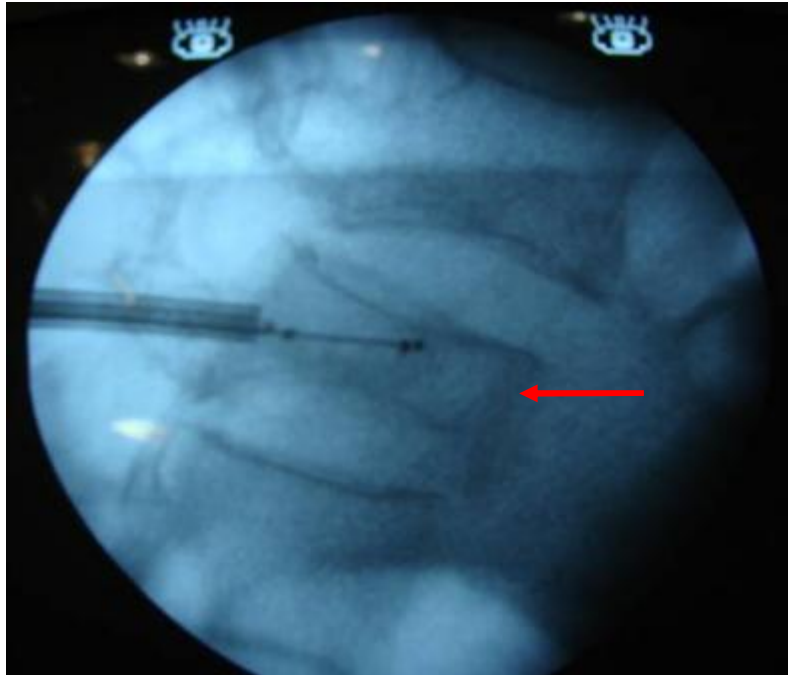


Figure 19a : Introduction du ballonnet dans la cavité préformée (flèche)

Après avoir mis en place le second ballonnet selon la même procédure, on procède à leur gonflage progressif (figure 19b) 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 20a). L'évolution de ces deux paramètres est suivie sous contrôle fluoroscopique et la pression dans chaque ballonnet est surveillée grâce à un manomètre. Une pression maximale (28 bar) est définie pour chaque type de ballonnet et l'arrêt du gonflage dépend de l'évolution morphologique locale sous l'effet du ballon.



Figure 19b

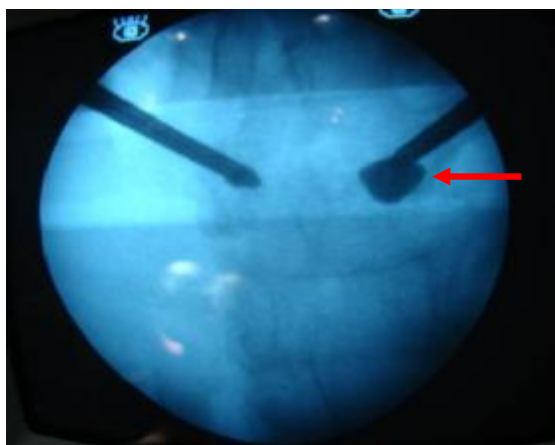


Figure 20a

Figure 19b : gonflement progressif des ballonnets sous contrôle manométrique.

Figure 20a : Expansion des ballons remplis par le produit de contraste (flèche).

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 (Figure 20b) introduit sous contrôle fluoroscopique remplit les cavités corporeales (figure 21) et permet de stabiliser la correction du corps vertébral [2].



Figure 20b : Préparation du ciment à l'aide d'un mélangeur KYPHON®

Chaque boîte de ciment osseux KYPHX[®] HV-R[™] contient :

- Un paquet de 20 grammes de poudre de polymères avec 30% de barium pour permettre une bonne visualisation sous fluoroscopie.
- Une ampoule de 9 grammes (dans 10 ml) de liquide de monomères.

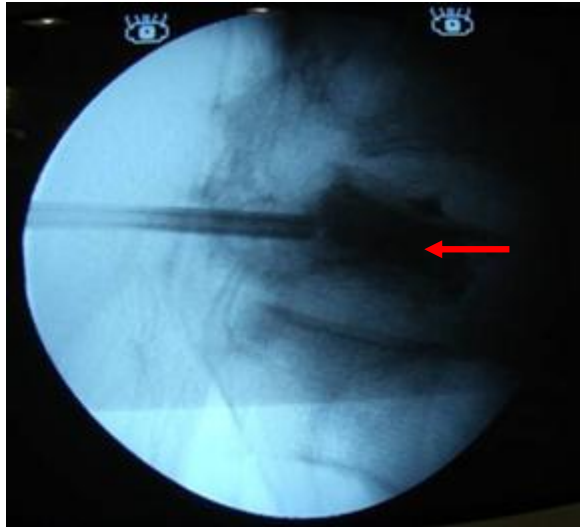


Figure 21 : Contrôle radioscopique Après injection du ciment acrylique. (Flèche)

La visualisation d'un passage extra corporel du ciment traduit l'existence d'une effraction corticale due le plus souvent à une position inadéquate du ballon et impose l'arrêt de l'injection. Il est toutefois possible de remodeler une effraction ou une lyse corticale par la technique dites de la « coquille d'œuf ». [2]

E-OBSERVATIONS CLINIQUES :

Cas de vertébroplastie :

1^{er} cas de vertébroplastie :

Mr J. M. E, 54 ans, sans antécédents pathologiques notables, admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L 3, responsable d'un Syndrome rachidien manifeste au niveau lombaire sans déficit sensitivo- moteur.

Le bilan radiologique est fait : Radiographie standard, TDM et l'IRM.

La Radiographie standard montre une fracture tassement de L3, et tassement minime de L2

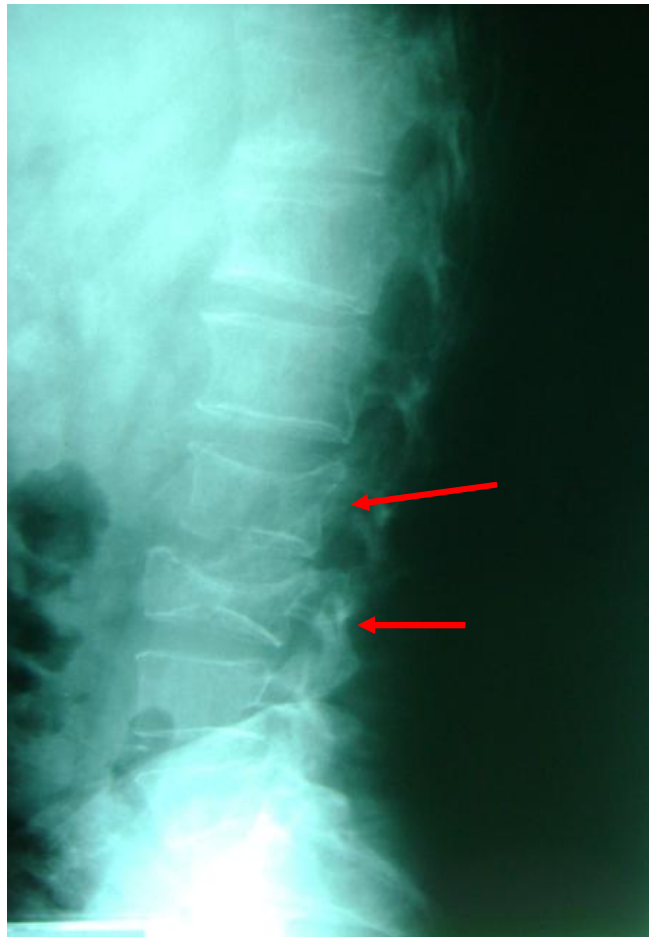


Figure 22: Radiographie du rachis de profil montrant une fracture tassement de L3 et tassement minime de L2 (flèche)

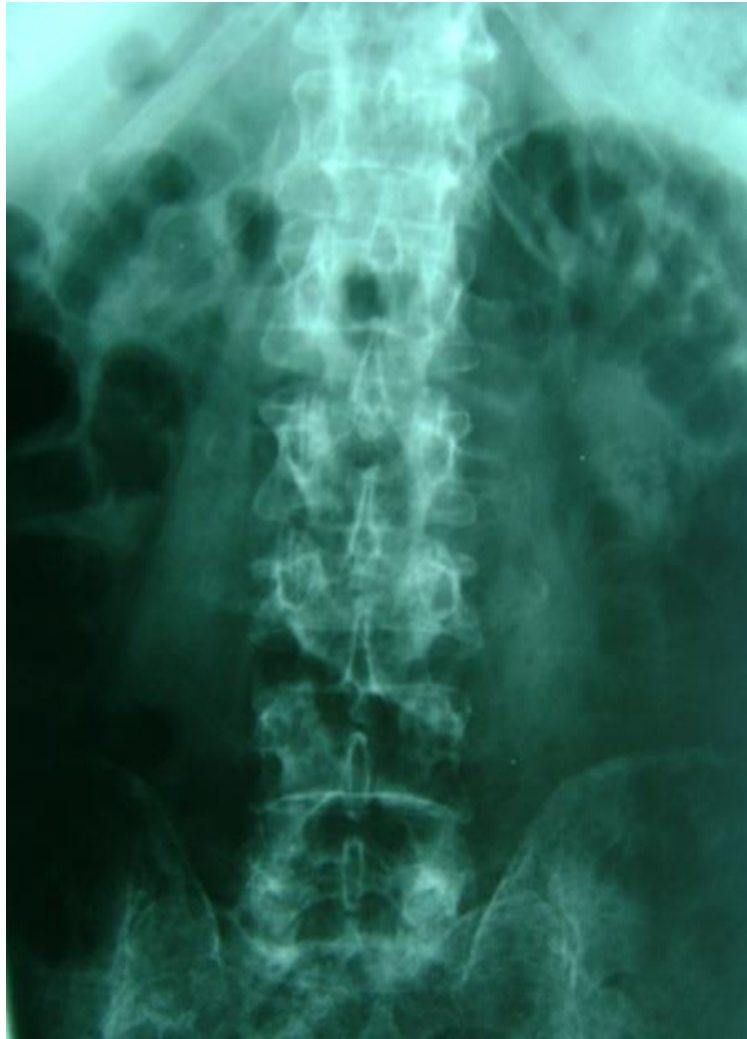


Figure 23 : Radiographie du rachis de face montrant un tassement de L3 et tassement minime de L2

La TDM montre des images lacunaires diffuses rachidiennes et iliaques avec tassement secondaire de L3 évoquant une maladie de Kahler.



Figure 24 : TDM en reconstruction montrant une déminéralisation osseuse diffuse avec tassement de L3 (flèche)



Figure 25 : IRM montrant un tassement de L3 sans compression radiculaire (flèche)

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue, une biopsie a été faite au cours du geste de vertébroplastie et le diagnostic d'une maladie de kahler a été retenu.



Figure 26 : TDM en reconstruction après réalisation d'une vertébroplastie de L 3
(flèche)

Les suites opératoires ont été marquées par une apparition de signes de compression médullaire avec déficit neurologique.

Le patient a été repris pour laminectomie L3 L4.

Les suites opératoires ont été favorables.

2^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr M.L, 65 ans, suivi au service de Néphrologie pour maladie de Kahler, admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L4 responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM, IRM) montre des lésions vertébrales étagés avec tassement de L4.



Figure 27 : Radiographie du rachis de face montrant une fracture tassement de L4



Figure 28 : Radiographie du rachis de profil montrant une fracture tassement de L4
(flèche)

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue.

Les suites post opératoires ont été favorables : disparition de la douleur, levé dans les 24 heures sans corset ni orthèse.

3^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr E. L , 75 ans , hypertendu sous traitement, admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L2 secondaire à un traumatisme (chute des escaliers avec réception sur le rachis) et responsable d'un syndrome rachidien lombaire manifeste à la palpation douce des apophyses épineuses , sans déficit sensitivo moteur .

Le bilan radiologique montre (Radiographie standard, TDM) montre une fracture tassement de L2 avec respect du mur postérieur.

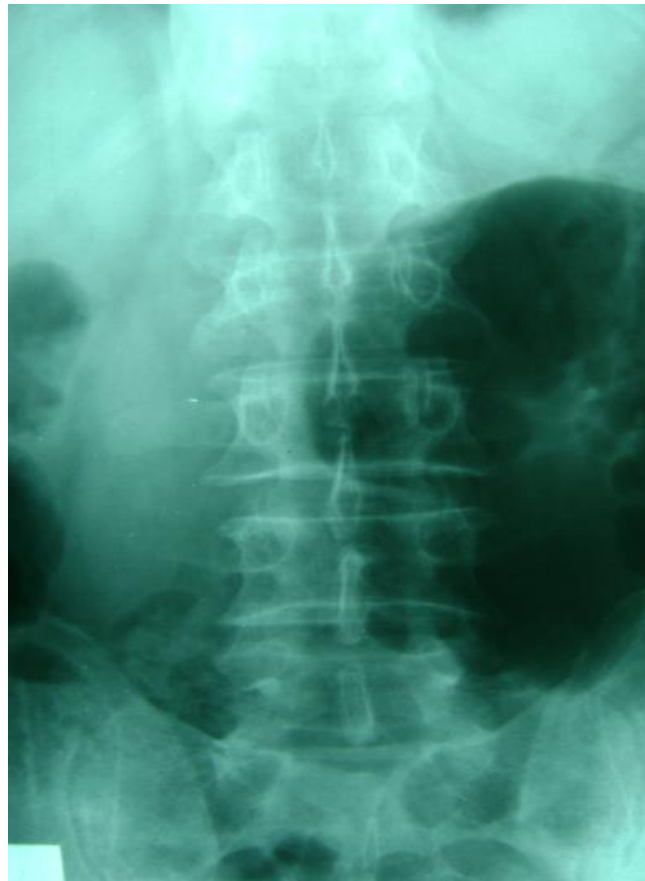
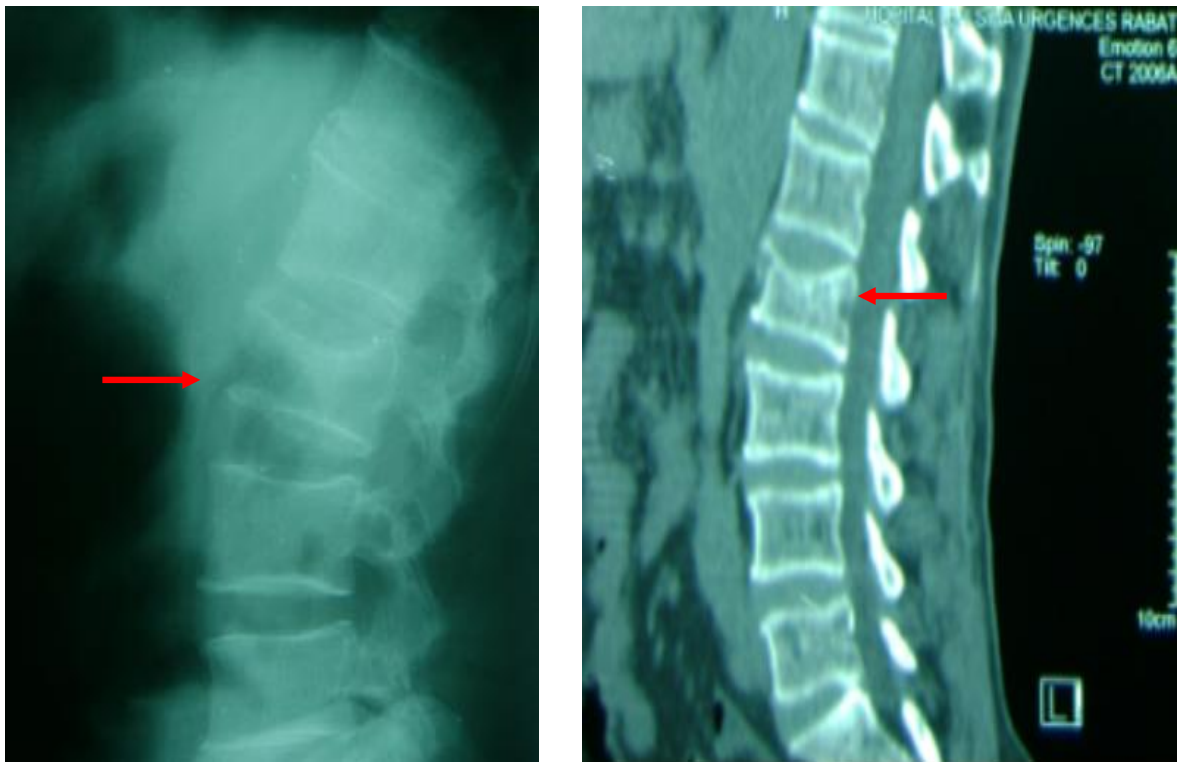


Figure 29 : Radiographie du rachis de face montrant une fracture tassement de L2



A

B

Figure 30 : radiographie du rachis de profil (A) et TDM en reconstruction du rachis (B) montrant une fracture tassement de L2 (flèche)

L'indication de vertébroplastie a été retenue.

L'évolution a été favorable : disparition de la douleur, marche possible.



Figure 31 : Radiographie du rachis de face après vertébroplastie de L2 (flèche)

4^{ème} cas de vertébroplastie :

Mme A. F , 60 ans , opérée en 1998 pour fibrome utérin , admise au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture marginale de L 1 , secondaire à un AVP avec impact dorso lombaire et responsable d'un syndrome rachidien dorso lombaire sans déficit sensitivo moteur .

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM) montre une fracture marginale de L1 avec tassement cunéiforme sans recul du mur postérieur

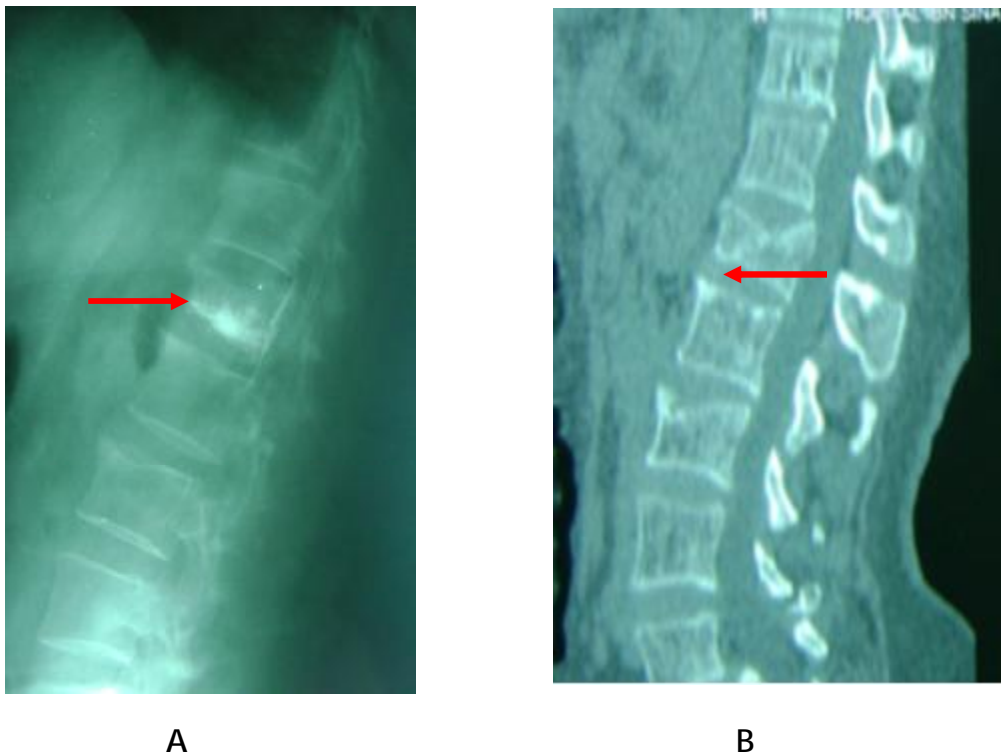


Figure 32 : radiographie du rachis de profil (A) et TDM en reconstruction (B) montrant une fracture tassement de L1 (flèche)

L'ostéodensitométrie montre une ostéoporose sur le rachis lombaire et les cols fémoraux.

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue.



Figure 33 : Radiographie du rachis de face après vertébroplastie de L1 (flèche)

Les suites opératoires ont été favorables.

La patiente a été confiée pour un traitement ostéoporotique.

5^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr E.K.F, 61 ans, opérés en 2005 pour lithiase rénale, hypertendu sous traitement. Admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L1 suite à une chute du toit de sa maison avec réception sur le siège et responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM) montre un tassement du corps vertébral de L1 sur un rachis globalement déminéralisé.

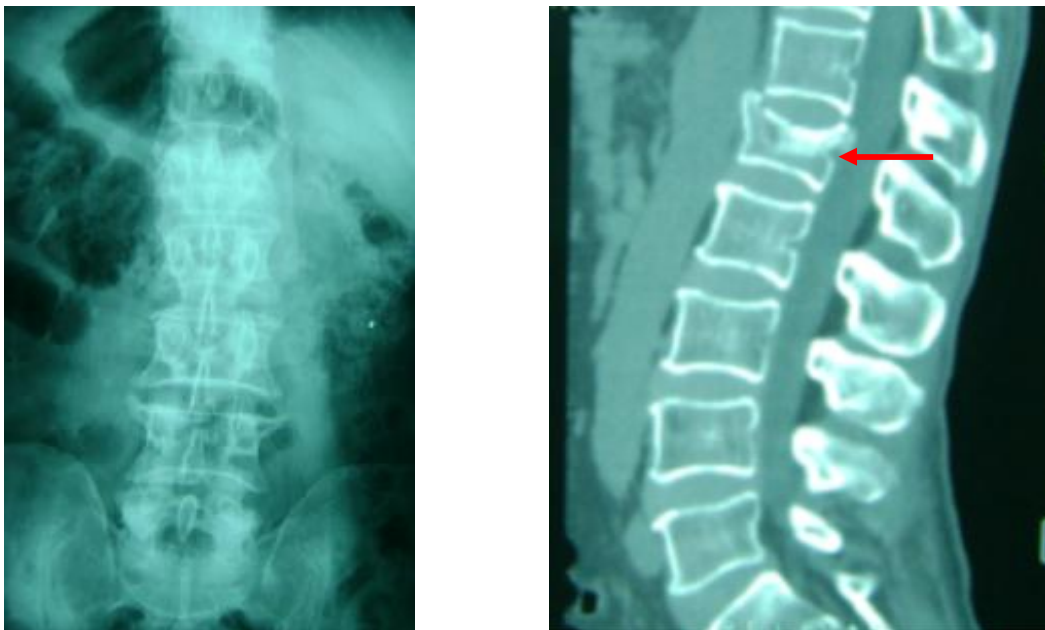


Figure 34 : radiographie du rachis de face et TDM en reconstruction montrant une fracture tassement de L1 (flèche)

La densitométrie osseuse montre une ostéopénie sur le rachis lombaire et les cols fémoraux.

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue. Au cours du geste on a eu une petite fuite de ciment en sous ligamentaire, sans signification pathologique.

Les suites opératoires ont été favorables avec amélioration de la symptomatologie.

Le patient a été confié pour un traitement ostéoporotique.

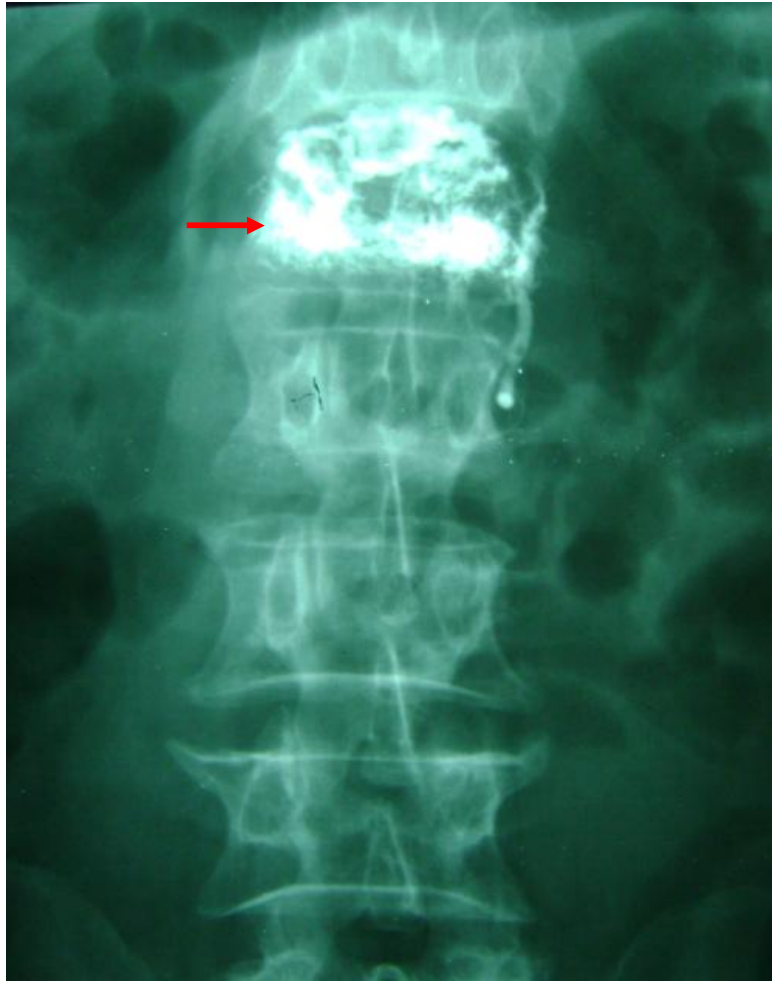


Figure 35 : Radiographie de face après vertébroplastie de L1 (flèche)

6^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr E. A.A, 42 ans, suivi pour Polyarthrite rhumatoïde, sous corticothérapie au long cours. Admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L1 suite à une chute de sa hauteur et responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM) montre une fracture de L1.

L'ostéodensitométrie montre une ostéoporose importante sur le rachis lombaire et les cols fémoraux.



Figure 36 : Radiographie du rachis de profil montrant une fracture tassement de L1
(flèche)



Figure 37 : Radiographie du rachis de face montrant la fracture tassement de L1

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue.

L'évolution a été favorable : amélioration de la symptomatologie.

Le patient a été confié pour un traitement ostéoporotique.



Figure 38



Figure 39

Figure 38 et 39: radiographie du rachis : face et profil après vertébroplastie de L1 (flèche)

7^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr H.R , 28 ans , sans antécédents pathologiques notables , admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de D11, secondaire à un traumatisme (chute d'un arbre avec impact dorsolombaire) et responsable d'un syndrome rachidien dorsolombaire sans déficit sensitivomoteur .

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM) montre une fracture tassement de D11.



Figure 40 : Radiographie du rachis de face montrant une fracture tassement de D11

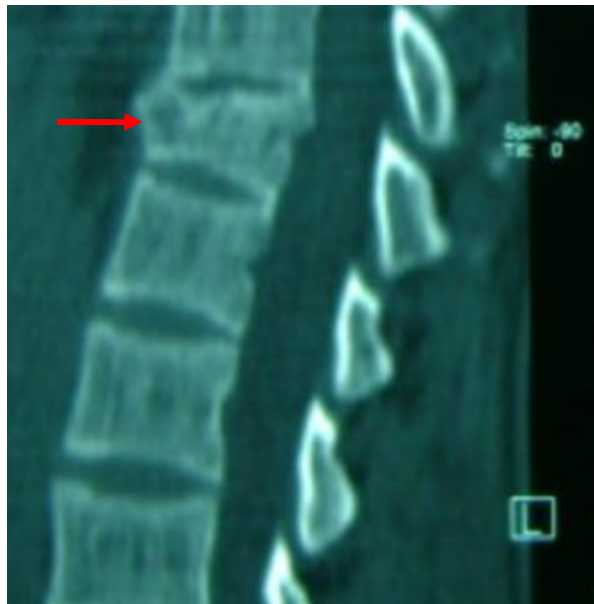


Figure 41 : TDM en reconstruction : fracture tassement de D11 (flèche)



Figure 42 : TDM en coupe axiale centré sur D11.

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue.

Les suites postopératoires ont été favorables.



A



B

Figure 43 : Radiographie du rachis de face (A) et de profil (B) après vertébroplastie de D11 (flèche)

8^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr B.C, 50 ans, sans antécédents pathologiques notables, admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L4 post traumatique et responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique : (Radiographie standard et TDM) montre Une fracture tassement de L4.



Figure 44



Figure 45

Figure 44 : Radiographie du rachis de profil : tassement de L4 (flèche)

Figure 45 : Radiographie du rachis de face : tassement de L4

La TDM montre une fracture marginale antérieure de L4.

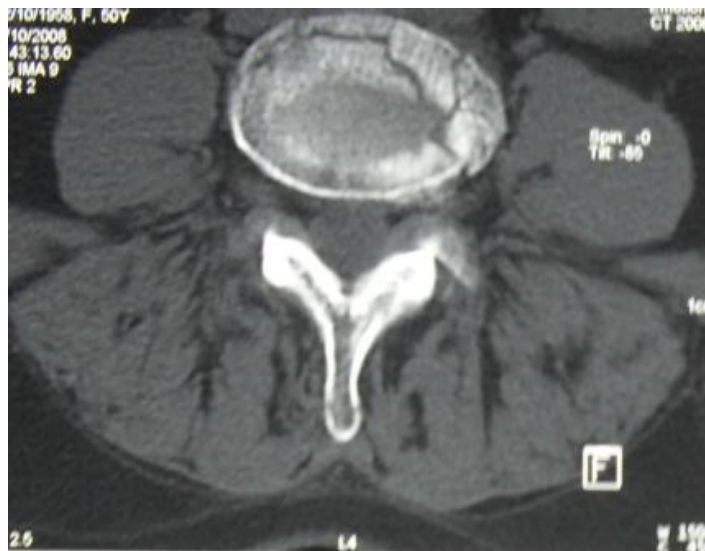


Figure 46 : TDM en coupe axiale montrant une fracture tassement de L4
L'indication d'une vertébroplastie a été retenue.
Les suites opératoires ont été favorables.



Figure 47 : Radiographie du rachis de profil après vertébroplastie de L4 (flèche)

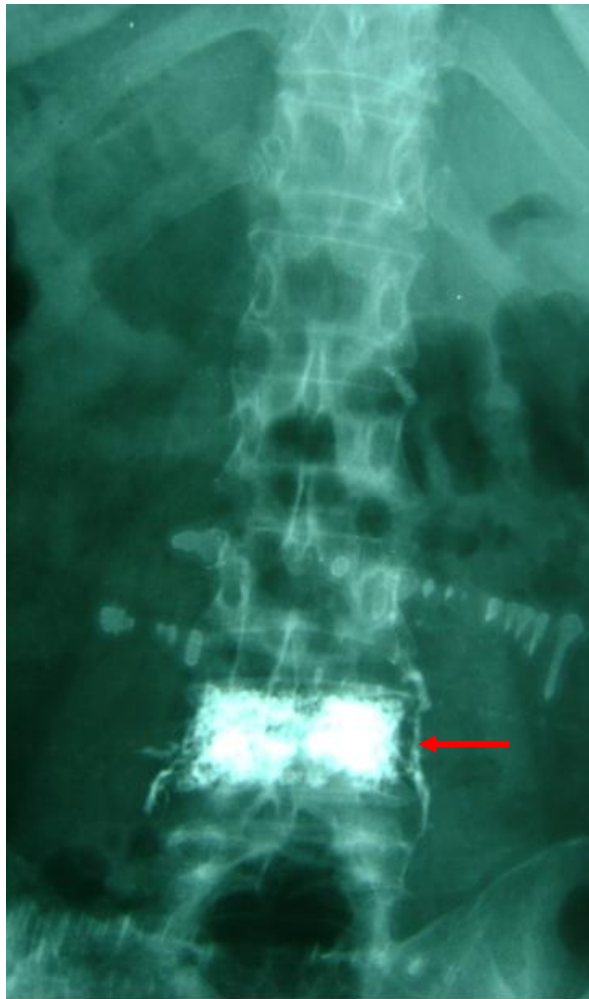


Figure 48 : Radiographie du rachis de face après vertébroplastie de L4 (flèche)

9^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr A.H, 48 ans, sans ATCD pathologiques notables, admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L3, (suite à un AVP avec point d'impact multiples) responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM) montre une fracture tassement de la partie antéro-supérieure de L3.



Figure 49



Figure 50

Figure 49 : Radiographie du rachis de profil montrant une fracture tassement de L3 (flèche)

Figure 50 : Radiographie de face montrant une fracture tassement de L3



Figure 51 : TDM en reconstruction montrant la fracture tassement de L3 (flèche)

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue.

Les suites opératoires ont été favorables

10^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr B.B, 48 ans, sans antécédents pathologiques notables, admis au service de neurochirurgie pour cure d'une fracture- tassement de L2 secondaire à une chute d'une échelle et responsable de lombalgies invalidantes. Avec à l'examen clinique un syndrome rachidien lombaire sans déficit-sensitivo moteur.

Sur la radiographie standard du rachis on retrouve une fracture de L2 stable sans atteinte du mur postérieur.

La TDM montre une fracture de L2 stable avec aspect de déminéralisation osseuse diffuse.



Figure 52 : TDM en reconstruction montrant une fracture tassement de L2 (flèche)

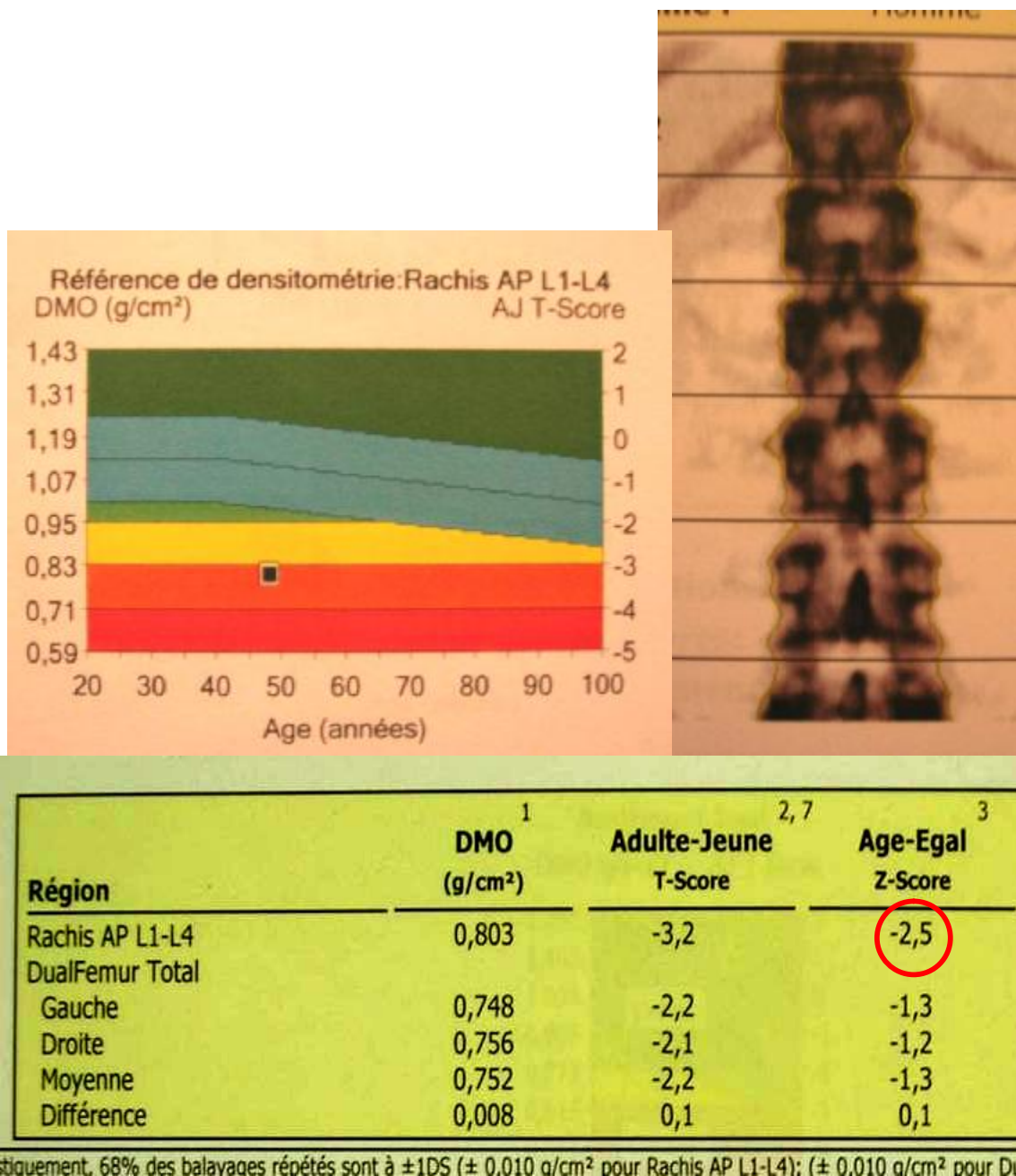


Figure 53 : Ostéodensitométrie du rachis et du col fémoral chez ce patient.

La densitométrie osseuse montre une ostéopénie sur le rachis lombaire et sur les cols fémoraux.

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue et les suites opératoires ont été favorables.

Le patient a été confié pour un traitement ostéoporotique.



Figure 54



Figure 55

Figure 54: Radiographie du rachis de profil après vertébroplastie de L2

Figure 55 : Radiographie de face prise après vertébroplastie de L2

Le patient a été confié pour un traitement ostéoporotique.

11^{ème} cas de vertébroplastie :

Mr N .A ,21 ans, sans antécédents pathologiques notables, admis au service de neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de D 11 secondaire à un traumatisme (chute avec réception sur le rachis) et responsable d'un syndrome rachidien dorso-lombaire sans déficit sensitivomoteur.

Le bilan radiologique (radiographie standard, TDM) montre une fracture tassement de D11.



A

B

Figure 56 : TDM en reconstruction (A) et coupe axiale (B) montrant une fracture tassement de D11



Figure 57 : Radiographie du rachis de face après vertébroplastie de D11

12^{ème} cas de vertébroplastie :

Mme B.B, 45 ans, sans antécédents pathologiques notables, admise au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L1 secondaire à un traumatisme : (chute dans les escaliers) et responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo-moteur.

Le bilan radiologique : (Radiographie standard et TDM) montre une fracture tassement de L1.

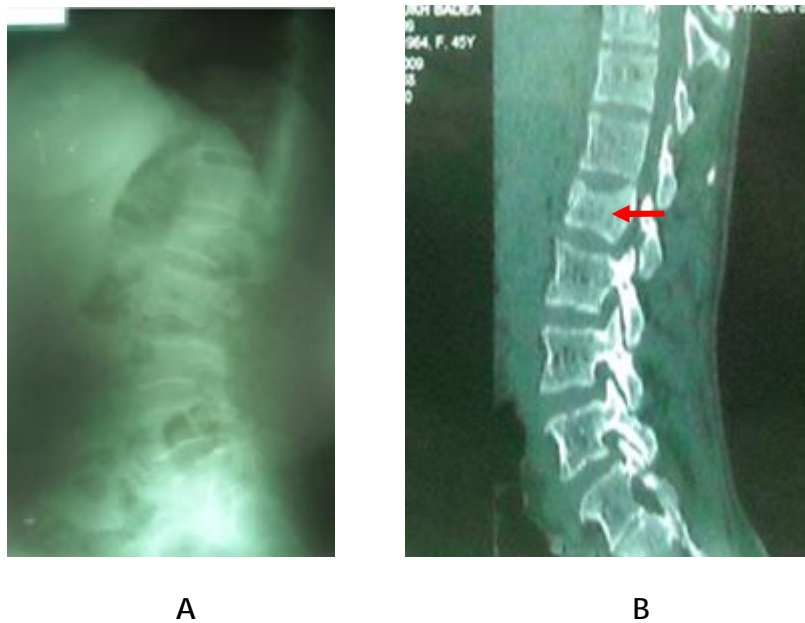


Figure 58: Radiographie du rachis : profil (A) et TDM en reconstruction (B) montrant une fracture tassement de L1



Figure 59: TDM en coupe axiale montrant une fracture tassement de L1

L'ostéodensitométrie a montré une ostéopénie lombaire et fémorale.

L'indication d'une vertébroplastie a été retenue.

Les suites opératoires ont été favorables.



A



B

Figure 60 : Radiographie de contrôle face (A) et profil (B) après vertébroplastie de L1.

La patiente a été confiée pour un traitement ostéoporotique.

13^{ème} cas de vertébroplastie :

Mme S.A, 50 ans, sans antécédents pathologiques notables, admise au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L1 secondaire à un traumatisme (chute de sa hauteur) et responsable d'un syndrome rachidien manifeste au niveau lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard et TDM) montre une fracture tassement de L1 avec recul du mur postérieur.



A



B

Figure 61 : Radiographie du rachis de profil (A) et de face (B) montrant une fracture tassement de L1.



A



B

Figure 62: TDM en reconstruction (A) et en coupe axiale (B) montrant une fracture tassement de L1 avec recul du mur postérieur. (flèche)

L'Ostéodensitométrie montre une ostéopénie sur le rachis lombaire.

L'indication d'une kyphoplastie et à dépend une vertébroplastie est retenue.



A



B

Figure 63: Radiographie de face (A) et de profil (B) après vertébroplastie de L1 (flèche)

Les suites opératoires ont été favorables.

La patiente a été confiée pour un traitement ostéoporotique.

Cas de Kyphoplastie :

1^{er} cas de kyphoplastie :

Patient de 47 ans , sans antécédents pathologiques notables, admis au service de neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de D 12 secondaire à un accident de travail (chute avec réception sur la rachis lombaire), responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (radiographie et TDM) montre une fracture tassement de D 12.

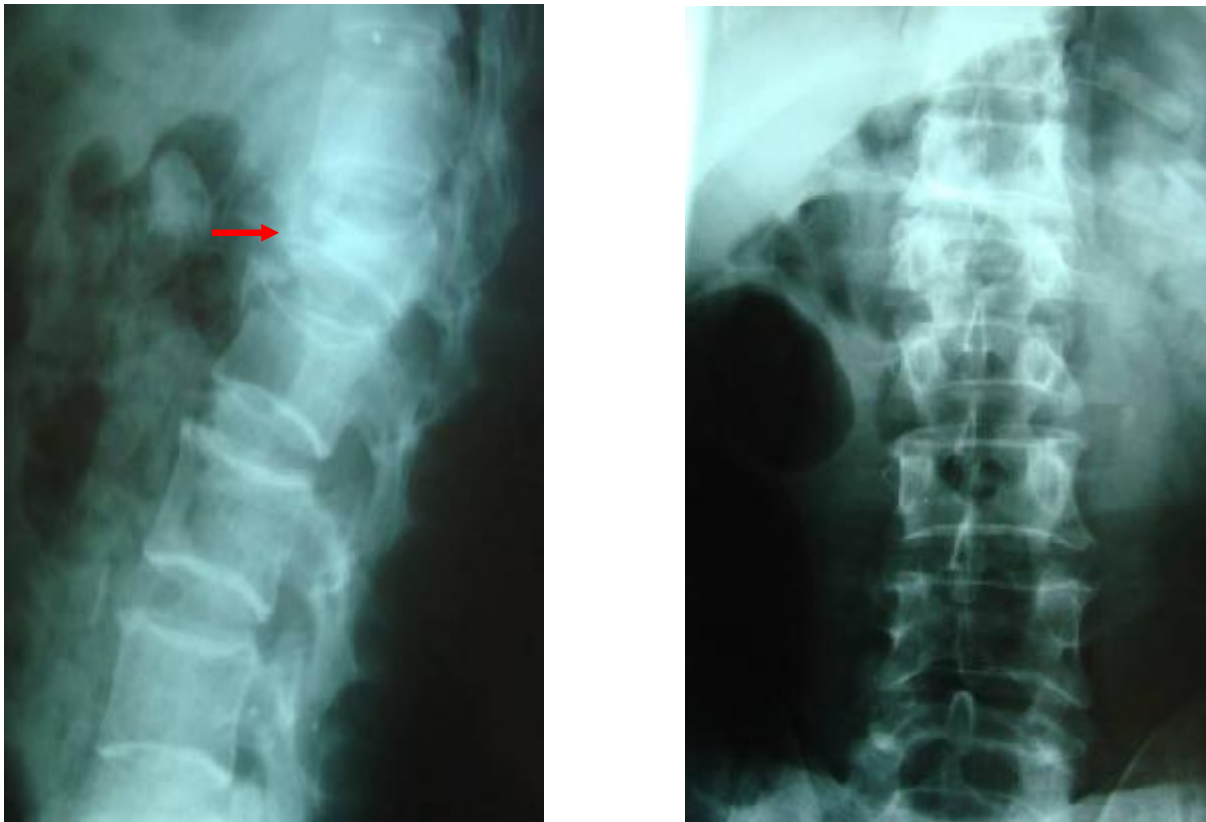


Figure 64 : radiographie du rachis de face et de profil montrant une fracture tassement de D12

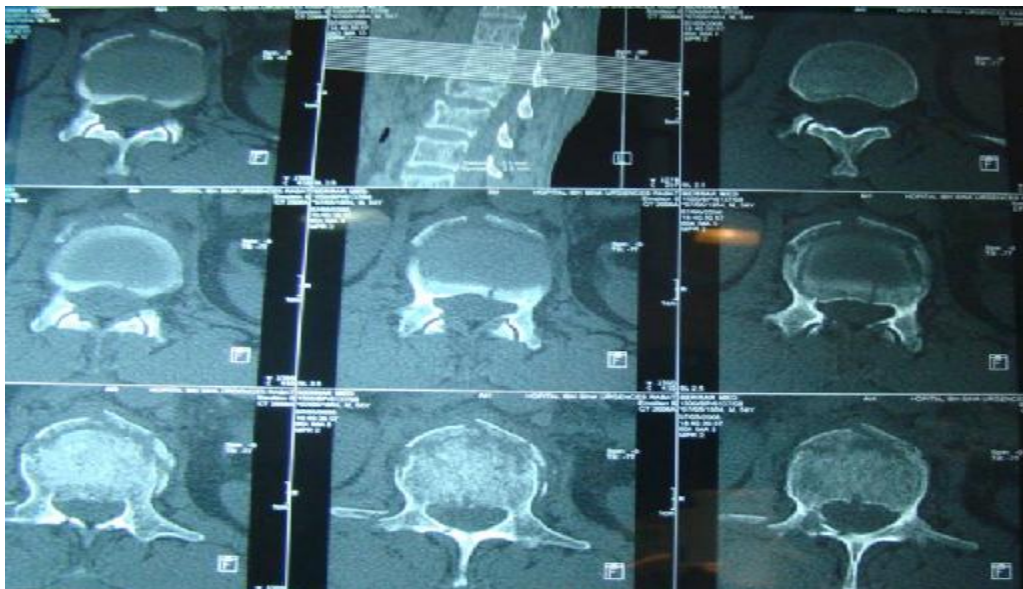


Figure 65 : TDM en coupe axiale centré sur D12

L'indication d'une kyphoplastie a été retenue, les suites opératoires ont été favorables.

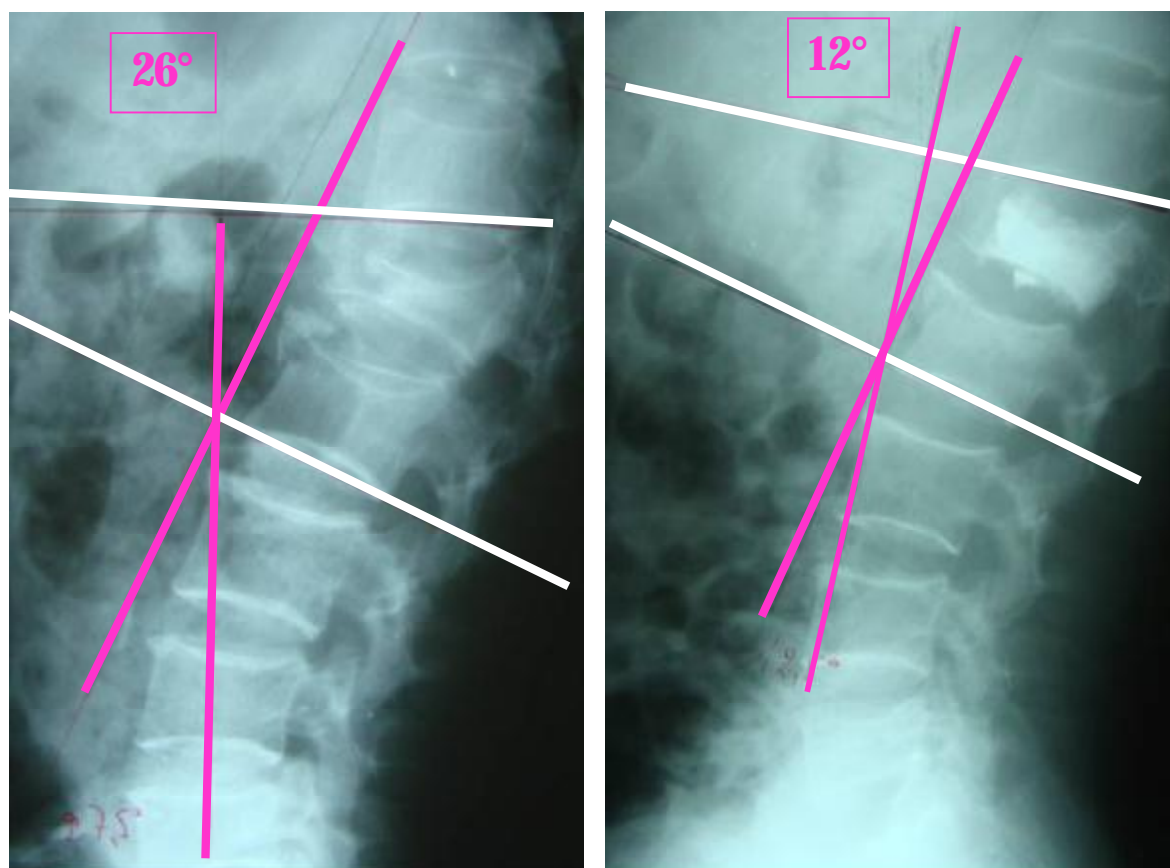


Figure 66 : Angle de cyphose locale avant kyphoplastie : 26°. Après kyphoplastie : diminution de la valeur angulaire secondaire à l'expansion corporelle 12°.

2^{ème} cas de Kyphoplastie :

Mme O. L, 75 ans, sans antécédents pathologiques notables admise au service de neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de D8 secondaire à un traumatisme (chute sur le bassin) et responsable d'un syndrome rachidien dorsal sans déficit sensitivo- moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard et TDM) montre un tassement de D8.



Figure 67



Figure 68

Figure 67 : Radiographie de face montrant une fracture tassement de D8

Figure 68 : TDM en reconstruction montrant une fracture tassement de D8

L'ostéodensitométrie montre une ostéoporose sur le rachis et les cols fémoraux.

La tentative de vertébroplastie est non fructueuse vue le risque de diffusion du produit.

L'indication d'une Kyphoplastie a été retenue.

Les suites opératoires ont été favorables.

La patiente a été confiée pour un traitement ostéoporotique.



A



B

Figure 69 : radiographie du rachis de face (A) et profil (B) après kyphoplastie de D8

3^{ème} cas de kyphoplastie :

Mme Y. M, 42 ans, admise au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de D12 post traumatique (chute d'une hauteur) et responsable d'un syndrome rachidien douloureux en regard de la charnière dorso-lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM) montre une fracture tassement de D12 avec recul du mur postérieur.



Figure 70 : radiographie du rachis de profil montrant une fracture tassement de D12



Figure 71 : TDM en coupe axiale : fracture de D12 avec recul du mur postérieur

L'ostéodensitométrie montre une ostéopénie sur le rachis dorsal et sur les cols fémoraux.

L'indication d'une Kyphoplastie a été retenue.

Les suites postopératoires ont été favorables : amélioration de la symptomatologie et levé sans corset ni orthèse.

La patiente a été confiée pour un traitement ostéoporotique.

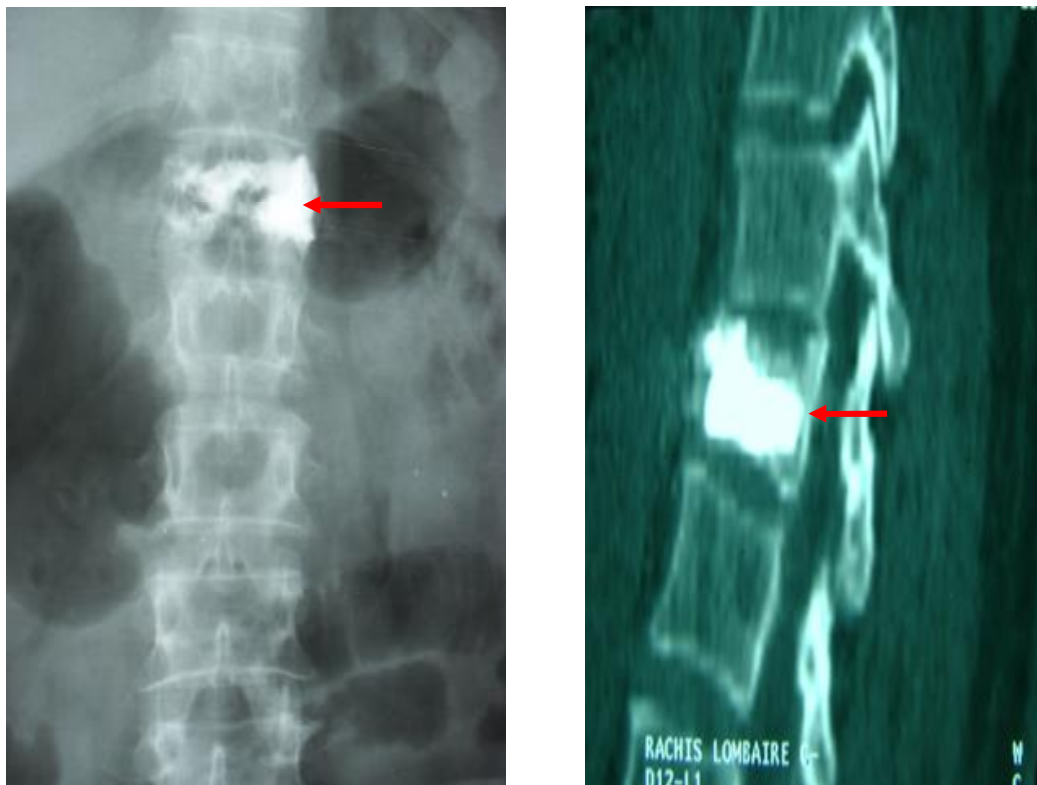


Figure 72 : Radiographie du rachis de face et TDM en reconstruction après kyphoplastie de D12

4^{ème} cas de Kyphoplastie :

Mr J.M.J, 45 ans, sans ATCD pathologiques notables, victime d'un AVP occasionnant un polytraumatisme à point de réception thoracique et abdominale sans traumatisme crânien. Admis au service de Neurochirurgie pour cure d'une fracture tassement de L1& L4 responsable d'un syndrome rachidien lombaire sans déficit sensitivo moteur.

Le bilan radiologique (Radiographie standard, TDM et l'IRM) objective une fracture tassement L1 & L4.

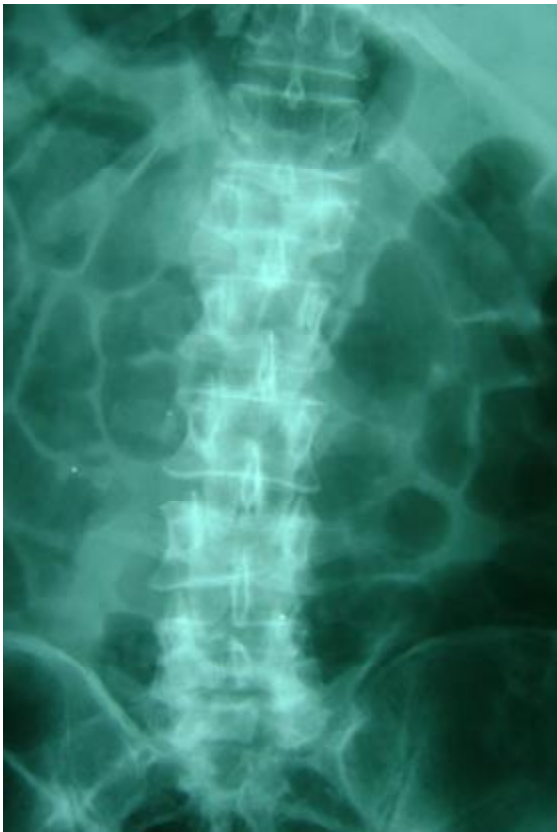


Figure 73



Figure 74

Figure 73 : Radiographie du rachis de face montrant une fracture tassement de L1 & L4

Figure 74 : Radiographie de profil montrant une fracture tassement de L1&L4



Figure 75 : TDM en reconstruction montrant une fracture tassement de L1&L4

L'indication d'une Kyphoplastie a été retenue.

Les suites opératoires ont été favorables : amélioration de la symptomatologie et marche possible.

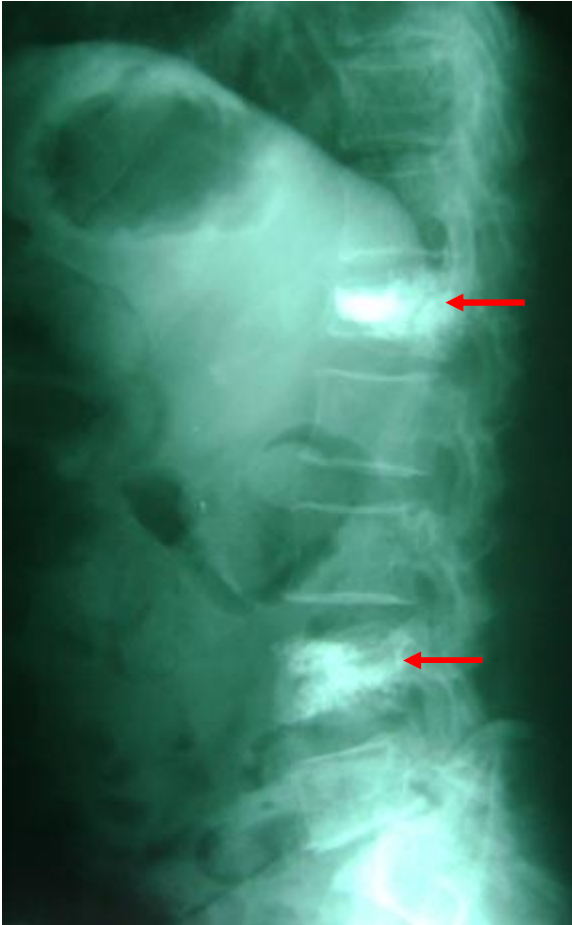


Figure76

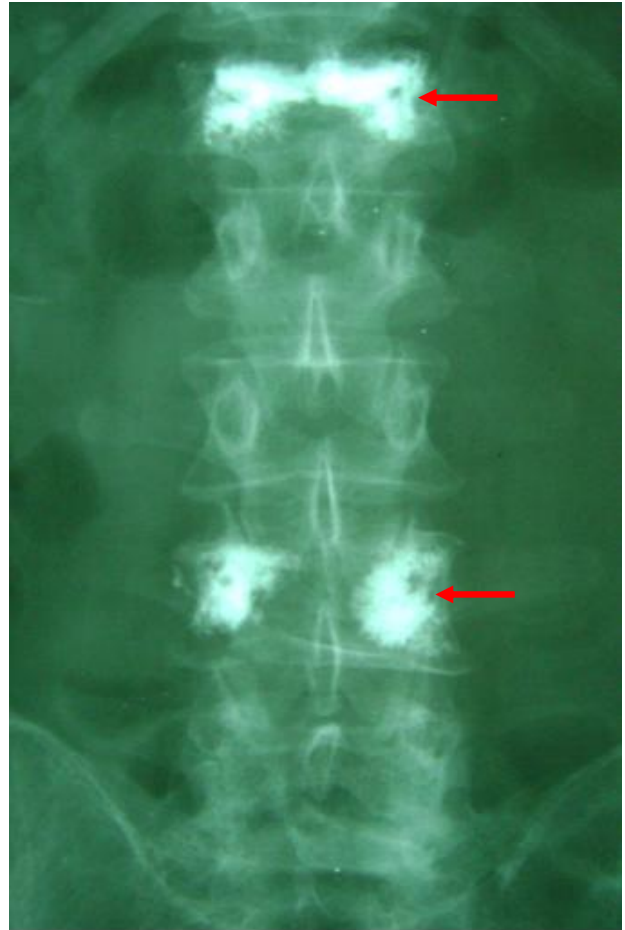


Figure 77

Figure76 : Radiographie du rachis de profil après Kyphoplastie de L1 & L4 (flèche)

Figure 77 : Radiographie du rachis de face après Kyphoplastie de L1&L4 (flèche)

RESULTATS

A- Les paramètres cliniques :

1- Type de lésion :

La population étudiée comprenait :

- 3 cas de tassements vertébraux ostéoporotiques.
- 5 cas de tassements vertébraux ostéopéniques.
- 2 cas de tassements vertébraux sur maladie de kahler
- 8 cas de fractures vertébrales post-traumatiques

2- Evaluation neurologique (marche):

a- A court terme :

Mobilité retrouvée après 24 heures sans corset ni orthèse chez 17 cas (91,6%), avec reprise rapide de l'activité physique.

b- A long terme :

Aucun ne présentait à long terme une limitation de la marche ou de perturbation de l'activité physique.

3- Evaluation de la douleur (EVA):

a- A court terme :

Tous les patients souffraient avant l'intervention de douleurs invalidantes estimées alors avec l'échelle visuelle analogique (EVA) à 7 / 10 en moyenne.

En post opératoire immédiat (J1), les patients ont tous assuré avoir été bien soulagés par rapport aux douleurs initiales avec (EVA) moyen de 1 /10.

b-A long terme :

Dans notre série nous avons utilisé l'échelle visuelle analogique de la douleur au repos et à l'effort pour comparer les résultats à ceux relevés lors des évaluations cliniques avant le geste.

90% des patients déclarent avoir été soulagé à long terme par rapport aux douleurs avant le geste. Aucun patient n'a déclaré de perte d'autonomie, ni de diminution de ses activités.

B- Statique rachidienne :

a- A court terme :

- Réduction de la cyphose, une moyenne de 4° a été obtenue après vertébroplastie.
- Réduction de la cyphose, une moyenne de 8,3° a été obtenue après kyphoplastie.

b- A long terme :

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

C- Evolution tumorale :

On n'a pas noté de reprise ou d'évolution tumorale au niveau de la vertèbre cimentée chez les deux cas ayant une maladie de kahler qui sont suivis en oncologie.

D- Incidents et complications :

- Pas de fuite dans les disques intervertébraux, ni dans le système veineux ou les parties molles.
- Une petite fuite de ciment en sous ligamentaire, sans signification pathologique a été retrouvée chez un seul cas.
- Un seul cas de détérioration neurologique postopératoire chez lequel une laminectomie décompressive a été réalisée en urgence avec bonne évolution postopératoire.

DISCUSSION

A- VERTEBROPLASTIE :

1- Principes généraux :

La vertébroplastie consiste à injecter à l'aide d'un trocart mis en place par voie percutanée dans le corps d'une vertèbre pathologique du ciment acrylique, ou polyméthylmétacrylate (PMMA) pour renforcer la résistance mécanique d'une vertèbre sans abord chirurgical. Elle permet d'obtenir un effet antalgique et une consolidation de la vertèbre [1]. Les principales indications concernent les angiomes vertébraux qui ont été à l'origine du développement de la méthode, les métastases ainsi que les tassements ostéoporotiques [1].

2- 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 consolidant ainsi que antitumoral [4].

a- L'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 [6,21]. 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 [23, 24,16].

b- La stabilisation vertébrale :

Sous sa forme polymérisée, le méthylmétacrylate est un matériau dur et résistant. L'étude expérimentale de Darrason [25] 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 [26] ; ceci contribue à diminuer les contraintes mécaniques liées à ces fractures.

c-L'action anti tumorale locale [4]:

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.

3- Les indications :

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 [27,28]. 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 [29].

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.

L'embolisation artérielle des angiomes vertébraux permettait parfois une stabilisation de l'évolution et améliorait les conditions opératoires mais, la chirurgie demeurait difficile et l'embolisation artérielle d'effet transitoire [5, 1, 22, 30]. Elle n'est plus systématique depuis l'avènement des techniques de sclérothérapie intra vertébrale directe et vertébroplastie.

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 [31] 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 vertébroplastie et chirurgie.

La vertébroplastie est associée à une sclérothérapie percutanée du reste de la composante angiomateuse. L'arc postérieur angiomateux ou l'une des zones angiomateuses du corps vertébral, non injectée de ciment, est ponctionnée à l'aide d'une aiguille 18 Gauge. Après une injection de contraste et une sériographie validant l'injection de la composante épidurale et postérieure de l'angiome, on complète par l'injection d'alcool absolu directe [1, 29]. Cette injection permet de thromboser et entraîne une réaction fibreuse de la composante épidurale de l'angiome. Cette embolisation in situ associée à la vertébroplastie permet la dévascularisation totale de l'angiome et la stabilisation vertébrale. Le lendemain, une laminectomie peut être effectuée en toute sécurité avec extirpation de la composante épidurale de l'angiome.

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 [29].

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.

Les métastases vertébrales lytiques et myélome rachidien :

Ils constituent une importante indication de la vertébroplastie dans les pays européens [27,19].

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

En 1989, Lapras [6] 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 développer.

La vertébroplastie est souvent proposée après un traitement radiothérapique et/ou chimiothérapique, devant la persistance des douleurs rachidiennes ou leur réapparition [1,32], 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 [33]. On conçoit donc l'intérêt de la vertébroplastie dans la prise en charge thérapeutique initiale des métastases rachidiennes douloureuses [19].

Dans les métastases vertébrales douloureuses, la radiothérapie permet dans 70% des cas [34,35] 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 72heures) [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 épидурite 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, 6, 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, 11,36].

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 [37]. 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 [38,39]. C'est également Lapras et al [32] 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%) [32] 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 [27,38]. 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.

4- Technique :

La réalisation de la vertébroplastie percutanée en toute sécurité, dépend de plusieurs facteurs :

- Une sédation correcte des patients
- Une parfaite connaissance de l'anatomie vertébrale
- Surtout un contrôle radioscopique de haute qualité et de préférence de type biplan.

En effet la combinaison d'un contrôle scopique antéropostérieur et latéral de haute qualité, permet une évaluation du placement du trocart de ponction, de façon aussi précise, que l'évaluation fournie par des coupes scannographiques de balayage. En outre, à l'heure de l'injection du ciment, La fluoroscopie biplan permet la visualisation optimale permanente de la progression du ciment sans déplacer le patient et interrompre l'injection comme exigée avec des coupes scannographiques.

Le recours à l'anesthésie locale et à la sédation consciente permettent la détection précoce de tout changement de l'état clinique du patient témoignant de la survenue d'une complication nécessitant l'arrêt immédiat de la procédure [40].

- Positionnement du trocart [41] :

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.

Une technique particulière vient d'être décrite par Ryuichi Takemasa [42]. Cet auteur a remplacé le PMMA par un ciment au phosphate de calcium (CPC) qui a l'avantage de s'intégrer à la trame osseuse (ostéoconductivité). Il a par ailleurs modifié la voie d'abord de la cavité vertébrale en procédant à une mini ouverture cutanée au cours de laquelle les deux pédicules sont explorés par une incision cutanée médiane de 6 centimètres ou par 2 incisions paramédianes séparées, de 2,5 centimètres. Un curetage de l'os sain à travers cette mini ouverture permet la création d'espaces vides intra pédiculaires et en intravertébral.

Le ciment phosphocalcique est ensuite injecté par voie pédiculaire d'un seul côté sous contrôle scopique pour détecter d'éventuelles fuites de ciment. Cette technique a permis de réduire le taux global de fuite du ciment à 6%. Ce faible taux de fuite du ciment s'explique par la réduction de pression au sein du corps vertébral du fait de l'existence d'un canal ouvert dans le pédicule controlatéral.

Quand le tassement vertébral n'est pas trop sévère, il est conseillé d'éviter de placer la pointe du trocart au milieu du corps vertébral où le drainage veineux est abondant.

Sur la vue AP, le trocart ne doit pas franchir le bord médial du pédicule avant qu'il ait croisé la corticale postérieure du corps vertébral sur la vue latérale, sinon il y a risque de reflux du ciment dans le canal médullaire.

Une fois le trocart dans le corps vertébral, éviter d'avancer jusqu'à faire un trou dans la corticale antérieure créant de ce fait un site potentiel de fuite de ciment.

Dans tous les cas, le trocart doit être biseauté ce qui rend son ancrage plus facile dans l'os cortical et sa réorientation plus aisée au cours de son avancement par simple rotation du biseau.

- L'injection du ciment : [41]

Le contrôle sous scope de la progression du ciment est requis pour l'accomplissement de la vertébroplastie. L'identification précoce d'une fuite de ciment impose l'arrêt de l'injection, évitant ainsi la survenue d'éventuelles complications. Certaines précautions sont utiles pour l'éviction et la détection précoce de l'extravasation de ciment :

- Un contrôle radioscopique de haute qualité de préférence de type biplan.
- L'opacification optimale du ciment nécessite l'adjonction de sulfate de baryum de 30% et du tungstène ou de la poudre de tantale.
- Le respect des recommandations des proportions des composants du ciment doit être la règle. L'augmentation de la proportion de fluide (monomère) accélère le durcissement du ciment. Un mélange remué à une fréquence supérieure à un tour par seconde accélère son durcissement.
- L'injection du ciment n'est autorisée qu'après obtention d'une consistance de pâte de dentifrice.
- L'usage d'une seringue spéciale (AVA-TEX. ALLEGIANCE. Mc Gaw Park, IL) permet l'injection d'un ciment plus visqueux avec un temps d'injection nettement plus long.

- En cas d'obstruction du trocart pendant le déroulement de la procédure, le stylet du trocart peut être utilisé pour pousser le ciment dans le corps vertébral, avec cependant une attention particulière.
- En cas de fuite de ciment, arrêter l'injection et déplacer le bout du trocart, attendre que les premières quantités de PMMA injectées durcissent et servent de bouchon.
- Ne jamais essayer d'obtenir une image parfaite et garder à l'esprit qu'un remplissage de 50% du corps vertébral devrait suffire.
 - artifices techniques d'injection :
 - utilisations d'un vérin mécanique à vis (screw system) [43] :

La vertébroplastie classique nécessite l'utilisation de multiples petites seringues pour faciliter l'injection du ciment qui se polymérise rapidement. Ceci implique la présence de deux opérateurs, le premier se charge du remplissage des seringues pendant que l'autre procède à l'injection du ciment. De plus il faut faire vite, l'opérateur ne disposant que de 6 à 8 minutes pour injecter tout le ciment.

Différents artifices ont tenté de contourner cette difficulté en utilisant une seringue de 10 ml au lieu de nombreuses seringues de trois ml. Et en recourant à un moyen d'injection sous forte pression avec un contrôle précis du volume injecté. Lee ST et Chen JF. 2004 a mis au point un dispositif permettant l'application d'une forte pression tout en contrôlant avec précision le volume de ciment injecté.

Ce dispositif utilise une seringue ordinaire de 10 ml enchâssée dans un vérin mécanique à vis constitué d'un corps cylindrique en aluminium coiffé d'une vis pour enserrer la seringue et d'un piston à vis pour l'injection. Le dispositif est également muni d'une aiguille 11 Gauge connectée à la seringue par une tubulure de 30 cm.



Figure 78 : Eléments du dispositif d'injection

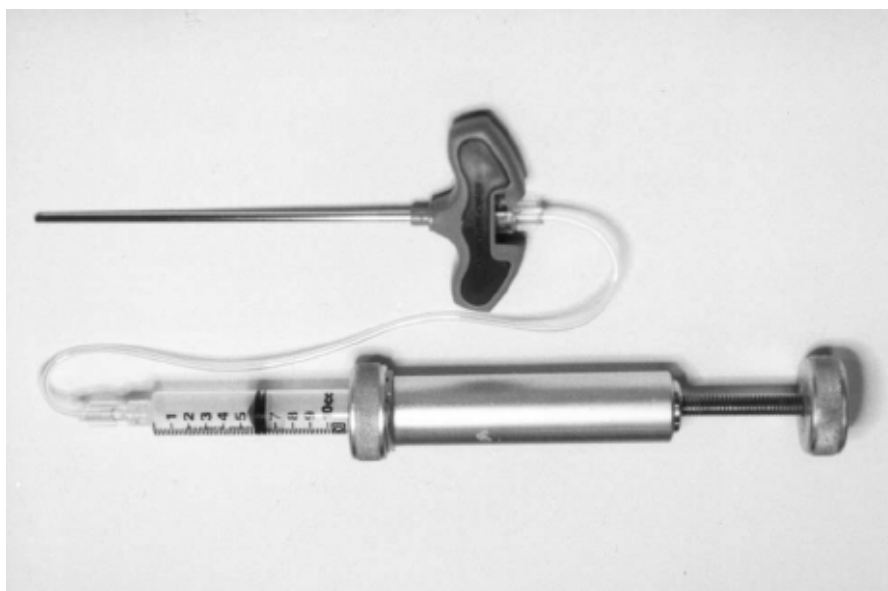


Figure 79 : Dispositif d'injection monté.

Lorsqu'on visse le piston d'un tour complet, on délivre 0,2ml de ciment à l'intérieur du corps vertébral, ce qui permet de contrôler de manière très précise l'injection.

Avec cette technique la préparation du patient ainsi que la ponction à l'aiguille sont identiques à la technique classique de la vertébroplastie.

Une fois le trocart est en place, le ciment est préparé, on utilise ici un mélange de 20g de poudre de PMMA (polymère), 7g de sulfate de baryum écrasé dans le mélange à l'aide d'un pilon, 10 ml de solvant de PMMA (monomère), le tout mélangé à l'aide d'une spatule jusqu'à l'obtention d'un mélange de consistance pâte à dentifrice. Une fois le mélange obtenu, la seringue de 10 ml est remplie à la spatule, le piston est remis en place et il fait avancer le ciment jusqu'à l'extrémité de la seringue pour vider l'air résiduel. Celle-ci est ensuite connectée à l'aiguille par une tubulure qui permet à l'opérateur d'injecter le ciment en dehors des rayons X. Le mélange est ensuite introduit de manière lente et sans arrêt à raison de 0,2 ml par tour. L'injection continue tant qu'on n'a pas de signes de fuite de ciment jusqu'à ce que la colonne de ciment arrive au quart postérieur du corps vertébral. Une fois l'injection réalisée, le matériel est retiré, une compression manuelle douce du site de ponction est réalisée pendant dix minutes.

Grâce à cette technique, le temps d'injection peut être prolongé de 12 minutes et le volume délivré est mieux contrôlé. De plus, l'opérateur peut injecter sans arrêt la quantité exacte de produit qu'il désire.

Dans cette expérience réalisée par Lee et Chen sur 296 patients, aucune complication sévère n'a été rapportée. Seules quelques fuites de ciment dans l'espace intervertébral ou en paravertébral ont pu être observées sans aucun symptôme clinique.

Aucune fuite de ciment dans l'espace épidual ainsi que dans le système veineux n'a été rapportée.

Il semblerait que cette technique soit une bonne alternative à la technique classique permettant une injection du ciment plus aisée et mieux contrôlée, et réduisant ainsi le risque de fuite de ciment.

- Utilisation d'une seringue spéciale [44] :

Une autre technique facilitant l'injection du ciment, avec un meilleur contrôle de la pression d'injection a été décrite par Imad Al Assir, technique dont le principe repose sur l'utilisation d'une seringue spéciale dite de système à vis (screw system).

Il a employé un système comportant :

- ü Un cylindre de 10 ml, avec un port latéral Luer lock, une poignée et un piston à vis qui permet à l'opérateur d'appliquer avec précision une forte pression.
- ü Une seringue conventionnelle de 10 ml avec embout Luer lock fixé au port latéral du cylindre.
- ü Un connecteur en plastique haute pression
- ü Une aiguille 14 Gauge et des stylets
- ü Un récipient et une cuillère pour préparer le ciment.

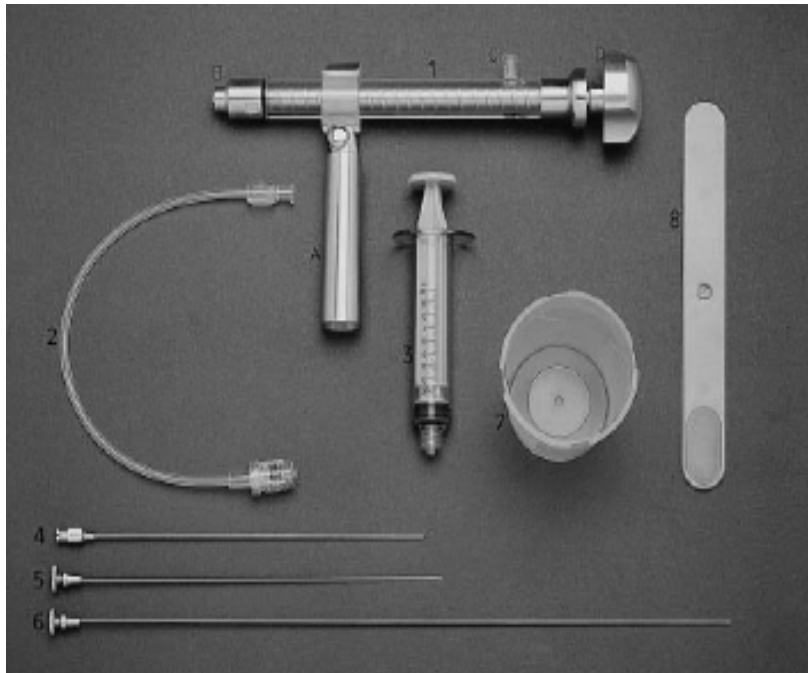


Figure 80 : Matériel utilisé dans la vertébroplastie.

1. seringue spéciale à vis (A : poignée ; B : extrémité type Luer lock ; c : port latéral ; D : tige filetée)
2. connecteur en plastique haute pression.
3. seringue, 10 ml.
4. aiguille 14-gauge.
5. stylet court.
6. long stylet.
7. récipient 8 : cuillère.

Le ciment est chargé dans la seringue spéciale (vérin mécanique à vis) par une seringue conventionnelle de 10 ml par le port latéral (Figure 81 : A-B).

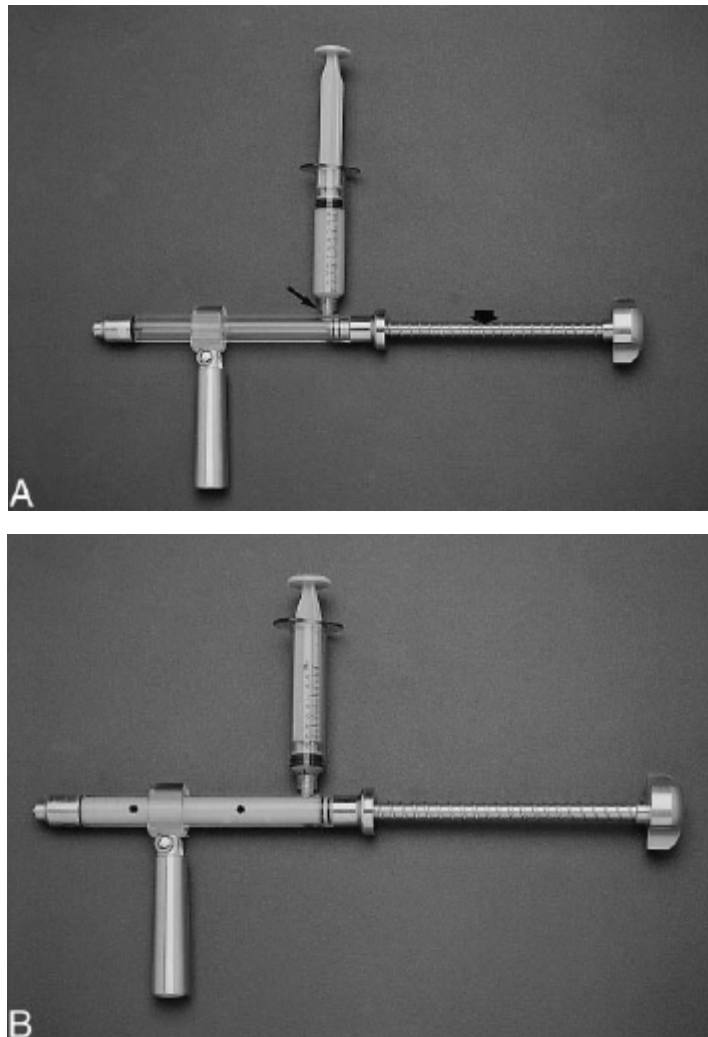


Figure 81 (A-B) : seringue spéciale à vis connectée à la seringue conventionnelle de 10 ml.

A. Avant d'être chargé dans la seringue spéciale, le ciment se trouve dans la seringue conventionnelle connectée au port latéral (flèche fine). Noter aussi la tige filetée (flèche épaisse).

B. Après chargement, le ciment passe dans la seringue spéciale (astérisques), la seringue conventionnelle étant encore reliée au port latéral.

Avec ce système, l'auteur a observé, les complications suivantes :

- 6% de fuites épidurales.
- 3,75% de fuites inter discales asymptomatiques
- 2,5% de fuites foraminales et
- Une fuite para-vertébrale dans 3,75% des cas sans conséquence cliniques.

Ce système permet le contrôle précis du volume injecté sous pression. Cette augmentation de pression n'augmente pas le risque de fuite de ciment parce que le système fournit une meilleure commande de l'injection et permet de l'arrêter dès qu'une fuite est observée. En outre, le connecteur en plastique à haute pression permet de manipuler la seringue sans risque de déplacer le trocart dans le corps vertébral.

En somme, ce dispositif améliorerait la manipulation du PMMA et permettrait une plus grande commande de pression et du volume d'injection. Une telle convenance autoriserait l'opérateur à prêter plus d'attention au procédé d'injection évitant la fuite du ciment.

Vertébroplastie dans la pathologie bénigne :

En dehors des premières publications dans le traitement des hémangiomes vertébraux agressifs [3,38], l'évaluation des résultats, en termes d'efficacité antalgique, est restée pendant longtemps imparfaite.

Les études publiées étaient essentiellement rétrospectives, n'appliquant pas toujours un suivi clinique. En outre, les critères qui ont amené les autres à effectuer le geste ne sont pas toujours précisés. De même, les critères d'évaluation de l'efficacité du traitement ne sont pas clairement indiqués (intensité douloureuse, posologie antalgique, état général des patients et leur qualité de vie).

C'est Galibert et Deramond qui ont, dès 1987, expérimenté la cimentoplastie dans le traitement des hémangiomes vertébraux agressifs [32]. Les premières publications avaient ainsi pour le but de proposer une alternative intéressante à la radiothérapie et à l'embolisation, qui n'est pas sans risque et a des effets par ailleurs inconstants [3,45]. L'effet antalgique retrouvé chez la majorité des patients a ainsi été rapporté lors d'études validant la technique de la vertébroplastie.

A notre connaissance, Lapras et ses collaborateurs [3,6] ont été les premiers à évaluer l'effet antalgique de la vertébroplastie dans les fractures-tassements

ostéoporotiques dans le cadre d'une étude portant sur un nombre de cas limité (4 patients soit 11 vertébroplasties). Les auteurs indiquaient qu'à l'issue d'un suivi moyen de 7 mois, le geste s'avérait efficace. Les critères utilisés pour évaluer cette efficacité ne sont cependant pas indiqués.

En 1994 Gangi et collaborateurs [3 ,18] ont rapporté leur expérience chez 4 malades ostéoporotiques soit 8 vertébroplasties. Leur technique associe la tomодensitométrie puis la scopie télévisée. Les auteurs ont conclu à l'efficacité du geste en 24 et 48 heures avec un maintien ultérieur (suivi moyen de 9 mois). Cependant, aucun critère objectif ne vient étayer leur conclusion. De même, de nombreux éléments intéressants pour les cliniciens sont manquants (intensité de la douleur avant le geste, modalités des traitements préalables etc.).

A partir de la fin des années 90, la revue de la littérature voit apparaître des publications prospectives avec des éléments d'évaluation rigoureux (évaluation de l'intensité douloureuse, posologie antalgique, données sur l'état général des patients et leur qualité de vie [3]).

En effet, Cotret et collaborateurs [3,46] ont réalisé le suivi prospectif le plus prolongé (six mois) dans le traitement des fractures tassements ostéoporotiques. Les critères d'inclusion étaient représentés par des douleurs intenses (supérieur à 50 mm sur l'échelle visuelle analogique) et évoluant depuis au moins trois mois. Dès le troisième jour, la symptomatologie douloureuse avait diminué de 53 % en moyenne. Les résultats étaient également favorables à trois et six mois et à un an. Un questionnaire de qualité de vie (indicateur de santé perceptuelle de Nottingham) a été réalisé à l'inclusion ainsi que lors des différentes visites de suivi. La qualité de vie s'est améliorée de façon significative pour cinq des six dimensions mesurées (douleur, mobilité physique, réaction émotionnelle, isolement social et tonus). Enfin, les doses d'analgésiques ont pu être diminuées d'au moins 50% dans 3 cas sur 4.

Ces résultats encourageants doivent cependant être nuancés. En effet seulement 44% des malades ont vu leur douleur diminuer d'au moins 50%, soit 34% et 88% d'au moins 25%. Aucun critère prédictif d'efficacité n'a été noté dans ce travail.

Le bénéfice obtenu par la vertébroplastie dans le traitement des fractures tassements ostéoporotiques a également fait l'objet d'une étude prospective en 1999 par l'équipe de Cytéval [3], chez 20 patients. Ces patients étaient tous sous traitement antalgique par les opiacés et dans l'incapacité de se maintenir debout.

Vingt quatre heures après la vertébroplastie, le traitement antalgique était arrêté chez 14 patients et chez six autres, un traitement non morphinique était suffisant.

La station debout était ainsi devenue possible chez tous les patients. Le suivi à un et six mois rapportait le maintien du bénéfice antalgique sur l'échelle visuelle analogique aux étages traités ainsi que le gain de mobilité.

Dans notre série les 80% des patients ayant des fractures-tassements ostéoporotiques ou traumatiques ont tous eu un soulagement immédiat de la douleur et une mobilité dans les 24 heures sans corset ni orthèse.

Vertébroplastie et pathologie maligne :

Peu d'études ont évalué la vertébroplastie spécifiquement dans le traitement palliatif des lésions osseuses malignes. Les publications font état d'une évaluation peu ciblée en particulier dans le cadre général de lésions vertébrales douloureuses rebelles au traitement médical [45].

L'effet antalgique rapide et durable de la vertébroplastie ainsi que son action consolidatrice sont soulignés dans deux publications entièrement consacrées aux lésions vertébrales malignes [3].

La première publication prospective sur un nombre significatif de patients est publiée en 1996 par l'équipe de Weill [11]. Un net bénéfice antalgique est retrouvé

chez 24 patients sur 33, évalué par une baisse d'au moins 50% de la posologie antalgique initiale et objectivé par une station debout et leur capacité à remarcher. Sept patients n'ont pas eu de gain substantiel d'autonomie avec une baisse inférieure à 50% de la posologie antalgique. Deux patients n'ont signalé aucun bénéfice [3].

A 1 mois, les autres n'ont pas rapporté de récurrence douloureuse chez les patients soulagés. A trois mois, seuls 15 patients ont été évalués. Dix d'entre eux bénéficiaient toujours de l'amélioration obtenue. Cinq patients ont vu leur douleur réapparaître mais ceci était en rapport avec de nouvelles localisations vertébrales. A six mois, les auteurs n'ont rapporté aucune nouvelle recrudescence douloureuse. A un an, un seul cas de récurrence douloureuse a été signalé.

Les deux reproches que l'on peut faire à cette étude est l'absence d'indice pronostic des patients inclus et le manque d'éléments concernant le traitement spécifique de la pathologie maligne sous jacente.

L'étude prospective de Cotten [19] a évalué l'effet antalgique de la cimentoplastie dans les lésions vertébrales malignes chez 37 patients sur une durée moyenne de 4,2 mois. L'intensité douloureuse était notée selon l'échelle d'évaluation douloureuse de McGill-Melzack. A 36 heures, 36 patients ont présenté une baisse significative de la douleur. Parmi eux, cinq patients ont vu cesser toutes symptomatologies douloureuses. 22 ont bénéficié d'une baisse très nette (score antalgique passé de 4,5 à 1,5) et 12 ont noté une diminution modérée de leur symptomatologie (score antalgique passé de 4,5 à 3). A un mois, 25 patients ont été évalués avec une stabilité de l'effet antalgique. A six mois, parmi les 16 patients interrogés, seuls deux ont noté une amélioration. Dix patients ne présentèrent aucune évolutivité et quatre ont vu une détérioration de leur état général.

En 1997, l'étude prospective de Cortet [46] dans des lésions métastatiques et myéломateuses vertébrales chez 37 patients, fait état d'une nette amélioration

antalgique chez 97% des patients 48 heures après la procédure avec un bénéfice inchangé à un mois, 88% à trois mois et 75% à six mois.

Les deux études les plus récentes font également état de la baisse de l'intensité douloureuse et de la posologie antalgique chez des patients porteurs de lésions vertébrales malignes, rapportant par ailleurs une amélioration de leurs capacités fonctionnelles.

C'est le cas de l'étude récente d'Alvarez [47] qui cependant souffre d'un suivi rétrospectif d'assez courte durée (cinq mois en moyenne). Le bénéfice de la vertébroplastie n'est donc pas évalué en fonction de l'évolutivité de la pathologie sous-jacente [3].

La première étude américaine entièrement consacrée aux lésions vertébrales malignes est réalisée en 2003 par Fourney et son équipe [3].

Cinquante-six patients étaient évalués de façon prospective au décours de la vertébroplastie, à un, trois, six mois et un an. Au décours de la procédure, les autres rapportent une très nette diminution de l'intensité douloureuse chez 84% d'entre eux (passage de 7 à 2 dans l'échelle visuelle analogique). L'évaluation à long terme révèle l'effet antalgique de la vertébroplastie, malgré un nombre important de patients perdus de vue (86%) [3].

A un mois, on retrouve une diminution significative de la posologie antalgique mais sans véritable passage d'un type à l'autre d'analgésiques. Cette diminution reste stable dans le temps. Les auteurs signalent également une amélioration subjective des capacités fonctionnelles des patients. Selon les critères stricts de l'échelle d'évaluation de Frankel adoptés dans cette étude, ce bénéfice reste non significatif [3].

Par ailleurs, aucun élément objectif ne vient étayer la posologie antalgique dans cette étude qui en outre souffre d'un très grand nombre de perdus de vue [3].

Dans notre série, un cas porteur d'une pathologie maligne (kahler) a présenté une aggravation neurologique lors du geste de la vertébroplastie.

B-LA KYPHOPLASTIE :

1- Principes, buts et technique : [48]

La kyphoplastie par ballonnets est caractérisée par l'utilisation de ballonnets (2 par vertèbre) pour corriger la déformation vertébrale avant l'injection de ciment. 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 kyphoplastie a un double but : limiter les fuites en raison de la création de cette cavité par le ballonnet, avec en particulier application de l'os trabéculaire contre le mur postérieur, mais aussi tentative de redressement de la hauteur vertébrale [49].

La kyphoplastie trouve ces indications dans celles de la vertébroplastie et notamment dans les fractures ostéoporotiques à risque cyphotique.

Une indication plus particulière de fracture vertébrale par compression dans les traumatismes aigus du rachis semble prometteuse et répond aux deux intérêts majeurs de la technique que sont le contrôle des fuites de ciment et la capacité à corriger dans un nombre élevé de cas l'angulation régionale traumatique [48].

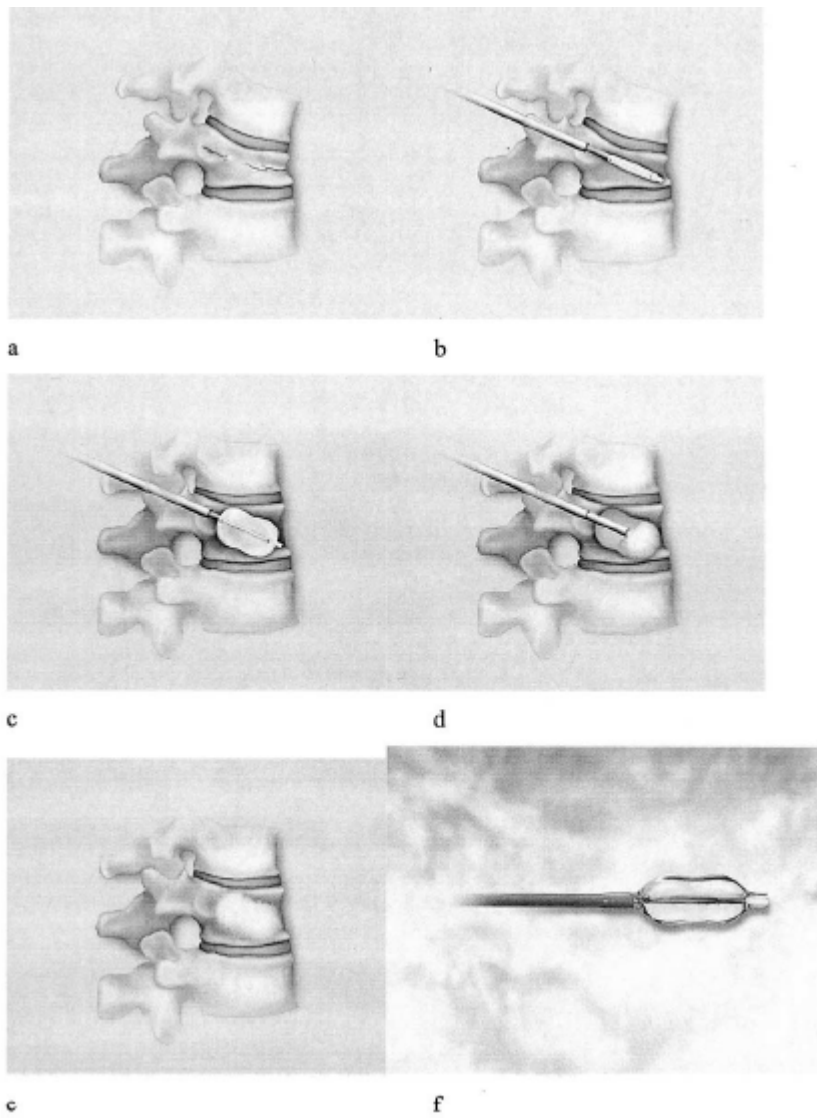


Figure 82 : Etapes schématiques d'une kyphoplastie [50]

- a. Tassement vertébral avant la procédure
- b. Mise en place du ballonnet
- c. Gonflement du ballonnet
- d. Injection du ciment
- e. Aspect de la vertèbre après kyphoplastie.
- f. Le ballonnet

La pression de gonflement du ballonnet est de l'ordre de 130 psi (70–250 pounds/square inch), et une rupture est possible, pouvant survenir dans un tiers des cas [51].

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) [51]. Un à sept niveaux sont traités pour un même patient [52].

Le contrôle du bon positionnement des trocarts est grandement facilité par le guidage scanner aussi bien pour les voie d'abord trans-pédiculaires qu'extra-pédiculaires. Le couplage avec la fluoroscopie assure une sécurité optimale du remplissage vertébral par le ciment. Les contrôles itératifs par scanner ou fluoroscanner du gonflement du ballon permettent de s'assurer de l'expansion optimale du matériel. En cas de fuites ou de complications, le bilan est réalisé en temps réel [53].

Par rapport à la technique utilisée chez les patients ostéoporotiques, celle utilisée pour les fractures traumatiques nécessite certaines modifications et astuces pour obtenir une bonne réduction. Le bilan préopératoire doit comprendre au minimum, en supplément des clichés conventionnels, un CT scan avec reconstruction 2D pour classier correctement la fracture, visualiser le trait de fracture et ainsi planifier mentalement la future position idéale des ballons.

Dans les cas douteux de tassement important et surtout dans les burst incomplets (A3.1), on doit exclure une lésion des éléments postérieurs. En cas de doute sur le scanner, une IRM devra compléter le bilan pour exclure définitivement une lésion de type B qui nécessiterait en plus de la kyphoplastie une stabilisation par ostéosynthèse. Le patient sous anesthésie générale et prophylaxie antibiotique est positionné sur un coussin en recréant la lordose. Cette manœuvre aide au repositionnement de la fracture ainsi que des fragments postérieurs. Une approche

transcutanée trans ou extra pédiculaire est choisie selon le type de fracture et son niveau, selon la planification préopératoire établie sur le résultat du scanner.

L'introduction des aiguilles de Yamshidi se fait de manière standard sous contrôle à l'écran de l'amplificateur de brillance, une fois le bon positionnement des aiguilles de Yamshidi 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. Une fois les ballons introduits dans le corps vertébral, on débutera l'expansion par paliers en contrôlant la pression et le volume selon la technique classique. Pour les lésions traumatiques des jeunes patients, il faut avoir plus de patience avant d'obtenir une réduction de la fracture, en raison des pressions élevées à petit volume dues à la résistance et la qualité osseuse. En cas d'impossibilité d'expansion des ballons, on devra vérifier si le positionnement est optimal par rapport à la ligne de fracture. On devra éventuellement recommencer et créer un nouveau trajet jusqu'à obtenir une réduction satisfaisante. À titre d'exemple, l'introduction des canules avec l'expérience ne prend que quelques minutes, la réduction selon les cas peut nécessiter jusqu'à une heure. Une fois la réduction obtenue, les ballons sont enlevés et on procède au cimentage.

Le Calcibon est, selon ses propriétés intrinsèques, un ciment à cristallisation très rapide. Il n'a pas été spécialement développé pour des utilisations percutanées par kyphoplastie. Sans entrer dans les détails, il s'agit d'un ciment tri-calcium-

phosphate garantissant une stabilité de compression de 30 MPa après 6 heures et 60 MPa à 3 jours avec la possibilité de transformation en os dès six mois.

Ce ciment fait partie des ciments biologiques dont on connaît peu le comportement à long terme, différent de celui du ciment de type PMMA (polyméthylmétacrylate) qui reste inerte dans l'os. À la différence des PMMA, les calciums-phosphates sont moins résistants aux forces de cisaillements, raison pour laquelle on ne doit pas les utiliser seuls, c'est-à-dire sans ostéosynthèse associée dans les fractures hautement instables.

Des biopsies osseuses sur trois patients volontaires après 6 mois, démontrant une bonne intégration osseuse du ciment avec le processus débutant de transformation (ostéotransduction) considéré comme physiologique selon le pathologiste. Pour retarder la cristallisation au moment de la kyphoplastie, on doit maintenir le ciment dans un réfrigérateur jusqu'à son utilisation [54].

Plusieurs séries d'études ont été [55, 11] publiés concernant la kyphoplastie seule ou en comparaison avec la vertébroplastie dans le traitement des tassements vertébraux ostéopéniques, traumatiques ou tumoraux.

La kyphoplastie permet de restaurer la hauteur corporelle [56] principalement dans ses segments antérieurs et moyen, de la stabiliser, et en réduisant l'angle de cyphose locale, elle limite la survenue d'une déformation rachidienne et de complications fonctionnelles secondaires. Cette possibilité de restaurer la hauteur vertébrale diminue avec l'âge de la fracture [57,58] et dépend du siège du tassement ; le pronostic est meilleur au niveau lombaire qu'à l'étage thoracique [57,59]. Ces propriétés s'appliquent quelque soit la nature du tassement.

L'indication de la kyphoplastie repose sur l'imagerie par résonance magnétique (séquence STIR, diffusion) pour déterminer l'ancienneté du tassement. Les tassements vertébraux récents dont l'âge est inférieur à 8 semaines sont une

indication. Pour la lésion traumatique l'indication est portée suivant le type de fracture et l'instabilité induite.

La kyphoplastie diminue le risque de tassement vertébral adjacent dans la période de 2 mois après la procédure. Après cette période de 2 mois la survenue d'un tassement est occasionnelle [60]. Le devenir à long terme sur la douleur et la mobilité reste à déterminer.

Deux types de ciment sont utilisés : le polyméthylmétacrylate (PMMA) pour la plus part des cas et le phosphate de calcium recolonisable par l'os et présentant des propriétés biomécanique comparables à celle des autres ciments. Le phosphate de calcium est indiqué dans le traitement du tassement ostéopénique et du tassement traumatique du sujet jeune.

La technique de la kyphoplastie permet l'injection d'un ciment à haute viscosité avec une basse pression diminuant le risque de fuite [61] ou d'embol et facilitant l'injection du ciment phosphocalcique [62].

2-Les indications de la kyphoplastie :

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

- La fracture vertébrale ostéoporotique pour laquelle il importe de caractériser le tassement (récent 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 chronique d'autant qu'un grand nombre de pathologies dégénératives peuvent être associées (spondylarthrose, spondylolisthésis dégénératif, arthrose facettaire, sténose canalaire) [2].
- les fractures de type A1, A3.1 et A3.2 à partir de la vertèbre dorsale D5 avec une angulation minimale de 15° de cyphose pour les fractures isolées, mais moindre chez les polytraumatisés et les atteintes pluri-segmentaires [54].
- les lésions tumorales (métastases ostéolytiques, myélome) pour lesquelles la procédure est sécurisée en cas d'atteinte du mur vertébral postérieur [2].

C-CONTRE INDICATIONS DE LA VERTEBROPLASTIE ET LA KYPHOPLASTIE :

Générales :

- la thrombopénie ($< 100\ 000/\text{mm}^3$), la neutropénie ($\text{PNN} < 1500 /\text{mm}^3$) ; 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 [63].
- Allergie aux produits anesthésiques [3], elle est très rare mais qui doit être recherché systématiquement.
- Troubles sévères des fonctions respiratoires contre indiquant l'anesthésie en procubitus [3].

Locales :

- L'infection locale à proximité du site de la ponction vertébrale [4] 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 [22], ne doit pas être considérée réellement comme une contre indication selon plusieurs auteurs [30]. En cas de rupture du mur postérieur, si la vertébroplastie augmente le risque potentiel de fuites intracanalaires [11], il a été montré qu'elle n'entraînait pas d'augmentation significative du risque de complications [20]. L'étude d'Appel [63] montre que la vertébroplastie peut être réalisée chez les patients avec une atteinte du mur vertébral postérieur et une épидурite sans signes de compression médullaire ou foraminale.

En cas de perte de l'intégrité du mur postérieur la kyphoplastie peut être indiquée avec plus de sécurité que la vertébroplastie.

- Certains auteurs classent parmi les contre indications relatives les fractures vertébrales compressives sévères, c'est-à-dire une hauteur vertébrale diminuée de 2/3 au moins [27], 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'incluaient 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 [64].
- 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 [3].
- La compression médullaire est une indication à un traitement en urgence par chirurgie [3, 4,32]. La vertébroplastie risque de majorer les signes neurologiques [3, 4,32]. La présence d'une épидурite est une contre indication absolue quand elle est importante car la cimentoplastie n'a pas d'effet sur le compartiment épидурal [4].

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 [3,4].

Les lésions ostéocondensantes en raison de leur dureté, constituent une contre indication [3,4]. L'absence à proximité d'unité chirurgicale du rachis est aussi une contre indication à la réalisation des vertébroplasties [3,4].

D- INCIDENTS ET COMPLICATIONS DE LA VERTEBROPLASTIE & 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 [4,32].

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 [3, 4,32].

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 :

- Ø Veines péri rachidiennes (antérieures ou latérales)
- Ø Veines épidurales et veines foraminales
- Ø 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 [3, 4, 11, 27,32].

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 [4]

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 [65]. 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 discales (11%). Les fuites intracanalaires 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 [3].

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 [4].

- 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 [20].

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 moyen terme.

Les complications cliniques sont plus fréquentes dans les tassements malins (5à10%) que dans les tassements ostéoporotiques (1%) et dans les vertèbres angiomateuses (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 [20]. (Tableau n°1)

Tableau n°1 : Complications cliniques rapportées par DERAMOND et CHIRAS [20] 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	n=76	n=78	n=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%

La fréquence des complications cliniques dépendait de type de la vertèbre traitée. 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.

Les taux de ces complications cliniques, dans notre expérience, sont actuellement inférieurs à 1% dans l'ostéoporose et les angiomes et inférieurs à 5% dans les tumeurs.

Augmentation des douleurs locales

Une exacerbation transitoire des douleurs rachidiennes peut survenir dans les heures suivant la vertébroplastie, dans moins de 2% des cas [31]. 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 [31]. 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 [32, 38,66] leur fréquence est vraisemblablement sous estimée. En effet le travail précédent [20], 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 [66]. 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 [20], 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 [67]. 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 [68]. 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 [20].

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.

Expérimentalement, Berlemann [69] a travaillé sur des « unités vertébrales fonctionnelles » faites de deux vertèbres ostéoporotiques emboîtées ; il injectait du ciment dans la vertèbre caudale, puis exerçait sur l'unité fonctionnelle des forces de contraintes de plus en plus grandes, en guettant la survenue éventuelle du tassement de l'autre vertèbre (sus jacente). La même pression était appliquée en même temps à une unité fonctionnelle témoin, non remplie. La vertèbre sus-jacente à la vertèbre remplie avait tendance à se tasser pour des forces de contraintes moins élevées que dans le groupe témoin, avec un ratio de force de pression (groupe traité/non traité) de 0,81. Un lien existait par ailleurs entre le volume de ciment injecté et la diminution de la force nécessaire pour obtenir le tassement.

E-COMPARAISON ENTRE VERTEBROPLASTIE ET KYPHOPLASTIE :

Aucune étude contrôlée, randomisée, comparant les deux techniques sur une même cohorte n'est disponible. Les séries ouvertes ou les études comparant (sans randomisation) kyphoplastie au traitement médical conservateur, montrent que cette technique est efficace : sur 360 kyphoplasties consécutives :

- amélioration de la douleur se maintenant à 21 mois pour 89 % des malades ;
- restauration de plus de 20 % de la hauteur du mur antérieur sur 63 % des fractures dans la série de Majd [70] ;
- amélioration de la cyphose rachidienne pour Voggenreiter [71], Phillips et Leidlie [72,73].

Lors d'une méta-analyse publiée en 2006 portant sur 26 études concernant 1490 malades et 2643 kyphoplasties, Bouza [74] objective une réduction moyenne du score EVA douleur de -5,11 et une augmentation de la 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 conservateur : la diminution moyenne de la douleur est supérieure dans le groupe kyphoplastie : -55,6 %. Lorsque l'on compare kyphoplastie à 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). Toujours dans cette méta-analyse, les effets secondaires semblent moindres que dans la vertébroplastie : 7,5 % de fuites de ciment dont seulement 1,5 % sont symptomatiques, cela représente deux malades sur 1742 kyphoplasties (0,25 %). Hadjipavlou [75], dans une méta-analyse comparant 897 malades traités par kyphoplastie à 2408 patients traités par cimentoplastie, objective 3 % de complications symptomatiques liées à la fuite de ciment pour les vertébroplasties versus 0,22 % dans le groupe kyphoplastie. Le risque de tassement vertébral adjacent semble en revanche aussi fréquent : 20 % des malades dont 50 % de fractures adjacentes [60].

Avantages et inconvénients des deux techniques : vertébroplastie et
kyphoplastie. (Tableau 2)

	Vertébroplastie	kyphoplastie
Avantages	<p>Antalgie rapide dans 90 %</p> <p>Faible coût</p> <p>Technique simple</p>	<p>Antalgie rapide dans 90 %</p> <p>Peu de fuites de ciment (5 % des cas)</p> <p>Complications neurologiques exceptionnelles (0,2 %)</p> <p>Restauration de la cyphose</p>
Inconvénients	<p>Fuites de ciment asymptomatiques fréquentes (40 à 50 % des cas)</p> <p>Complications neurologiques liées à ces fuites (2 à 3 %)</p> <p>Survenue de tassements des vertèbres adjacentes</p>	<p>Coût élevé (3500 euros)</p> <p>Survenue de tassements des vertèbres adjacentes</p>

CONCLUSION

La vertébroplastie est une méthode thérapeutique qui permet par l'injection du ciment acrylique dans un corps vertébral de consolider celui-ci et d'obtenir un effet antalgique. Son objectif principal est d'améliorer la qualité de vie des patients. Les principales indications concernent les angiomes vertébraux, les fractures-tassements d'origine ostéoporotiques ou traumatiques, et les métastases vertébrales.

Le matériel utilisé est le (PMMA). L'intervention est réalisée, sous anesthésie locale ou générale, par voie percutanée. Le contrôle radiologique per opératoire (scopie ou TDM) est nécessaire. La principale voie d'injection est la voie transpédiculaire.

La kyphoplastie constitue une alternative thérapeutique en cas de rupture du mur vertébral postérieur. C'est une méthode similaire à la vertébroplastie sauf que le ciment est injecté dans un ballonnet, gonflé au préalable, dans le corps vertébral. 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. 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. Les meilleurs résultats sont observés dans les pathologies bénignes (angiomes vertébraux et fractures-tassements ostéoporotiques ou traumatiques). Cette vertébroplastie possède également un effet anti-tumoral local. Le suivi a montré l'absence de récurrence ou d'évolutivité locale des métastases.

RESUME

RESUME

INTRODUCTION :

Les fractures vertébrales, compliquant l'ostéoporose ou une tumeur vertébrale maligne primitive ou secondaire, peuvent parfois passer inaperçues et être quasiment indolores. Elles provoquent souvent d'importantes douleurs. Le repos au lit strict, durant une quinzaine de jours, associé à un traitement antalgique suffit dans une grande majorité des cas à soulager la douleur. Mais certains malades souffrent toujours malgré ce traitement dit « conservateur ».

D'autres techniques sédatives paraissent donc indispensables, d'autant que l'alitement et l'immobilisation induisent une accentuation de la déminéralisation, favorisant la « cascade fracturaire ». De plus, certains patients âgés vont présenter des complications de décubitus et une décompensation d'un état psychique et fonctionnel précaire. À plus long terme, les fractures vertébrales ostéoporotiques provoquent une perte de taille, une cyphose, perturbent la biomécanique du rachis et induisent des altérations de la qualité de vie.

La vertébroplastie a été proposée pour calmer la douleur du tassement vertébral, la kyphoplastie pour calmer cette même douleur et pour restaurer l'intégrité de la vertèbre et améliorer ainsi la cyphose secondaire.

PRINCIPES ET MECANISMES D'ACTION DE LA VERTEBROPLASTIE

La vertébroplastie consiste à injecter dans la vertèbre pathologique, sous contrôle radiographique ou tomodensitométrique, du méthylméthacrylate. Un produit de contraste est amalgamé à cette résine. Cette injection est réalisée sous anesthésie locale, ou neuroleptanalgésie, le plus souvent par voie transpédiculaire uni- ou bilatérale, rarement par voie antérolatérale. Cette résine, consolidant la vertèbre, est censée agir mécaniquement sur les douleurs liées à la fracture elle-

même en consolidant les micro-fractures et en diminuant donc les contraintes mécaniques liées à la charge. Il est possible que l'effet antalgique soit aussi dû à la destruction des terminaisons nerveuses par effet cytotoxique ou en raison d'une réaction exothermique du ciment lors de sa polymérisation.

INDICATIONS DE LA VERTEBROPLASTIE :

La vertébroplastie permet d'obtenir un effet antalgique dans la plupart des lésions douloureuses du rachis d'origine tumorale ou dégénérative, responsables d'une fragilisation des corps vertébraux rebelles au traitement médical. Les principales indications sont les métastases rachidiennes, les angiomes vertébraux et les tassements ostéoporotiques. Actuellement, les indications sont élargies à certaines fractures post traumatiques comme alternative au traitement conservateur contraignant et à l'ostéosynthèse invasive.

PRINCIPES ET MECANISMES D'ACTION DE LA KYPHOPLASTIE :

Le principe consiste à introduire, par le trocart mis en place par les mêmes voies d'abord que pour la vertébroplastie, dans le corps vertébral, un ballonnet gonflable. Ce ballonnet dont la pression de gonflage est contrôlée contrairement à la pression d'injection de ciment lors de la vertébroplastie, permet de créer une cavité où il sera plus aisé, avec un risque de fuite diminué, d'injecter le ciment. De plus ce ballonnet devrait permettre une expansion de la vertèbre et une restauration de la hauteur vertébrale et la correction de la cyphose régionale.

INDICATIONS DE LA KYPHOPLASTIE :

Celles-ci sont identiques à celles de la vertébroplastie. Au début de la technique, les auteurs préconisaient d'agir uniquement sur les tassements « frais » datant de moins de trois mois, pensant que la solidification de la fracture

grèverait l'efficacité de la technique mais, récemment, d'autres auteurs ont démontré que des fractures plus anciennes pouvaient être traitées efficacement. En cas de perte de l'intégrité du mur postérieur la kyphoplastie peut être indiquée avec plus de sécurité que la vertébroplastie.

OBJECTIFS DE L'ETUDE :

Rapporter l'expérience du service de neurochirurgie du professeur Fouad Bellakhdar à l'hôpital Avicenne de Rabat à propos de 18 patients dans le traitement des fractures-tassements vertébraux 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.

ABSTRACT

INTRODUCTION:

Vertebral fractures, complicating of osteoporosis or malignant spinal tumor primary or secondary, can sometimes go unnoticed and be virtually painless. They often cause significant pain. The bed rest during two weeks, associated with analgesic treatment is sufficient in most cases to relieve pains. But some patients still suffer despite treatment called "conservative".

Other sedative techniques appear necessary, especially as bed rest and immobilization induce an increase of demineralization, promotes the "fracture cascade". Furthermore, some elderly patients will have complications of supine and decompensation of mental and functional status precarious. In the longer term, osteoporotic vertebral fractures cause height loss, kyphosis, disrupt the biomechanics of the spine and induce alterations in quality of life.

Vertebroplasty has been proposed to ease the pain of vertebral collapse, kyphoplasty for calming the same pain and restore the integrity of the vertebra and thus improve secondary kyphosis.

PRINCIPLES AND MECHANISMS OF ACTION OF VERTEBROPLASTY:

The vertebroplasty involves injecting into the pathological vertebra under radiographic or CT of methylmethacrylate. A contrast is amalgamated with the resin. This injection is performed under local anesthesia or neuroleptic, usually by transpedicular unilateral or bilateral, often through anterolateral. This resin, cementing the vertebra, is to act mechanically on the pain related to the fracture itself by strengthening micro-fractures and thus reducing the mechanical stresses related to the charge. It is possible that the analgesic effect is also due to the

destruction of nerve endings by cytotoxic effect or to an exothermic reaction of cement during its polymerization.

INDICATIONS OF VERTEBROPLASTY :

The vertebroplasty provides an analgesic effect in the most painful injuries of the spine of tumoral or degenerative origin, which causes a weakening of the vertebral bodies rebels medical treatment. The main indications are the metastases, the vertebral angioma and subsidence osteoporotic. Currently, the indications are extended to certain post-traumatic fractures as an alternative to conservative binding and invasive osteosynthesis.

PRINCIPLES AND MECHANISMS OF ACTION OF THE KYPHOPLASTY:

The principle is to introduce the trocar introduced through the same channels as the first vertebroplasty in vertebral body, an inflatable balloon. The balloon with inflation pressure is controlled unlike pressure injection of cement during vertebroplasty, creates a cavity where it will be easier with a decreased risk of flight, injected the cement. Also this should allow balloon expansion of the vertebra and a restoration of vertebral height and correction of regional kyphosis.

INDICATIONS OF THE KYPHOPLASTY :

These are identical to those of vertebroplasty. At the beginning of the technique, the authors advocated to act solely on the settlements "fresh" not older than three months, thinking that the solidification of the fracture would strain the effectiveness of the technique, but recently, other authors have demonstrated that older fractures could be treated effectively. Kyphoplasty may be shown with more security than vertebroplasty in cases of loss of integrity of the posterior wall.

OBJECTIVES OF THE STUDY :

To report the experience of the neurosurgery department of Professor Fouad Bellakhdar at Avicenne hospital in Rabat about 18 patients in the treatment of vertebral compression fractures, osteoporosis and metastatic by percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty.

And to assess the effects of these two techniques (vertebroplasty and kyphoplasty) short and long term on pain and spinal stability.

ملخص

مقدمة :

من الممكن أن تكون الكسور الفقرية الناتجة عن مضاعفات تخلخل العظام أو ورم خبيث أصلي أو ثانوي غير ملحوظة و قد تكاد تكون غير مؤلمة، إلا أنها غالباً ما تحدث آلام حادة. تكفي الراحة في الفراش لمدة أسبوعين، مع علاج مسكن، في أغلب الأحيان لتهدئة الألم. لكن يمكن أن تستمر المعاناة لدى بعض المرضى بالرغم من هذا العلاج المسمى " بمحافظ " . و بالتالي فإن تقنيات مسكنة أخرى تبدو ضرورية، خاصة وأن ملازمة الفراش وعدم الحركة يؤديان إلى زيادة في خسف المعدنيات وإلى تشجيع " سلسلة الكسور " إضافة إلى ذلك فإن بعض المرضى كبار السن ستكون لديهم مضاعفات الاستلقاء وتدهور في حالة نفسية ووظيفية غير مستقرة .

على المدى البعيد ، تؤدي كسور العمود الفقري الناتجة عن تخلخل العظام إلى فقدان في الطول، احدياب، وتمزق في الإوالة الإحيائية للعمود الفقري كما تحدث تغييرات في نوعية الحياة.

اقترح التقويم الفقري لتسكين الألم الناتج عن الدكوك الفقرية، واقترحت الكيفوبلاستي لتهدئة الألم نفسه إضافة الى إصلاح استقامة الفقرة وبالتالي تحسين الاحدياب الثانوي.

مبادئ وآليات عمل التقويم الفقري :

يكنم التقويم الفقري في حقن البوليميتيل ميطاكريلات تحت مراقبة إشعاعية أو بالمفراس في الفقرة المصابة. يضاف منتج التنوير إلى الراتنج. يتم الحقن تحت تخدير محلي أو عام، في أغلب الأحيان عبر السبيل خلال السويقة، من جانب واحد أو من جانبيين، نادراً عبر السبيل سابق الجانبي. يفترض أن يعمل هذا الراتنج الموطن للفقرة ميكانيكياً على الآلام المتصلة بالكسور نفسها من خلال توطيد الكسور المجهرية وبالتالي التقليل من الضغوط الميكانيكية المتصلة بالحمولة.

من الممكن أن يكون المفعول المسكن هو أيضاً نتيجة لتدمير النهايات العصبية بواسطة مفعول سام أو بسبب تفاعل ناشر الحرارة للإسمنت خلال بلمرته.

دواعي استعمال التقويم الفقري:

يسمح التقويم الفقري بالحصول على مفعول مسكن في أغلب الإصابات المؤلمة للعمود الفقري ذات الأصل ورمي أو انحلالي والمسؤولة عن تهشش في الجسم الفقري المقاوم للعلاج الشبي. إن دواعي الاستعمال الأساسية هي النقائل الفقرية، الوعائومات الفقرية والدكوك ذات الأصل تخلخل عظامي. حالياً تم توسيع مجال دواعي الاستعمال إلى الكسور الناتجة عن الصدمات كبديل للعلاج المحافظ الحرج ولجراحة تجبير العظم المكسور المخترقة.

مبادئ وآليات عمل الكيفوبلاستي:

يكمن المبدأ في إدخال بالون قابل للنفخ عن طريق مبزلة موضوعة بنفس سبل الوصول المعتمدة في التقويم الفقري. على عكس ضغط حقن الإسمنت خلال التقويم الفقري، فإن ضغط النفخ مع البالون يكون مراقباً، الشيء الذي يسمح بخلق تجويف يكون من خلاله حقن الإسمنت أسهل مع خطر أقل للتسرب.

كما ينبغي أن يسمح هذا البالون بتوسع الفقرة و إصلاح العلو الفقري وتصحيح الاحديداب المحلي.

دواعي استعمال الكيفوبلاستي:

هذه أيضاً مطابقة لتلك التي في التقويم الفقري. في بداية هذه التقنية ، اتفق الكتاب على أن لا يعملوا إلا على الدكوك "الحديثة" التي لا يزيد عمرها عن ثلاثة أشهر، معتقدين أن تصلب الكسر سيشكل عائقاً على فعالية هذه التقنية، ولكن في الآونة الأخيرة، أثبت كتاب آخرون أن كسور جد قديمة ممكن أن تعالج على نحو فعال . في حالة فقدان كمال الجدار الخلفي فإن استعمال الكيفوبلاستي يكون أكثر أمناً من التقويم الفقري.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة الى تقديم تقرير عن تجربة قسم جراحة الدماغ الذي يرأسه الأستاذ بلخضرفؤاد بمستشفى ابن سينا في الرباط على حوالي 18 مريضاً في علاج كسور الدكوك الفقرية الناتجة عن تخلخل العظام وعن التنقل الفقري بواسطة التقويم الفقري والكيفوبلاستي عن طريق خلال الجلد، وإلى تقييم مفعول هاتان التقنيتان على الآلام والاستقرار الفقري على المدى القصير والطويل.

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. Darabi D, Caron C, Pascopapon A. Vertebroplasties percutanées : Expérience Angevine de 1996 à 2003. Thèse de médecine 2003 (France).
4. Calmels V, Chevrot A, Chiras J: Evaluation de la vertébroplastie percutanée dans les métastases vertébrales condensantes. Thèse de médecine 2003, Université Rene Descartes, Paris.
5. Galibert P, Deramond H, Roast P, Le Gars D. Note préliminaire sur le traitement des angiomes vertébraux par vertébroplastie percutanée acrylique. *Neurochirurgie* 1987 ; 33 :166-168.
6. 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.
7. Andaloussi R, El yaacoubi M, El bardouni A, Mahfoud M, Berrada M S, Ismael F. La pathologie du rachis. Thèse de médecine n° 152, 2001. Rabat.
8. Antoine Micheau, Denis Hoa. Atlas d'Anatomie Humaine.

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. Mathis JM, Wong W. Percutaneous vertebroplasty: technical considerations. J Vasc Interv Radiol 2003; 14:953-960.
13. McLaughlin RE, DiFazio CA, Hakala M, et al. Blood clearance and acute pulmonary toxicity of methylmethacrylate in dogs after simulated arthroplasty and intravenous injection. J Bone Joint Surg Am 1973; 55: 1621-1628.
14. DM. Les ciments orthopédiques, in Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, D.J. Langlais F, Editor. 1993, Expansion Scientifique française.
15. Radin EL, Rubin CT, Thrasher EL, et al. Changes in the bone cement interface after total hip replacement. An in vivo animal study. J Bone joint Surg Am 1982; 64:1188-1200.
16. Mallory TH SW, ST Pierre R. Potentiel toxic effects of methylméthacrylate. J Bone and Joint surg 1972; 54-A: 1356.

17. Jürg Bernhard, Stephan Marx. Traitement par Vertebroplastie des fractures vertébrales ostéoporotiques. Forum Med Suisse 2006 ; 6 :1028-1033.
18. Gangi A, Kastler BA, Dietemann JL. Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy. AJNR Am J Neuroradiol 1994; 15:83-86.
19. 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.
20. Chiras J, Deramond H. complications des Vertébroplasties. In : Saillant G, Laville C, eds. Echecs et complications de la chirurgie du rachis. Paris : Sauramps Medical ; 1995 :149-153.
21. Kaemmerlen P, Thiesse P, Bouvard H, Biron P, Mornex F, Jonas P. Vertébroplastie percutanée dans le traitement des métastases. Technic and results. J Radiol 1989; 79:557-562.
22. 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.

23. Hardouin P, Grados F, Cotten A, Cortet B. Faut il cimenter les vertèbres ostéoporotiques? Rev Rhum 2001 ; 68 : 392-398.
24. Jefferiss CD, Lee AJ, Ling RS. Thermal aspects of self-curing polymethylmethacrylate. J Bone Joint Surg Br 1975; 57: 511-518.
25. 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.
26. Hiwatashi A, Moritani T, Numaguchi Y, Westesson PL. Increase in vertebral body height after vertebroplasty. AJNR Am J Neuroradiol 2003; 24:185-189.
27. Cotten A, Boutry N, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty: state of the art. Radiographics 1998; 18: 311-20.
28. 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.
29. Laredo JD BL, Hubault A, Deramond H. Le traitement des hémangiomes vertébraux. In: L'actualité rhumatologique 1993. Expansion Scientifique Française 1993: 332-46.

30. Deramond H, Depriester C, Toussaint P. Vertebroplasty and Percutaneous interventional radiology in bone metastases: techniques, indications, contre indications. Bull Cancer Radiother 1996; 83:277-282.
31. Chiras J, Depriester C, Weill A, Sola-Martinez MT, Deramond H. Chirurgie percutanée du rachis. Techniques et indications. J Neuroradiol 1997 ; 24 : 45-59.
32. Chiras J, Sola-Martinez MT, Weill A, Rose M, Cognard C, Martin-Duverneuil N. Vertébroplastie percutanée. Rev Med Interne 1995; 16: 854-859.
33. Murray JA, Bruels MC, Lindberg RD. Irradiation of polymethylmetacrylate. In vitro gamma radiation effect. J Bone joint Surg Am 1974; 56: 311-312.
34. Shepherd S. Radiotherapy and the management of metastatic bone pain. Clin Radiol 1998; 39:547-550.
35. Simon JM, Radiotherapy of bone metastases. A review of the literature. Bull Cancer Radiother 1996; 83: 290-298.
36. 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.

37. Melton LJ, 3rd. Epidemiology of spinal osteoporosis. Spine 1997; 22: 2S- 11S.
38. 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.
39. Jensen ME, Evans AJ, Mathis JM, Kallmes DF, Cloft HJ, Dion JE. Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. AJNR Am J Neuroradiol 1997; 18:1897-1904.
40. Peh WC, Gilula LA, Peck DD. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures. Radiology 2002; 223:121-126.
41. Laredo JD, Hamze B. complications of percutaneous vertébroplasty and their prevention. Semin Ultrasound CT MR 2005; 26: 65-80.
42. Ryuichi Takemasa and al, Surgical Complications and Safety in Mini-Open Transpedicular Vertebroplasty Using Calcium Phosphate Cement for Osteoporotic Vertebral fractures. The spine journal 6 (2006).
43. J.F. Chen and S.T. Lee, Percutaneous vertebroplasty for the treatment of thoracolumbar spine bursting fractures, Surg Neural 62 (2004), pp. 494-500.

44. Imad Al-Assir, Antonio Perez-Higueras, Jose Florensa, Alberto Muñoz and Emilio Cuesta. Percutaneous Vertebroplasty: A Special Syringe for Cement Injection. *American Journal of Neuroradiology* 21: 159-161 (1 2000).
45. Amar AP, Larsen DW, Esnaashari N, Albuquerque FC, Lavine SD, Teitelbaum GP. Percutaneous Transpedicular polymethylmethacrylate vertebroplasty for the treatment of spinal compressions of fractures. *Neurosurgery* 2001; 49 (5):1105-1115.
46. Cortet B, Cotton A, Boutry N. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Arthritis rheum* 1998; 25:171-175.
47. Alvarez L, Perez-H, Quinones D, Calvo E, Rossi RE. Vertebroplasty in the treatment of vertebral tumors: post procedural outcome and quality of life. *Eur Spine J* 2003; 22.
48. 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.
49. 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.

50. P. Hardouin et al. Kyphoplasty- Joint Bone Spine 2002; 69 : 256-61.
51. Dudeney S, Lieberman I, Phillips F. Kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. [Abstract]. Osteoporosis Int 2000; 11 (Suppl): 178.
52. 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.
53. X. Buy, T. Moser, P. Frydman, R. Freitas, J.P. Steib, A. Gangi. Kyphoplastie avec injection du ciment phosphocalcique (cpc) des fractures vertébrales traumatiques du sujet jeune : à propos de 13 cas. Journal de Radiologie, Volume 87, Issue 10, October 2006, Page 1264.
54. Maestretti, P. Otten. Kyphoplastie dans le traumatisme du rachis. Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur, Volume 92, Issue 5, Supplement 1, September 2006, Pages 151-153 G.
55. Fourney DR, Schomer DF, Nader R, et al. Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful vertebral body fractures in cancer patients. J Neurosurg 2003; 98:21-30.
56. Hiwatashi A, Sidhu R, Lee RK, De Guzman R, Piekut DT, Westesson PA. Kyphoplasty versus vertebroplasty to increase vertebral body height: a cadaveric study. Radiology 2005; 237:1115-9.

57. Berlemann U, Franz T, Orler R, Heini PF. Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures: a prospective non randomized study. *Eur Spine J* 2004; 13:496-501.
58. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 2001; 26:1511-5.
59. Ledlie JT, Renfro M. Balloon kyphoplasty: one year outcomes in vertebral body height restoration, chronic pain and activity levels. *J Neurosurg* 2003; 98:36- 42.
60. Fribourg D, Tang C, Sra P, Delamarter R, Bae H. Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine* 2004; 29: 2270-6.
61. Phillips FM, Todd Wetzel F, Lieberman I, Campbell-Hupp M. An in vivo comparison of the potential for extra vertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine* 2002; 27: 2173-8.
62. Hillmeier J, Meeder PJ, Noldge G, Koch HJ, Da Fonseca K, Kasperk HC. Balloon kyphoplasty of vertebral compression fractures with a new calcium phosphate cement. *Orthopade* 2004; 33: 31-9.
63. Appel NB, Gilula LA, peck DD. percutaneous vertebroplasty in patients with spinal canal compromise. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182:947-951.

64. 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.
65. Deramond H, Mathis JM, Belkoff S. percutaneous Vertebroplasty. Editor. 2002, Springer: New York: 125-153.
66. Kaemmerlen P, Thiesse P, Jonas P, et al. Percutaneous injection of orthopedic cement in metastatic vertebral lesions . *N Engl J Med* 1989; 321:121.
67. Padovani B, Kasriel O, Brunner p, Perretti-Viton P. Pulmonary embolism caused by acrylic cement: a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999; 20:375-377.
68. Jang JS, Lee SH, Jung SK. Pulmonary embolism of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty: a report of three cases. *Spine* 2002; 27:416-418.
69. Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, Heini PF. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84:748-752.
70. Majd ME, Farley S, Holt RT. Preliminary outcomes and efficacy of the First 360 consecutive kyphoplasty for the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2005; 5: 244-55.

71. Voggenreiter G. Balloon kyphoplasty is effective in deformity correction of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2005; 30: 2806–12.
72. Phillips FM, Ho E, Campbell-Hupp M, McNally T, Todd Wetzel F, Gupta P. Early radiographic and clinical results of balloon kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2003; 28: 2260–5.
73. Ledlie JT, Renfro MB. Kyphoplasty treatment of vertebral fractures: 2-year outcomes show sustained benefits. *Spine* 2006; 31: 57–64.
74. Bouza C, Lopez 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* 2006 (in press).
75. Hadjipavlou AG, Tzermiadanos MN, Katonis PG, Szpalski M. Percutaneous vertebroplasty and balloon kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures and osteolytic tumors. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87:1595–604.