

**Faculté de Médecine**

Année 2022

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

Le 20 juin 2022

Par TRAN Gia-Van Henry Christian

Né le 29 mai 1992 à Nancy

**TRAITEMENT PERCUTANE DES FRACTURES THORACO-  
LOMBAIRES : ETUDE COMPARATIVE ENTRE STENTOPLASTIE  
VERSUS KYPHOPLASTIE-LONGITUDE DANS LES FRACTURES A3.2  
SELON MAGERL**

Thèse dirigée par le docteur Henri SALLE

Examineurs :

- Professeur François CAIRE
- Professeur Aymeric ROUCHAUD
- Professeur Charbel MOUNAYER
- Professeur Philippe COURATIER





Faculté de Médecine

Année 2022

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

Le 20 juin 2022

Par TRAN Gia-Van Henry Christian

Né le 29 mai 1992 à Nancy

## **TRAITEMENT PERCUTANE DES FRACTURES THORACO- LOMBAIRES : ETUDE COMPARATIVE ENTRE STENTOPLASTIE VERSUS KYPHOPLASTIE-LONGITUDE DANS LES FRACTURES A3.2 SELON MAGERL**

Thèse dirigée par le docteur Henri SALLE

Examineurs :

- Professeur François CAIRE
- Professeur Aymeric ROUCHAUD
- Professeur Charbel MOUNAYER
- Professeur Philippe COURATIER



## REMERCIEMENTS

---

Avant toute chose, je voudrais remercier Mr le Professeur CAIRE, vous avez été mon maître dans l'apprentissage du métier de neurochirurgien, et je continuerais sans aucun doute à apprendre encore de vous. Rigueur et précision, telles sont les valeurs que vous m'avez inculquées durant ces années passées avec vous au bloc opératoire et dans le service de neurochirurgie.

Je remercie le Professeur Charbel MOUNAYER, qui m'a fait l'honneur de faire partie du jury de thèse. J'ai eu l'honneur de travailler avec vous en garde, pour la prise en charge commune de nos patients atteints d'hémorragie méningées et vous remercie infiniment de ce que vous avez pu m'apprendre.

Je remercie le Professeur Aymeric ROUCHAUD, merci de me faire l'honneur d'être présent dans mon Jury de Thèse. Merci pour votre patience, et de ce que vous avez pu m'apprendre, durant ces moments d'échanges en garde pour la prise en charge commune de nos patients.

Je remercie le Professeur Philippe RIGOARD, premièrement pour avoir accepté de faire partie du Jury de thèse, et deuxièmement parce que vous m'avez ouvert les yeux sur tout un pan de la neurochirurgie qui m'était alors trop peu connue : la neurostimulation et la chirurgie du handicap. Merci pour ce semestre passé ensemble à Poitiers, semestre riche en enseignement, mais qui est bien trop court pour maîtriser toutes les subtilités de votre spécialité, aussi j'espère que nous resterons en contact en vue de collaborer et prendre en charge les patients relevant de la douleur et du handicap.

Je remercie Mr le docteur Henri SALLE, pour sa bienveillance, ses précieux conseils et ses relectures de ce travail de qualité. Merci de m'avoir enseigné la neurochirurgie pendant toutes ces années, et bien au-delà de cela, tu m'as appris tout ce qu'il fallait pour être tout simplement un bon médecin, de la nécessité de d'établir et de maintenir un rapport de confiance, et d'alliance thérapeutique entre médecin et malade.

Je remercie Mr le docteur Patrick Alain FAURE, qui a pris soin d'opérer tous les patients de cette étude, et qui a consciencieusement recueilli toutes les données indispensables à la réalisation de ce travail, je vous remercie Patrick, pour tous ces bons moments passés au bloc opératoire avec vous, vous m'avez donné le gout et l'envie d'être un formidable chirurgien du rachis comme vous.

Je remercie le docteur Marcel Edouard GUEYE, vous avez été mon mentor, et vous m'avez soutenu dans les moments les plus difficiles. Je ne vous remercierais jamais assez de m'avoir tant appris, votre patience et votre gout de l'enseignement vous honore.

Je remercie le docteur Clément GANTOIS, pour tout ce que tu m'as appris, que ce soit en garde, au bloc opératoire ou dans le service, je n'oublierais jamais tes précieux conseils et nos moments passés ensemble dans la pratique de la neurochirurgie.

Je remercie le docteur Ali BENALI, avec qui j'ai pu effectuer mes premiers abords du rachis. Merci de votre bienveillance, et de votre soutien pendant toutes ces années. Je n'oublierais jamais tous nos bons moments passés au bloc opératoire, de tout ce que vous m'avez appris, de gré ou de force. J'espère que j'aurais encore l'occasion d'opérer avec vous et d'apprendre de votre inestimable expérience.

Au Docteur LEMNOS Leslie : de co-interne à chef, tu es restée la même : chaleureuse et bienveillante à tout égard. Merci de tout ton soutien dans les moments difficiles, ton calme à tout épreuve et ton intelligence m'inspire. Merci d'avoir été à mes côtés pendant tout l'internat.

Au Docteur MEYNARD Alexandre, je te remercie pour tout tes précieux conseils, depuis nos débuts difficiles jusqu'à aujourd'hui, je suis fier de te compter parmi mes très estimés collègues et mes amis. J'espère commencer travailler avec toi très bientôt.

A Anne-Claire BEAUJEU, fidèle compagnon d'arme de la neurochirurgie, je n'oublierais jamais nos moments de rire et de pleurs, souvent dans le bureau des internes, et parfois à l'internat quand il me vient l'envie d'y passer manger à midi. Merci d'avoir été là, et de m'avoir soutenu et supporté pendant ces longues années d'internat.

A Wassim KHALIL, que je remercie chaleureusement, pour ta gentillesse, ton dévouement, et ton professionnalisme. C'était un plaisir de t'avoir comme co-interne, ton arrivée à Limoges est une bénédiction pour le service, et surtout pour nous autres internes de neurochirurgie.

A Elodie CHAUDRUC, dernière arrivée en neurochirurgie, et qui est bien déjà bien meilleure interne que je ne l'ai été en débutant, merci d'être arrivée à Limoges, je suis honoré de t'avoir eu comme co-interne, je te souhaite de mener une brillante carrière de neurochirurgienne.

A Noémie TOULZAC, l'élite des infirmières de soins intensifs de neurochirurgie. Merci d'avoir été de mon côté depuis le début. Je n'aurais jamais survécu au service sans ton soutien constant et indéfectible, je suis honoré de compter parmi tes collègues et surtout de compter parmi tes amis. Ton courage et ta force m'inspire tous les jours.

A Matthieu CHABROU, je te remercie chaleureusement pour ton soutien depuis le début quand j'ai commencé à travailler en neurochirurgie, tu est

A Gia Hiep TRAN, et Thanh Chi TRAN, papa et maman je vous dois tout, depuis mon opération à la naissance, jusqu'à ce jour, merci pour tous les sacrifices que vous avez fait pour que ma vie soit agréable et que je sois au meilleur de mes capacités, que ce soit à l'école, les bancs de la faculté, ou au conservatoire. Je vous remercierai jamais assez, j'espère que vous serez fiers de moi.

A Mai et Xuan : mes chères petites sœurs, merci de votre soutien tout au long de ces épreuves, vous m'avez redonné le sourire dans les périodes les plus sombres de ma vie.

A Van Quynh NGUYEN, je te remercie du fond du cœur, tu es la meilleure chose qui me soit arrivée, tu es restée auprès de moi, envers et contre tout, et tu m'as soutenu dans les pires moments, je ne pense pas que j'aurais tenu bon jusqu'à la fin de l'internat si tu n'étais pas là. j'espère que tu seras là avec moi toute la vie, et je serais également là pour toi, quoiqu'il arrive. Je t'aime de tout mon cœur Quynh.

A Phuong TRAN, ma chère tante auprès de qui j'ai trouvé refuge quand tout allait mal, depuis ma tendre enfance, jusqu'à maintenant. Merci pour tous ces moments, ta gentillesse et ta patience t'honorent.

A Gia Nghiem TRAN, merci mon cher oncle, pour m'avoir enseigné le solfège quand je ne comprenais rien et pour tous ces duo piano/violon, j'espère pouvoir refaire cela avec toi quand tout sera fini et que nous aurons plus de temps.

A Gia Trong TRAN, merci au maître, je dirais même au Sensei, qui après toute ces années, n'a cessé de me regaler de tes plats, français ou vietnamien. Ta bonne humeur et ta simplicité est un véritable courant d'air dans ma vie.

A Gia Dung TRAN, merci pour toutes tes relectures de mon mémoire jusqu'à ce travail, ton expérience m'a été très précieuse. Je sais que les choses n'ont pas toujours été facile entre nous, mais j'espère te retrouver bientôt avec toute la famille pour fêter chaque jour d'être parmi nous.

A Gautier TREFFEL, mon voisin de table en PACES, nous le savions pas, mais en fait nous nous côtoyons déjà lors de l'époque du conservatoire, le hasard fait qu'aujourd'hui, tu comptes parmi mes amis les plus proches. Merci pour ton soutien indéfectible, ton amitié m'honore.

A Corentin MAURIERE, depuis le spectacle de Noël en P2 jusqu'à aujourd'hui, en passant par le Vietnam, je suis fier de te compter parmi mes plus proches amis. Merci de ton soutien durant toutes ces années.

A Vincent GARNICHE, merci de m'avoir fait sortir de ma grotte, je suis vraiment honoré de ton amitié, et j'espère te voir plus souvent maintenant que l'internat se finit pour moi.

A Gauthier STEIN, merci pour tous ces moments festifs passés avec toi, ils sont malheureusement trop rares, mais je compte bien me rattraper après cette soutenance fatidique.

A Nicolas FONNE, merci pour ton soutien, je suis vraiment heureux te compter parmi tes amis, et j'espère te revoir plus souvent à l'avenir, je ne me lasserai jamais de ton cynisme et de ta lucidité en tout chose.

A Vincent ORY, merci pour tout, je te dois tellement depuis l'époque d'hémato bio où tu couvrais maintes fois mes arrières quand je m'absentais du stage, nos multiples virées à Metz, et puis enfin au Vietnam. Je te souhaite une brillante carrière de psychiatre et une vie heureuse, car tu le mérites.

A Lisa SENNINGER et Marion LANG, merci à toutes les deux, depuis la P2 jusqu'à maintenant, je suis vraiment reconnaissant de votre soutien, et de votre amitié et j'espère que nous nous reverrons plus souvent à l'avenir.

A Quentin ROUSSELOT, merci pour toutes les fois où tu m'as écouté et soutenu, j'espère que tu t'épanouis dans ce que tu fais, mais je n'ai aucun doute quant au fait que ta carrière en psychiatrie est brillante.

A Amos WOERLEN, mon plus vieil ami depuis le temps du collège de la Craffe, sans qui toute cette carrière médicale n'aurait été possible. Tu m'as inspiré, par ton courage et ta détermination. J'espère sincèrement que nous nous retrouverons bientôt, je te dois énormément.

Au Docteur Bui Van Giang, je te remercie pour ta gentillesse et ta sagesse, je suis vraiment heureux de te compter parmi mes amis et très estimés collègue désormais. J'ai gardé en souvenir de précieux moments passés avec toi depuis mon enfance de l'internat de Toulouse jusqu'à maintenant, en passant par notre séjour au vietnam après l'ECN où tu nous as royalement accueilli mes amis et moi. J'espère travailler avec toi dans un futur proche, que ce soit en France ou au Vietnam.

A Francis VACON, mon premier maître pianiste au Conservatoire, merci de m'avoir inculqué le goût du travail, la rigueur et la précision en toute chose, c'était un bonheur de vous avoir eu comme professeur pendant vos leçons de piano toutes les semaines, je n'oublierai jamais ces précieux moments. Même jusqu'à aujourd'hui, votre enseignement transparait jusque dans le bloc opératoire où je m'efforce d'opérer avec la même discipline et élégance, comme autrefois lorsque je jouais au piano à vos côtés.

A Roland FRANCE LANORD, cher maître et cher ami, je vous remercierais jamais assez pour tout ce que vous m'avez apporté lorsque vous m'aviez accepté comme disciple au Conservatoire : j'étais un élément très difficile en pleine crise d'adolescence, avec une paresse hors du commun mais vous aviez eu assez de patience pour me garder, et de me faire murir assez pour les examens au Piano, mais plus largement pour toutes les épreuves à venir : je le constate depuis que je vous ai quitté et commencé la médecine. Merci du fond du cœur, je serais pas arrivé là où j'en suis sans vous.



## Droits d'auteurs

---

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :  
« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »  
disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



## INTRODUCTION

---

En traumatologie, les fractures du rachis thoraco-lombaires constituent un véritable enjeu de santé publique.

En effet, si ces fractures sont relativement fréquentes, avec plus de 10 000 cas par an en France, ces fractures sont également des lésions sévères sources potentielles de handicaps physiques et psychiques majeurs si non pris en charge de manière adéquate, et accessoirement de coûts socio-économiques importants. (1–5)

Les fractures du rachis thoraco-lombaires traumatiques, c'est-à-dire, ni ostéoporotiques, ni néoplasiques, sont essentiellement localisés sur la charnière dorso lombaire, entre le rachis lombaire mobile en lordose et la rigidité du rachis dorsal en cyphose, où les contraintes mécaniques sont maximales. (2)

Les traitements de ces fractures vont de la simple prise en charge orthopédique par corset, à la chirurgie en ciel ouvert.

Se pose donc la question du traitement des patients non symptomatiques sur le plan neurologique porteur d'une fracture rachidienne traumatique où il n'existe pas de consensus.(6)

Si les vingt dernières années ont vu le développement expansif de techniques chirurgicales percutanées, leurs indications étaient surtout réservées aux fractures de nature strictement ostéoporotique. (7–10) L'extension des indications de ces techniques opératoires au traitement des fractures purement traumatiques non neurologiques demeure controversée. Nous constatons que dans la plupart des trauma centers en France, les chirurgiens optent plutôt pour une approche à ciel ouvert pour le moment.

Ces techniques chirurgicales percutanées peuvent être réparties en deux catégories principales et peuvent s'associer l'une à l'autre : d'une part les techniques dit d'« augmentation » vertébrales, et les techniques d'arthrodèse par voie postérieure percutanées. Ce sont au moyen de petites incisions cutanées, et en l'absence de dissection musculaire sous périostée qu'elles permettent de limiter le traumatisme musculaire para vertébral inhérent aux abords à ciel ouverts, la spoliation sanguine qui en est la conséquence directe, et la douleur post opératoire. (11,12)

Historiquement, la cimentoplastie est la première technique de cimentation de la colonne antérieure d'abord imaginée par le Dr GALIBERT à Amiens en 1984 pour traiter les hémangiomes cervicaux agressifs, puis la technique se peaufine et voit ses indications s'étendre aux tumeurs osseuses lytiques et douloureuses ainsi qu'aux fractures

ostéoporotiques, dont l'effet bénéfique sur l'antalgie et la consolidation osseuse ont été démontrés (10,13) ;

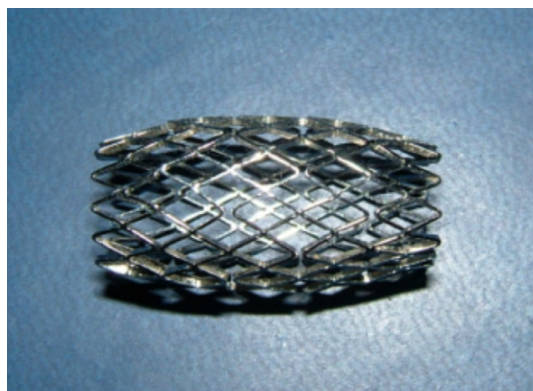
Sont apparus par la suite les techniques d'augmentation vertébrales qui sont initiées par l'apparition de la kyphoplastie par ballonnets, qui répondaient à un besoin de reconstruction anatomique de la vertèbre le plus proche possible de l'état antérieur pour restaurer l'équilibre sagittal, ce que ne permettait pas la technique de cimentoplastie seule. (9,14)

La technique de kyphoplastie n'a été appliquée au champ de la traumatologie pure que récemment (15), mais n'est cependant pas dénuée de défauts : fuites de ciment, insuffisance de correction anatomique voire de perte de correction en per opératoire au dégonflement des ballonnets notamment, entraînant une majoration de la cyphose. (16,17)

C'est pour cela qu'une association avec une fixation postérieure est souvent nécessaire chez certaines fractures pour compléter la réduction de manière indirecte, et que de plus récentes techniques d'augmentation vertébrales ont été mises au point pour maintenir une réduction directe de la colonne antérieure. (18–21)

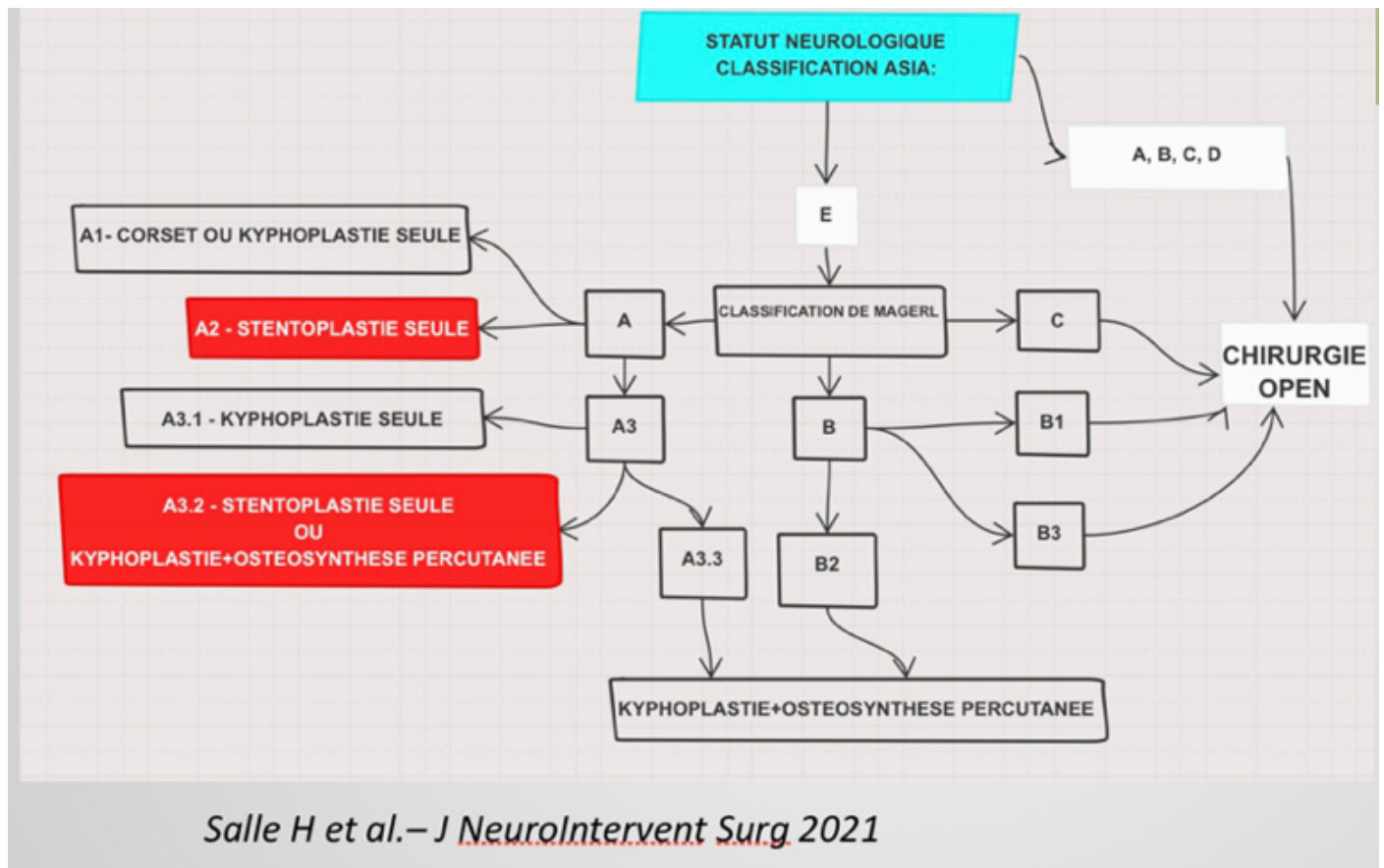
Parmi ces techniques d'augmentation vertébrale, notons que les plus représentés pour le moment sont la stentoplastie (VBS) et le SpineJack (SJ) (8,19,22–24)

La Stentoplastie, ou VBS pour Vertebral Body Stent est une technique chirurgicale d'augmentation vertébrale qui a été développé pour pallier la perte de correction anatomique de la vertèbre fracturée per opératoire lors de procédure de kyphoplastie simple, ici, autour d'un ballon de kyphoplastie, se trouve une armature expansible fait en Chromium et cobalt : le stent vertébral. Le stent, une fois placé à l'intérieur du corps vertébral, va s'expandre au moyen du gonflement du ballonnet, et cela de manière centrifuge, autant en cranio caudal qu'en latéral. Le stent est ainsi mis en place, et ne perd pas de son volume après dégonflement et retrait des ballonnets, prêt à accueillir le ciment (PMMA), dont les fuites sont par ailleurs limitées par la présence des mailles du stent.



*Klezl et al 2011-Early results after vertebral body stenting for fractures of the anterior column of the thoracolumbar spine*

A notre trauma center au CHU Dupuytren à Limoges, nous avons procédé de manière empirique, et avons fini par développer un algorithme décisionnel de traitement des fractures traumatiques selon le statut neurologique du patient et selon la classification Magerl de la fracture.(25,26) en intégrant à notre pratique quotidienne la kyphoplastie seule ou avec ostéosynthèse percutanée, et la stentoplastie.



En somme, tous les patients symptomatiques sur le plan neurologique sont opérés à ciel ouvert d'une chirurgie libératrice et stabilisatrice ; les patients indemnes sur le plan neurologique sont traités soit par traitement conservateur et orthopédique, soit par techniques chirurgicales percutanées, représentées par la kyphoplastie seule pour les fractures A1, la kyphoplastie associée à une ostéosynthèse percutanée pour les fractures classées A3.2, A3.3, et B2, et enfin la stentoplastie pour les fractures classées A2, et A3.2.

La sécurité et l'efficacité sur le plan biomécanique et sur le plan clinique des techniques de stentoplastie et de kyphoplastie associée à une ostéosynthèse percutanée à montage court a été démontrée par *Salle et al JNIS 2021 et 2022*, réalisant les deux plus grandes séries rétrospectives retrouvées dans la littérature sur ces deux techniques appliquées aux fractures purement traumatique, renforçant la validité de notre algorithme décisionnel.

Cependant il est à noter que les fractures de type A3.2 sont traitées à la fois par stentoplastie, et à la fois par kyphoplastie et ostéosynthèse percutanée dans notre algorithme.

En effet, si l'efficacité et la sécurité est établie concernant les deux techniques pour les fractures A3.2, nous ne pouvons pour l'instant pas établir la supériorité de l'une sur l'autre, et le profil type du patient éligible à l'une ou l'autre technique, si atteint d'une fracture vertébrale traumatique A3.2.

C'est pourquoi nous avons décidé de répondre à cette question, au moyen d'une étude comparative sur deux séries rétrospectives de patients atteints de fractures classés A3.2 selon Magerl respectivement traités par stentoplastie, et par kyphoplastie associé à une ostéosynthèse percutanée.

**Le critère de jugement principal est l'analyse comparative de l'amélioration cyphose locale et la correction de la hauteur vertébrale entre VBS et Kyphoplastie longitudo.**

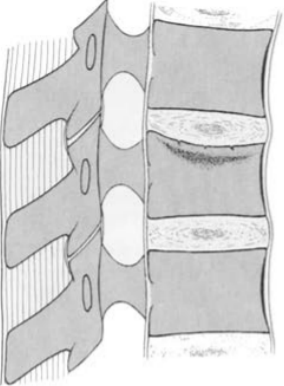
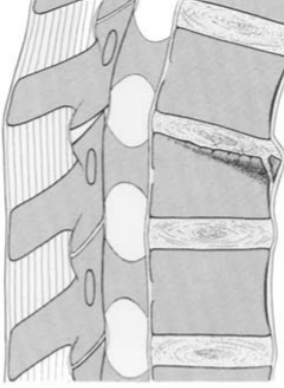
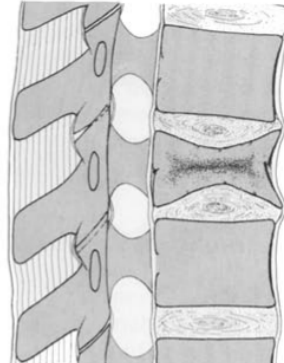
**Les critères de jugement secondaire seront les analyses comparatives des paramètres cliniques et des données hospitalières secondaires pour ces deux groupes de patients.**

**RAPPEL : LA CLASSIFICATION DE MAGERL (1994) (26)**

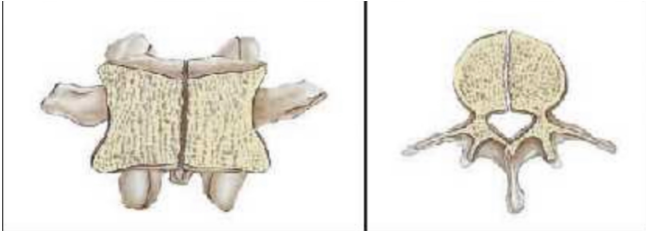
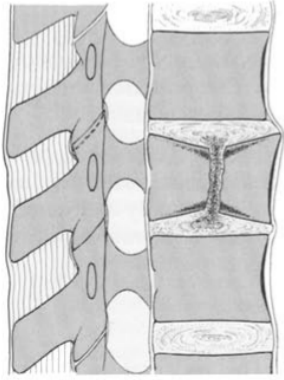
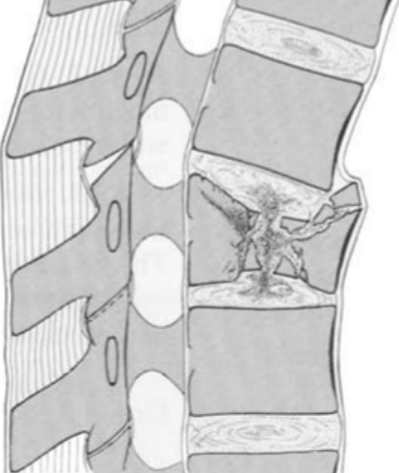
---

**Type A : fracture vertébrale par compression**

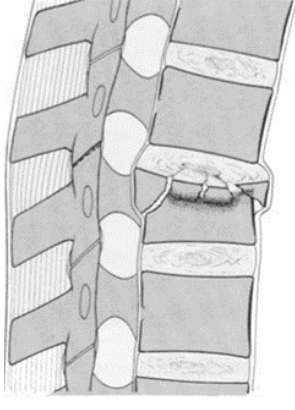
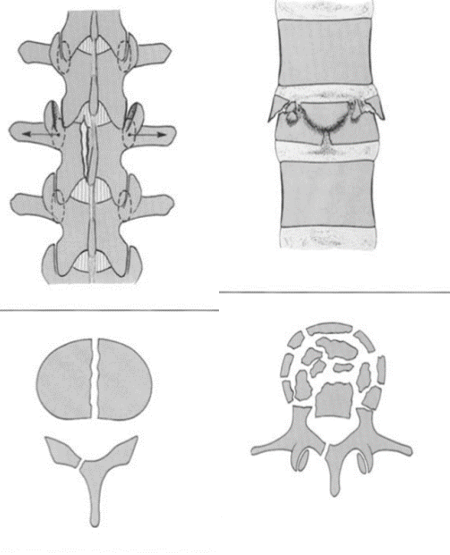
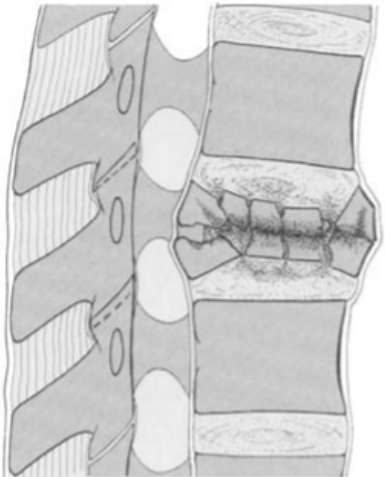
**A1** : fracture par impaction du ou des plateaux, par compression de l'os spongieux plutôt que par fragmentation, sans atteinte du mur postérieur

<p><b>A1.1 : impaction du plateau supérieur</b></p>	 A schematic diagram of a vertebral body fracture. The fracture line is horizontal and located in the upper part of the vertebral body, representing the superior endplate. The fracture is comminuted, with several fragments visible. The posterior wall of the vertebral body remains intact.
<p><b>A1.2 : Fracture du bord antéro supérieur</b></p>	 A schematic diagram of a vertebral body fracture. The fracture line is vertical and located at the anterior superior margin of the vertebral body. The fracture is comminuted. The posterior wall of the vertebral body remains intact.
<p><b>A1.3 : Impaction du plateau supérieur et inférieur</b></p>	 A schematic diagram of a vertebral body fracture. The fracture line is horizontal and located in the middle of the vertebral body, representing both the superior and inferior endplates. The fracture is comminuted. The posterior wall of the vertebral body remains intact.

**A2** : fracture séparation dit « split » : le corps vertébral est dissocié en deux blocs distincts que ce soit dans le plan sagittal ou coronal, avec souvent impaction du matériel discal entre les deux blocs, empêchant la consolidation. Pas d'atteinte du mur postérieur.

<p><b>A2.1 : Fracture séparation sagittale</b></p>	
<p><b>A2.2 : Fracture séparation coronale</b></p>	
<p><b>A2.3 : Fracture type « pincer » : impaction du matériel discal important au centre du corps vertébral, avec un fragment antérieur déplacé en avant</b></p>	

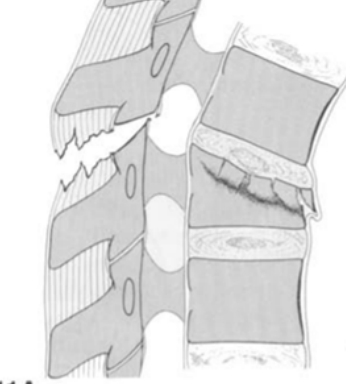
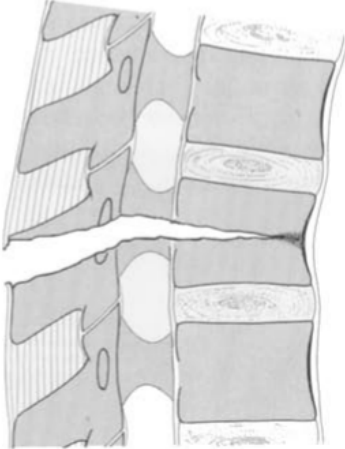
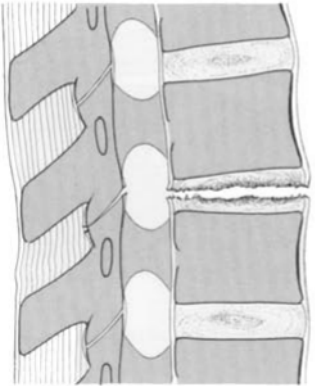
**A3** : Fracture type « burst » : le corps vertébral est complètement ou partiellement fragmenté, il y a une atteinte du mur postérieur qui peut être la cause de symptômes neurologiques

<p><b>A3.1 : Fracture « burst » incomplet : atteinte du plateau supérieur ou du plateau inférieur, avec recul du mur postérieur</b></p>	
<p><b>A3.2 : Fracture « burst-split » : une moitié du corps vertébral (souvent la moitié supérieure) est fragmentée avec recul du mur postérieur, et l'autre moitié est en séparation, dans le plan sagittal ou coronal</b></p>	
<p><b>A3.3 : Fracture burst complète : la totalité du corps vertébral est fragmentée, il s'agit de fractures instables en compression avec atteinte neurologique fréquente</b></p>	



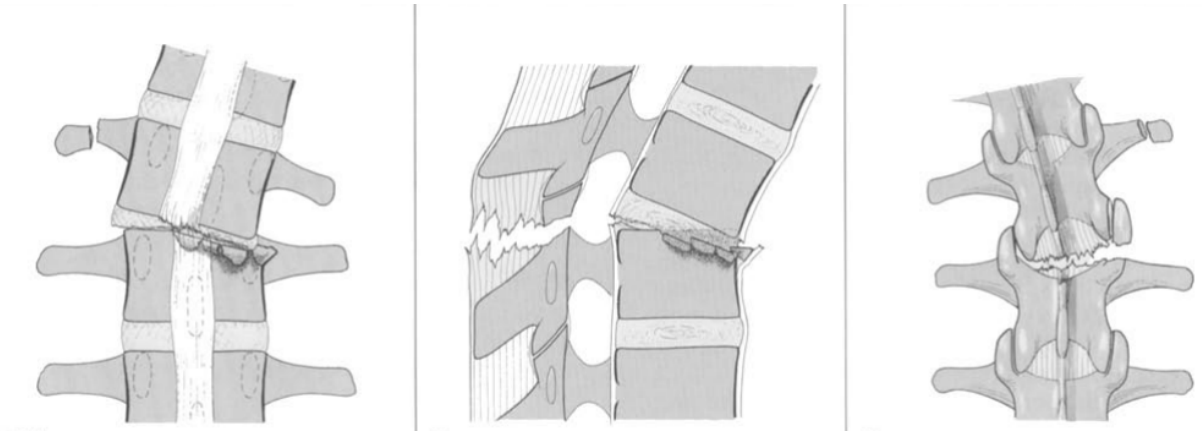
**Type B : Atteinte en distraction des éléments anatomiques antérieurs et postérieurs**

Il s'agit de lésion de rupture dans un plan transversal des éléments antérieurs et ou postérieur entraînant une instabilité avec déplacement possible dans le plan sagittal de part et d'autre de la rupture

<p><b>B1 : Rupture transversale postérieure à prédominance ligamentaire</b></p>	 A schematic diagram of a vertebral fracture in a sagittal view. The fracture line is horizontal and located in the posterior part of the vertebral body. The fracture is characterized by a significant gap between the anterior and posterior fragments, indicating a distraction injury. The fracture is primarily ligamentous, with minimal bone displacement.
<p><b>B2 : Rupture transversale postérieure à prédominance osseuse</b></p>	 A schematic diagram of a vertebral fracture in a sagittal view. The fracture line is horizontal and located in the posterior part of the vertebral body. The fracture is characterized by a significant gap between the anterior and posterior fragments, indicating a distraction injury. The fracture is primarily osseous, with a large, irregular fragment of bone displaced posteriorly.
<p><b>B3 : Rupture transversale antérieure transdiscale constante +/- atteinte osseuse/ligamentaire postérieure</b></p>	 A schematic diagram of a vertebral fracture in a sagittal view. The fracture line is horizontal and located in the anterior part of the vertebral body, extending through the intervertebral disc space. The fracture is characterized by a significant gap between the anterior and posterior fragments, indicating a distraction injury. The fracture is primarily anterior, with minimal bone displacement.

### **Type C : Fracture antérieure et postérieure en rotation**

Hautement instable, potentiel de déplacement multidirectionnel dans le plan horizontal, rupture associée de tous les ligaments longitudinaux et atteinte discale, fracture des articulaires (souvent unilatérales), des transverses, avulsion latérale des plateaux vertébraux, fractures asymétriques du corps vertébral



## MATERIELS ET METHODES

---

### Données démographiques

Nous avons passé en revue de manière rétrospective une série de patients ayant bénéficié de stentoplastie pour fracture traumatique pure unique thoraco-lombaire dans notre centre, de 2010 à 2019.

La classification MAGERL était utilisée pour définir le type de fracture (26).

Les critères d'éligibilité étaient : patient sans atteinte neurologique, fracture vertébrale unique par patient, après traumatisme rachidien, fracture de type A3.2 selon Magerl.

Les critères d'exclusion sont les suivants : atteinte neurologique (ASIA A-D) causé par le traumatisme, antécédent de chirurgie du rachis thoraco lombaire, fractures sur niveaux multiples.

Les fractures ostéoporotiques, avec ou sans atteinte médullaire, et les fractures de type B et C avec notamment atteinte ligamentaire, qui font souvent l'objet d'atteinte neurologique et/ou nécessitant une stabilisation postérieure étaient également exclus.

Les fractures causées par des traumatismes à haute vitesse sont incluses, sauf s'il existait un doute sur une ostéoporose associée.

L'étude a été approuvée par le comité d'éthique du Collège de Neurochirurgie (IRB00011687). Le protocole de recherche, impliquant des données humaines, est en adéquation avec les recommandations de la Déclaration d'Helsinki, et un consentement éclairé a été recueilli auprès de tous les patients inclus.

## Evaluation radiologique

Un scanner osseux a été réalisé pour chaque patient en préopératoire et à 1 an postopératoire systématiquement.

Les paramètres radiologiques mesurés sont :

- La **cyphose vertébrale locale** : définie comme l'angle formé de deux droites : l'une passant par le plateau inférieur de la vertèbre fracturée, et l'autre droite passant par le plateau supérieur de la même vertèbre fracturée (Fig. 1),
- La **hauteur vertébrale (VHB)** : définie comme la hauteur du corps vertébral fracturé mesurée au niveau de son mur postérieur, divisée par la moyenne de celles des deux vertèbres saines adjacentes, également mesurées au mur postérieur
- Sur les coupes axiales, la **réduction antéro-postérieure du canal spinal (ASPE)** est définie comme la longueur antéro-postérieure du canal spinal de la vertèbre fracturée divisée par la moyenne de ces mesures aux deux étages sains adjacents. Ce paramètre était classé en 4 grades, de I à IV, soit de 0 à 100% de réduction du canal

L'analyse des scanners rachidiens et ces mesures ont été effectuées indépendamment par un neurochirurgien expérimenté et un radiologue spécialisé en imagerie orthopédique, en utilisant une méthode non biaisée (double aveugle). Une IRM a été réalisé après un scanner au moindre doute sur une éventuelle lésion disco-ligamentaire.

## Score fonctionnels utilisés

L'échelle visuelle analogique (EVA) avec un score de douleur compris entre 0 et 10 était utilisé en préopératoire et en postopératoire pour la VBS, seulement en postopératoire pour la BKP + PSSF.

**L'échelle fonctionnelle d'Oswestry (ODI) a été également utilisée que pour les patients traités par VBS** (15)(12), évaluant des paramètres fonctionnels pertinents pour les patients à titre individuel, exprimés en pourcentage. Les ODI classaient le patient en handicap minimal (0 à 20%) à patient alité (81% à 100%). Les scores ODI sont recueillis à la sortie d'hospitalisation et à 1 an postopératoire.

## **Procédure chirurgicale de la Stentoplastie**

Sous anesthésie générale, tous les patients étaient opérés en décubitus ventral sur table d'opération radio transparente, par le même neurochirurgien. Des billots étaient placés sous le torse et sous les crêtes iliaques pour faciliter la réduction. La lordose vertébrale était ainsi favorisée par cette installation opératoire. Toutes les procédures étaient réalisées sous contrôle fluoroscopique bi planaire.

Sous contrôle fluoroscopique, deux guides (Vertebral Body Stent Access kit, DepuySynthes, Raynham, USA) étaient introduits au travers de petites incisions cutanées, en utilisant une approche transpédiculaire (en lombaire) ou inter-costo-pédiculaire (en thoracique).

Des canules d'accès étaient introduits par-dessus les guides.

Après le retrait des guides, un plongeur (Vertebral Body Stent access kit, DepuySynthes, Raynham USA) était utilisé pour mesurer la longueur du stent (tenant compte du repaire au sommet du plongeur) selon le protocole du fabricant. Deux kits de VBS (Vertebral Body Stenting, DepuySynthes, Raynham, USA) étaient simultanément introduits et positionnés en dessous du plateau supérieur de la vertèbre fracturée.

Les ballons étaient simultanément gonflés jusqu'à leur expansion complète, faisant déployer les stents à leur maximum. (*Figure 6*) Les ballons étaient dégonflés et retirés laissant les stents bien déployés en place, maintenant le gain restauré de la hauteur du corps vertébral fracturé. Le ciment type Polyméthylméthacrylate (PMMA) (Osteopal, Heraeus Medical, Wehrheim, Germany) était injecté bilatéralement dans les cavités formées par les stents afin de maintenir ceux-ci.

Tous les instruments étaient retirés et les plaies suturées.

## **Procédure chirurgicale de la kyphoplastie et ostéosynthèse percutanée postérieure**

Tous les patients ont été pris en charge au bloc opératoire sous anesthésie générale, en décubitus ventral sur table radio-transparente, par le même opérateur. Des billots étaient placés sous le thorax et les crêtes iliaques afin de faciliter la réduction de la fracture. La procédure se déroulait sous contrôle fluoroscopique biplan.

Le premier temps chirurgical consistait en une kyphoplastie de la vertèbre fracturée. Les deux ballons étaient insérés au centre du corps vertébral sous contrôle fluoroscopique après cannulation pédiculaire bilatérale. La position finale des deux ballons était guidée par le type de fracture. Chaque ballon de 20 mL était progressivement insufflé jusqu'à ce qu'ils entraient en contact, afin d'obtenir une réduction optimale des plateaux vertébraux fracturés. Ils étaient laissés gonflés tout au long du temps d'ostéosynthèse percutanée dans ce même but.

Le second temps chirurgical consistait en une ostéosynthèse percutanée courte par voie postérieure. Des vis pédiculaires étaient insérées sous contrôle visuel aux niveaux vertébraux adjacents au niveau fracturé, après cannulation des deux pédicules sous guidage fluoroscopique (*Figure 4 et 5*)

L'opérateur n'avait implanté que du matériel Legacy Medtronic. Après cette étape de vissage, du PMMA (polyméthyl méthacrylate) ou du ciment ostéogénique (ciment phospho-calcique) était injecté progressivement et sous contrôle scopique, dans la cavité vertébrale laissée par les ballons après leur exsufflation. Une fois les vis insérées et le ciment injecté, on implantait des tiges volontairement prés cintrés pour obtenir la meilleure réduction possible de la fracture d'une part, et la meilleure restauration de lordose d'autre part. La procédure était terminée par un contrôle scopique final.

## Analyse statistique

Pour l'analyse statistique, nous avons utilisé Microsoft Excel dans MS Office. Le t-test de Student a été choisi pour comparer les données mesurées de cyphose et de hauteur vertébrale (VBH) moyenne en préopératoire et à 1 an postopératoire, ainsi que les données périopératoires entre les groupes VBS et Kyphoplastie+PSSF entre elles, tels que la durée opératoire, la durée d'hospitalisation, l'EVA post opératoire.

Les fluctuations concernant la cyphose et la VBH étaient analysées par un modèle de régression linéaire en utilisant plutôt des valeurs en pourcentage d'amélioration pour la cyphose et la hauteur vertébrale plutôt que des valeurs absolues, pour plus de clarté.

Les différences étaient significatives quand  $p < 0,05$ .

### Concernant la cyphose (SVK)

Le pourcentage d'amélioration de la cyphose était calculé selon :

$$\text{Change in kyphosis} = \beta_0 \times \text{preoperative kyphosis} + \varepsilon,$$

Où  $\beta_0$  est le taux d'amélioration moyen et  $\varepsilon$  est le bruit dépendant des caractéristiques des patients.

$$\text{Change in kyphosis} / \text{preoperative kyphosis} = \beta_0 + \varepsilon',$$

Où  $\varepsilon'$  présente également une distribution linéaire.

### Concernant la hauteur vertébrale (VBH)

Le pourcentage d'amélioration de la hauteur vertébrale était calculé selon :

$$\text{Change in VBH} = \beta_0 \times (100 - \text{preoperative vertebral height}) + \varepsilon$$

Où  $\beta_0$  est le taux d'amélioration moyen et  $\varepsilon$  est le bruit dépendant des caractéristiques des patients.

$$\text{Change in vertebral height} / (100 - \text{preoperative vertebral height}) = \beta_0 + \varepsilon'$$

Où  $\varepsilon'$  présente également une distribution linéaire.

### Analyse multivariée et regression linéaire simples :

Afin d'identifier les facteurs prédictifs de ces fluctuations, y compris selon la technique VBS ou BKP+PSSF, nous avons réalisé une analyse multivariée toujours en considérant chaque mesure de SVK et de VBH sous la forme de pourcentage, donc toutes les variables étaient donc comprises entre 0 et 1. Pour simplifier l'interprétation, nous avons utilisé le modèle linéaire suivant :

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{i,j} + \epsilon_i, \quad 1 \leq i \leq n$$

Où  $(Y_i)_{1 \leq i \leq n}$  est le taux d'amélioration (pour SVK ou VBH),  $(X_{i,j})_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq p}$  représente les caractéristiques du patient,  $(\beta_j)_{1 \leq j \leq p}$  est le poids de l'effet associé à ces caractéristiques ( $1 \leq j \leq p$ ), et  $(\epsilon_i)_{1 \leq i \leq n}$  est le bruit moyen que le modèle ne peut pas réduire. Les différences sont significatives quand  $p < 0,05$ .

Nous avons utilisé ce modèle plusieurs fois : premièrement, en étudiant que l'influence du choix de la technique sans tenir compte des autres variables en effectuant une regression linéaire simple, et deuxièmement en tenant compte de toutes les variables explicatives y compris le choix de la technique chirurgicale, au moyen de l'inclusion de la variable « EST KYPHO » dans le modèle multivarié pour l'analyse de l'amélioration de SVK et de VBH, « EST KYPHO » représentant le choix de la technique BKP+PSSF, son effet représenté par un coefficient compris entre -1 et 1, (i.e si le coefficient est égal ou inférieur à 0, la technique BKP+PSSF n'a pas d'effet, et par conséquent, cela voudra dire que ce sera la stentoplastie qui aura un effet par rapport à la première technique, sans que cela soit significatif pour autant). Cela permet d'observer, une fois les autres effets retirés, un effet du choix de la technique chirurgicale dans la prédiction d'amélioration et donc d'en connaître la significativité.



# RESULTATS

---

## Analyse descriptive

### Dans le groupe VBS :

*Le Tableau 1 reprend ces données démographiques.*

Notre étude a inclus 39 patients (14 hommes, 25 femmes, dont l'âge moyen est de 51,9 ans (de 30 à 69ans).

Les niveaux vertébraux fracturés se répartissent comme suit : T11 (n=0), T12 (n= 10), L1 (n=15), L2 (n= 3), L3 (n=8) L4 (n=0), L5 (n=3). Les fractures étaient toutes de types A3.2.

Chez 8 patients sur 39, il existait un recul du mur postérieur compris entre 50 et 75%, tous les patients avaient un recul du mur postérieur.

Le PMMA a été utilisé chez les tous patients. Nous retrouvions 0 cas de fuites de ciment.

La durée moyenne d'hospitalisation était de 1,3 jours (entre 1 et 8 jours). Le volume moyen de ciment injecté était de 11,4 cc (de 10 à 12cc). La durée opératoire moyenne était de 32,3 minutes (de 25 à 35 min) (*Tableau 3 et 4*)

Aucun patient n'a montré de détérioration neurologique ou d'infection de plaie.

### Dans le groupe BKP+PSSF :

*Le tableau 2 reprend ces données démographiques*

Notre étude a inclus 34 patients (17 hommes, 17 femmes, dont l'âge moyen est de 52,6 ans (de 19 à 78 ans)).

Les niveaux vertébraux fracturés se répartissaient comme suit : T11 (n=0), T12 (n=4), L1 (n=22), L2 (n= 4), L3 (n=0) L4 (n=4), L5 (n=0). Les fractures étaient toutes de types A3.2.

Chez 6 patients sur 34, il existait un recul du mur postérieur compris entre 50 et 75%, il existait un recul du mur postérieur chez tous les patients.

Le PMMA a été utilisé chez 27 patients et du ciment ostéogénique pour 7 patients. Nous retrouvions 4 cas de fuites de ciment sans conséquence clinique, tous de volume inférieur à 1mL et situées en antérieur.

La durée moyenne d'hospitalisation était de 3,8 jours (entre 2 et 7jours). Le volume moyen de ciment injecté était de 14,4mL (de 6 à 26 mL). La durée opératoire moyenne était de 75,8 minutes (de 54 à 153 min) (*Tableau 3 et 4*)

Aucun patient n'a montré de détérioration neurologique ou d'infection de plaie.

12 patients étaient réopérés pour ablation de matériel.

## **Analyse des scores fonctionnels (Tableau 4)**

### Pour le groupe VBS

Dans l'ensemble, tous les scores EVA se sont significativement améliorés ( $p < 0,01$ ), allant d'une EVA pré opératoire moyenne à 7,1/10 (entre 4 à 10) à 2,6/10 (entre 0 et 4) en post opératoire. Notons qu'aucun patient n'a une EVA post opératoire supérieure ou égale à 5/10, Le score d'Oswestry (ODI) moyen a chuté de 17,6 à 2,81 à 1 an postopératoire. Tous les patients interrogés ont montré une amélioration du score ODI

### Pour le groupe BKP+PSSF

Seule l'EVA post opératoire a été relevée. Nous retrouvons une EVA moyenne post opératoire à 1,5/10. (Entre 1 et 3) Aucune EVA post opératoire est supérieure à 5. Le score d'ODI n'a pas été relevé, que ce soit en pré ou post opératoire.

## **Analyse de la cyphose locale et du score VBH en valeur absolue, en pré et post opératoire par groupe de patient (Tableau 5)**

### Pour le groupe VBS

La cyphose moyenne préopératoire et postopératoire à 1an était respectivement de **9°**, (**extrêmes 3 à 11°**), **écart type à 2,59°**, versus **3,01°** (**extrêmes de 0 à 8°**) **écart type à 2,67°**. La différence est statistiquement significative ( $p < 0,05$ ).

Le score VBH moyen préopératoire et à 1an étaient respectivement de **53,3** (**extrêmes de 35 à 75%**), **écart type à 12,9%** et **95,6%** (**extrêmes de 90 à 100**) **écart type à 4,89%**. La différence était également statistiquement significative ( $p < 0,05$ ).

### Pour le groupe BKP+PSSF

La cyphose moyenne préopératoire et postopératoire à 1an était respectivement de **17,35°** (**valeurs extrêmes entre 9 et 30°**), **écart type à 5,32°**, versus **4,59°** (**valeurs extrêmes entre 0 et 12°**), **écart type à 3,26°**. La différence est également statistiquement significative ( $p < 0,0001$ )

Le score VBH moyen préopératoire et à 1an était respectivement de **57,7%** (**valeurs extrêmes entre 43 et 70%**) et **93,8%** (**valeurs extrêmes entre 88 et 100%**) **écart type 4,20%**.

La différence était également statistiquement significative ( $p < 0,0001$ )

**Analyse comparative des deux techniques chirurgicales et leurs effets sur la cyphose et la hauteur vertébrale en valeurs relatives (i.e pourcentage d'amélioration moyen) selon un modèle de régression linéaire simple (Tableau 6)**

Résultats concernant la cyphose

L'amélioration moyenne de la cyphose était de **66% pour le groupe VBS (valeurs extrêmes [56,9%- 75,3%])**, et **73% pour le groupe BKP+PSSF (valeurs extrêmes [67,17%-79,52%])**

La BKP+PSSF a une amélioration de 7,2% de plus que pour la VBS.

**Résultats Non Significatifs avec  $p=1.2$**

Résultats concernant la hauteur vertébrale :

**La VBS avait une amélioration post op moyenne à 1an de 90% (valeurs extrêmes [87,2%- 94,1%])**, et la technique **BKP+PSSF a une amélioration moyenne de 85% à 1an. (Valeurs Extrêmes [80,8%- 88,6%])**

La VBS était donc meilleure pour la restauration de la hauteur vertébrale que pour la BKP+PSSF de 5%.

**Résultats Significatifs avec  $p=0,012$**

**Analyse univariée par regression linéaire uniquement sur l'effet du choix de la technique (i.e la variable « EST KYPHO ») sur la cyphose locale et la hauteur vertébrale post opératoire (Tableau 7)**

Résultats concernant la cyphose locale post opératoire :

Il existe un **effet positif concernant la technique BKP+PSSF** avec un coefficient non nul à 0,072 mais avec un test de significativité  **$P = 0,207$** , donc supérieur à **0.05**, résultat non significatif à cette taille d'échantillon.

Résultats concernant la hauteur vertébrale post opératoire :

**Effet positif de la technique VBS** avec une valeur de coefficient pour « EST KYPHO » à - 0,05982 avec un test de significativité donné à  **$P=0.0228$  soit  $<0.005$** , donc résultats significatifs.

NB : Attention ces résultats ne tiennent pas compte des autres variables explicatives tels que l'âge, le recul du mur ...

**Analyse comparative des variations de la cyphose et de la VBH en tenant compte des caractéristiques de la fracture, du patient, ainsi que du choix de la technique chirurgicale utilisée au moyen d'une analyse statistique multivariée avec régression linéaire (Tableau 8)**

*La méthode de calcul est détaillée dans la partie « Analyse statistique », les résultats exhaustifs et détaillés sont représentés dans le tableau 8.*

- Variables avec corrélation significative sur la restauration de la cyphose avec modèle statistique de régression linéaire
  - Age : Coefficient = -0.0053 avec une corrélation négative ; plus on est âgé moins la restauration de la cyphose est bonne. **P= 0.0034**
  - Fuite : Coefficient = 0.2356 avec une corrélation positive ; plus la fuite est importante meilleure est la restauration. **P=0.0268**
  - Recul du mur postérieur : il y a une corrélation positive pour les reculs compris entre (50, 75%), pour lesquels la cyphose est mieux restaurée. **P=7.9e-06**
- Variables avec corrélations significatives selon les caractéristiques du patient et de la fracture sur la restauration de la hauteur vertébrale (indépendamment de la technique opératoire) avec modèle statistique de régression linéaire
  - Recul du mur postérieur : il y a une corrélation positive pour les reculs compris entre (50, 75%), pour lesquels la hauteur vertébrale est mieux restaurée. **P= 0.0454**

**Résultats de la même analyse multivariée concernant le choix de la technique chirurgicale :**

*Pour l'amélioration de la cyphose locale*

- Le coefficient de « EST KYPHO » est égal à 0.0090, et le **Pr(>|t|) et >0.05 soit 0.89**
- **Conclusion : le choix de la méthode chirurgicale n'est pas significativement corrélé aux variations de la cyphose à cette taille d'échantillon**

*Pour l'amélioration de la hauteur vertébrale*

- Le coefficient de « EST KYPHO » est égal à -0.035, et le **Pr(>|t|) et >0.05 soit 0,26**
- **Conclusion : le choix de la méthode chirurgicale n'est pas significativement corrélé aux variations de hauteur vertébrale pour cette taille d'échantillon**

## DISCUSSION

---

Cette étude comparative sur deux grandes séries de patients traités de manière percutanée pour fractures thoraco-lombaire traumatique par VBS et kyphoplastie longitudo respectivement a démontré l'efficacité pour améliorer les variables d'études principales que sont la restauration de la hauteur vertébrale et la réduction de la cyphose en post opératoire, et cela chez tous les patients pour chacune de ces techniques.

La problématique actuelle est de définir des recommandations claires concernant la prise en charge de telles fractures. En effet, il existe autant de techniques percutanées qu'il existe de type de fracture et de patients. Il est crucial d'harmoniser nos pratiques, d'en établir la preuve de l'efficacité selon les préceptes de l'Evidence-Based Medecine.

A notre échelle au CHU de Limoges, nous avons développé un algorithme décisionnel pour la prise en charge des fractures traumatiques d'après notre retour d'expérience depuis plus de 15ans, et c'est en étudiant de manière rétrospective l'efficacité et la sécurité de chaque sous branche de notre arbre décisionnel que nous voulons établir sa validité.

Nous avons publié en 2021 la plus grande série rétrospective de la littérature avec le recrutement de 102 patients traités par kyphoplastie longitudo pour les fractures traumatiques, classés A3.2, A3.3 et B2 selon Magerl (25) dont le taux d'amélioration moyen prévisible sur la cyphose locale et la hauteur vertébrale était respectivement de 74,4% et de 85,5%, avec taux de fuite de ciment à 7,84% sans conséquence clinique.

En 2022, nous avons publié une étude rétrospective, également menée sur la plus grande série de patient de la littérature à notre connaissance sur l'efficacité de la VBS sur 63 patients atteints de fractures thoraco-lombaire traumatiques pure, dont le taux d'amélioration moyen sur la cyphose locale et la hauteur vertébrale étaient respectivement de 67,1% et 85,5%, avec un taux de fuite sans conséquence clinique à 4,7% comme seule complication.

La question de la prise en charge des fractures A3.2 reste en suspens : nous n'avons pas de consensus, et nous les traitons d'après notre algorithme, de manière arbitraire et selon de degré de cyphose initiale, soit par VBS pour les cyphoses faiblement majorées, soit par kyphoplastie longitudo pour les cyphoses fortement majorées.

Cette étude comparative, première dans la littérature à notre connaissance se portant sur VBS et kyphoplastie avec ostéosynthèse percutanée pour un seul type de fracture qui est de type A3.2, répond en partie à cette question avec tous les biais méthodologiques inhérent à la nature rétrospective de celle-ci : d'après l'analyse statistique multivariée de nos données, nous pouvons dire qu'à cette taille d'échantillon, il apparaît que le choix de la technique que ce soit VBS ou BKP+PSSF bien qu'ils soient efficace chacun d'entre eux pour corriger la cyphose et la hauteur vertébrale, n'influence pas l'amélioration de ces paramètres biomécaniques, pour les fractures de type A3.2.

Autrement dit, pour la correction de la cyphose, et la hauteur vertébrale, il n'y a pas de différence significative entre VBS et BKP+PSSF.

Ce que notre analyse multivariée nous apprend de plus, c'est que ces deux techniques seraient plus efficaces sur l'amélioration de la cyphose locale et de l'amélioration de la hauteur vertébrale chez les patients jeunes et les patients dont la perte de diamètre antéro-postérieur du canal rachidien se mesure entre 50 et 70%. De manière étonnante, il en ressort également que la fuite de ciment, est corrélé positivement à l'amélioration de ces deux derniers paramètres biomécaniques.

D'autres paramètres sont intéressants à analyser pour guider le choix de la procédure :

En effet, si nous observons la moyenne des durées opératoires, nous observons une différence significative de 45min en moyenne, avec une durée moyenne opératoire de 76 min pour la kyphoplastie longitudo et 32 pour la VBS ( $p < 0.005$ ) (t-test de student).

Nous remarquons que la durée d'hospitalisation entre les deux techniques diffère de façon significative avec une différence moyenne de 2,4 jours d'hospitalisation, avec une durée d'hospitalisation moyenne de 3,8 jours pour les patients traités par kyphoplastie longitudo et de 1,3, jours respectivement pour les patients traités VBS. ( $p < 0.005$ ) (t-test de student).

Pour cette taille d'échantillon et pour un même opérateur expérimenté, il n'existe pas de différence significative sur le choix de la technique sur les résultats biomécanique, en revanche, les durées opératoires et d'hospitalisation moyennes sont significativement plus longues pour la techniques kyphoplastie longitudo quand il s'agit de traiter des fractures A3.2 traumatiques.

## **Prise en charge des fractures traumatiques classées A3.2**

Pour rappel, les fractures classées A3.2 sont définies par l'existence d'un trait de fracture séparant le corps vertébral en deux blocs distincts ainsi que d'une composante de fracture par comminution, c'est la raison pour laquelle elles sont appelées « split burst » fracture.

Elles posent les mêmes problèmes de consolidation que pour les split fractures simples, à savoir les fractures classées A2 selon Magerl, du fait de la séparation de deux blocs de corps vertébral dans laquelle peut s'immiscer du contenu discal.

Par leur partie comminutive, le mur postérieur est atteint, ce qui rend ce type de fracture plus susceptible de causer des lésions neurologiques.

L'équivalent dans la nouvelle classification AOspine est représenté par le sous type A4. **(27)**

Le traitement de ces fractures chez les patients indemnes sur le plan neurologique à l'heure actuelle est plutôt d'effectuer une ostéosynthèse percutanée avec ou sans augmentation vertébrale cimentée **(18,25,28–31)**, ou même avec un système de vis cimentées avec kyphoplastie comme pour Rahamimov et al **(32)**. Ces études montrent de bons résultats sur le plan biomécaniques et fonctionnels, bien que ces résultats ne soient jamais stratifiés par sous type de A3.

Plusieurs auteurs ont inclus des fractures traumatiques classées A3.2, en les traitant par kyphoplastie seul, avec des résultats discutables : Maestretti et al **(33)** ne recommande pas de traiter les fractures A3.2 avec kyphoplastie seule en utilisant du phosphate de calcium, Grelat et al dans une série retrospective de 77 patients avec fracture traumatique thoracolumbaire **(34)** retrouvait une aggravation de la cyphose dans dernier suivi (suivi moyen à 3ans) chez les patients atteint de fracture A3.2, avec deux tiers d'entre eux, une cyphose régionale à  $>10^\circ$ .

A l'inverse, les fractures A3.2 traumatiques sont quasiment systématiquement exclues des études se portant sur la VBS et de manière générale toute la littérature concernant les dispositifs d'augmentation vertébral.

*Un tableau récapitulatif des études menées sur la VBS se trouve en annexe : Tableau 10*



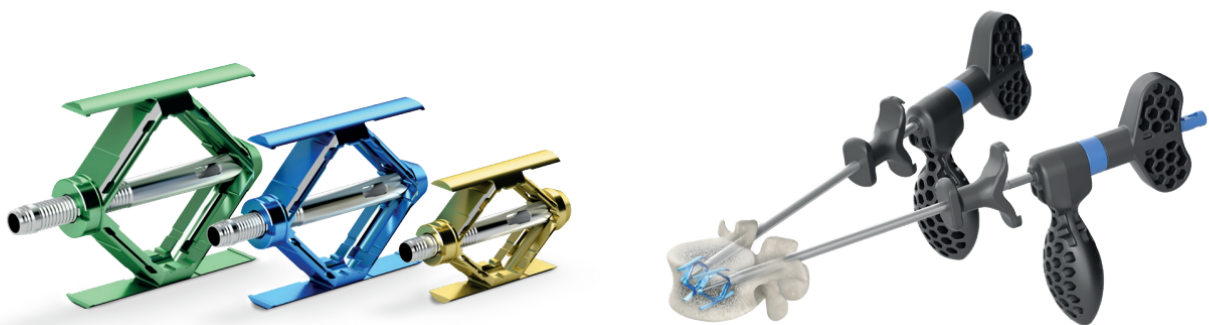
## Place des autres techniques d'augmentation vertébral dans la traumatologie pure du rachis thoraco-lombaire

Il faut rappeler que de nombreuses techniques d'augmentation vertébrales et de chirurgie mini-invasives du rachis existent, et que leurs indications en traumatologies sont encore objet de controverse.

Parmi les techniques d'augmentation vertébrales utilisées dans l'indication traumatique pure des fractures thoraco-lombaires, nous pouvons citer le Spine Jack, qui est aussi représenté que la Stentoplastie dans le paysage des techniques de restauration de la colonne antérieure.

Le spinejack, à l'instar de la VBS fait également partie des techniques d'augmentation vertébrale, avec largage d'implant vertébral en titane et injection de ciment dans la vertèbre fracturée.

A la différence de la VBS, son déploiement dans le corps vertébral se fait dans un sens strictement crânio caudal, et ne créant que très peu d'espace vide autour de l'implant, faisant conserver un maximum d'os spongieux natif, de plus, son expansion est mécanique directe, plutôt qu'hydraulique et indirecte par rapport à la VBS, ce qui permet un contrôle continu et millimétrique du déploiement de l'implant. Cependant, ce dispositif, reposant sur l'expansion de deux petits plateaux, et par conséquent faisant peser toutes les contraintes sur une surface très limitée, fait qu'en théorie, l'environnement osseux doit être sain, la comminution sévère, les fractures ostéolytiques importantes, et l'ostéoporose majeure apparaissent donc comme des freins à l'indication de cette technique.



*Dispositif SpineJack – Brochure Stryker*

Concernant son indication aux fractures traumatiques pures, nous pouvons citer les travaux de Noriega et al (35–38) en particulier sa série prospective de 44 patients suivis sur 66 mois, publiée en 2021 (38), chez les patients exclusivement atteints de fractures traumatiques thoracolombaire de type A3 selon AO, reportant 1 cas de fuite de ciment latérale asymptomatique, concernant la cyphose et la hauteur vertébrale, concernant l'amélioration des échelles fonctionnelles et algologiques

A ce jour, il n'existe pas encore d'étude comparative entre VBS et SJ, de futures études prospectives et comparatives avec un suivi intermédiaire et au long terme sont à mener.

### **Limites de l'étude**

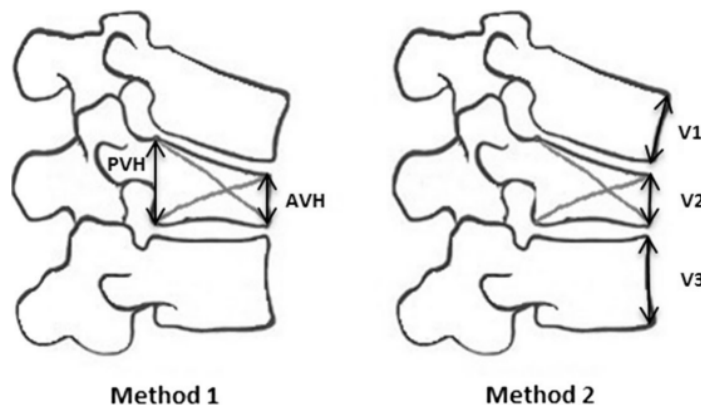
Il s'agit d'une étude comparative rétrospective monocentrique avec tous les biais qu'un tel modèle d'étude peut comporter, tout cela, limitant le niveau de preuve. Nos résultats pourraient à l'avenir être mis en valeur et renforcés par des études prospectives multicentriques comparatives.

Le principale écueil de notre étude, à notre sens est qu'il y avait une différence significative d'un de nos critères de jugement principal entre les deux groupes, en effet, il s'agit de la cyphose pré opératoire dans les deux groupes de patients à savoir une cyphose moyenne préopératoire de 9° avec des valeurs comprises entre 3° et 11° pour le groupe VBS, et une cyphose moyenne préopératoire de 17,35°, avec des valeurs comprises entre 9 et 30° pour le groupe kyphoplastie longitude. Cela signifie que nos résultats doivent être nuancés, que l'équivalence des techniques est à conditionner avec des valeurs de cyphose moyennes pré opératoire comprises entre 3° et 11°. Pour autant, cela ne signifie pas que la VBS ne pourrait pas corriger de plus grandes valeurs de cyphose pré opératoire, mais simplement que nos données à l'heure actuelles sont insuffisantes pour pouvoir le prouver.

Les limites du pouvoir de correction en particulier concernant la cyphose pour la VBS devrait être un sujet d'étude sérieux, concernant les fractures traumatiques, en effet, en comparant les différentes séries, les moyennes de cyphoses locales préopératoires étaient relativement faibles allant de 10° à 13°, à noter que la moyenne des patients traités par VBS par Diel et Al dans sa série de 40 patients comportait une cyphose moyenne de 17,7° avec une correction moyenne de 10°. *Tableau 10*

Concernant le recueil de données cliniques fonctionnelles, premièrement, tous les patients n'avaient pas une évaluation fonctionnelle en pré opératoire, notamment, pas d'EVA pré opératoire pour les patients traités par kyphoplastie longitude, deuxièmement le score d'Oswestry a été demandé que pour les patients traités par VBS en pré et post opératoire à 1an, et tous les patients ne s'y sont pas soumis.

Sur le plan radiologique, des mesures complémentaires auraient pu être intéressantes : notamment pour évaluer la hauteur vertébrale, comme l'ont fait Vendevre et al (38) avec l'index de Beck ; quant à l'évaluation de la cyphose, il aurait également été intéressant de comparer les cyphoses régionales, ainsi que l'angle régional traumatique, pour augmenter la comparabilité de nos données avec toutes les études disponibles sur le sujet. En effet d'après Sadiqi et al (39) qui a mené une étude sur les méthodes de mesures les plus utilisés dans le monde pour décrire la cyphose et la hauteur vertébrale, il apparaît que c'est la Cyphose Régionale (ou Angle de Cobb) qui est la plus utilisée, et concernant la hauteur vertébrale, c'est le VBCR, Vertebral Body Compression Ratio qui est le plus utilisé, mesure qui est définie par le ratio entre le mur antérieur de la vertèbre fracturée et le mur postérieure de celle-ci.



Method 1 = Anterior/Middle Column Vertebral Body Compression Ratio (VBCR) = AVH/PVH  
 Method 2 = Anterior Vertebral Body Compression Percentage (AVBC%) =  $V2 / [(V1+V3)/2] \times 100\%$   
 AVH = anterior vertebral height  
 PVH = posterior vertebral height

*Sadiqi et al – Eur Spine J 2017 méthode de mesure de la perte de hauteur vertébrale*

La classification utilisée pour les fractures du rachis est celle de Magerl de 1994, et non la nouvelle classification AO, car notre étude est antérieure à l'établissement et la démocratisation de ce nouveau système. Les fractures A3.2 selon Magerl correspondent donc aux fractures de type A4 selon AO. Toutes nos études ultérieures devraient s'aligner sur cette classification, comme toutes les études actuellement sur les fractures du rachis thoraco-lombaires.

Concernant le design de l'étude, nous pouvons également déplorer l'absence de suivi intermédiaire, et de suivi à plus long terme.

Enfin, à efficacité biomécanique équivalente, une analyse socio-économique aurait pu être pertinente pour argumenter la supériorité d'une technique sur l'autre, si tant est que nous recherchons toujours l'efficacité maximale pour un moindre coût.

En dépit de ces limites, notre étude reste la première à comparer la stentoplastie à une autre technique mini-invasive percutanée que la kyphoplastie seule : nous pouvons désormais dire que la stentoplastie est au moins aussi efficace sur la correction de la cyphose locale et la correction de la hauteur vertébrale qu'avec un traitement par kyphoplastie et ostéosynthèse percutanée pour le traitement des fractures traumatiques de type A3.2 selon Magerl ou de type A4 selon AO, pour des valeurs de cyphose moyenne comprises entre 3 et 11° d'après nos résultats.

## CONCLUSION

---

Cette étude est la première à notre connaissance à comparer l'efficacité sur la correction de la cyphose locale et la correction de la hauteur vertébrale, de la stentoplastie vertébrale à la kyphoplastie associée à une ostéosynthèse percutanée de montage court.

Ces techniques chirurgicales permettent toutes les deux d'améliorer de manière significative les patients avec une correction moyenne de cyphose pour les fractures classés A3.2 de 66% et 73% respectivement pour la VBS et la BKP + PSSF, et une correction de la hauteur vertébrale moyenne toujours pour les fractures classés A3.2 de 90% et 85% respectivement pour la VBS et la BKP+ PSSF. Nous avons vu également qu'il n'existait pas de différence significative de correction que ce soit pour la Cyphose ou la VBH entre les deux techniques, quand il s'agit de traiter des patients atteints de fractures traumatiques classés A3.2.

Au vu de ces résultats, nous pouvons enfin affiner notre algorithme décisionnel, en proposant plus facilement la VBS pour les fractures A3.2 plutôt qu'une BKP et PSSF pour des valeurs moyennes de cyphose à 9°, ou le gain se ferait surtout sur une durée d'intervention chirurgicale et d'hospitalisation plus courte, ainsi que sur l'absence de réintervention pour retrait de matériel.

Ces résultats sont à conforter dans de futures études de plus haut niveau de preuves, si possible sur un mode prospectif, multicentrique, randomisé et comparatif, avec bien sûr, une homogénéité des caractéristiques de bases des groupes, en confrontant d'autres techniques chirurgicales percutanées.

Notre algorithme devrait être mis ainsi à l'épreuve, dans de futures études comparatives, à la lumière d'autres arbres décisionnels dans tous les trauma centers du monde, toujours dans le but de rechercher le gold standard de la prise en charge de nos patients atteints de fractures thoraco-lombaires.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

1. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury*. 1 août 2006;37(8):691-7.
2. Holmes JF, Miller PQ, Panacek EA, Lin S, Horne NS, Mower WR. Epidemiology of Thoracolumbar Spine Injury in Blunt Trauma. *Academic Emergency Medicine*. 2001;8(9):866-72.
3. Katsuura Y, Osborn JM, Cason GW. The epidemiology of thoracolumbar trauma: A meta-analysis. *Journal of Orthopaedics*. déc 2016;13(4):383-8.
4. Zileli M, Sharif S, Fornari M. Incidence and Epidemiology of Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 31 déc 2021;18(4):704-12.
5. Freslon M, Bouaka D, Coipeau P, Defossez G, Leclercq N, Nebout J, et al. Fractures du rachis thoracolombaire. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. juin 2008;94(4):22-35.
6. Bakhsheshian J, Dahdaleh NS, Fakurnejad S, Scheer JK, Smith ZA. Evidence-based management of traumatic thoracolumbar burst fractures: a systematic review of nonoperative management. *FOC*. juill 2014;37(1):E1.
7. Diallo M, Kouitchou R, Touta A, Kaya J-M, Troude L, Mélot A, et al. Traitement de la fracture vertébrale ostéoporotique par kyphoplastie percutanée avec un extenseur de type SpineJack®. *Pan Afr Med J [Internet]*. 22 avr 2020 [cité 2 juin 2021];35. Disponible sur: <http://www.panafrican-med-journal.com/content/article/35/136/full/>
8. Bousson V, Hamze B, Odri G, Funck-Brentano T, Orcel P, Laredo J-D. Percutaneous Vertebral Augmentation Techniques in Osteoporotic and Traumatic Fractures. *Semin Intervent Radiol*. oct 2018;35(04):309-23.
9. Kasperk C, Hillmeier J, Nöldge G, Grafe IA, DaFonseca K, Raupp D, et al. Treatment of Painful Vertebral Fractures by Kyphoplasty in Patients With Primary Osteoporosis: A Prospective Nonrandomized Controlled Study. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2005;20(4):604-12.
10. Khan M, Kushchayev SV. Percutaneous Vertebral Body Augmentations. *Neuroimaging Clinics of North America*. nov 2019;29(4):495-513.
11. Korovessis P, Mpountogianni E, Syrimpeis V. Percutaneous pedicle screw fixation plus kyphoplasty for thoracolumbar fractures A2, A3 and B2. *Eur Spine J*. mai 2017;26(5):1492-8.
12. Merom L, Raz N, Hamud C, Weisz I, Hanani A. Minimally invasive burst fracture fixation in the thoracolumbar region. *Orthopedics*. avr 2009;32(4):orthosupersite.com/view.asp?rID=38353.
13. Teng MMH, Wei C-J, Wei L-C, Luo C-B, Lirng J-F, Chang F-C, et al. Kyphosis Correction and Height Restoration Effects of Percutaneous Vertebroplasty. 2003;8.
14. Majd ME, Farley S, Holt RT. Preliminary outcomes and efficacy of the first 360 consecutive kyphoplasties for the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *The Spine Journal*. mai 2005;5(3):244-55.

15. Hartmann F, Gercek E, Leiner L, Rommens PM. Kyphoplasty as an alternative treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures Magerl type A3. *Injury*. avr 2012;43(4):409-15.
16. Piazzolla A, De Giorgi G, Solarino G. Vertebral body recollapse without trauma after kyphoplasty with calcium phosphate cement. *Musculoskelet Surg*. 1 août 2011;95(2):141-5.
17. Wang C, Zhang X, Liu J, Shan Z, Li S, Zhao F. Percutaneous kyphoplasty: Risk Factors for Recollapse of Cemented Vertebrae. *World Neurosurg*. oct 2019;130:e307-15.
18. Fuentes S, Blondel B, Metellus P, Gaudart J, Adetchessi T, Dufour H. Percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for the management of thoraco-lumbar burst fractures. *Eur Spine J*. août 2010;19(8):1281-7.
19. Heini P, Teuscher R. Vertebral body stenting / stentoplasty. *Swiss Med Wkly [Internet]*. 6 août 2012 [cité 2 juin 2021]; Disponible sur: <http://doi.emh.ch/smw.2012.13658>
20. Muñoz Montoya JE, Torres C, Ferrer ER, Muñoz Rodríguez EE. A Colombian experience involving SpineJack®, a consecutive series of patients experiencing spinal fractures, percutaneous approach and anatomical restoration 2016–2017. *J Spine Surg*. sept 2018;4(3):624-9.
21. Blondel B, Fuentes S, Pech-Gourg G, Adetchessi T, Tropiano P, Dufour H. Percutaneous management of thoracolumbar burst fractures: Evolution of techniques and strategy. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. sept 2011;97(5):527-32.
22. Wang D, Zheng S, Liu A, Xu J, Du X, Wang Y, et al. The Role of Minimally Invasive Vertebral Body Stent on Reduction of the Deflation Effect After Kyphoplasty: A Biomechanical Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 15 mars 2018;43(6):E341-7.
23. Beall D, Lorio MP, Yun BM, Runa MJ, Ong KL, Warner CB. Review of Vertebral Augmentation: An Updated Meta-analysis of the Effectiveness. *Int J Spine Surg*. 2018;12(3):295-321.
24. De Leacy R, Chandra RV, Barr JD, Brook A, Cianfoni A, Georgy B, et al. The evidentiary basis of vertebral augmentation: a 2019 update. *J NeuroIntervent Surg*. mai 2020;12(5):442-7.
25. Salle H, Meynard A, Auditeau E, Gantois C, Rouchaud A, Mounayer C, et al. Treating traumatic thoracolumbar spine fractures using minimally invasive percutaneous stabilization plus balloon kyphoplasty: a 102-patient series. *J NeuroIntervent Surg*. sept 2021;13(9):848-53.
26. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J*. août 1994;3(4):184-201.
27. Reinhold M, Audigé L, Schnake KJ, Bellabarba C, Dai L-Y, Oner FC. AO spine injury classification system: a revision proposal for the thoracic and lumbar spine. *Eur Spine J*. oct 2013;22(10):2184-201.
28. Caruso G, Gildone A, Lorusso V, Lombardi E, Andreotti M, Gerace E, et al. Percutaneous fixation and balloon kyphoplasty for the treatment of A3 thoracolumbar fractures. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. oct 2019;10:S163-7.

29. Fuentes S, Metellus P, Fondop J, Pech-Gourg G, Dufour H, Grisoli F. Traitement des fractures de type burst de la charnière thoracolombaire par kyphoplastie et ostéosynthèse percutanée. *Neurochirurgie*. août 2007;53(4):272-6.
30. Greenberg JK, Burks SS, Dibble CF, Javeed S, Gupta VP, Yahanda AT, et al. An updated management algorithm for incorporating minimally invasive techniques to treat thoracolumbar trauma. *J Neurosurg Spine*. 29 oct 2021;1-10.
31. Pourabbas Tahvildari B, Safari R, Puralimohammadi MA. Analysis of the Effect and Prognostic Factors Associated with Postural and Instrumental Reduction in Thoracolumbar Burst Fractures. *J Biomed Phys Eng*. 1 juin 2021;11(3):337-44.
32. Rahamimov N, Mulla H, Shani A, Freiman S. Percutaneous augmented instrumentation of unstable thoracolumbar burst fractures. *Eur Spine J*. mai 2012;21(5):850-4.
33. Maestretti G, Cremer C, Otten P, Jakob RP. Prospective study of standalone balloon kyphoplasty with calcium phosphate cement augmentation in traumatic fractures. *Eur Spine J*. 1 mai 2007;16(5):601-10.
34. Grelat M, Madkouri R, Comby P-O, Fahed E, Lemogne B, Thouant P. Mid-Term Clinical and Radiological Outcomes After Kyphoplasty in the Treatment of Thoracolumbar Traumatic Vertebral Compression Fractures. *World Neurosurgery*. 1 juill 2018;115:e386-92.
35. Noriega D, Maestretti G, Renaud C, Francaviglia N, Ould-Slimane M, Queinnec S, et al. Clinical Performance and Safety of 108 SpineJack Implantations: 1-Year Results of a Prospective Multicentre Single-Arm Registry Study. *BioMed Research International*. 2015;2015:1-10.
36. Noriega D, Krüger A, Ardura F, Hansen-Algenstaedt N, Hassel F, Barreau X, et al. Clinical Outcome after the Use of a New Craniocaudal Expandable Implant for Vertebral Compression Fracture Treatment: One Year Results from a Prospective Multicentric Study. *BioMed Research International*. 2015;2015:1-7.
37. Noriega DC, Ramajo RH, Lite IS, Toribio B, Corredera R, Ardura F, et al. Safety and clinical performance of kyphoplasty and SpineJack® procedures in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: a pilot, monocentric, investigator-initiated study. *Osteoporos Int*. juin 2016;27(6):2047-55.
38. Noriega DC, Crespo-Sanjuan J, Olan WJ, Hernandez-Ramajo R, Bell DP, Sanz JJC, et al. Treatment of Thoracolumbar Type A3 Fractures Using a Percutaneous Intravertebral Expandable Titanium Implant: Long-term Follow-up Results of a Pilot Single Center Study. *Pain Physician*. août 2021;24(5):E631-8.
39. Vendeuvre T, Brossard P, Pic J-B, Billot M, Gayet L-E, Pries P, et al. Vertebral balloon kyphoplasty versus vertebral body stenting in non-osteoporotic vertebral compression fractures at the thoracolumbar junction: a comparative radiological study and finite element analysis (BONEXP study). *Eur Spine J [Internet]*. 4 mars 2021 [cité 2 juin 2021]; Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/s00586-021-06785-5>
40. Sadiqi S, Verlaan J-J, Lehr AM, Chapman JR, Dvorak MF, Kandziora F, et al. Measurement of kyphosis and vertebral body height loss in traumatic spine fractures: an international study. *Eur Spine J*. mai 2017;26(5):1483-91.



## ANNEXES

---

**Tableau 1 Données démographiques : Groupe Stentoplastie**

	Case (n=39)	Percentage (%)
Age (years)		
≤ 50	20	51,282
> 50	19	48,717
Sexe		
Male	14	35,897
Female	25	64,1025
Niveau fracturaire		
T11	0	0
T12	10	25,641
L1	15	38,461
L2	3	7,692
L3	8	20,512
L4	0	0
L5	3	7,692
Fracture (Magerl)		
A3 type 2	39	100
Recul du mur postérieur (%)		
0% - 25%	22	56,410
25% - 50%	9	23,076
50% - 75%	8	20,512
> 75%	0	14,705

**Tableau 2 : Données démographiques : groupe BKP+PSSF**

	Case (n=34)	Percentage (%)
<b>Age (years)</b>		
≤ 50	17	50
> 50	17	50
<b>Sexe</b>		
Male	27	79,411
Female	7	20,588
<b>Niveau fracturaire</b>		
T11	0	0
T12	4	11,764
L1	22	64,705
L2	4	11,764
L3	0	0
L4	4	11,764
L5	0	0
<b>Fracture (Magerl)</b>		
A3 type 2	34	100
<b>Recul du mur postérieur (%)</b>		
0% - 25%	17	50
25% - 50%	6	17,647
50% - 75%	6	17,647
> 75%	5	14,705



**Tableau 3 : Données Peropératoires**

	Type de ciment	n	%
<b>Groupe VBS</b>	<b>PMMA</b>	39	100
	<b>Ostéogénique</b>	0	0
	<b>Fuite de ciment</b>	0	0
<b>Groupe BKP+PSSF</b>	<b>PMMA</b>	27	79,4
	<b>Ostéogénique</b>	7	20,6
	<b>Fuite de ciment</b>	4	11,7

**Tableau 4 : Données cliniques**

	<b>Moyenne VBS ± DS</b>	<b>Médiane VBS</b>	<b>Moyenne BKP+PSSF ± DS</b>	<b>Médiane BKP+PSSF</b>	<b>Diff BKP+PSSF vs VBS</b>	<b>p (test de student non appareillé)</b>
<b>Durée de l'intervention (min)</b>	32,3 ± 3,21	35	75,8 ± 25,6	67	<b>43,5</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Durée de séjour d'hospitalisation (jours)</b>	1,3 ± 0,5	1	3,8 ± 1,6	3	<b>2,5</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Volume de ciment utilisé (mL)</b>	11,4 ± 0,9	12	14,5 ± 3,9	14	3,1	<b>&lt;0,001</b>
<b>EVA pré op</b>	7,1 ± 2,05	7	non mesuré	non mesuré	non mesurable	
<b>EVA post op</b>	2,6 ± 0,9	3	1,52 ± 0,6	1	2	<b>&lt;0,001</b>
<b>ODI pré op</b>	17		non mesuré		14,9	<b>&lt;0,05</b>
<b>ODI post op</b>	2,81		non mesuré			

**Tableau 5. Analyse de la cyphose locale et de la hauteur vertébral pré et postopératoire à 1an pour le groupe VBS et BKP+PSSF – Valeurs absolue**

	Moyenne VBS	Moyenne BKP+PSSF	IQR VBS	IQR BKP+PSSF	Amélioration moyenne VBS	Amélioration moyenne BKP+PSSF	P value VBS	P Value BKP+PSSF
<b>Cyphose Locale pré opératoire (degré)</b>	9,00	17,35	2,59	5,32	5,99	12,41	<0,0001	<0,001
<b>Cyphose Locale Postopératoire (degré)</b>	3,01	4,59	2,67	3,26				
<b>Perte de Hauteur vertébrale préopératoire (%)</b>	53,3	57,7	12,9	7,43	48,9	51,5	<0,001	<0,001
<b>Hauteur vertébrale postopératoire (%)</b>	95,6	93,8	4,89	4,20				

*Les valeurs de p ont été calculés par un T Test de Student non apparié*



**Tableau 6. Analyse comparative de la VBS et de la BKP+PSSF sur les variations de la cyphose et de la hauteur vertébrale en valeurs relative (i.e pourcentage d'amélioration moyen) par regression statistique simple**

	<b>VBS</b>	<b>BKP+PSSF</b>
<b>Amélioration moyenne de la cyphose locale à 1an (%)</b>	66	73
<b>Valeurs extrêmes (%)</b>	56,9-75,3	67,17-79,52
<b>Différence VBS-BKP+PSSF (%)</b>	7,2	
<b>p Value</b>	1,2	
<b>Amélioration moyenne de la VBH à 1an (%)</b>	90	85
<b>Valeurs extrêmes (%)</b>	87,2-94,1	80,8-88,6
<b>Différence VBS-BKP+PSSF (%)</b>	5	
<b>p Value</b>	<b>0,012</b>	



**Tableau 7. Analyse univariée par regression linéaire sur uniquement l'effet du choix de la technique (i.e « EST KYPHO ») sur la cyphose et la hauteur vertébrale post opératoires**

		<b>Estimate ou Coefficient</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>T value</b>	<b>Pr (&gt;t)</b>
<b>Cyphose post opératoire</b>	<b>(intercept)</b>	0,66	0,04	16,9	<2 <sup>e</sup> -16
	<b>Est Kypho</b>	0,07	0,05	1,27	0,207
<b>Hauteur vertébrale postopératoire</b>	<b>(intercept)</b>	0,91	0,02	51,7	<2 <sup>e</sup> -16
	<b>Est Kypho</b>	<b>-0,06</b>	0,03	-2,32	<b>0,023</b>



**Tableau 8. Analyse Multivariée pour expliquer la variable CYPHOSE post op avec régression linéaire multiple en gardant la variable « EST KYPHO » le long du processus par itération et après élimination des variables à effet nul**

	<b>Estimate ou Coefficient</b>	<b>Erreur Standard</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&lt;t)</b>
<b>Constante ou Intercept</b>	<b>1,09</b>	0,14	7,85	<b>5,3<sup>e</sup>-11</b>
<b>Age</b>	<b>-0,01</b>	0,001	-3,04	<b>0,00337</b>
<b>Fuite</b>	<b>0,24</b>	0,103	2,26	<b>0,02681</b>
<b>EVA post op</b>	-0,05	0,028	-1,97	0,052
<b>Ablation matériel</b>	-0,14	0,084	-1,66	0,10
<b>Recul 0-50%</b>	0,05	0,040	1,18	0,24
<b>Recul 50-75%</b>	<b>-0,24</b>	0,048	-4,86	<b>7,9<sup>e</sup>-06</b>
<b>Recul 75-100%</b>	0,19			
<b>EST KYPHO</b>	<b>0,009</b>	<b>0,065</b>	<b>0,140</b>	<b>0,88</b>

**Tableau 9. Analyse Multivariée pour expliquer la variable HAUTEUR VERTEBRALE post opératoire avec régression linéaire multiple en gardant la variable « EST KYPHO » le long du processus par itération et après élimination des variables à effet nul**

	<b>Estimate ou Coefficient</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>T value</b>	<b>P (&gt;t)</b>
<b>Intercept</b>	0,81	0,05	16,00	<2 <sup>e</sup> -16
<b>EVA post op</b>	0,03	0,02	1,94	0,0562
<b>EST KYPHO</b>	<b>-0,035</b>	<b>0,03</b>	<b>-1,14</b>	<b>0,257</b>
<b>Type TL1</b>	-0,024	0,01	-1,62	0,109
<b>Recul &lt;50%</b>	0,03	0,02	1,31	0,191
<b>Recul 50-75%</b>	<b>-0,06</b>	0,03	-2,30	<b>0,024</b>

**Tableau 10. Résumé des études menés sur le traitement des fractures traumatiques thoraco-lombaire par VBS**



Article	Type d'étude	Type de fracture	Suivi	Cyphose	Hauteur vertébrale	Clinique	Complication
<i>Klezi et al. (2011)(18)</i>	Prospectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 groupe ostéoporotique: A1.3</li> <li>1 groupe traumatique: 10 patients (âge&lt;60ans): Tous A3.1</li> </ul>	1 an	Cyphose moy groupe traumatique <ul style="list-style-type: none"> <li>• pré op: 13°</li> <li>• post op: 5,7°</li> </ul> Différence Moyenne: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Groupe traumatique 7,3°</li> <li>• Groupe osteoporotique 4,50°</li> </ul>	Non mesuré	EVA : Groupe traumatique : Eva Moyenne préop 9,7 Vs post op 1,6	10% de fuite de ciment (2 cas sur 20) tous asymptomatiques
<i>Vendeuvre et Al. 2021 (30)</i>	Rétrospectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>24 fractures traumatiques traités par VBS : A1 (3),A2(2), A3.1 et A3.2</li> <li>Exclusion des A2.2 et A3.3</li> <li>Groupe comparatif avec fractures Traités par BKP</li> </ul>	J1 et J90	Cyphose moy VBS : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré op 9,5°</li> <li>• Post op 4,7°</li> </ul> Différence Moyenne : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Groupe VBS : 4,6°</li> <li>• Groupe BKP : 4,7°</li> </ul>	Index de Beck : (rapport entre hauteur vertébrale antérieure et hauteur mur postérieur de la vertèbre fracture):  Gain moyen de 8,9%	Non mesuré	BKP 41,7%  VBS 4,2%
<i>Muto et Al. 2011 (19)</i>	Prospectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 patients avec fractures traumatiques : A1</li> <li>20 patients traités pour fractures ostéoporotiques</li> </ul>	1 an	Non mesuré	60% des patients se sont améliorés au total (traumatique et ostéoporotiques) avec gain moyen de 1,5mm	Reduction Moyenne de 40% des scores ODI	1 cas de non déploiement d'un stent (trauma ou ostéoporotique)
<i>Hartmann et al. (21)</i>	Retrospectif	18 patients avec fractures traumatiques A3.1	2ans	Cyphose moy <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré op 10,4°</li> <li>• Post op 7,2°</li> </ul> Différence Moyenne cyphose locale: 3,2°	Non mesuré	ODI moyen à 2 ans: 28,9%	11,1% de fuite de ciment

<b>Diel et Al. 2013 (20)</b>	<b>Retrospectif</b>	40 patients avec fractures traumatiques traités par VBS  A1.1, A1.2, A.3 et A3.1	119 jours	Cyphose moyenne  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré op 17,7°</li> <li>• Post op 7,6°</li> </ul> Différence Moyenne cyphose locale: 8,90°	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beck index: pré op 0,73 vs Post 0,81</li> <li>• Hauteurs antérieures moyenne et postérieures pré op : 20.3-17.6-28.0 mm, respectivement VS post op 24.5-24.6-30.4 mm, Respectivement</li> </ul>	Non mesuré	29,1% de fuite de ciment  9% de SALF
<b>Garnon et al. 2019 (22)</b>	<b>Retrospectif</b>	39 patients avec fractures traumatiques :  A1.1, A1.2, A1.3, et A3.1	1 an	Cyphose moyenne  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré op 10°</li> <li>• Post op 6,7°</li> </ul> Différence Moyenne cyphose locale: 4,3°	Hauteur vertebrale:  Gain moyen 3,8mm	Non mesuré	18% de cas de fuite de ciment

Figure 1. Algorithme décisionnel CHU Limoges de prise en charge des fractures thoraco-lombaire traumatique

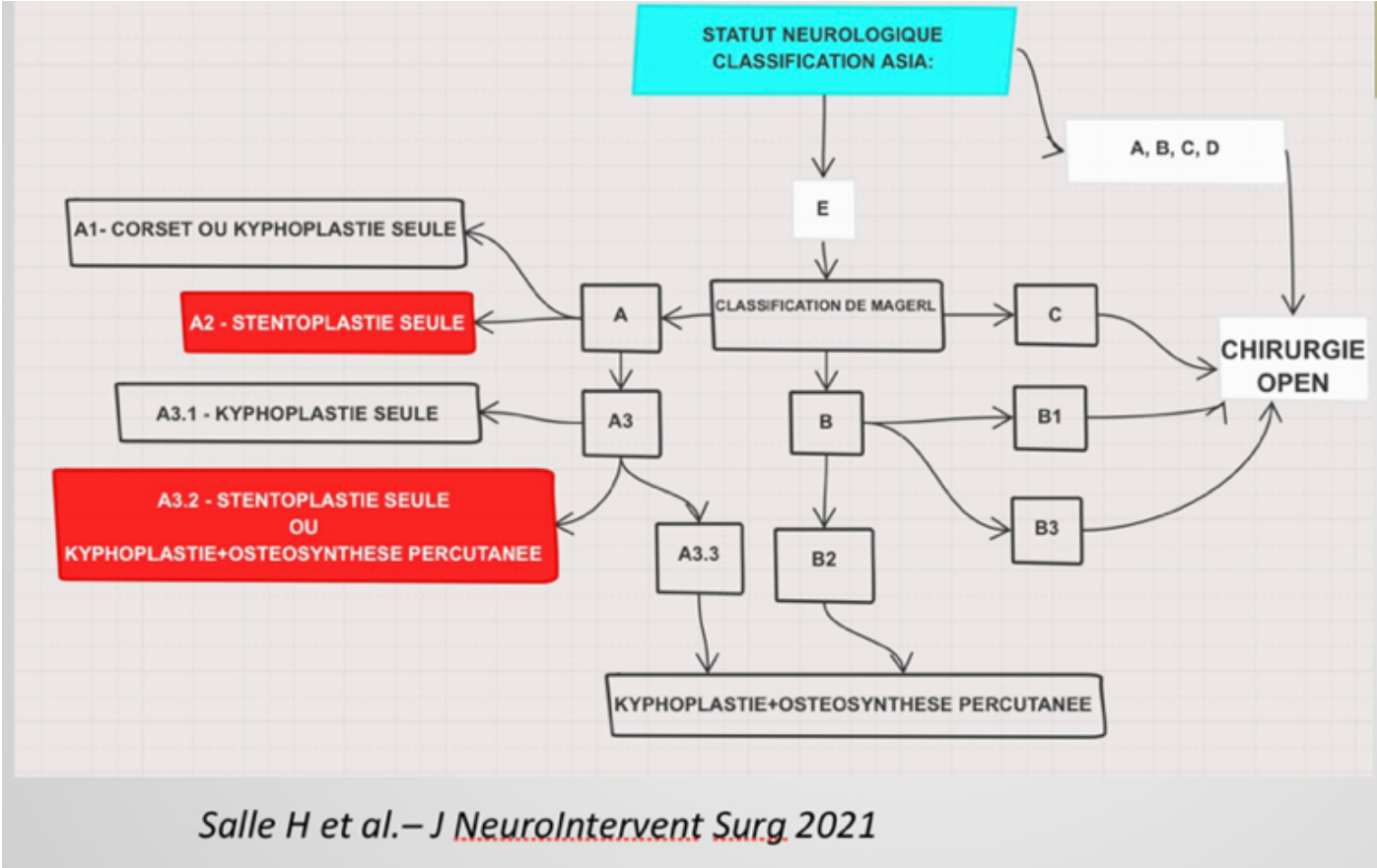


Figure 2. Mesure de la cyphose locale



Figure 3. Mesure du score VBH

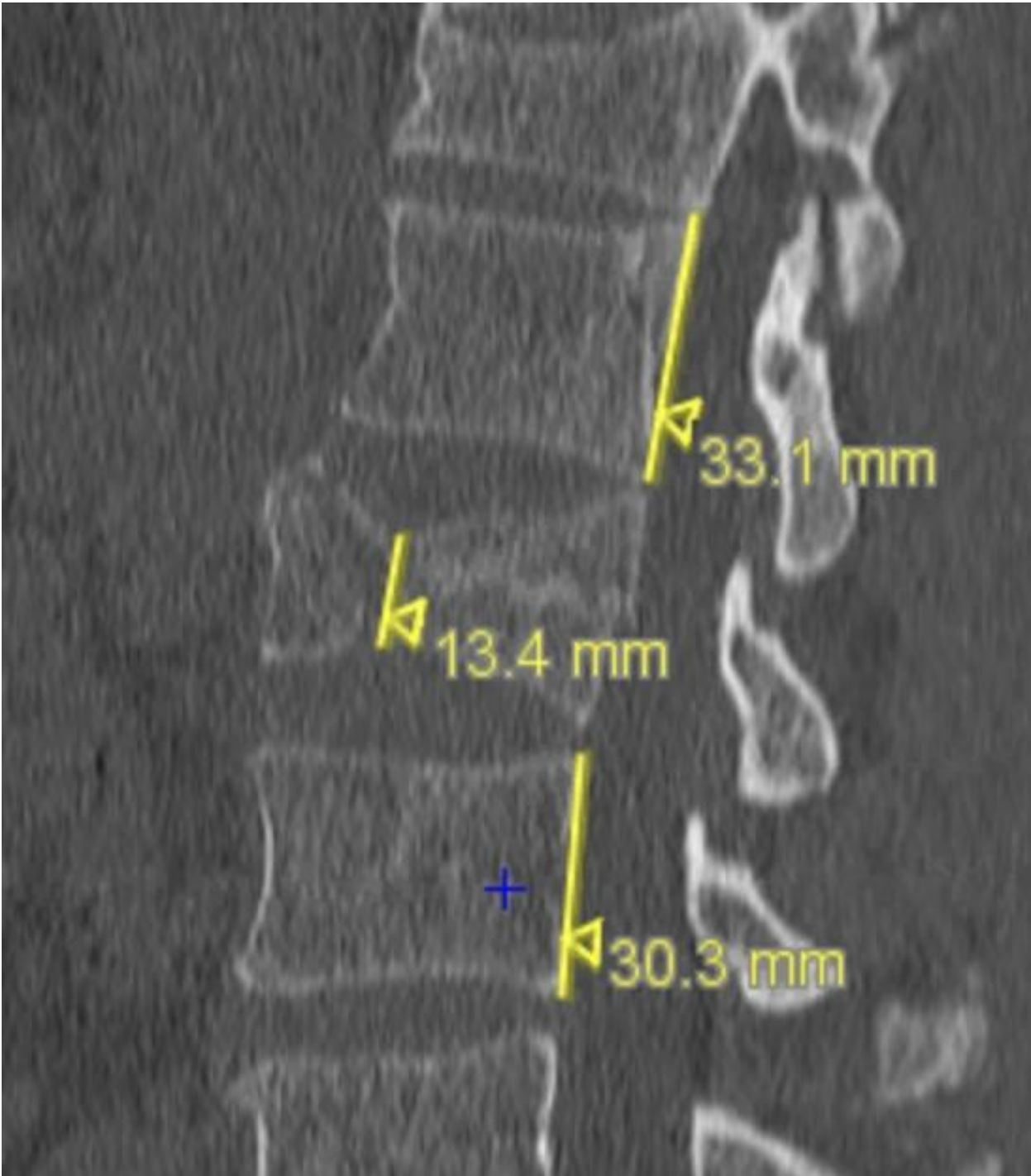
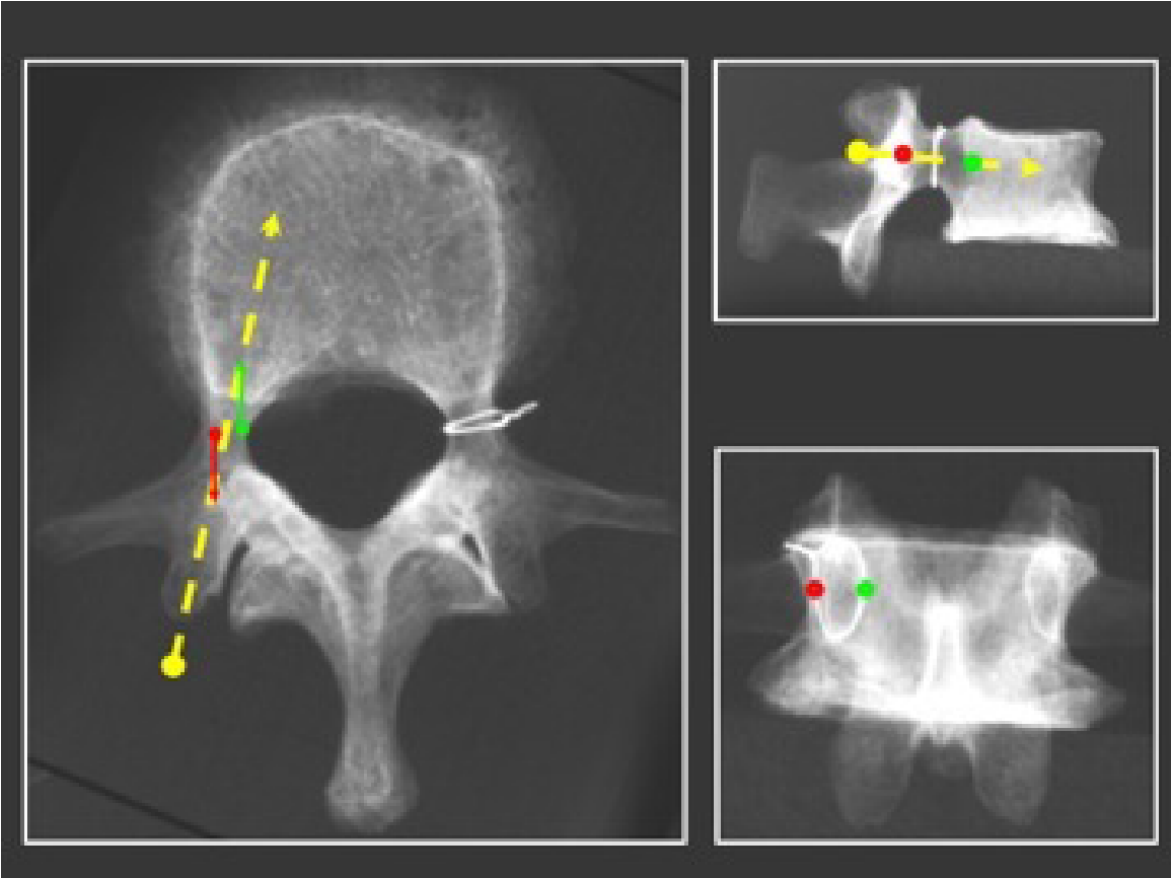




Figure 4. Cannulation des pédicules et insertion des vis pédiculaires



**Figure 5. Résultat final avec tiges pré cintrées**



Figure 6. Contrôle fluoroscopique per opératoire : en haut, les stents sont déployés dans la vertèbre fracturée et en bas, injection de ciment dans les stents, pas de déflation après de dégonflement des ballonnets.

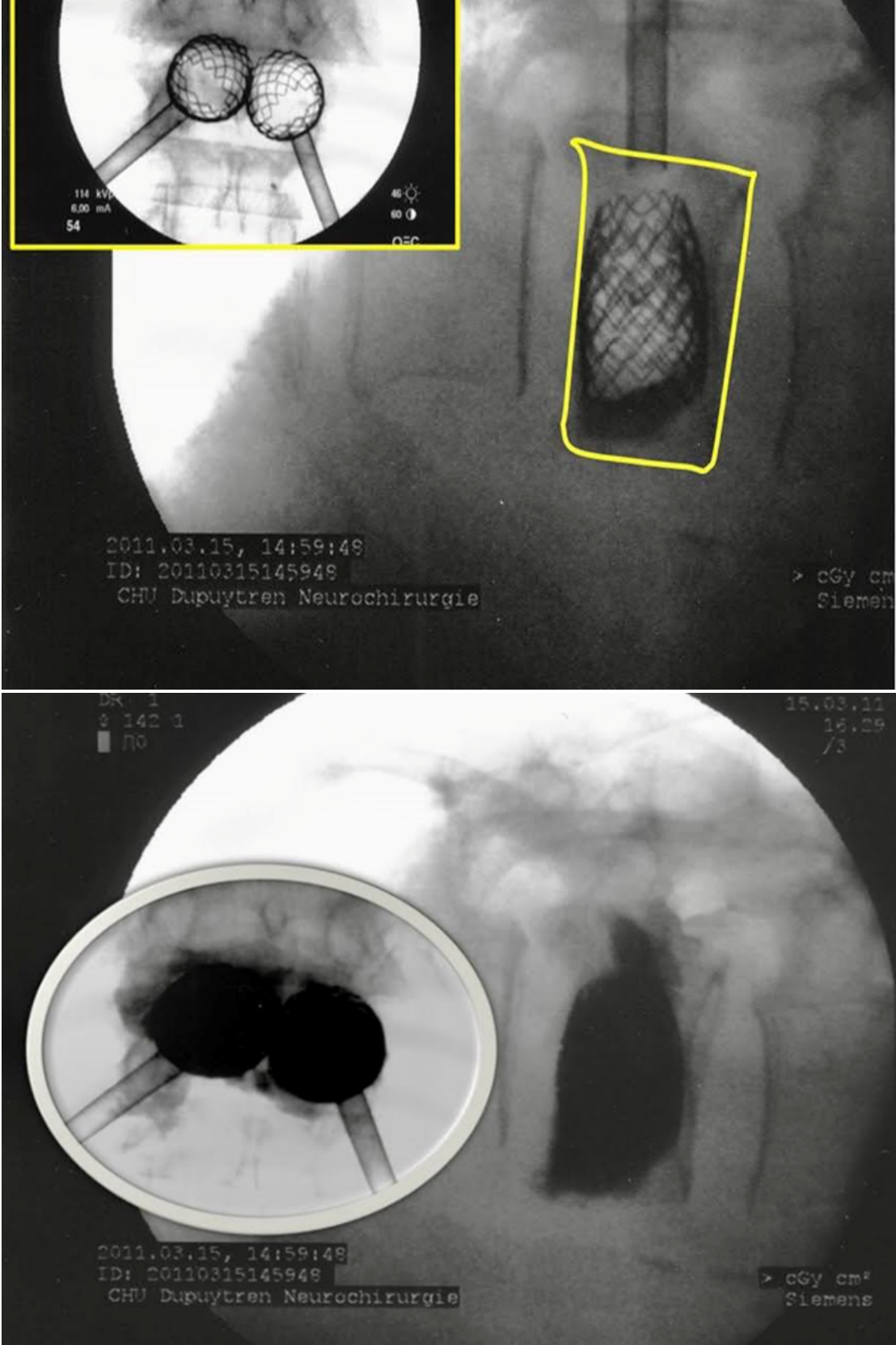
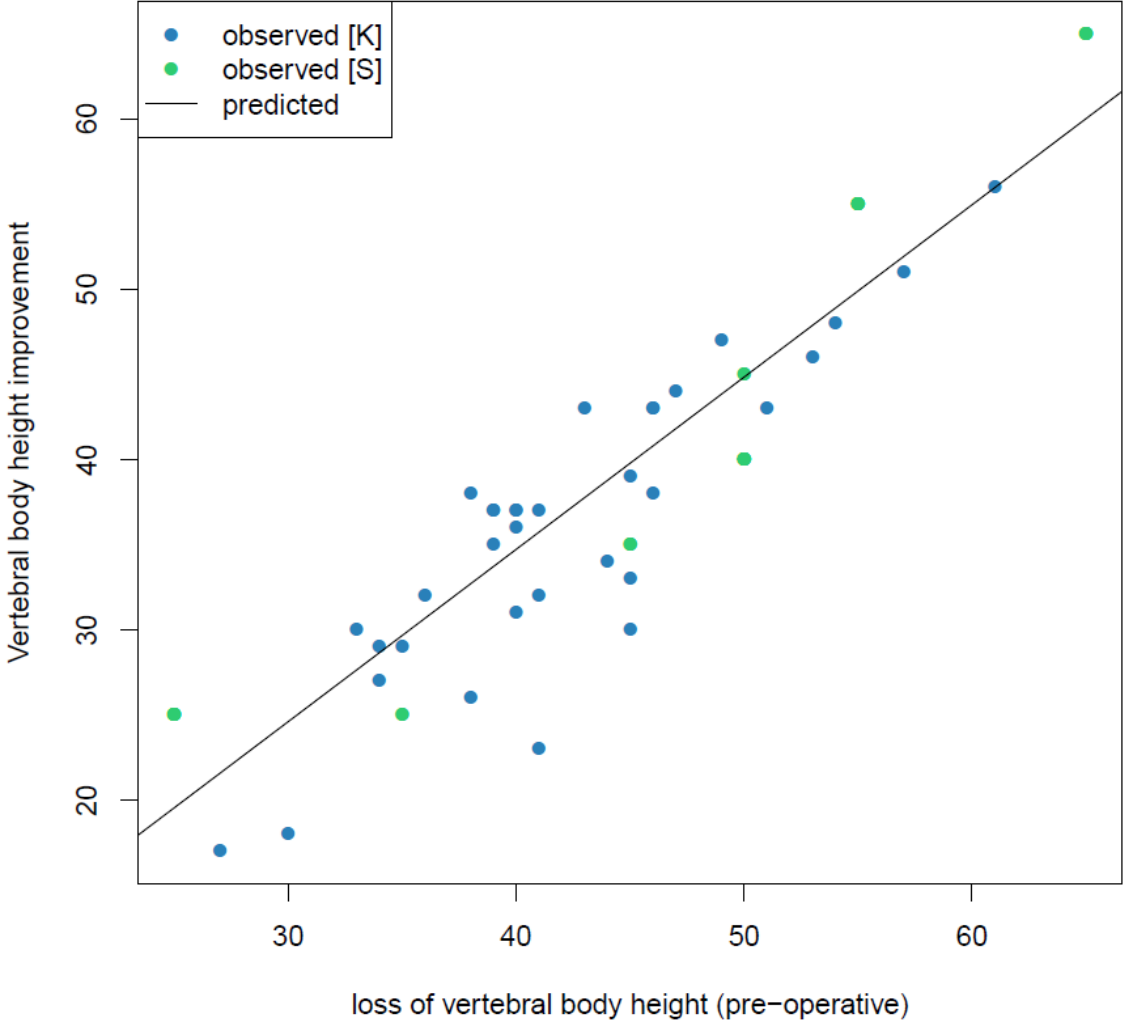
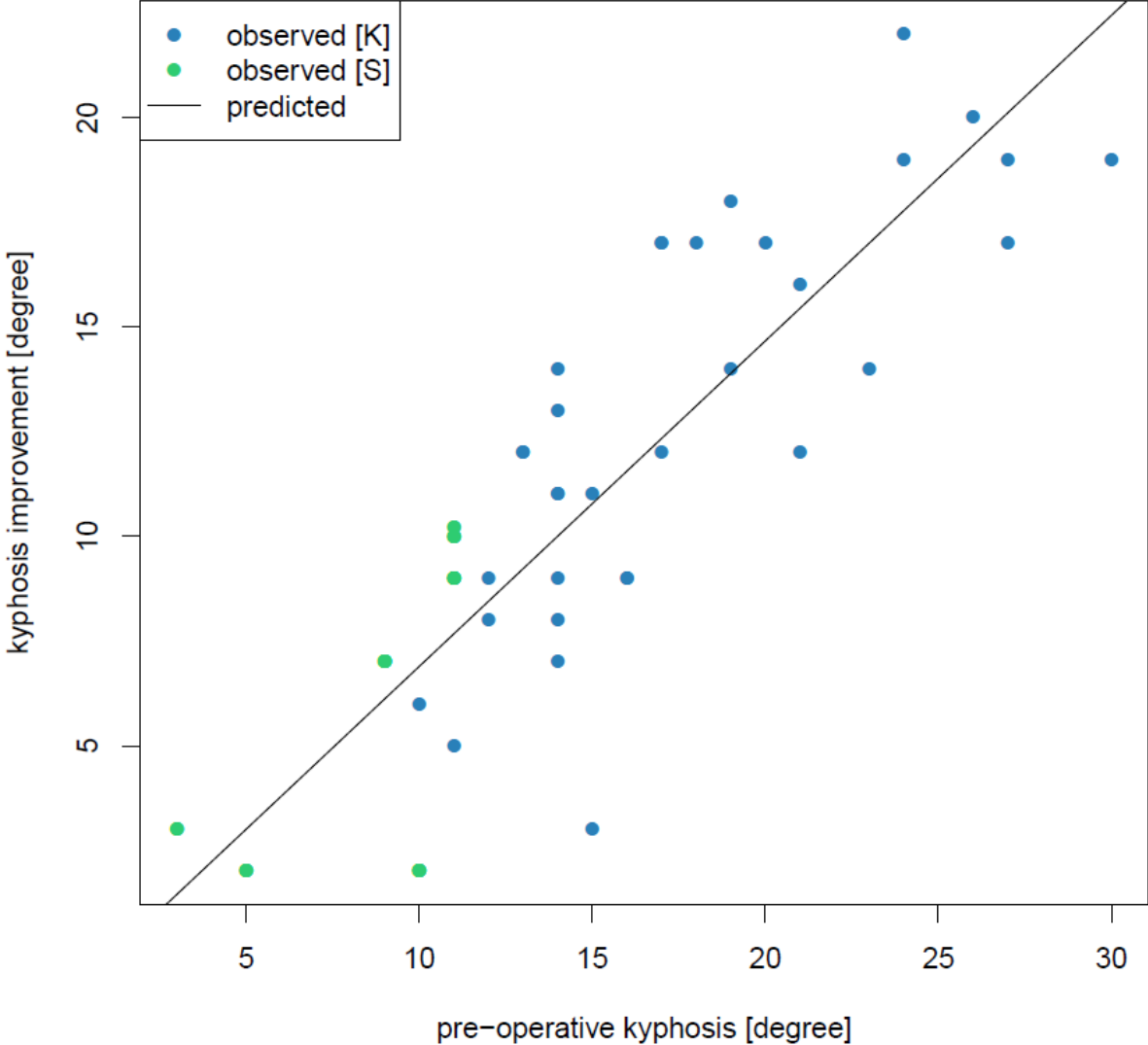


Figure 7. Amélioration de la hauteur vertébrale en fonction de la perte de hauteur vertébrale pré opératoire initiale (K=Kyphoplastie longitudine ; S=Stent)



**Figure 8. Amélioration de la cyphose locale en fonction de la cyphose pré opératoire initiale (K=Kyphoplastie longitude : S=Stent) nous remarquons la distribution séparée entre les patients traités par VBS où les valeurs initiale de cyphoses se distribuent à des valeurs inférieures à 11° et les valeurs de cyphoses des patients traités par BKP+PSSF se situent plutôt à des valeurs supérieures à 9°**



## SERMENT D'HIPPOCRATE

---

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viol et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

## RESUME

Les Fractures thoraco-lombaires traumatiques sont fréquentes et il n'existe à ce jour pas de consensus quant à leur traitement chez les patients ne présentant pas de déficit neurologique. Les fractures classés Magerl A3.2 sont traditionnellement traités par chirurgie de stabilisation à ciel ouvert. Au CHU de Limoges, les fractures sont traitées par fixation et ostéosynthèse percutanée ou par Stentoplastie. Nous voulions déterminer l'existence d'une différence entre les deux traitements en terme d'efficacité sur la correction de la cyphose vertébrale locale et la hauteur vertébrale.

Nous avons analysé de rétrospectivement tous les patients atteints exclusivement de fractures classés A3.2, opérés respectivement de stentoplastie et de kyphoplastie avec ostéosynthèse de 2007 à 2019.

34 patients étaient inclus dans le groupe Kyphoplastie et ostéosynthèse avec un âge moyen de 52,6ans (19 à 79ans) et 39 patients étaient inclus dans le groupe Stentoplastie avec une moyenne d'âge de 51ans (30 à 69ans). Aucun patient ne s'est compliqué, que ce soit sur le plan neurologique, infectieux, ou thrombo embolique. 4 fuites de ciment sont rapportés dans le groupe Kyphoplastie et ostéosynthèse, toutes asymptomatiques.

Tous les patients se sont améliorés : d'abord pour la cyphose locale avec une correction moyenne de  $6^\circ$ , soit un taux d'amélioration moyen de 66% dans le groupe stentoplastie et  $12,41^\circ$  soit un taux moyen d'amélioration de 73% pour le groupe Kyphoplastie et ostéosynthèse ; ensuite pour la hauteur vertébrale, le taux d'amélioration moyen était de 90% dans le groupe stentoplastie tandis qu'il était de 85% dans le groupe kyphoplastie et ostéosynthèse.

L'analyse multivariée a montré que le choix de la technique n'influait pas l'efficacité de la correction sur la cyphose locale et la hauteur vertébrale.

La stentoplastie est aussi efficace que la kyphoplastie associée à une ostéosynthèse percutanée pour corriger la cyphose et la hauteur vertébrale à cette taille d'échantillon.

De futures études prospectives randomisées comparatives sont à mener pour renforcer la validité et le niveau de preuve de nos résultats

## MOTS CLES :

Fractures thoraco-lombaire traumatique, Stentoplastie, Stents vertébraux, Augmentation vertébrale, Kyphoplastie, ostéosynthèse percutanée, chirurgie mini invasive

## **ABSTRACT**

Traumatic Thoracolumbar fractures are frequent, and there is no consensus treating those fractures, especially when patients have a normal neurologic status.

The A3.2 fractures according to Magerl are currently treated by open surgery with posterior fixation, in most of the trauma center in France. In our center at Limoges, we treated the A3.2 fractures with either Balloon kyphoplasty associated with percutaneous posterior short fixation or with stentoplasty. We aim to identify any differences on the efficiency between the two techniques.

We analysed retrospectively all patients with unique A3.2 fracture operated by stentoplasty and Balloon kyphoplasty with percutaneous posterior short fixation , from 2007 to 2019 at Limoges.

34 patients were operated with Balloon Kyphoplasty plus Percutaneous Posterior Short Fixation with a mean age 52,6 years old (range :19 to 79) of and 39 patients were operated with stentoplasty with a mean age of 51 years old (range 30 to 69 yo). No complication were reported, only 4 leaks of cement without any symptoms were reported in the Kyphoplasty and posterior fixation group.

Every patient improved : concerning vertabral kyphosis : we noted a mean correction of 6° which indicates an improvement rate of 66% for the stentoplasty group, and a mean correction of 12,41° which means an improvement rate of 73% for the Kyphoplasty and posterior fixation group, as for the vertebral height correction, we had an improvement rate of 90% for the stentoplasty group and an improvement rate of 85% for the Balloon Kyphoplasty plus Percutaneous Posterior Short Fixation.

We performed a multivariate analysis that showed no significant difference between the two techniques for the improvement of kyphosis and vertebral height within the range the preoperative data we had.

We concluded that stentoplasty is as effective as Kyphoplasty plus Percutanous Posterior Short Fixation for the treatment of the A3.2 fractures within the range of the vertebral kyphosis and vertebral height studied here .

Further studies are required, with a randomised comparative and prospective design, in order to confirm our results.

## **KEYWORDS**

Traumatic Thoraco-Lumbar Fracture, Vertebral Compression Fracture, Stentoplasty, vertebral body stent, VBS, Balloon Kyphoplasty, Percutaneous Posterior Short fixation, vertebral augmentation, Mini invasive surgery