



**HAL**  
open science

# Étude rétrospective monocentrique des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie Spine Jack®: résultats cliniques et radiologiques à un an

Johanna Claquin

► **To cite this version:**

Johanna Claquin. Étude rétrospective monocentrique des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie Spine Jack®: résultats cliniques et radiologiques à un an. Médecine humaine et pathologie. 2022. dumas-03921357

**HAL Id: dumas-03921357**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03921357>**

Submitted on 3 Jan 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

#### IMPORTANT : OBLIGATIONS DE LA PERSONNE CONSULTANT CE DOCUMENT

Conformément au *Code de la propriété intellectuelle*, nous rappelons que le document est destiné à un **usage strictement personnel**. Les "analyses et les courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information" sont autorisées sous réserve de mentionner les noms de l'auteur et de la source (article L. 122-4 du *Code de la propriété intellectuelle*). Toute autre représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit, est illicite.

---

De ce fait, nous vous rappelons notamment que, **sauf accord explicite** de l'auteur de la thèse ou du mémoire, **vous n'êtes pas autorisé** à rediffuser ce document sous quelque forme que ce soit (impression papier, transfert par voie électronique, ou autre). Tout contrevenant s'expose aux peines prévues par la loi.

**NANTES UNIVERSITÉ**

---

**FACULTÉ DE MÉDECINE**

---

Année : 2022

N°

**THÈSE**

pour le

**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

D.E.S NEUROCHIRURGIE

par

Johanna CLAQUIN

Née le 21 Août 1994 à Reims

---

Présentée et soutenue publiquement le 21 octobre 2022

---

**« Etude rétrospective monocentrique des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie Spine Jack® : Résultats cliniques et radiologiques à un an. »**

---

Président : Monsieur le Professeur Kévin BUFFENOIR-BILLET

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Alexis MOLES

**NANTES UNIVERSITÉ**

---

**FACULTÉ DE MÉDECINE**

---

Année : 2022

N°

**THÈSE**

pour le

**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

D.E.S NEUROCHIRURGIE

par

Johanna CLAQUIN

Née le 21 Août 1994 à Reims

---

Présentée et soutenue publiquement le 21 octobre 2022

---

**« Etude rétrospective monocentrique des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie Spine Jack® : Résultats cliniques et radiologiques à un an. »**

---

Président : Monsieur le Professeur Kévin BUFFENOIR-BILLET

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Alexis MOLES

*« Chaque difficulté rencontrée doit être l'occasion d'un nouveau progrès. »*

**Pierre de Coubertin**

# TABLE DES MATIERES

SERMENT D'HIPPOCRATE .....	5
REMERCIEMENTS .....	6
ABREVIATIONS.....	10
TABLE DES FIGURES .....	11
Liste des tableaux .....	12
INTRODUCTION .....	13
1. Epidémiologie .....	13
2. Classifications .....	15
2.1 La classification de Denis .....	16
2.2 La classification AO-Magerl .....	19
2.3 La « Thoracolumbar injury classification and severity score » (TLICS).....	23
2.4 AOSpine thoracolumbar injury classification system (ATLICS).....	24
3. Littérature concernant les traitements des fractures thoraco-lombaires .....	26
3.1 Fractures thoraco-lombaires avec déficit neurologique .....	26
3.2 Fractures thoraco-lombaires sans déficit neurologique .....	28
3.3 Traitements conservateurs (1,2,19) .....	30
3.4 Traitements chirurgicaux : techniques, approches et efficacité .....	32
4. Le dispositif Spine Jack® .....	36
5. Revue de la littérature du traitement par Spine Jack® .....	39
6. Objectifs de l'étude .....	42
MATERIEL & METHODES .....	43
1. Type d'étude.....	43
2. Critères d'inclusion.....	43
3. Critères d'exclusion .....	43
4. Technique chirurgicale .....	43
5. Suivi du patient.....	46
6. Recueil de données .....	46
6.1 Listing des patients.....	46
6.2 Données démographiques .....	46
6.3 Données cliniques.....	47
6.4 Données radiologiques.....	48
7. Traitements des données & Analyses statistiques.....	52
RESULTATS.....	53
1. Généralités .....	53

2.	Complications .....	57
3.	Résultats cliniques .....	58
3.1	Indice d'Oswestry .....	58
3.2	La douleur évaluée par le score EN .....	58
4.	Résultats radiologiques .....	60
4.1	Cyphose vertébrale.....	60
4.2	Hauteur antérieure.....	60
4.3	Hauteur centrale .....	62
5.	Facteurs prédictifs de résultats cliniques et fonctionnels.....	64
5.1	Facteurs prédictifs de résultats fonctionnels selon l'ODI.....	64
5.2	Facteurs prédictifs de résultats cliniques selon le score EN.....	64
5.3	Corrélation scores ODI et EN .....	64
6.	Facteurs prédictifs de résultats radiologiques .....	65
7.	Corrélations entre densité osseuse et données démographiques / radiologiques .....	65
8.	Corrélations entre complications et données cliniques, démographiques et radiologiques....	66
8.1	Fractures adjacentes .....	66
8.2	Fuites de ciment .....	66
	DISCUSSION .....	67
	CONCLUSIONS .....	72
	BIBLIOGRAPHIE.....	73
	ARTICLE.....	79
	ANNEXES.....	105
	RESUME .....	114

## SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les parents des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque.

---

# REMERCIEMENTS

---

## AUX MEMBRES DU JURY

A Monsieur le Professeur Kévin BUFFENOIR, merci de faire l'honneur de présider le jury de ma thèse. Votre culture et votre aisance chirurgicale font de vous un véritable exemple. Ces quelques années passées à vos côtés ont été source d'une véritable richesse d'apprentissage et d'expérience. Merci pour la confiance que vous m'accordez au quotidien. Soyez assuré de ma profonde reconnaissance et de mon plus profond respect.

A Monsieur le Professeur Xavier MORANDI, pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse et de me faire l'honneur de juger mon travail. Ce semestre effectué à vos côtés et dans votre service a été riche d'enseignement. Votre talent chirurgical n'a d'égal que la bienveillance dont vous faites preuve. Soyez assuré de mon plus profond respect.

Au Docteur Alexis MOLES, pour faire l'honneur de diriger ma thèse. Merci de m'avoir accompagnée tout au long de ce travail et de m'avoir aidée à le mener à terme. Votre technique et votre réflexion chirurgicales sont une véritable source d'apprentissage et d'inspiration. Merci également pour la confiance que vous m'accordez, pour votre bonne humeur quotidienne et pour l'énergie que vous dépensez à essayer de me faire acquérir le second degré. Soyez assuré de ma profonde gratitude.

Au Docteur Joelle GLEMAREC, pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Je vous remercie de l'expertise et du regard pertinent que vous porterez à mon travail. Soyez assuré de mon profond respect.

## A MES MAITRES DE L'INTERNAT

Au Docteur Vincent ROUALDES, pour toutes ces impressionnantes connaissances que vous nous transmettez au quotidien. Votre savoir et votre rigueur sont un véritable modèle pour tous.

Au Docteur Tanguy RIEM, opérer à vos côtés est toujours un réel plaisir. Merci pour la confiance que vous avez pu m'accorder au cours de mon internat et pour tout ce que vous m'avez transmis.

Au Docteur Stéphane MARTIN, pour votre expérience, votre calme et votre patience. J'ai beaucoup appris à vos côtés.

Au Docteur Céline SALAUD, pour votre bienveillance à mon égard, votre disponibilité et votre pédagogie. J'ai encore beaucoup à apprendre de vous.

Au Docteur Philippe CAM, pour m'avoir appris à prendre du recul. Merci pour toutes ces discussions philosophiques et celles plus légères. Opérer avec toi est toujours agréable et enrichissant.

Au Docteur Constantin MORARU, pour ton perfectionnisme et ta conscience professionnelle.

Au Docteur Sylvie RAOUL, pour votre force de caractère et votre bonne humeur quotidienne.

Au Docteur Edouard SAMARUT, tu as d'abord été celui qui m'a donné envie de venir faire mon internat à Nantes puis mon co-interne et enfin mon chef. Merci pour toute cette confiance que tu m'inspires et merci d'être toujours aussi accessible.

Au Docteur Joseph CRISTINI, pour ces quelques années passées ensemble et pour tout ce que tu as pu m'enseigner. Tu as été le premier à me faire confiance et à me laisser opérer et je t'en remercie.

Au Docteur Éric BORD, pour cette année à vos côtés, merci pour votre bienveillance et votre accessibilité.

A Monsieur le Professeur Laurent RIFFAUD, merci pour toutes les connaissances en Neurochirurgie pédiatrique que vous m'avez transmises. Vous êtes pour moi un modèle de travail, de rigueur et de conscience professionnelle.

A toute l'équipe de Neurochirurgie du CHU de Rennes, merci pour tout le savoir et toutes les connaissances que vous m'avez apportés durant mon semestre à vos côtés.

A toute l'équipe de Neuroradiologie du CHU de Nantes, merci pour ce semestre très enrichissant, pour votre accueil et votre bienveillance à mon égard.

## **A MA FAMILLE**

A mes parents, pour tout le soutien et l'aide infaillibles que vous m'apportez depuis toujours, pour m'avoir supportée dans toutes les épreuves de ma vie et surtout pour tout l'amour que vous me portez au quotidien, je ne vous remercierai jamais assez. C'est grâce à vous que j'en suis là où j'en suis aujourd'hui. Je vous aime de tout mon cœur.

A ma petite sœur Chloé, je suis tellement fière de la jeune femme que tu es devenue. Alors que je voulais te vendre au rayon poupées de Carrefour quand tu es née, aujourd'hui je donnerai beaucoup pour t'avoir auprès de moi au quotidien.

A mon petit frère Tristan, même si je sais que tu es un warrior né et bien que tu fasses pratiquement deux têtes de plus que moi, n'oublie jamais que je serai toujours présente pour toi dès que tu en auras besoin.

A mes grands-mères, merci pour tout l'amour que vous me portez. J'aimerais être plus présente pour vous et vous montrer comme la réciproque est vraie. A mes grands-pères, vous nous manquez tellement. J'aurais aimé que vous soyez à mes côtés pour ce moment. J'espère que vous auriez été fiers de moi.

A ma filleule Leylou et à ce lien si particulier qui nous uni. Sache que ta marraine sera toujours là pour toi, dans les meilleurs comme dans les pires moments. Je t'aime profond de mon cœur.

A ma Taty préférée, c'est à tes côtés que j'étais quand j'ai fait l'un des choix les plus importants de ma vie. Merci d'être de nouveau présente pour moi dans ce moment tout aussi important. Ta force est un véritable modèle pour moi.

A mon Parrain, le prince du wake, même si un bon nombre de kilomètres nous sépare, je sais que tu seras toujours présent pour moi, de jour comme de nuit, et je t'en remercie de tout cœur.

A tout le reste de ma famille, je ne peux pas tous vous citer mais sachez à quel point vous m'êtes chers.

## A MES AMIS

A mes co-internes de Neurochirurgie, Gaston, Steph, César et Laure, vous êtes très clairement les co-internes rêvés. Merci pour tous ces moments partagés ensemble, que ce soit à l'hôpital ou en dehors. Merci pour votre humour et votre bonne humeur même dans les pires galères. J'espère que l'on critiquera encore longtemps les urgentistes ensemble.

A mes co-internes Rennais, Kenza, Julien et Yves, ce semestre aurait été beaucoup moins sympathique sans vous. Merci de m'avoir accueillie et intégrée à bras ouverts. A Marianne et Marie, je n'aurais pas pu avoir meilleures coloc que vous.

A Sandra, ma plus belle rencontre Rennaise. Je sais comme je suis chanceuse de t'avoir rencontrée. Merci pour ton amitié, ta folie, pour toutes ces soirées endiablées et tous ces cocktails que l'on a partagés ensemble. Je sais que c'est loin d'être fini et c'est bien ça le mieux !

A mes co-internes que l'on a voulu faire changer de spécialité, Philomène, Victoria et Manon, passer un semestre avec chacune d'entre vous a été un réel plaisir. Vous êtes des filles en or.

A mes co-internes de Neuroradiologie, Louis alias Tartelette, Maty alias Mr Propre, Adrien et Valentin alias Blanchette la douceur, vous m'avez convaincue que les préjugés sur les radiologues en sont vraiment. Merci infiniment pour ce semestre passé ensemble, pour tous ces fous rires et pour m'avoir soutenue à votre façon dans cette dernière ligne droite d'écriture de ma thèse.

A Maureen, mon petit rayon de soleil. Tu as été ma plus belle surprise de ce dernier semestre. Bien plus qu'une simple co-interne, tu es devenue une véritable amie. Merci pour ton soutien et ta présence quotidienne. Je sais que l'on n'a pas fini de passer du temps ensemble ! Prêtes à faire les suricates encore longtemps...

A mes copines de l'externat, Camille, Laurie et Fanny, je suis tellement fière du chemin que l'on a parcouru depuis nos fameuses soirées sous-colles, qui étaient, soit dit en passant, les moments que j'attendais le plus chaque semaine de cette fameuse D4. Nous nous sommes éloignées mais vous comptez toujours autant pour moi. Vous me manquez.

A Axel, le premier à m'avoir appris ce qu'était la chirurgie. De statut d'interne préféré, tu es rapidement devenu beaucoup plus que ça. Merci pour ces moments partagés ensemble et pour tout ce que tu m'as appris dans la vie.

A tous les copains de l'orthopédie sans qui mon internat n'aurait pas eu la même saveur. A Jimmy, merci d'être toi tout simplement, tu sais comme tu comptes pour moi ; A Alexis, pour tous ces agréables moments, notamment ceux à refaire le monde en buvant du vin et en mangeant des sushis (et aussi pour m'avoir aidée dans mon recueil de données) ; A Ismaël, pour ton humour incroyable et pour ton aide à essayer de me faire comprendre le second degré ; A Monia alias Momo (un jour on l'écrira notre livre !), François-Xavier, Julien, Jean, My-Van, Christophe, Manon et tous les autres... En plus d'avoir réussi à rendre mon internat plus léger, vous avez réussi à me faire aimer la bière, et ça, ce n'était pas mince affaire.

A mes copines nantaises, Julie, Elise, Vanille et Clémi, à tous ces doux moments partagés ensemble et tous ceux qui nous attendent encore.

A Lucas, Ismael, Boris et Hélène, j'apprécie toujours autant chacun des moments passés à vos côtés. Vous êtes le genre d'amis que tout le monde voudrait avoir dans sa vie.

A Mélo, pour tout ce que l'on a partagé ensemble et tout ce qui nous attend encore. Merci d'avoir toujours été là pour moi. Tu comptes énormément pour moi.

A Benjamin, pour tout ce que tu m'auras apporté dans la vie. Merci de m'avoir fait grandir et devenir la femme que je suis aujourd'hui.

A Barbara, je sais à quel point j'ai de la chance de t'avoir à mes côtés. Je ne te remercierai jamais assez pour ta présence dans les meilleurs comme les pires moments, pour ta gentillesse, ta générosité, ton soutien sans failles et je pourrais en citer encore beaucoup d'autres... Tu es une amie en or et tellement importante à mes yeux.

A mon p'tit Fragnaud, mon co-interne de premier semestre mais surtout mon meilleur ami. Si je devais décrire notre relation, je dirais tout simplement qu'elle est unique. Merci d'être toujours là pour moi, tout le temps. La réciprocité sera toujours vraie. Notre amitié m'est extrêmement précieuse.

A ma Cha, je suis nostalgique en repensant à tout ce que l'on a partagé ensemble au cours de mes années rémoises. Même si l'on ne se voit plus aussi souvent qu'avant, tous ces souvenirs sont ineffaçables.

A ma Sandrine et aux copines de la pole, merci pour cette échappatoire, pour tous ces cours à persévérer, rire et souffrir ensemble.

A Océ, ma coupine d'amour, tu sais tout ce que tu représentes pour moi. Je ne remercierai jamais assez les Miss de nous avoir permis de nous rencontrer. Merci pour tout ce que l'on a vécu ensemble, merci pour tout ce que tu m'apportes, merci de faire partie de ma vie. Même à l'autre bout du monde, je serai toujours là pour toi.

A Nelle, mon amie de toujours. Les années passent et nous on reste (... la vraie phrase, tu la connais !). Une chose est sûre, je ne suis pas près de sortir de ta vie. Bien plus qu'une thèse, je pourrais écrire tout un livre sur nous et sur tout ce que l'on a vécu ensemble, des années collèges à maintenant. Merci de faire partie de ma vie. Tu sais à quel point tu m'es indispensable et à quel point tu me manques au quotidien.

A toute l'équipe paramédicale des services de Neurotraumatologie et de Neurochirurgie, et en particulier à Manu, Carine, Margaux (de jour), Margaux (de nuit), Elodie, Alisson, Diane, Julie, Marion, Mallory, Audrey, Anne-Laure, Franck, Caro, Candide, Thomas ; A toutes les infirmières et infirmiers du PTMC, du bloc des urgences et de celui de Laennec, et en particulier à Valérie, Eurydice, Laetitia, Julie, Régine et Loïc ; A toute l'équipe des aides-soignants des consultations et enfin aux secrétaires de Neurotraumatologie et en particulier à Claire, merci pour votre bienveillance et pour tout ce que l'on a pu partager ensemble.

A toutes les personnes qui ont croisé ma route et que je n'ai pas citées, merci pour tout ce que vous m'avez apporté, vous faites partie de mon histoire.

## ABREVIATIONS

CHU	Centre hospitalo-universitaire
HAS	Haute autorité de santé
OMS	Organisme mondial de la santé
SFAR	Société française d'Anesthésie et de Réanimation
mg / g / kg	Milligrammes / Grammes / Kilogrammes
mL	Millilitres
PMMA	Poly Méthylacrylate de Méthyle
IV	Intraveineux
TLICS	Thoracolumbar injury classification and severity score
IRM	Imagerie par résonance mécanique
TDM	Tomodensitométrie
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
TLISS	Thoracolumbar injury severity score
ATLICS	AOSpine thoracolumbar injury classification system
EPOS	European Prospective Osteoporosis Study
CNS	Congress of Neurological Surgeons
EVA	Echelle visuelle analogique
EN	Echelle numérique
ODI	Oswestry Disability Index
IMC	Indice de masse corporelle
CV	Cyphose vertébrale / Cyphose locale
CR	Cyphose loco-régionale
DXA	Absorptiométrie aux rayons X
DMO	Densité minérale osseuse
HU	Unité Hounsfield
ROI	Région d'intérêt
CCAM	Classification Commune des Actes Médicaux
HA	Hauteur antérieure
HC	Hauteur centrale

## TABLE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Illustration des colonnes antérieure (en haut à droite), moyenne (en bas à gauche) et postérieure (en bas à droite) selon Denis .....	16
<b>Figure 2.</b> Classification des fractures compression (types A à D) selon Denis .....	17
<b>Figure 3.</b> Classification des burst fractures (types A à E) selon Denis .....	17
<b>Figure 4.</b> Classification des « Seatbelt fractures » selon Denis .....	18
<b>Figure 5.</b> Classification des fractures dislocation selon Denis .....	18
<b>Figure 6.</b> Lésions de type A de la classification de Magerl .....	21
<b>Figure 7.</b> Lésions de type B de la classification de Magerl .....	22
<b>Figure 8.</b> Lésions de type C de la classification de Magerl .....	22
<b>Figure 9.</b> Classification TLICS .....	23
<b>Figure 10.</b> Score selon les variables de la classification ATLICS .....	25
<b>Figure 11.</b> Morphologie fracturaire, classification ATLICS .....	25
<b>Figure 12.</b> Correction sur cadre selon la méthode de Boehler .....	31
<b>Figure 13.</b> Méthode de réduction vertébrale directe, indirecte et combinée .....	35
<b>Figure 14.</b> Caractéristiques des différents modèles du dispositif Spine Jack® .....	38
<b>Figure 15.</b> Caractéristiques des dispositifs de troisième génération de kyphoplastie .....	40
<b>Figure 16.</b> Etapes chirurgicales de mise en place du dispositif Spine Jack® .....	45
<b>Figure 17.</b> Tomodensitométrie illustrant la technique de calcul de la DMO vertébrale avec les HU. A : Coupe sagittale d'un corps vertébral montrant les plans axiaux d'intérêt. B-D : Images axiales montrant les valeurs HU générées par le logiciel d'imagerie. La valeur moyenne de B-D est utilisée pour calculer la densité osseuse vertébrale .....	48
<b>Figure 18.</b> Moyennes, écarts-types et intervalles de confiance à 95 % des valeurs HU vertébrale et de la tête humérale chez les patients qui répondent aux critères de l'OMS pour une DMO normale, une ostéopénie ou une ostéoporose d'après les scores-T* .....	49
<b>Figure 19.</b> Mesures des cyphoses vertébrale (CV) et loco-régionale (CR) .....	50
<b>Figure 20.</b> Mesures des hauteurs antérieure et centrale sur la TDM pré-opératoire et au cours du suivi sur les radiographies .....	51
<b>Figure 21.</b> Etablissement du listing des patients .....	54
<b>Figure 22.</b> Pyramide des âges .....	55
<b>Figure 23.</b> Distribution des niveaux vertébraux fracturés .....	56
<b>Figure 24.</b> Complications post-opératoires .....	57
<b>Figure 25.</b> Distribution de l'indice d'Oswestry au dernier suivi .....	58
<b>Figure 26.</b> Evolution du score EN moyen au cours du suivi - *** $p < 0,001$ .....	59
<b>Figure 27.</b> Répartition du score EN au dernier suivi .....	59
<b>Figure 28.</b> Evolution de la cyphose vertébrale moyenne au cours du suivi - *** $p < 0,001$ ; ** $p = 0,035$ .....	60
<b>Figure 29.</b> Evolution du pourcentage moyen de perte de hauteur antérieure au cours du suivi - *** $p < 0,001$ .....	61
<b>Figure 30.</b> Répartition de la population selon le pourcentage de restauration de la HA au dernier suivi par rapport à la perte de HA pré-opératoire .....	62
<b>Figure 31.</b> Evolution du pourcentage moyen de perte de hauteur centrale au cours du suivi - *** $p < 0,001$ .....	63
<b>Figure 32.</b> Répartition de la population selon le pourcentage de restauration de HC à la fin du suivi par rapport à la perte de HC pré-opératoire .....	63
<b>Figure 33.</b> Corrélation EN et ODI .....	65

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Mécanismes d'atteinte des trois colonnes en fonction des quatre groupes de fractures décrits par Denis.....	18
<b>Tableau 2.</b> Grades de Frankel.....	27
<b>Tableau 3.</b> Guidelines générales concernant le traitement des fractures thoraco-lombaires basées sur la classification de Magerl .....	30
<b>Tableau 4.</b> Tableau récapitulatif des données démographiques.....	55
<b>Tableau 5.</b> Types de fractures en accord avec la classification de Magerl .....	56

---

# INTRODUCTION

---

## 1. EPIDEMIOLOGIE

Les fractures du rachis thoraco-lombaire sont des lésions sévères pouvant gravement compromettre le pronostic fonctionnel, parfois même vital, des blessés concernés (1).

Très peu de données systémiques sont disponibles dans la littérature concernant l'épidémiologie de ces fractures. Ces données d'épidémiologie diffèrent, notamment selon la zone géographique étudiée et les centres de traitements (2,3). Quelques importantes études épidémiologiques ressortent néanmoins dans la littérature.

C'est le cas de l'étude de Hu et al. (4), menée sur une province canadienne durant trois ans. Elle a rapporté un taux d'incidence annuel de fractures rachidiennes de 64 pour 100 000 patients, ces dernières prédominant chez les hommes jeunes et les femmes âgés. Elle a également mis en évidence un taux d'incidence annuel de lésions médullaires de 4 pour 100 000 patients. Sur les 2 063 patients qui ont été enregistré, 944 ont été admis en structure hospitalière. Chez ces patients hospitalisés, 19% avaient une lésion rachidienne cervicale, 30% une fracture du rachis thoracique et enfin 43% une lésion du rachis lombosacré (8% des patients ayant des lésions dites non spécifiques). La mortalité globale a été évaluée à 4,1%.

Aux Etats-Unis, plus de 160 000 lésions du rachis sont rapportées chaque année (5). Selon le centre statistique national des blessés médullaires des États-Unis, dans environ 54 cas par million de personnes, 17 000 nouveaux cas de lésions médullaires surviennent par an. Plus de 250 000 patients vivent actuellement avec des déficits permanents (6).

En Chine, un rapport a mis en évidence un taux d'incidence de fracture de la jonction thoraco-lombaire de 2,4 patients par million avec un âge moyen de 49 ans et un sexe ratio homme-femme de 1,4 pour 1 (7).

En Europe, l'étude publiée en 2002 et menée par le groupe EPOS (8) a permis de mettre en évidence un taux d'incidence annuel, standardisé sur l'âge, de fractures vertébrales de 10,7 à 12,1 pour 1000 femmes et de 5,7 à 6,8 pour 1000 hommes. De plus, il a été observé que l'incidence augmentait de façon marquée avec l'âge aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Cependant, il est important de souligner que cette étude a concerné des patients de 50 ans et plus qui ont été

recrutés sur des registres de population et pour lesquels un questionnaire de mode de vie et des radiographies du rachis ont été réalisés. Cela traduit donc la notion de fracture spontanée et par conséquent la notion de fractures probablement ostéoporotiques pures. Les localisations des fractures rachidiennes n'ont également pas été mentionnées.

En France, aucune donnée concernant l'épidémiologie des fractures thoraco-lombaires n'est disponible à ce jour.

La plupart des études retrouvées dans la littérature s'accordent sur le fait que les fractures du rachis thoraco-lombaires sont généralement secondaires à des traumatismes violents (3,9) et que les plus fréquentes concernent la jonction thoraco-lombaire, c'est-à-dire les vertèbres T10/T11 à L2. (2,9–12). Ceci est principalement expliqué par des facteurs biomécaniques. En effet, les forces de contraintes sont majeures à ce niveau transitionnel : le rachis thoracique, concernant les vertèbres T1 à T10, est en cyphose et peu mobile (les côtes y étant attachées de manière bilatérale), tandis que le rachis lombaire, comprenant les vertèbres L1 à L5, est en lordose et beaucoup plus mobile. Les lésions de cette zone anatomique peuvent entraîner un déficit neurologique permanent secondaire à une compression ou une atteinte directe des racines nerveuses de la queue de cheval ou du cône terminal. Elles méritent donc une attention toute particulière et une évaluation immédiate (12).

Approximativement un tiers des fractures thoraco-lombaires est associé à une lésion spinale, la localisation spinale thoracique étant la plus fréquente compte tenu d'un canal anatomiquement plus étroit à ce niveau. Le taux d'incidence d'un déficit neurologique concomitant à la fracture vertébrale thoraco-lombaire varie de 21% à 40% dans la littérature (3,13). De plus, douleurs chroniques, altération de la qualité de vie et arrêt de travail prolongé sont également très communs (14). En outre, jusqu'à 25% des fractures thoraco-lombaires sont associées à d'autres fractures rachidiennes et plus particulièrement cervicales (12).

L'étiologie des fractures vertébrales thoraco-lombaires diffère selon l'âge des patients. En effet, alors que les traumatismes dits de haute énergie (notamment les accidents de la voie publique à véhicules motorisés et chutes de hauteur) sont la cause principale chez les patients jeunes, l'ostéoporose joue un rôle majeur dans l'étiologie fracturaire chez les personnes âgées (3).

Chez l'enfant, les lésions thoraco-lombaires restent rares mais constituent une importante cause de morbidité et peuvent être responsables de conséquences dévastatrices sur la croissance du rachis. Le plus souvent, elles concernent les enfants de plus de dix ans et l'incidence dans la

littérature les évalue entre 1 et 10%. Certaines séries ont néanmoins mis en évidence des taux d'incidence pouvant s'élever jusqu'à 34%. La localisation la plus commune des fractures vertébrales chez l'enfant reste lombaire et le mécanisme le plus souvent impliqué est la chute de hauteur. On note également que les lésions rachidiennes chez l'enfant sont très souvent associées à des fractures des os longs ou des lésions crâniennes. Sur le plan clinique, environ 25% de ces enfants présentent un déficit neurologique complet et 20% requièrent une prise en charge chirurgicale (12,15–17).

Pour toutes les raisons exposées ci-dessus, on explique aisément que les fractures du rachis thoraco-lombaire constituent un problème de santé publique majeur ainsi qu'un important impact socio-économique (3,12,18).

## **2. CLASSIFICATIONS**

Les classifications ont pour but de créer un langage commun afin de permettre une standardisation ainsi qu'une optimisation du traitement qui sera proposé au patient.

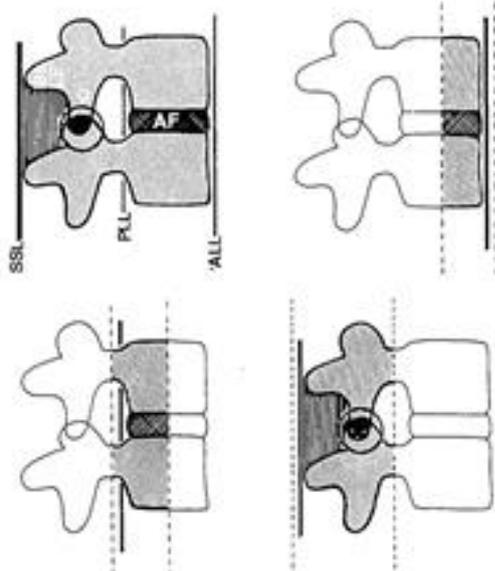
Concernant les fractures du rachis thoraco-lombaire, différentes classifications ont été introduites au cours des deux derniers siècles. L'historique de ces classifications reflète l'évolution dans la compréhension des mécanismes lésionnels et ce, notamment, grâce aux progrès de l'imagerie. En effet, la tomodensitométrie (TDM) a permis une évaluation osseuse plus fine, plus particulièrement de la comminution corporelle et de l'arc postérieur comparativement aux radiographies standards simples, puis l'avènement de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) a permis une analyse des structures ligamentaires et des disques intervertébraux (19). Grâce à ces progrès, il est désormais possible de mieux comprendre la physiopathologie des fractures thoraco-lombaires et de les classer en plusieurs profils de fractures. Ces différents profils de fractures donnent donc, non seulement des indications sur la morphologie de la fracture et le mécanisme du traumatisme, mais permettent également de déterminer le caractère stable ou non de la fracture, impliquant ainsi de proposer le traitement le plus adéquat.

Parmi les classifications récentes des fractures thoraco-lombaires, nous pouvons retenir en premier lieu la classification de Denis puis les classifications de « AO-Magerl » et la « Thoracolumbar injury classification and severity score » (TLICS). Ces deux dernières classifications sont celles les plus utilisées actuellement. Enfin et encore plus récente, une nouvelle classification, la « New AO Spine », également nommée « AOSpine thoracolumbar injury classification system » (ATLICS), a été publiée dans la littérature, celle-ci combinant la « AO-Magerl » classification et la TLICS (20).

## 2.1 La classification de Denis

La classification de Denis est parue en 1983. Elle est née de l'étude rétrospective de Francis Denis dans laquelle ce dernier a analysé 412 fractures thoraco-lombaires et développé la théorie des trois colonnes, remplaçant ainsi la précédente théorie des deux colonnes popularisée par Sir Frank Holdsworth. (21)

Selon cette classification, le rachis est subdivisé en trois colonnes incluant différentes structures anatomiques pour chacune de ces colonnes. La colonne antérieure comprend le ligament longitudinal antérieur ainsi que les deux-tiers antérieur du corps vertébral et de l'annulus fibrosus. La colonne moyenne comporte le tiers postérieur du corps vertébral et de l'annulus, le mur vertébral postérieur et le ligament longitudinal postérieur. Enfin, la colonne postérieure inclut toutes les structures postérieures au ligament longitudinal postérieur incluant donc l'arc postérieur de la vertèbre et le complexe ligamentaire postérieur (soit le ligament supra-épineux, le ligament inter-épineux, les capsules articulaires et le ligament jaune) (Figure 1). (22)



*Figure 1. Illustration des colonnes antérieure (en haut à droite), moyenne (en bas à gauche) et postérieure (en bas à droite) selon Denis*

En créant cette théorie des trois-colonnes et donc en ajoutant le concept de colonne moyenne aux colonnes antérieure et postérieure, le but était de décrire l'instabilité inhérente à l'atteinte de cette dernière alors que l'atteinte isolée du complexe ligamentaire postérieur était insuffisante pour provoquer à elle seule une franche instabilité rachidienne. L'importance de cette colonne moyenne pour la stabilité rachidienne avait déjà été soulignée en 1958 par Decoulx et

Rieunau qui lui donnaient le nom de mur postérieur. Roy-Camille, quant à lui, avait défini le segment vertébral moyen constitué de la partie postérieure des corps vertébraux et des disques mais aussi des pédicules et des articulaires (1,2).

En se basant sur cette théorie des trois colonnes, Denis a classifié les fractures thoracolumbaires en quatre groupes majeurs selon l'atteinte de la ou des colonnes ainsi que du mécanisme du traumatisme : la fracture par compression, la « burst fracture », la fracture en flexion-distraction (dénommée « Seatbelt fracture ») et la fracture dislocation. Ces quatre groupes ont eux-mêmes été subdivisés en plusieurs sous-groupes (23).

Le groupe « Fracture par compression » a été divisé en quatre sous-groupes (Types A à D), le groupe « Burst fracture » en cinq sous-groupes (Types A à E), celui des « Seatbelt fracture » en 4 (Types A à D) et enfin celui des fractures dislocation en 3 (Types A à C) (Figure 2 à 5).

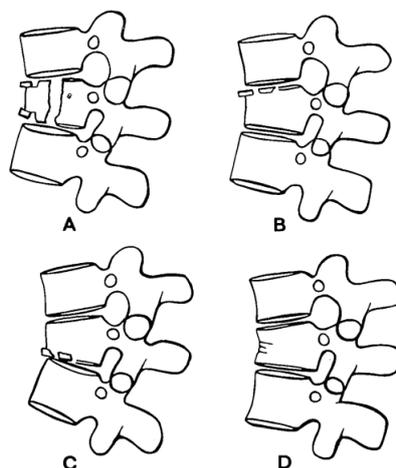


Fig 5. Classification of compression fractures.

Figure 2. Classification des fractures compression (types A à D) selon Denis

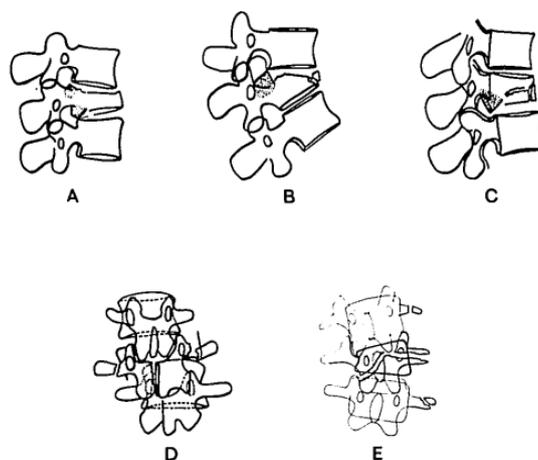


Figure 3. Classification des burst fractures (types A à E) selon Denis

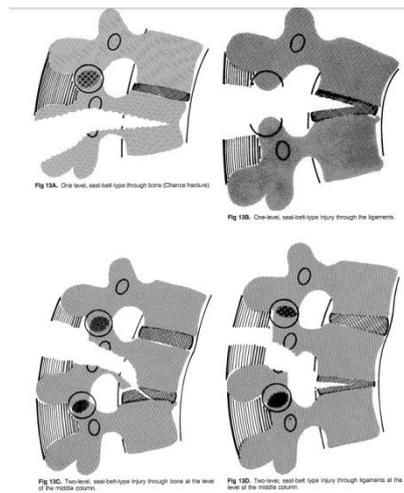


Figure 4. Classification des « Seatbelt fractures » selon Denis.

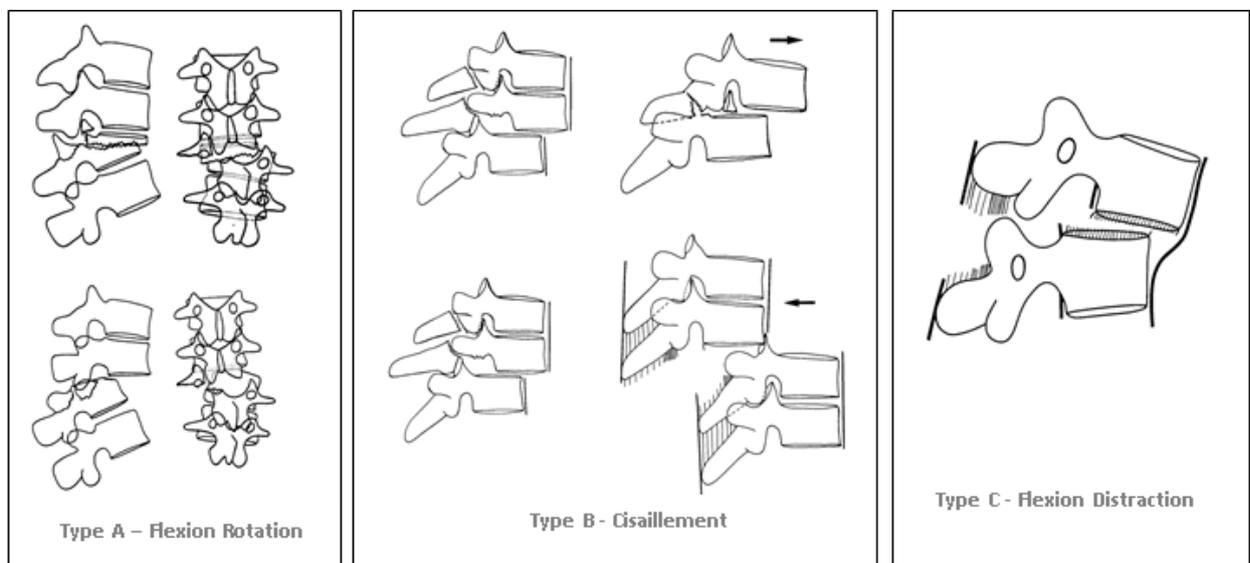


Figure 5. Classification des fractures dislocation selon Denis

La ou les colonnes atteintes ainsi que le ou les mécanismes impliqués pour chaque type de fracture sont exposés dans le tableau ci-après (Tableau 1).

Tableau 1. Mécanismes d'atteinte des trois colonnes en fonction des quatre groupes de fractures décrits par Denis

	Colonne antérieure	Colonne moyenne	Colonne postérieure
Fracture compression	Compression	x	x ou Distraction (sévère)
Burst fracture	Compression	Compression	x
Fracture flexion-distraction	x ou Compression	Distraction	Distraction
Fracture dislocation	Compression Rotation Cisaillement	Compression Rotation Cisaillement	Compression Rotation Cisaillement

Il est important de souligner que cette classification est basée sur des radiographies et ne prend donc pas en compte de nombreuses lésions, notamment les lésions ligamentaires postérieures qui sont surtout bien appréciées en IRM. Les systèmes de classification actuels ont élargi celui de Denis afin d'offrir une classification plus complète en tenant compte d'un plus grand nombre de profils fracturaires et en incluant également des paramètres cliniques (24).

## **2.2 La classification AO-Magerl**

La classification AO-Magerl a été publiée en 1994. Elle est basée sur la théorie des deux colonnes décrite par Holdsworth et Kelly et Whitesides. La colonne antérieure correspond au corps vertébral et au disque intervertébral tandis que la colonne postérieure comprend les pédicules, les lames, les facettes articulaires et le complexe ligamentaire postérieur (2). Cette classification est principalement basée sur les mécanismes lésionnels.

Trois grands types de lésions sont décrits dans cette classification : les lésions en compression pure dites de type A, les lésions avec distraction dites de type B et les lésions avec rotation dites de type C. L'utilisation de cette classification simplifiée, en se limitant aux trois grands types et aux quelques groupes et sous-groupes qui les subdivisent, s'avère suffisante pour établir le pronostic évolutif d'une fracture thoraco-lombaire. En réalité, cette classification, probablement exhaustive, permet de distinguer et de ranger dans un code numérique 218 lésions traumatiques différentes (1). Nous n'exposerons ici que sa version simplifiée.

Les lésions de type A, en compression pure, résultent d'un mécanisme de compression axiale plus ou moins centré par rapport au nucléus. Par conséquent, il est possible de créer un tassement du mur antérieur seul ou bien associé à un tassement du mur postérieur. Le rachis postérieur peut être normal ou présenter une fracture verticale des lames, une subluxation horizontale des articulaires ou encore une augmentation de l'écart interpédiculaire. Dans tous les cas, il n'y a pas de signes de distraction, ni de rotation.

Le groupe A se divise en trois sous-groupes, eux-mêmes subdivisés en trois groupes de gravité croissante selon la lésion du corps vertébral (1) (*Figure 6*).

La grande majorité des lésions en distraction (lésions de type B) du rachis thoraco-lombaire sont la conséquence d'un mécanisme en hyperflexion avec la force de traction qui en résulte provoquant ainsi des lésions purement osseuses, purement ligamentaires ou combinant les deux. Il existe sur le rachis antérieur, postérieur, ou bien sur les deux, une solution de continuité transversale témoignant des signes d'écartement ou d'arrachement. Il peut également exister une translation

sagittale traduisant d'une distraction brutale et conséquente. A noter que la distraction postérieure est rarement pure et s'accompagne très volontiers d'un mécanisme de compression sur le rachis antérieur. Dans tous les cas, il n'existe pas de mécanisme en rotation (1).

Ce type B de la classification de Magerl se subdivise lui aussi en trois groupes : le type B1 qui correspond aux lésions avec distraction postérieure à prédominance ligamentaire, le type B2 qui regroupent les lésions en distraction postérieure à prédominance osseuse, et le type B3 regroupant, quant à lui, les lésions avec distraction antérieure (*Figure 7*) (25).

Les lésions de type C de la classification de Magerl sont consécutives à un mécanisme de torsion axiale, responsable de lésions en rotation, plus ou moins associé aux mécanismes de compression et de distraction décrits dans les deux groupes précédents. Il est indispensable de reconnaître ces lésions en rotation en s'aidant notamment de certains signes qui peuvent s'associer à différents degrés : décalage des épineuses, fracture unilatérale des articulaires avec luxation controlatérale, fractures étagées des apophyses transverses ou de côtes près du rachis, ... Dès qu'il existe des signes de rotation concernant la lésion, celle-ci sera automatiquement classée en type C (1).

Tout comme les types A et B, le type C se subdivise lui aussi en trois sous-groupes : le groupe C1 correspondant aux lésions en rotation plus compression, le groupe C2 incluant les lésions en rotation et distraction et enfin le groupe C3 regroupant les lésions de rotation et cisaillement (2) (*Figure 8*).

	sagittal	frontal	axial superior	axial inferior
A.1.1				
A.1.2				
A.1.3				
A.2.1				
A.2.2				
A.2.3				
A.3.1				
A.3.2				
A.3.3				

Figure 6. Lésions de type A de la classification de Magerl

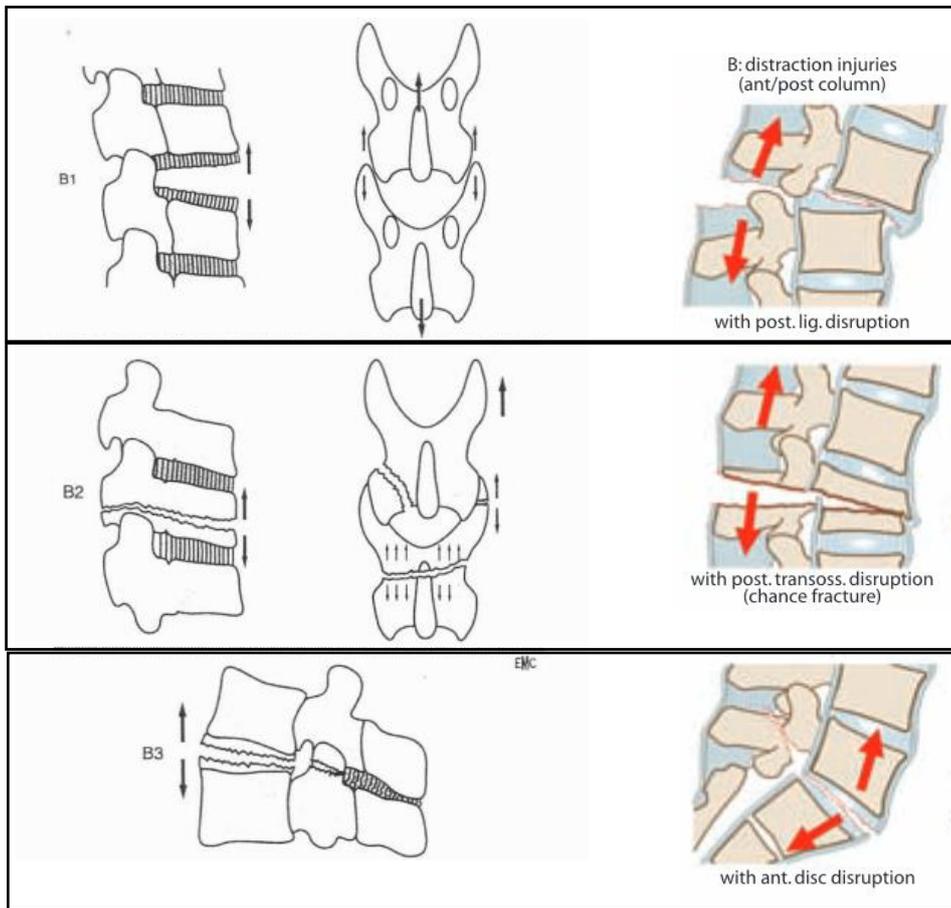


Figure 7. Lésions de type B de la classification de Magerl

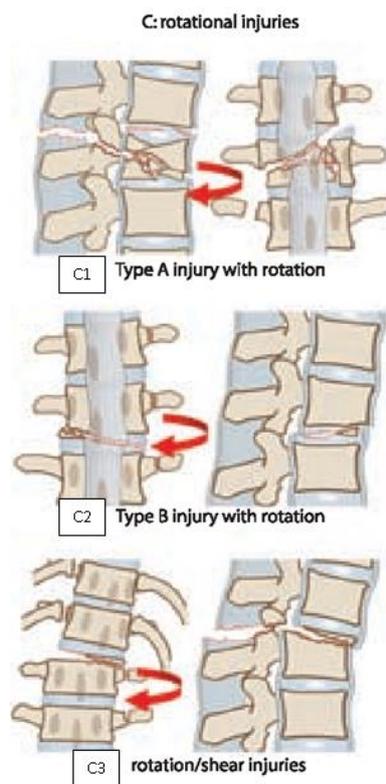


Figure 8. Lésions de type C de la classification de Magerl

### 2.3 La « Thoracolumbar injury classification and severity score » (TLICS)

En 2005, Vaccaro et al. ont développé la classification « Thoracolumbar injury severity score » (TLISS) qui a légèrement été modifiée en 2007, devenant alors la « Thoracolumbar injury classification and severity score » (TLICS). Cette classification a été conçue dans le but de faciliter la décision de traitement à proposer (20).

Ce système de classification inclut des paramètres essentiels au concept de stabilité rachidienne. Il est développé sur un système de points attribués selon trois variables, permettant ainsi de définir, selon le score obtenu, un algorithme de traitement. Les trois variables analysées sont la morphologie de la fracture, le statut neurologique et l'atteinte ou non du complexe ligamentaire postérieur.

Concernant la morphologie fracturaire, un score de 1 à 4 points peut être obtenu selon qu'il s'agisse d'une fracture en compression (1 point), d'une burst fracture (2 points), d'une fracture en translation ou en rotation (3 points) ou d'une fracture distraction (4 points). Concernant le statut neurologique, une atteinte radiculaire fait obtenir 2 points, tout comme une atteinte médullaire complète. Une atteinte médullaire incomplète ou une atteinte de la queue de cheval implique l'attribution de 3 points. Un complexe ligamentaire postérieur rompu rapporte 3 points. Si l'intégrité de ce complexe ligamentaire ne peut être déterminée, 2 points sont attribués.

Selon le nombre de points obtenus, un traitement chirurgical ou non chirurgical est préconisé. Un score de moins de 3 points fait préconiser un traitement non chirurgical. A l'inverse, un score supérieur à 5 fait opter pour un traitement chirurgical. Enfin, un score compris entre 3 et 5 points peut faire envisager l'un ou l'autre des deux traitements (26) (Figure 9).

Parameter	Points
Morphology	
Compression	1
Burst	2
Translational/rotational	3
Distraction	4
Neurologic status	
Intact	0
Nerve root injury	2
Spinal cord/conus medullaris injury	
Complete	2
Incomplete	3
Cauda equina	3
Posterior ligamentous complex	
Intact	0
Indeterminate	2
Disrupted	3

Treatment recommendations: total score <3, nonoperative treatment; total score = 4, nonoperative vs. operative treatment; total score >5, operative treatment.

Figure 9. Classification TLICS

## 2.4 AOSpine thoracolumbar injury classification system (ATLICS)

Encore plus récemment, a été publiée en 2013 une nouvelle classification essayant de regrouper les caractéristiques des deux classifications exposées précédemment, à savoir le système de classification de Magerl et la TLICS.

Cette classification se base sur l'évaluation de trois paramètres : la morphologie de la fracture, le statut neurologique et des paramètres modificateurs spécifiques au patient (*Annexe 1*).

La morphologie de la fracture est décrite selon la classification de Magerl, à savoir un type A en compression, un type B en distraction et un type C en translation. Les types A et B sont subdivisés respectivement en 5 et 3 groupes (*Figure 10*).

Le statut neurologique du patient est évalué et classifié dans 1 des 6 groupes définis ci-après : N0 correspond à un statut neurologique intact, N1 à des symptômes neurologiques transitoires résolutifs, N2 à la persistance de symptômes radiculaires, N3 à une atteinte spinale incomplète ou à une atteinte de la queue de cheval, N4 à une atteinte spinale complète et enfin NX lorsque le statut neurologique est indéterminé.

La classification prend également en compte ce qui est défini comme des paramètres modificateurs patients dépendants. M1 correspond à une lésion type compression pour laquelle le statut du complexe ligamentaire postérieur n'est pas clairement défini et M2 est assigné à tout patient chez qui des comorbidités spécifiques affectent l'algorithme de traitement, tel qu'une spondylarthrite ankylosante ou un polytraumatisme par exemple (27,28).

Pour chaque variable, un système de points est attribué. Le score final, tout comme pour la classification TLICS, a pour but d'obtenir un algorithme de traitement (*Figure 11*).

Actuellement, cet algorithme n'est pas encore établi et utilisé en pratique clinique. En effet, la classification est assez simple pour permettre une grande fiabilité entre les observateurs, mais plutôt complexe pour permettre une séparation significative entre les types de lésions et le traitement de référence.

Une revue de la littérature récente (29) a conclu que l'ATLICS est fiable pour la majorité des lésions mais que la variabilité au sein des sous-types suggère la nécessité d'effectuer d'autres recherches,

tout d'abord afin d'évaluer les besoins des utilisateurs dans le but de mieux connaître l'ATLICS et ensuite, afin d'évaluer la nécessité ou non d'inclure des critères plus spécifiques aux sous-types dans le système. D'autres recherches sont également recommandées sur la fiabilité des modificateurs, la classification neurologique et l'application de l'ATLICS dans un contexte pédiatrique (29–31).

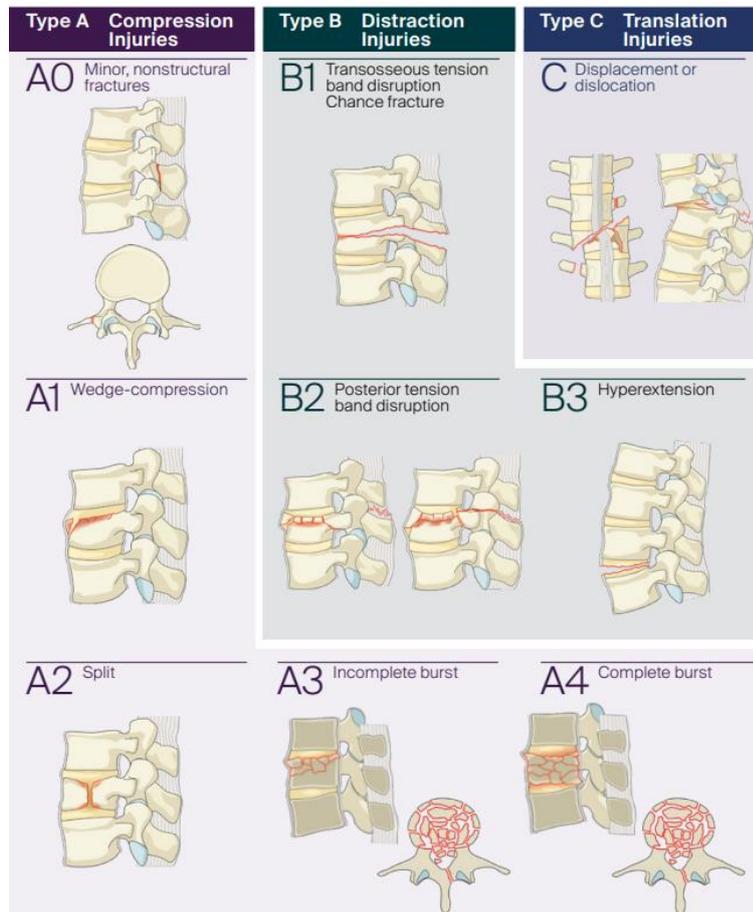


Figure 11. Morphologie fracturaire, classification ATLICS

Classification	Points
<b>Type A—compression injuries</b>	
A0	0
A1	1
A2	2
A3	3
A4	5
<b>Type B—tension band injuries</b>	
B1	5
B2	6
B3	7
<b>Type C—translational injuries</b>	
C	8
<b>Neurologic status</b>	
N0	0
N1	1
N2	2
N3	4
N4	4
NX	3
<b>Patient-specific modifiers</b>	
M1	1
M2	0

Figure 10. Score selon les variables de la classification ATLICS

D'après les nouvelles recommandations de 2019 du « Congress of Neurological Surgeons » (CNS), les classifications TLICS et ATLICS devraient être utilisées pour améliorer la caractérisation des fractures thoraco-lombaires et améliorer la communication entre les différents médecins (Recommandation Grade B). (Le système de gradation des recommandations est exposé en Annexe 2). Cependant, il n'y a pas suffisamment de données probantes pour recommander un système de classification universel ou un score de sévérité qui pourrait facilement guider le traitement de toutes les lésions (32).

### **3. LITTÉRATURE CONCERNANT LES TRAITEMENTS DES FRACTURES THORACO-LOMBAIRES**

Le traitement des fractures du rachis thoraco-lombaire reste de nos jours très controversé, qu'il s'agisse du choix entre une prise en charge chirurgicale ou conservatrice, aussi bien que sur choix de la technique opératoire quand l'indication chirurgicale est retenue. Aucun algorithme consensuel n'est, à ce jour, établi. Malgré tout, les buts premiers du traitement restent communs et immuables et consistent à restaurer et protéger la fonction neurologique, préserver la stabilité rachidienne, prévenir d'une déformation rachidienne pathologique et enfin, optimiser les résultats cliniques (9).

#### **3.1 Fractures thoraco-lombaires avec déficit neurologique**

En cas de fracture thoraco-lombaire avec déficit neurologique (lésion médullaire ou radiculaire), il est communément admis que le traitement chirurgical est la règle.

Le pronostic de récupération semble dépendre du statut neurologique initial. En effet, les patients avec une paraplégie initiale complète, classés grade A selon Frankel (*Tableau 2*), ne récupèrent qu'exceptionnellement - et dans ce cas le diagnostic initial peut être remis en doute - tandis qu'environ 75% des patients classés initialement Frankel grade B, C ou D s'améliorent d'au moins un grade au cours du suivi. Les objectifs premiers de la chirurgie sont donc de décompresser et de stabiliser le rachis, en plaçant les structures nerveuses dans les meilleures conditions anatomiques de récupération possibles, et d'éviter la majoration ou le développement de lésions nerveuses secondaires pouvant être dus à des phénomènes œdémateux ou inflammatoires. Même si elle n'est pas réalisée en urgence, la décompression est primordiale dans cette prévention de lésions neurologiques secondaires, telle que la syringomyélie par exemple, pouvant survenir même à distance (1,19).

Des recommandations ont été émises en 2019 par le CNS concernant l'évaluation et le traitement des patients avec un traumatisme thoraco-lombaire. Il a été admis que les preuves actuelles sont insuffisantes et contradictoires concernant le délai chirurgical à prendre en compte pour obtenir un bénéfice neurologique (33). En effet, sept études évaluant la récupération neurologique ont été exploitables pour établir ces recommandations et seulement six ont évalué la récupération neurologique en fonction du timing opératoire : une étude (34) n'a pas mis en évidence de différence entre une chirurgie précoce (< 48h) et une chirurgie tardive (> 48h) ; à l'inverse quatre autres études ont retrouvé un bénéfice lorsque la chirurgie était réalisée précocement. Parmi ces quatre études, deux ont considéré une chirurgie précoce quand celle-ci était réalisée à moins de 8h du traumatisme (35,36) et les deux autres l'ont considérée précoce quand réalisée dans les 24h post

traumatique (37,38). En outre, deux études (38,39) ont mis en évidence qu'il n'y avait pas d'indication à une chirurgie précoce (< 24h) en cas de lésion médullaire complète et une étude a montré qu'une récupération neurologique a pu s'observer dans les deux cas, que la chirurgie soit réalisée précocement (< 24h) ou tardivement (> 24h).

Il semble néanmoins logique de proposer une chirurgie de décompression médullaire la plus précoce possible lorsque le déficit neurologique initial est incomplet.

Ces mêmes recommandations (33) ont, en revanche, suggéré qu'une chirurgie « précoce » doit être envisagée chez les patients présentant une fracture thoraco-lombaire (sans précision sur le caractère neurologique) pour réduire le temps d'hospitalisation et les complications. La littérature actuelle définit néanmoins le terme de chirurgie « précoce » de manière inconstante, variant entre 8 et 72h post traumatique (Recommandations Grade B).

D'un point de vue médicamenteux, l'utilisation de Méthylprednisolone reste controversée dans les études chez ces patients blessés médullaires (9). La recherche s'est concentrée, ces trente dernières années, à trouver un traitement pharmacologique ou cellulaire efficace et, bien que la compréhension de la physiopathologie de la lésion médullaire ait progressé, ces progrès ne se sont pas traduits par un traitement permettant d'améliorer les résultats neurologiques. Plusieurs nouvelles thérapies potentielles sont actuellement à l'étude mais aucun traitement n'en ressort efficace pour le moment. Dans ce contexte, le groupe de travail du CNS a conclu qu'il n'y a pas suffisamment de preuves pour établir une recommandation sur un éventuel traitement médicamenteux à administrer en parallèle de la chirurgie. Toutefois, il a été précisé qu'à la lumière des données actuelles, le profil de complications possibles du patient doit être soigneusement pris en considération si l'on décide d'une administration de méthylprednisolone (40).

*Tableau 2. Grades de Frankel*

<b>Grade Frankel</b>	<b>Description clinique</b>
<b>A</b>	Paraplégie complète Aucune fonction motrice ni sensitive en sous lésionnel
<b>B</b>	Absence de motricité mais sensibilité, même partielle, sous lésionnelle préservée
<b>C</b>	Atteinte motrice incomplète, cotée entre 1 et 3 sur l'échelle MRC
<b>D</b>	Atteinte motrice incomplète, cotée à 4 sur l'échelle MRC
<b>E</b>	Absence de troubles moteurs ou sensitifs

### 3.2 Fractures thoraco-lombaires sans déficit neurologique

Le traitement des fractures thoraco-lombaires non déficitaires peut être un traitement fonctionnel, orthopédique ou bien chirurgical. Le choix de traitement va dépendre de plusieurs facteurs dont les principaux à prendre en compte sont les notions de stabilité et de déformation rachidienne.

La notion d'instabilité rachidienne est définie par White et Panjabi (41) comme une « perte de la capacité de la colonne vertébrale à maintenir, sous des charges physiologiques, des relations entre les vertèbres de telle sorte qu'il n'y ait ni dommages ni irritation subséquente au niveau de la moelle épinière ou des racines nerveuses et, en outre, qu'il n'y ait pas de développement de déformation invalidante ou de douleurs causés par des changements structurels ».

Grossièrement, la littérature s'accorde à dire que les fractures thoraco-lombaires considérées comme stables sont celles qui ne présentent pas d'atteinte discale ou ligamentaire, celles considérées comme modérément instables sont celles présentant une atteinte discale ou ligamentaire partielle et enfin les fractures thoraco-lombaires considérées comme instables sont celles impliquant d'importantes lésions disco-ligamentaires (2). Il est communément admis qu'une fracture considérée comme instable nécessite un traitement chirurgical dans la grande majorité des cas.

D'après les recommandations de 2019 du CNS, l'IRM est un outil pouvant être utilisé pour évaluer l'intégrité du complexe ligamentaire postérieur lorsque la nécessité d'une intervention chirurgicale est posée puisqu'elle a démontré son influence dans la prise en charge des patients présentant une fracture thoraco-lombaire jusqu'à 25% (Recommandation Grade B). En revanche, dû au faible nombre d'études publiées, les preuves sont insuffisantes pour affirmer que ces lésions mises en évidence à l'IRM peuvent être utilisées comme prédicteurs de résultats cliniques (42).

Les résultats conflictuels et la diversité des études mettent en évidence l'absence de traitement gold standard pour la grande majorité des fractures thoraco-lombaires. Aucune classification universelle n'étant recommandée à ce jour, aucune recommandation de traitement par type de fracture n'est par conséquent clairement établie. Il a néanmoins été essayé de proposer quelques grandes lignes de traitement en se basant notamment sur la classification de Magerl (1,2) (*Tableau 3*). Ces guidelines peuvent être remises en cause d'après certaines études récentes, notamment celles concernant le traitement des burst fractures.

Les fractures par compression de type A1 ont un risque de déplacement secondaire ainsi qu'un risque d'apparition de troubles neurologiques quasiment nuls. Par conséquent, ces fractures sont

habituellement traitées de façon conservatrice. Néanmoins, lorsque la cyphose locale est supérieure à 20-25°, un traitement chirurgical peut être envisagé.

Le traitement conservateur peut également s'appliquer pour les fractures de type A2 pour lesquelles le risque de déplacement secondaire est modéré, souvent progressif et unidirectionnel en cyphose. A noter cependant une petite nuance concernant les fractures A2.3 où le traitement chirurgical est à privilégier. En effet, dans ce type de fracture, les deux disques, sus et sous-jacents à la vertèbre fracturée, peuvent être partiellement rompus et incarcérés dans le corps vertébral fracturé. Ainsi, cela entraîne souvent une pseudarthrose et une instabilité douloureuse à plus long terme.

Le cas des fractures A3, ou burst fracture, est le plus complexe. Le sous type A3.1, correspondant aux fractures burst incomplètes, est probablement le plus controversé dans la littérature en termes de recommandations de traitement. Là encore, le risque de déplacement secondaire pour les burst fractures est modéré, progressif et unidirectionnel en cyphose. En revanche, le risque d'apparition de troubles neurologiques est plus élevé compte tenu du recul initial du mur postérieur. Le traitement des burst fractures peut être conservateur par corset ou bien chirurgical, le choix dépendant surtout de la comminution du corps vertébral et des degrés de cyphose locale et loco-régionale.

D'après les recommandations publiées en 2019, le CNS conclut que, compte tenu des preuves contradictoires concernant la recommandation ou non de la chirurgie dans le cadre des burst fractures dans le but d'améliorer les résultats cliniques chez les patients non neurologiques, l'indication chirurgicale doit être laissée à la discrétion du praticien (43). En outre, des preuves plus récentes ont suggéré que le corset pourrait même être inutile. Le CNS en a conclu que si le traitement conservateur était retenu, le choix de la mise en place ou non d'un corset était également laissée à la discrétion du praticien étant donné des résultats cliniques équivalents dans les deux cas (44). Une revue de la littérature a été réalisée en 2021 à ce sujet et a mis en évidence que d'après deux essais contrôlés randomisés, les résultats fonctionnels, les mesures radiologiques de cyphose, les scores de douleur et ceux de qualité de vie étaient équivalents entre les groupes sans et avec corset. Le niveau de preuve variait de très faible à modéré pour les résultats évalués et le taux de complications et d'échec du traitement nécessitant une intervention chirurgicale était faible. Il a néanmoins été conclu que des essais plus importants étaient nécessaires pour évaluer l'effet du traitement avec plus de confiance (45).

Les fractures de type B2, trans-osseuses pures, appelées également « fractures de Chance » ont un potentiel de déplacement secondaire élevé avec un déplacement progressif en cyphose ou en subluxation antérieure pouvant être important. Même si le traitement chirurgical semble plutôt indiqué en première intention, le traitement conservateur par corset peut se concevoir, notamment

si la cyphose locale est inférieure à 20-25°. Pour les fractures B1 et B3 avec lésion trans-discale et les fractures de type C, le traitement chirurgical est indispensable.

**Tableau 3.** Guidelines générales concernant le traitement des fractures thoraco-lombaires basées sur la classification de Magerl

	Type A	Type B	Type C
Groupe 1	Traitement conservateur OU chirurgical possible si cyphose > 20-25°	Traitement chirurgical	Traitement chirurgical
Groupe 2	<b>A2.1 / A2.2</b> : traitement par corset	Traitement chirurgical OU Traitement par corset possible si fracture trans-osseuse pure et cyphose < 20-25°	
	<b>A2.3</b> : traitement chirurgical à privilégier		
Groupe 3	Traitement par corset ( <i>voir conservateur ?</i> ) OU Traitement chirurgical	Traitement chirurgical	

### 3.3 Traitements conservateurs (1,2,19)

Trois méthodes de traitement conservateur sont possibles : le traitement fonctionnel simple, le traitement par réduction puis stabilisation par immobilisation rigide et enfin le traitement par corset sans réduction.

Le traitement fonctionnel sous-entend une mobilisation libre du patient, sans contention, selon ses capacités et ses douleurs. Des antalgiques adéquats sont indispensables. L'utilité d'une rééducation immédiate est en revanche controversée car, mal entreprise, cette rééducation peut entretenir voire aggraver la symptomatologie douloureuse.

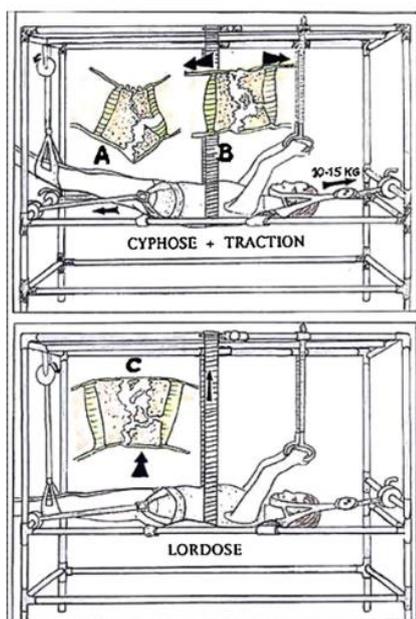
La réduction puis immobilisation rigide est basée sur le concept de ligamentotaxie. La réduction peut se faire par billot pneumatique : le patient est en décubitus dorsal, le billot est placé dans le dos au sommet de la déformation puis gonflé, permettant ainsi, par un effet lordosant, une réduction progressive sur 21 à 45 jours. Le patient est ensuite reverticalisé avec mise en place d'un corset en hyperlordose. Le temps cumulé de la phase de réduction et du port du corset est de trois mois.

La réduction de la fracture peut se faire également sur cadre selon la méthode de Boehler (*Figure 12*). Le patient est placé en décubitus dorsal dans un cadre de Cotrel. Le premier temps consiste à

installer une traction axiale de 10 à 15kg par l'intermédiaire d'une têtère et de deux lacs pelviens dont le but est une restauration de hauteur du corps vertébral. Le second temps consiste à placer puis tendre progressivement une sangle au sommet de la déformation rachidienne afin d'obtenir une réduction dans le plan sagittal. Enfin, le troisième temps consiste à mouler un plâtre sur mesure avec appuis sternal, dorsal, iliaque et pubien. Ce corset doit être porté pendant trois mois. La rééducation débute quelques jours après la mise en place du plâtre et doit se poursuivre après son ablation.

L'inconvénient de cette technique réside dans son caractère très inconfortable et douloureux pour le patient et nécessite souvent une sédation et des analgésiques puissants. A cause du plâtre, elle est également sujette aux escarres, à un iléus réflexe (secondaire à la fracture et favorisé par le plâtre), à des complications neurologiques et thromboemboliques. De plus, cette méthode est contre-indiquée en cas de polytraumatisme pour des raisons de nursing et pour des raisons d'impossibilités techniques évidentes telles que des fractures de côtes associées ou bien chez les patients obèses où l'immobilisation sera insuffisante.

Le traitement par corset sans réduction est basé sur le port d'un corset thoraco-lombaire thermoformé par des orthoprothésistes et comportant trois points d'appui : un appui sternal et deux appuis iliaques. Ce corset est à porter pendant trois mois. La rééducation précoce sous corset est essentielle. Elle est isométrique au niveau de la sangle abdominale et paravertébrale et inclut des exercices d'assouplissement de la racine des membres inférieurs. À l'ablation du corset, cette rééducation est poursuivie par un travail proprioceptif dynamique.



Collection du Pr HUSSON

Figure 12. Correction sur cadre selon la méthode de Boehler

### **3.4 Traitements chirurgicaux : techniques, approches et efficacité**

Lorsque l'indication chirurgicale est retenue, plusieurs approches peuvent être envisagées : les voies antérieures, les voies postérieures et les voies combinées. Quelle que soit l'approche chirurgicale privilégiée, cette dernière doit répondre à trois problématiques : la réduction de la fracture, la décompression du canal rachidien et la stabilisation osseuse rachidienne (1).

Tout comme pour la question du traitement conservateur versus chirurgie, il existe un manque de preuves scientifiques pour définir la supériorité d'une technique chirurgicale sur les autres. Ainsi, il n'existe aucun consensus sur la technique chirurgicale à adopter pour tel ou tel type de fracture thoraco-lombaire. Ceci est d'autant plus vrai pour le traitement chirurgical des burst fractures où la controverse est majeure.

Concernant le traitement des burst fractures, les recommandations du CNS de 2019 statuent sur le fait que le chirurgien peut utiliser une approche antérieure, postérieure ou bien combinée sans que cela n'ait d'impact sur les résultats cliniques ou neurologiques du patient (Grade B). En outre, les preuves étant conflictuelles au regard des résultats radiologiques et des complications selon les différentes approches, il n'a pas été recommandé à ce jour d'utiliser une approche plutôt qu'une autre (46). Le choix de la technique chirurgicale est donc très chirurgical et centre dépendant.

Ces dernières recommandations du CNS concluent également sur le fait que les deux techniques chirurgicales, « ouvertes » ou percutanées, peuvent être réalisées car les études suggèrent des résultats cliniques équivalents (Grade B) (47). Néanmoins, ces recommandations actuelles ne précisent pas si l'instrumentation percutanée doit être un vissage seul et, si oui, sur combien d'étages vertébraux le vissage est nécessaire, ou bien s'il peut s'agir d'une vertébroplastie ou d'une kysphoplastie seule ou encore si ces deux dernières techniques citées doivent être complémentaires. En outre, pour ce type de fracture, il a été prouvé que l'arthrodèse en complément de l'instrumentation n'a pas d'impact sur les résultats cliniques ou radiologiques et qu'au contraire celle-ci augmente les pertes sanguines et le temps opératoire (Grade A) (47).

Ces recommandations ont été basées sur deux études de niveau II, trois études de niveau III et une étude de niveau IV. Sur ces six études, quatre étaient en faveur de la chirurgie percutanée : une étude avec une fixation courte (un niveau au-dessus et un niveau en-dessous de la vertèbre fracturée) sans fixer la vertèbre fracturée (48) ; une étude où le type de fracture étudié était les fractures en flexion-distraction (donc les fractures de type B de la classification de Magerl et non les burst fractures au sens stricto-sensu du terme) avec une fixation percutanée longue (deux niveaux au-dessus et en-dessous de la vertèbre fracturée) et sans fixer la vertèbre fracturée (49) ; une étude avec une fixation courte associée à une fixation de la vertèbre fracturée (50) ; et une étude où le les

fractures étudiées étaient de type A, B1.2 et B2.3 (et donc non uniquement des burst fractures) et pour laquelle la fixation a été courte sans fixation de la vertèbre fracturée (51). A l'inverse, deux études étaient en faveur de la chirurgie en « ouvert » : une étude où la fixation percutanée était courte et sans fixation de la vertèbre fracturée (52) et une étude où la fixation percutanée était courte en incluant la fixation de la vertèbre fracturée (53).

Le traitement traditionnel des fractures thoraco-lombaires est l'instrumentation rachidienne avec arthrodèse en chirurgie « ouverte ». Les techniques et instrumentations rachidiennes ont beaucoup évolué au cours des deux dernières décennies incluant les instrumentations sans arthrodèse et les instrumentations percutanées seules. De nombreuses techniques mini-invasives se sont donc développées, ces dernières ayant pour but d'atteindre des résultats cliniques et radiologiques comparables aux chirurgies en « ouvert » tout en réduisant la morbidité. C'est le cas des chirurgies avec mise en place de dispositifs en visées pédiculaires percutanées. Ces chirurgies « mini-invasives » semblent avoir une durée opératoire significativement plus courte, des pertes sanguines péri-opératoires plus faibles, des tailles d'incisions plus petites, des taux d'infection plus faibles, un meilleur soulagement des douleurs et une durée d'hospitalisation plus courte que dans les chirurgies classiques en « ouvert » du rachis. À long terme, elles semblent fournir une bonne correction de la cyphose et une fixation stable de la colonne vertébrale (54). Cependant, cette question fait encore débat et d'autres questions en ont découlé, notamment sur le nombre d'étages vertébraux à fixer, la nécessité de fixer ou non la vertèbre fracturée et, dans le cadre des fractures vertébrales par compression, l'intérêt d'associer une vertébroplastie ou kyphoplastie de la vertèbre fracturée à l'instrumentation. En effet, la morbidité des approches antérieures pour la reconstruction de la colonne antérieure a conduit à une tendance possiblement exagérée de traitement des fractures vertébrales par compression par fixation pédiculaire en augmentant le nombre de niveaux vertébraux fixés. Malgré tout, la perte de support dans la colonne antérieure va inévitablement entraîner des forces de contraintes importantes sur l'instrumentation postérieure, ce qui peut ainsi conduire à une majoration de la perte de hauteur du corps vertébral fracturé, à une majoration de la cyphose loco-régionale ou encore à un descellement de matériel. Tout ceci peut être responsable de conséquences cliniques ou fonctionnelles néfastes chez le patient. C'est dans ce contexte particulier que les techniques mini-invasives de restauration du corps vertébral fracturé par approche postérieure percutanée se sont popularisées (55).

Ainsi, les vertébroplasties et, désormais, les kyphoplasties connaissent à ce jour un intérêt de plus en plus croissant dans la prise en charge de la pathologie rachidienne. La vertébroplastie percutanée sous contrôle radiologique est une technique consistant à injecter du ciment au sein d'un corps

vertébral pathologique afin de le consolider et de diminuer les douleurs qu'il provoque. Le premier cas de vertébroplastie a été réalisé en France en 1984 par Galibert et Deramond dans le traitement d'un angiome agressif d'une vertèbre cervicale. Depuis, elle connaît d'autres indications notamment dans le cadre de lésions tumorales malignes ostéolytiques puis dans le cadre de fractures vertébrales, d'abord ostéoporotiques et, désormais, post traumatiques survenant sur os « sain » (56). La kyphoplastie se différencie de la vertébroplastie par l'expansion contrôlée du corps vertébral préalable à l'injection du ciment. La « chambre » créée dans le corps vertébral peut se faire au moyen d'un ballonnet gonflable (non implanté) ou bien à l'aide de nouveaux dispositifs plus récents, intra-corporéaux, tel que le dispositif Spine Jack®. Un des problèmes inhérents à la vertébroplastie est le manque de réduction dans le cas des déformations cyphotiques importantes. Celui de la kyphoplastie est la perte de réduction observée après déflation des ballons avant l'injection du ciment. Ces dispositifs plus récents tel que le dispositif Spine Jack® ont été conçu dans l'optique d'appliquer une force de réduction plus importante que les ballons en se déployant selon un axe cranio-caudal et donc d'améliorer, théoriquement, la réduction de la déformation cyphotique et de la maintenir dans le temps (57).

De plus en plus d'études ont été publiées sur le traitement par kyphoplastie (par système de ballon puis Spine Jack®) des fractures thoraco-lombaires ostéoporotiques et/ou post traumatiques pures. Ces études concernent plus particulièrement les fractures thoraco-lombaires par compression (et donc les fracture de type A selon la classification de Magerl). Ces implants extensibles intra-corporéaux introduisent le concept de réduction vertébrale directe puisque qu'ils réalisent le mécanisme opposé à celui de compression. La méthode de réduction indirecte classique reste la distraction avec ligamentotaxis par instrumentation pédiculaire des vertèbres adjacentes à celle fracturée. Il s'est ainsi posé la question de la nécessité de combiner les deux types de réductions, et si oui, dans quelles indications (*Figure 13*). La réponse à cette question n'est, à ce jour, non encore élucidée (55).

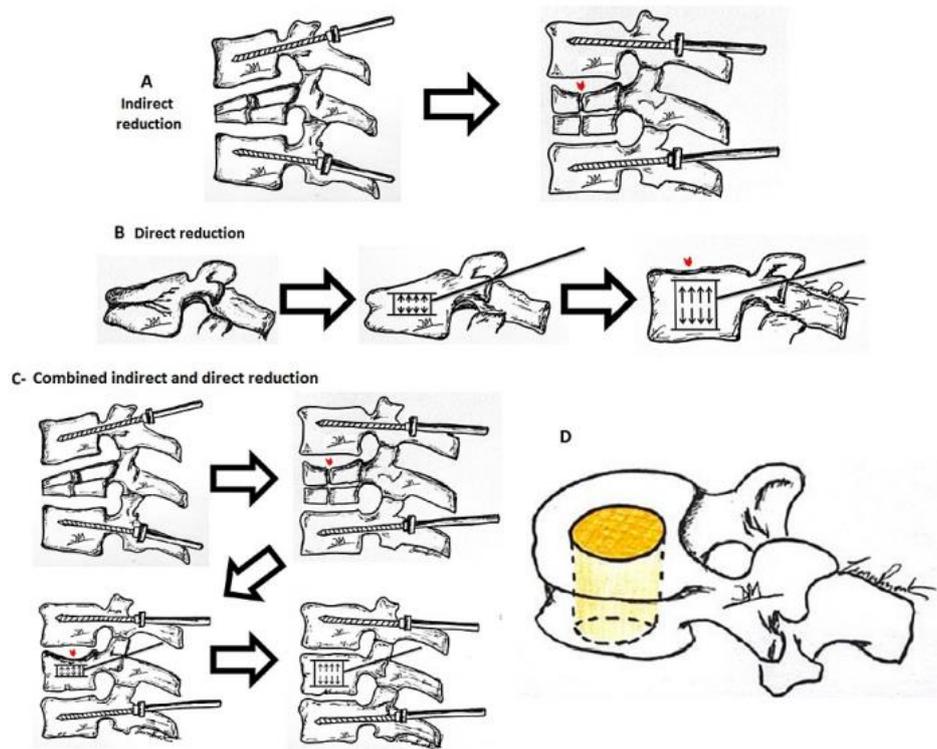


Figure 13. Méthode de réduction vertébrale directe, indirecte et combinée

#### **4. LE DISPOSITIF SPINE JACK®**

Le système Spine Jack® (Stryker®) a été conçu dans le but d'une restauration anatomique des fractures vertébrales par compression (soit les fractures de type A selon la classification de Magerl), d'origine traumatique, avec ou sans pathologie sous-jacente affectant la qualité osseuse, telles que l'ostéoporose ou des lésions malignes. Selon la HAS (2020), l'indication revendiquée est la réduction des fractures vertébrales mobiles par compression d'origine traumatique.

L'avantage du dispositif Spine Jack® réside dans le fait qu'il permet une restauration anatomique de la vertèbre fracturée en restaurant l'angle sagittal par une expansion cranio-caudale, une restauration de l'angle frontal par l'amplitude d'expansion des implants et une restauration des plateaux vertébraux par l'optimisation du positionnement des implants.

A l'instar d'un cric, l'expansion du dispositif applique, selon un axe cranio-caudal, une force de distraction de 500 Newton à la vertèbre fracturée. L'expansion de ce dispositif implique un raccourcissement de ce dernier et le déploiement du composant central qui est en titane. Un système à crémaillère bloque l'expansion de l'implant à la hauteur désirée, permettant ainsi toute perte de correction avant l'injection du ciment. Ce dernier va englober ainsi les implants, assurant une stabilisation définitive de la fracture.

L'implant ne peut être utilisé qu'une seule fois car sa distraction n'est pas réversible. Il ne peut pas revenir dans sa position initiale. De même, une fois implanté, aucune explantation de Spine Jack® n'est possible.

Les implants Spine Jack® ayant été développés sont de trois tailles différentes qui varient selon le diamètre d'insertion, la longueur totale et l'expansion maximale. Les caractéristiques de ces différents implants sont exposées dans la figure 14. Le choix de la taille de l'implant réside dans la taille du pédicule de la vertèbre fracturée. En effet, l'accès au corps vertébral nécessite un pédicule dont le diamètre interne minimal est de 5 mm. Lorsque le diamètre du pédicule de la vertèbre fracturée est compris entre 5 et 5,8 mm, l'implant Spine Jack® recommandé est le 4.2. Lorsque le diamètre du pédicule est compris entre 5,8 et 6,6 mm, l'implant Spine Jack® recommandé est le 5.0. Enfin, lorsque le diamètre du pédicule est supérieur à 6,6 mm, c'est l'implant 5.8 qui est préconisé.

Le ciment injecté en per-procédure, après mise en place et distraction du dispositif, est un polyméthacrylate de méthyle haute viscosité (PMMA).

L'insertion du système Spine Jack® se fait selon une approche percutanée transpédiculaire sous guidage fluoroscopique. Le placement de deux implants par niveau traité est préconisé pour obtenir une restauration anatomique. De plus, l'utilisation de ces deux implants positionnés symétriquement à l'intérieur du corps vertébral permet une propagation homogène du PMMA. L'expansion du dispositif entraîne également une direction préférentielle de flux du PMMA, réduisant ainsi le risque de fuite de ciment (58).

Les contre-indications à la kyphoplastie par Spine Jack® sont les suivantes : contre-indication à l'anesthésie générale ; patient ayant une fracture thoraco-lombaire post traumatique de type B ou C selon la classification de Magerl ; patient ayant des antécédents d'intolérance ou de réaction allergique au titane et/ou à l'un des composants du ciment en PMMA ; une infection active, que celle-ci soit systémique ou localisée dans la vertèbre à traiter ; patient ayant une fracture pathologique avec présence d'une masse intracanaulaire ; patient ayant des dommages neurologiques secondaires à la fracture vertébrale ; patiente enceinte ou allaitante ; patient ayant une vertèbre dont l'anatomie n'est pas compatible avec la taille de l'implant ou enfin une géométrie de la fracture ne permettant pas l'insertion de l'implant dans le corps vertébral (HAS 2020). A noter également que l'acte d'implantation des Spine Jack® est réservé aux patients adultes et n'est donc pas destiné aux enfants.

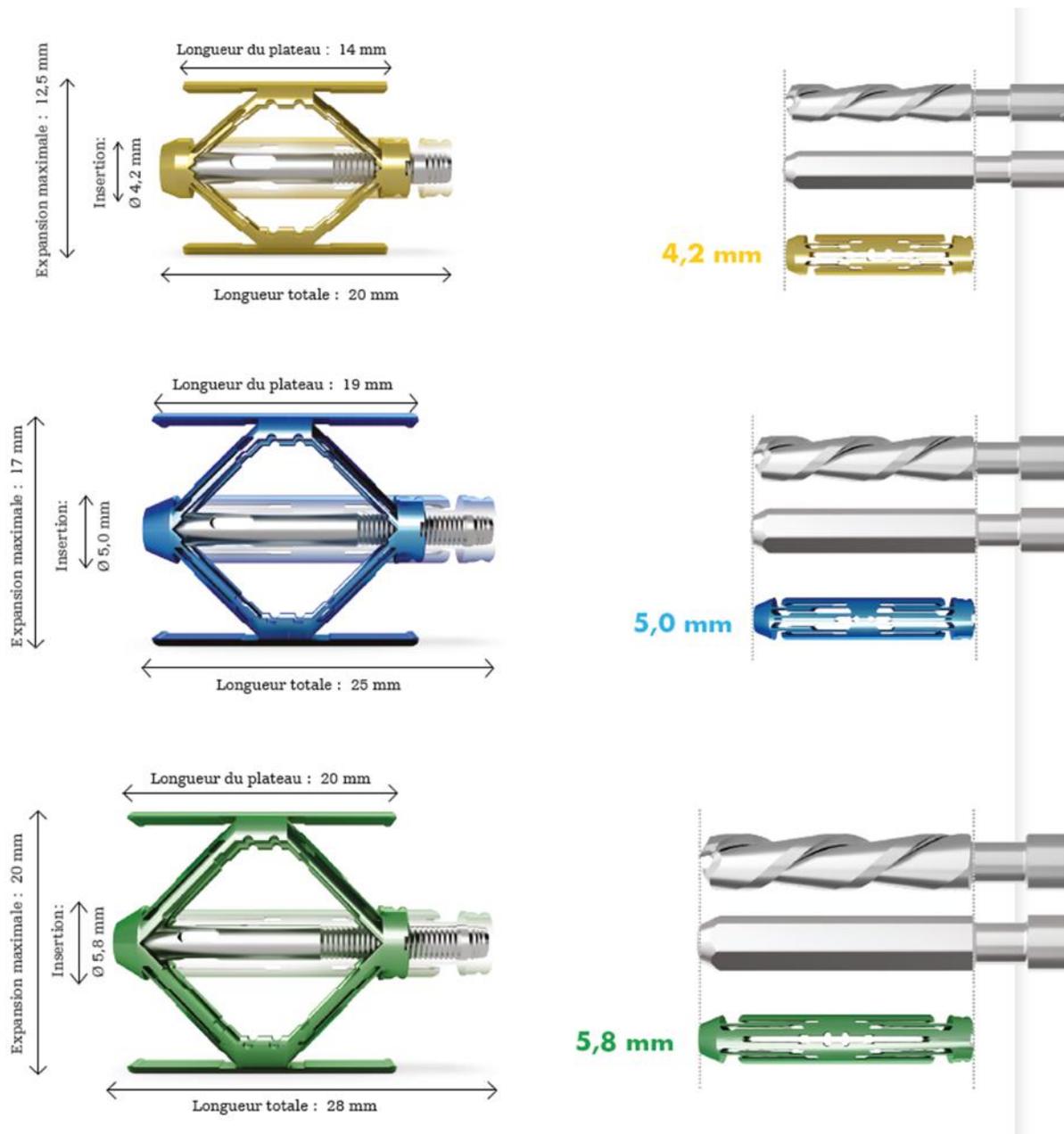


Figure 14. Caractéristiques des différents modèles du dispositif Spine Jack®

## **5. REVUE DE LA LITTÉRATURE DU TRAITEMENT PAR SPINE JACK®**

Les procédures chirurgicales utilisant des systèmes de réexpansion vertébrale sont désormais réalisées en routine dans le cadre du traitement des fractures vertébrales par compression. La première génération de système d'augmentation vertébrale percutanée était la vertébroplastie, dont la toute première a été réalisée par Galibert et al. en 1984 (59), et consistait à injecter un ciment basse viscosité à haute pression dans la vertèbre concernée. Bien qu'elle permît d'obtenir de bons résultats en termes d'amélioration de la douleur (58), cette technique ne permettait pas une restauration de la hauteur du corps vertébral. C'est dans cette optique de restauration qu'est né la seconde génération de système d'augmentation vertébrale percutanée, à savoir la kyphoplastie par ballons (58). Le but était de créer une cavité par gonflement des ballons dans le corps vertébral collabé afin d'en restaurer la hauteur avant l'injection d'un ciment pouvant être de plus haute viscosité car injecté à plus basse pression. Cependant, il a été constaté une perte de cette restauration de hauteur après déflation des ballons (58,59), ce pourquoi a été développé une troisième génération de système d'augmentation vertébrale percutanée à laquelle appartient le dispositif Spine Jack®, nouveau dispositif de kyphoplastie mécanique (en opposition avec la kyphoplastie hydraulique). Les implants en titane du dispositif Spine Jack® sont introduits et laissés en place dans le corps vertébral fracturé. Leur distraction permet une restauration progressive, contrôlée et, théoriquement, stable de la hauteur vertébrale avant l'injection de ciment.

Afin de réaliser une revue de la littérature concernant le dispositif Spine Jack®, nous avons recherché dans la base de données Pubmed les termes suivants : ((SpineJack) OR (Spine Jack®) OR (armed kyphoplasty) OR (expandable intravertebral implant)) AND (fracture). 71 résultats ont ainsi été obtenus. En ne retenant que les études cliniques traitant spécifiquement du dispositif Spine Jack® dont le texte entier était disponible, en excluant les cas cliniques, les études sur cadavres et les études sur fractures d'origine tumorale, 13 études ont ainsi pu être retenues. Ces différentes études et leurs résultats respectifs sont exposés en annexe 3. Nous avons également tenu compte de 4 revues de la littérature traitant du sujet (55,58–60) et 1 méta-analyse comparant 7 traitements différents des fractures ostéoporotiques en compression (61).

Plusieurs de ces études publiées dans la littérature se sont attelées à comparer le traitement de kyphoplastie par ballons à celui de kyphoplastie par Spine Jack® (62–65). Ces dernières concluaient à une meilleure restauration de la hauteur vertébrale dans le groupe Spine Jack®. Cependant, n'étaient inclus dans ces études que des patients dont les fractures vertébrales étaient considérées comme ostéoporotiques. La moyenne d'âge était de plus de 68 ans, on notait une nette prédominance de femmes et les critères d'inclusion et d'exclusion pouvaient parfois être nombreux (63,64).

Selon la revue de la littérature de Vanni et al. (58), répertoriant les différents dispositifs de kyphoplastie de troisième génération, « le Spine Jack® est le seul dispositif adapté dans le traitement des fractures thoraco-lombaires ostéoporotiques, traumatiques (récentes, anciennes ou irréductibles) et dans les tumeurs osseuses primaires ou secondaires car il possède un système de travail mécanique et un mécanisme direct d'élévation » (Figure 15).

Device	Pathology	Intended use	Purpose	Working	Type	Access	Material
Kyphon	Vertebral body fractures (VBF)	Recent trauma, osteoporosis, metastasis	Fracture reduction and cavity creation for cement	Balloon	Not permanent	Percutaneous	Elastomer
Vertebral body stenting (VBS)	VBF	Recent trauma, osteoporosis, metastasis	Fracture reduction and cavity creation for cement	Balloon + deformable metallic component	Permanent	Percutaneous	Titanium
Spine Jack	VBF	Recent and not recent trauma, osteoporosis metastasis	Fracture reduction and cavity creation for cement	Deformable metallic component	Permanent	Percutaneous	Titanium
OsseoFix	VBF	Osteoporotic collapse	Fracture reduction and cavity creation for cement	Deformable metallic component	Permanent	Percutaneous	Titanium

VBF, vertebral body fractures.

*Figure 15. Caractéristiques des dispositifs de troisième génération de kyphoplastie*

Une étude, descriptive et prospective, publiée dans la littérature par Kerschbaumer et al. (57) a cherché à comparer le traitement par kyphoplastie Spine Jack® (60 patients) à celui par kyphoplastie Spine Jack® associée à une ostéosynthèse postérieure (14 patients). Cette étude incluait essentiellement des hommes âgés de moins de 50 ans en moyenne. Elle a conclu au fait que le Spine Jack® semblait être un dispositif prometteur dans le traitement des fractures vertébrales avec une correction dans le plan sagittal, conclusion comparable à ce qui est retrouvé dans la littérature. Elle n'a, en revanche, pas mis en évidence de supériorité d'un groupe par rapport à l'autre.

D'autres études se sont attardées à décrire les résultats cliniques et radiologiques d'une population de patients traités par ce dispositif Spine Jack®. Deux de ces études étaient rétrospectives (66,67) et cinq autres étaient prospectives (68–73). Dans ces différentes études, seuls les résultats « généraux », pour l'ensemble des patients ont été présentés, ces derniers mettant grossièrement en évidence l'efficacité clinique et radiologique du dispositif Spine Jack® dans le traitement des fractures vertébrales par compression.

Parmi ces 13 études, seulement 4 essais contrôlés randomisés ont été publiés jusqu'à présent et concernaient la comparaison entre le dispositif Spine Jack® et la kyphoplastie par ballons. D'après le rapport de la HAS de 2020 concernant le dispositif Spine Jack®, un nouvel essai contrôlé randomisé est en cours d'étude et n'a pas été encore publié. Il s'agit de l'étude SPICO (74), étude multicentrique réalisée sur 8 centres, ouverte, comparative, randomisée et prospective. L'objectif de cette étude est de comparer le traitement par Spine Jack® associé à du PMMA à un traitement conservateur chez des patients victimes de fractures vertébrales d'origine traumatique, de types A1 et A3.1 selon la classification de Magerl et datant de moins de 10 jours. Les patients ayant été inclus remplissent les critères ci-après : ils sont âgés de 18 à 60 ans, ont une ou deux fractures douloureuses d'origine traumatique non pathologique, récentes de moins de 10 jours, comprises entre T11 et L5, de type A1 ou A3.1 selon la classification de Magerl et ayant un angle de cyphose supérieur à 10°. Ces patients sont également éligibles à un traitement par corset ou au système Spine Jack®. Les critères de non-inclusion comprennent les fractures vertébrales datant de plus de 10 jours, les fractures vertébrales ostéoporotiques spontanées, des symptômes neurologiques associés, un angle de cyphose supérieur à 30°, une infection locale ou systémique, une allergie au titane ou aux composants acryliques, une fracture géométrique incompatible avec l'insertion de l'implant, ou encore des lésions malignes. Le critère de jugement principal est l'évaluation de la douleur rachidienne par l'échelle visuelle analogique à 1 et 12 mois de suivi. Les critères secondaires sont l'évolution jusqu'au dernier suivi (soit à 24 mois) des scores de l'échelle numérique analogique (EVA), du questionnaire Oswestry (ODI), des scores de qualité de vie EQ-5D et EQ-EVA. Ils comprennent également l'évolution de l'angle de cyphose vertébrale et loco-régionale, la consommation d'antalgiques, le délai de reprise du travail et enfin les effets indésirables. Les premiers résultats de cette étude mettent en évidence une évolution favorable de la douleur à 1 et 12 mois par rapport à la douleur initiale dans chacun des deux groupes mais sans mettre en évidence de différence significative entre ces deux mêmes groupes. Les résultats sur le critère de jugement principal sont donc en faveur d'un bénéfice dans chacun des groupes à 12 mois par rapport à la valeur basale moyenne mais ne montrent pas de supériorité du groupe Spine Jack® par rapport au groupe corset. Concernant les critères secondaires, les résultats mettent en évidence une amélioration des scores EVA, ODI, EQ-EVA, EQ-5D par rapport à l'inclusion dans chacun des groupes, mais également sans différence significative entre les deux groupes. Le temps médian de retour au travail est plus court dans le groupe Spine Jack®, ces résultats n'étant rapportés que pour une partie des patients qui travaillaient avant leur fracture (28 patients sur 74). Les paramètres radiologiques ont, quant à eux, été améliorés dans le groupe Spine Jack®. L'étude étant construite en étude de supériorité, elle ne permet donc pas de conclusion en termes d'équivalence. A noter également une inclusion restreinte de patients et une proportion de patients,

pour lesquels les critères secondaires ont été rapportés, variable selon les critères et avec notamment des résultats très parcellaires à 24 mois pour les 2 groupes.

Dans aucune de ces études, les auteurs ne se sont attachés à décrire les catégories de patients pour lesquelles les résultats cliniques et radiologiques pouvaient être décrits comme « moins bons », voire « mauvais ». En effet, même si, comme dit précédemment, les études s'accordent sur l'efficacité clinique et radiologique du Spine Jack<sup>®</sup>, certaines ont néanmoins décrit une ré-augmentation des scores EVA et ODI au cours du suivi post-opératoire (64,72). Dans l'étude de Montoya et al. (72), il existait une proportion de patients avec un score ODI impliquant des limitations modérées, intenses et très intenses encore importantes à 6 mois, sans que n'en soit recherché les causes. Certaines études ont également décrit une perte de la correction de la restauration du corps vertébral entre le post-opératoire immédiat et le suivi (57,64).

Ainsi, aucune des études publiées à ce jour n'a mis en évidence de facteurs prédictifs de « moins bons » résultats cliniques, fonctionnels ou radiologiques avec l'utilisation du Spine Jack<sup>®</sup>.

## **6. OBJECTIFS DE L'ETUDE**

Le but de cette étude était la recherche de facteurs prédictifs de résultats cliniques, fonctionnels et radiologiques, à distance de la chirurgie, dans le cadre du traitement des fractures thoracolumbaires en compression, post-traumatiques, traitées par kyphoplastie de type Spine Jack<sup>®</sup>.

L'objectif principal était la recherche de facteurs prédictifs de résultats fonctionnels selon le score Oswestry (ODI) au dernier suivi.

Les objectifs secondaires étaient la recherche de facteurs prédictifs de résultats cliniques selon l'évaluation numérique de la douleur (EN) au dernier suivi et radiologiques selon les pourcentages de restauration des hauteurs antérieure et centrale ainsi que le pourcentage de restauration de la cyphose locale au dernier suivi.

# MATERIEL & METHODES

## 1. TYPE D'ETUDE

Il s'agit d'une étude rétrospective monocentrique (Centre hospitalo-universitaire (CHU) de Nantes), hors du cadre de la Loi Jardé.

## 2. CRITERES D'INCLUSION

Nous avons inclus dans notre étude tous les patients âgés de plus de 18 ans, homme ou femme, ayant été traités entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre 2020, par kyphoplastie avec mise en place d'un dispositif Spine Jack® seul, sans matériel d'ostéosynthèse associé, dans le cadre d'une fracture vertébrale thoraco-lombaire par compression (donc classée type A selon la classification de Magerl) et d'origine post traumatique.

## 3. CRITERES D'EXCLUSION

Nous avons exclu de cette étude les patients victimes de plus d'une fracture vertébrale thoraco-lombaire, ceux dont la fracture vertébrale était classée type B ou C selon la classification de Magerl, les patients avec un déficit neurologique et ceux dont l'origine de la fracture n'était pas post-traumatique.

## 4. TECHNIQUE CHIRURGICALE

Les interventions ont été réalisées sous anesthésie générale et après intubation oro-trachéale du patient. Chaque patient a reçu une antibioprophylaxie pré-opératoire par CEFAZOLINE 2g en IV lente dose unique (ou VANCOMYCINE 30 mg/kg/120 min en dose unique en cas d'allergie) selon les recommandations de la Société Française d'Anesthésie et de Réanimation (SFAR).

Le patient a été positionné en décubitus ventral sur deux billots avec appuis mamelonnaires et au niveau des crêtes iliaques. Deux amplificateurs de brillance ont été mis en place pour un contrôle de face et de profil per opératoire, centré sur la vertèbre fracturée.

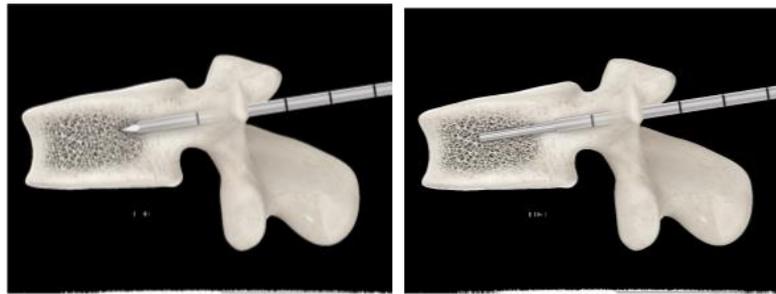
Les points d'entrée ont été repérés sous scopie pour les aiguilles de Jamshidi, ces derniers correspondant aux projections des bords externes des pédicules de la vertèbre fracturée. Les aiguilles de Jamshidi ont ensuite été introduites selon un trajet pédiculaire c'est-à-dire que, de chaque côté, l'extrémité du trocart était d'abord au milieu puis au bord interne de l'œil pédiculaire lors du franchissement du mur postérieur en vue antéro-postérieure. Les aiguilles ont ensuite été

retirées et une broche guide a été introduite dans chaque trocart. Les canules de travail ont été introduites dans le corps vertébral guidées par chacune des broches. Une mèche à tarauder a ensuite été utilisée jusqu'au positionnement souhaité des implants Spine Jack® dans le corps vertébral. Les canules de travail ont ensuite été laissées en place après avoir retiré la mèche à tarauder.

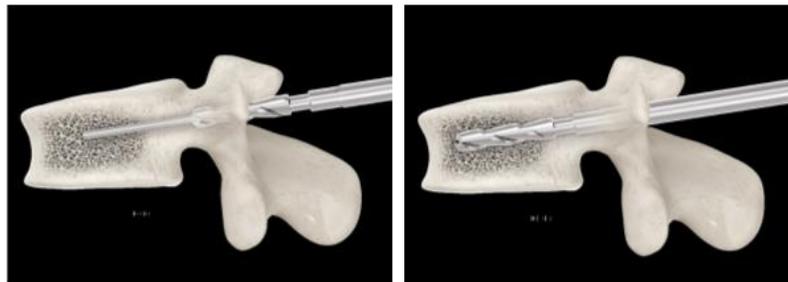
L'insertion puis le déploiement des implants Spine Jack® se sont ensuite faits parallèlement aux plateaux vertébraux, le tout sous contrôle scopique. La manipulation a été interrompue lorsque la restauration de hauteur vertébrale voulue était obtenue.

Les canules contenant le ciment ont, ensuite, été mises en place dans les canules de travail. Le ciment a été injecté progressivement en surveillant le processus sous scopie (*Figure 16*).

Un contrôle scopique en fin de procédure a été réalisé afin d'évaluer le résultat du geste chirurgical. L'intervention s'est terminée par l'ablation des canules de travail puis par la fermeture de la sous peau et de la peau selon les préférences du chirurgien.



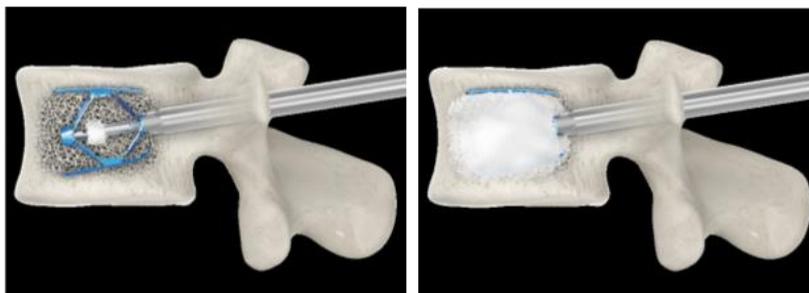
**Etape 1 et 2 : Introduction des aiguilles de Jamshidi selon un trajet pédiculaire puis des broches guides**



**Etape 3 : Taraudage du corps vertébral**



**Etape 4 : Insertion puis déploiements des implants Spine Jack**



**Etape 5 : Retrait des portes implants et injection du ciment**

*Figure 16. Etapes chirurgicales de mise en place du dispositif Spine Jack®*

## **5. SUIVI DU PATIENT**

Le patient a été levé le jour même ou le lendemain de l'intervention en fonction des douleurs. Il a alors bénéficié de radiographies du rachis thoraco-lombaire, en charge, de face et de profil en post-opératoire immédiat. Le patient a ensuite été revu en consultation à 3, 6 et 12 mois et plus avec des radiographies, en charge, de face et de profil, de contrôle. Le score d'évaluation de la douleur selon l'échelle numérique (score EN) a été évalué en post-opératoire immédiat et au dernier suivi, soit à 12 mois et plus. Celui d'évaluation des capacités fonctionnelles selon le questionnaire d'Oswestry (ODI) a été recueilli au dernier suivi, soit à 12 mois et plus.

## **6. RECUEIL DE DONNEES**

### **6.1 Listing des patients**

Tous les patients de l'étude ont été identifiés via extraction de données sur CLINICOM (Siemens Health service), logiciel de cotations des actes médicaux utilisé au CHU de Nantes. Nous avons recherché tous les patients ayant séjourné entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre 2020 dans notre établissement et pour lesquels ont été codés les actes de Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) suivants : LHMH002 (ayant pour intitulé : Spondyloplastie d'une vertèbre par voie transcutanée avec guidage radiologique), LHMH228 (ayant pour intitulé : Spondyloplastie expansive (cyphoplastie) d'une vertèbre par voie transcutanée avec guidage radiologique) et LHCA002 (ayant pour intitulé : Ostéosynthèse postérieure de la colonne vertébrale sans exploration du contenu canalaire par abord postérieur).

### **6.2 Données démographiques**

Pour chaque patient, ont été recueillis : l'âge au moment de la chirurgie, le sexe, l'indice de masse corporelle (IMC), le type de traumatisme rachidien, le niveau de la vertèbre fracturée ainsi que la classification de la fracture selon Magerl.

Il a également été notifié le temps écoulé entre le traumatisme rachidien et la chirurgie ainsi que la durée de suivi du patient.

Plusieurs données péri-opératoires ont, elles aussi, été répertoriées : le temps opératoire, la quantité de ciment injectée après mise en place des implants, la date du premier lever post-opératoire, la durée d'hospitalisation et enfin les complications per et post-opératoires.

Toutes les informations ont été recueillies à partir des dossiers patients informatisés sur le logiciel de santé MILLENIUM utilisé au CHU de Nantes.

### **6.3 Données cliniques**

Le questionnaire d'Oswestry (ODI) est un questionnaire d'évaluation de la capacité fonctionnelle. L'ODI est l'index le plus couramment utilisé pour les patients souffrant de lombalgies. Il est calculé à partir du score obtenu pour chacun des dix items du questionnaire. Les items concernent : l'intensité de la douleur, la capacité à prendre soin de soi, celle de la manutention de charge, la capacité à la marche, à la station debout et assise, la qualité du sommeil, l'impact sur la vie sociale et celui sur la vie sexuelle, et enfin la capacité à voyager. Chaque item est scoré de 0 à 5. La somme sur 50 obtenue correspond au score global d'handicap fonctionnel et est traduite en pourcentage. Un score compris entre 0 et 20% reflète une incapacité minime, un score entre 21 et 40% reflète une incapacité modérée, de 41 à 60% une incapacité sévère, de 61 à 80% un patient infirme et enfin de 81 à 100% un patient alité. Le questionnaire est disponible en annexe 4.

Dans notre étude, le recueil de l'indice d'Oswestry a été recueilli au dernier suivi, soit à 12 mois et plus.

Nous avons considéré dans notre étude qu'un indice d'Oswestry supérieur ou égal à 21% signait un mauvais résultat fonctionnel.

L'échelle d'évaluation numérique (EN) est une échelle d'auto-évaluation de la douleur allant de 0 à 10. Sur cette échelle, 0 correspond à l'absence de douleur et 10 correspond à la douleur la plus insupportable possible. Un score EN compris entre 1 et 3 correspond à une douleur d'intensité légère, un score EN à 4 ou 5 correspond à une douleur d'intensité modérée, à 6 ou 7 à une douleur intense et enfin un score supérieur à 7 implique une douleur très intense, voire insupportable (HAS 2022)(75).

Dans notre étude, le score EN a été recueilli en pré-opératoire, en sortie d'hospitalisation et à la fin du suivi, soit à 12 mois et plus.

D'après le rapport de la HAS (75), le patient nécessite une prise en charge de la douleur si l'EN est supérieur ou égal à 4 sur 10. Ainsi, nous avons considéré dans notre étude qu'un score EN au dernier suivi supérieur ou égal à 4 correspondait à un mauvais résultat clinique.

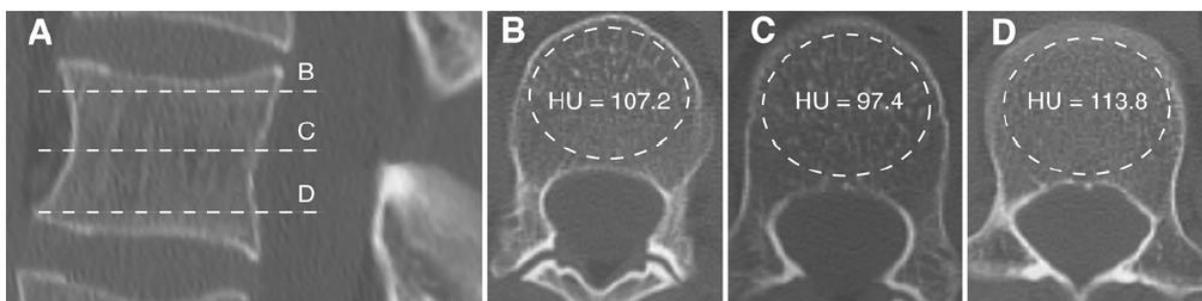
## 6.4 Données radiologiques

Plusieurs mesures radiologiques ont été réalisées en pré-opératoire et au cours du suivi : la densité osseuse, la cyphose locale ainsi que les pertes de hauteurs antérieure et centrale. Ces différentes mesures ont été réalisées sur le logiciel de visualisation numérique CARESTREAM.

### 6.4.1 Densité osseuse

Dans notre étude, la densité osseuse a été obtenue d'après le scanner thoraco-lombaire pré-opératoire selon la technique de Schreiber et al. (76) La vertèbre utilisée pour obtenir cette valeur était toujours une vertèbre « saine », L1 ou L2 en fonction de la vertèbre fracturée pour chaque patient.

Schreiber et al. ont décrit une technique simple pour évaluer la densité minérale osseuse (DMO) vertébrale d'après la tomодensitométrie lombaire qui a été corrélée avec les résultats des acquisitions d'absorptiométrie aux rayons X (DXA). Cette technique consiste à tracer une région d'intérêt (ROI) sur 3 coupes axiales les plus parallèles possibles aux plateaux vertébraux d'une vertèbre lombaire : une première zone juste en-dessous du plateau vertébral supérieur, une seconde zone au niveau du milieu du corps vertébral et enfin une troisième zone juste au-dessus du plateau vertébral inférieur (*Figure 17*). La ROI est dessinée en englobant seulement l'os spongieux et donc en évitant les bords de corticale, les anomalies osseuses et les vides osseux tels que les vaisseaux. Le logiciel calcule l'unité Hounsfield (HU) moyenne dans la ROI pour chaque zone. Une moyenne des 3 mesures détermine la densité osseuse pour le niveau vertébral concerné.



**Figure 17.** Tomodensitométrie illustrant la technique de calcul de la DMO vertébrale avec les HU. A : Coupe sagittale d'un corps vertébral montrant les plans axiaux d'intérêt. B-D : Images axiales montrant les valeurs HU générées par le logiciel d'imagerie. La valeur moyenne de B-D est utilisée pour calculer la densité osseuse vertébrale.

En corrélant le T-score DXA, l'HU moyenne et les critères OMS de l'ostéoporose, les patients peuvent être classés selon trois groupes : normal, ostéopénique et ostéoporotique. Une valeur HU moyenne

de 133,0 (95% CI 118,4-147,5) classe le patient dans le groupe « normal », une valeur à 100,8 (95% CI 93,1-108,8) dans le groupe « ostéopénique » et enfin une valeur HU moyenne de 78,5 (95% CI 61,9-95,1) (Figure 18).

Group	T-Score	Lumbar Spine†		Humeral Head‡	
		Mean ± SD	95% CI	Mean ± SD	95% CI
normal	-1.0 or greater	133.0 ± 37.6	118.4–147.5	121.3 ± 27.9	115.8–126.7
osteopenia	less than -1.0 or greater than -2.5	100.8 ± 24.5	93.1–108.8	103.4 ± 26.1	98.2–108.7
osteoporosis	-2.5 or less	78.5 ± 32.4	61.9–95.1	92.1 ± 29.1	81.0–103.2

\* Adapted with permission from Schreiber JJ et al: *J Bone Joint Surg* 93:1057–1063, 2011. www.jbjs.org.

† Data from Schreiber et al., 2011.

‡ Data from Pervaiz et al., 2013.

**Figure 18.** Moyennes, écarts-types et intervalles de confiance à 95 % des valeurs HU vertébrale et de la tête humérale chez les patients qui répondent aux critères de l’OMS pour une DMO normale, une ostéopénie ou une ostéoporose d’après les scores-T\*

A ce jour, la corrélation entre la densité osseuse et le risque de fracture est bien établie. Grâce à la corrélation entre densité osseuse et HU qui est désormais acceptée dans la littérature, la valeur HU peut être un outil pour prédire le risque fracturaire mais aussi pour éclairer les facteurs contributifs à une fracture ou encore guider sur les techniques opératoires à privilégier et sur les potentielles complications post-opératoires à envisager.

#### 6.4.2 Cyphose locale

La déformation sagittale de la vertèbre fracturée se mesure par les pourcentages de perte de hauteur des murs antérieurs et postérieurs et par la cyphose vertébrale (CV) également appelée cyphose locale. La CV correspond à l’angle entre les tangentes aux plateaux vertébraux supérieur et inférieur de la vertèbre fracturée (Figure 19).

Dans notre étude, la CV a été mesurée sur le scanner pré-opératoire en coupe sagittale et sur les radiographies du rachis thoraco-lombaire de profil réalisées en charge au cours du suivi : en post-opératoire immédiat, au troisième et sixième mois, à un an et au dernier suivi.

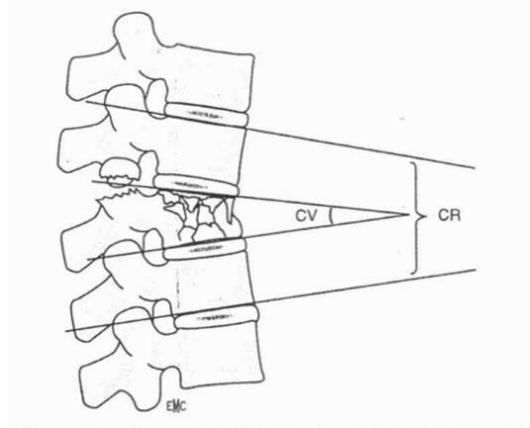


Figure 19. Mesures des cyphoses vertébrale (CV) et loco-régionale (CR)

A partir des CV pré-opératoires et au dernier suivi, nous avons pu calculer le pourcentage de restauration de la CV à partir de la formule suivante :  $100 - \frac{CV \text{ dernier suivi} \times 100}{CV \text{ pré-opératoire}}$ .

#### 6.4.3 Perte de hauteur antérieure et centrale

Pour chaque vertèbre fracturée, le pourcentage de perte de hauteur antérieure (HA) a été calculé selon la formule suivante :  $100 - \frac{\text{hauteur anté vertèbre fracturée} \times 100}{\frac{(\text{hauteur anté vertèbre sus-jacente} + \text{hauteur anté vertèbre sous-jacente})}{2}}$

La hauteur antérieure du corps vertébral correspondait à la mesure cranio-caudale entre le plateau supérieur et le plateau inférieur de la vertèbre en se plaçant au mur antérieur du corps vertébral.

La mesure des hauteurs antérieures des trois vertèbres analysées a été réalisée pour chaque patient sur chaque examen : sur le scanner thoraco-lombaire pré-opératoire en coupe sagittale puis sur les radiographies de profil réalisées en charge au cours du suivi, c'est-à-dire en post-opératoire immédiat, à trois et six mois, à un an et au dernier suivi (Figure 20).

A partir des pourcentages de pertes de hauteur antérieure en pré-opératoire et au dernier suivi, nous avons pu calculer le pourcentage de restauration de la hauteur antérieure selon la formule suivante :

$100 - \frac{(\% \text{ perte de hauteur antérieure dernier suivi} \times 100)}{\% \text{ perte de hauteur antérieure pré-opératoire}}$ . Lorsque la valeur obtenue était négative, elle était ramenée à 0, correspondant ainsi à une absence de restauration de HA.

Le pourcentage de perte de hauteur centrale (HC) ainsi que le pourcentage de restauration de la hauteur centrale ont été calculés selon les mêmes modalités que pour la perte de hauteur antérieure. La hauteur centrale du corps vertébral correspondait à la mesure cranio-caudale entre le

plateau supérieur et le plateau inférieur de la vertèbre en se plaçant au milieu du corps vertébral (Figure 20).

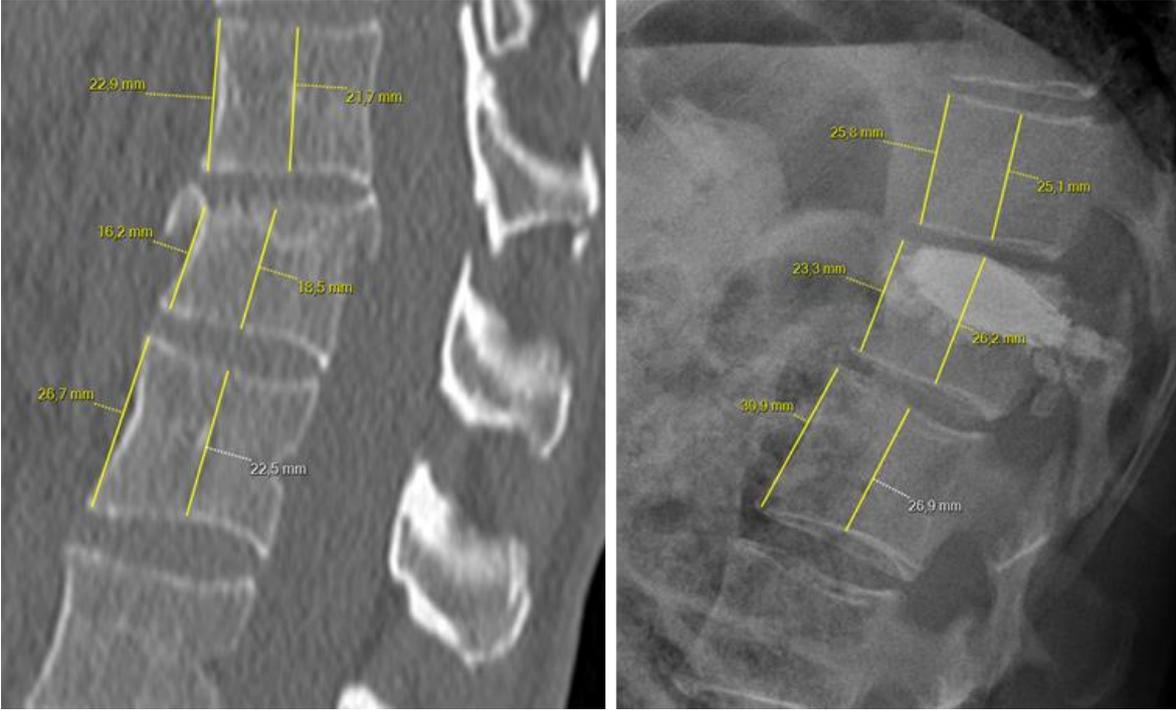


Figure 20. Mesures des hauteurs antérieure et centrale sur la TDM pré-opératoire et au cours du suivi sur les radiographies

## **7. TRAITEMENTS DES DONNEES & ANALYSES STATISTIQUES**

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel pvalue.io.

La comparaison des scores EN pré et post-opératoires ainsi que celle des différentes mesures radiologiques pré et post-opératoires ont été établies par des tests de Paired Welch et Paired Mann-Whitney selon les différents effectifs.

La recherche des facteurs prédictifs de résultats cliniques, fonctionnels et radiologiques a été établie par des régressions linéaires univariables sur les variables d'intérêts. Les tests statistiques ayant été utilisés étaient des tests de corrélation de Spearman pour les données numériques et des tests de corrélation de Kruskal-Wallis pour les variables non numériques.

Pour toutes les analyses, le degré de significativité choisi était de 0,05.

Les conditions homoscedasticité ne pouvant être respectées dans notre étude, il n'a pas été possible de réaliser d'analyses multivariables.

L'indice  $\alpha$  de Cronbach pour les mesures radiologiques a été calculé à 0,77.

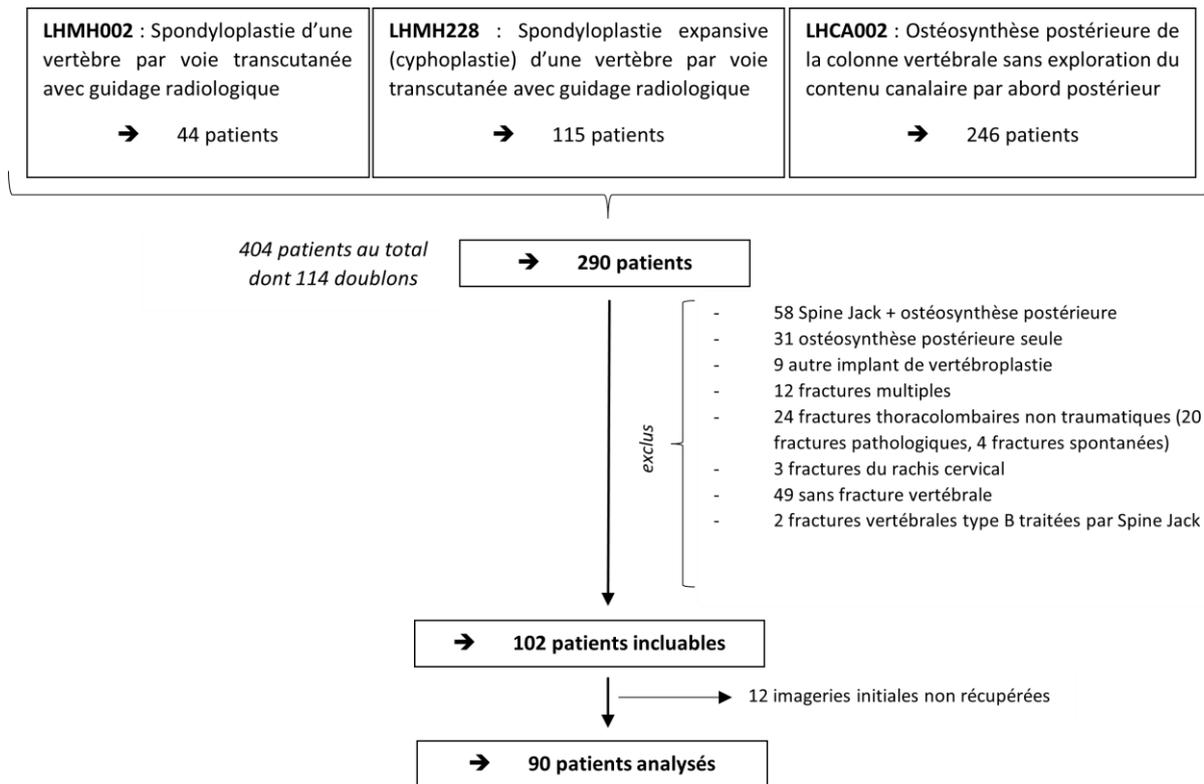
# RESULTATS

## 1. GENERALITES

44 patients ont été codés avec l'acte CCAM « LHMH002 » ayant pour intitulé : Spondyloplastie d'une vertèbre par voie transcutanée avec guidage radiologique ; 115 patients ont été codés avec l'acte CCAM « LHMH228 » ayant pour intitulé : Spondyloplastie expansive (cyphoplastie) d'une vertèbre par voie transcutanée avec guidage radiologique et enfin 246 patients ont été codés avec l'acte CCAM « LHCA002 » ayant pour intitulé : Ostéosynthèse postérieure de la colonne vertébrale sans exploration du contenu canalaire par abord postérieur.

En excluant les doublons, nous sommes arrivés à une première base de données comportant 290 patients. Parmi ces 290 patients, 188 ont été exclus pour les motifs suivants : 58 patients ont été traités par Spine Jack® associé à une ostéosynthèse postérieure ; 31 patients ont été traités par ostéosynthèse postérieure seule ; 9 patients ont été traités de leur fracture vertébrale par un autre implant de vertébroplastie que le dispositif Spine Jack® ; 12 patients avaient des fractures multiples ; 24 patients ont été traités pour une fracture thoraco-lombaire non traumatique (20 fractures pathologiques et 4 fractures spontanées) ; 3 patients ont été traités pour une fracture du rachis cervical ; 49 patients n'avaient pas de fracture vertébrale thoraco-lombaire et enfin 2 patients ont été traités par Spine Jack® pour une fracture vertébrale thoraco-lombaire classée type B selon la classification de Magerl.

Sur ces 102 patients incluables dans l'étude, les imageries initiales de 12 de ces patients n'ont pu être récupérées. 90 patients ont donc été analysés dans notre étude (*Figure 21*).



*Figure 21. Etablissement du listing des patients*

Les caractéristiques démographiques sont résumées dans le Tableau 4.

90 patients ont été inclus dans notre étude, 42 femmes (47%) et 48 hommes (53%), âgés en moyenne de  $55,9 \pm 15,6$  ans. Les femmes avaient en moyenne  $62 \pm 13,9$  ans et les hommes  $51 \pm 15,2$  ans. La démographie de la population est détaillée dans la figure 22.

L'indice de masse corporelle moyen était de  $25,9 \pm 5,4$  kg/m<sup>2</sup>.

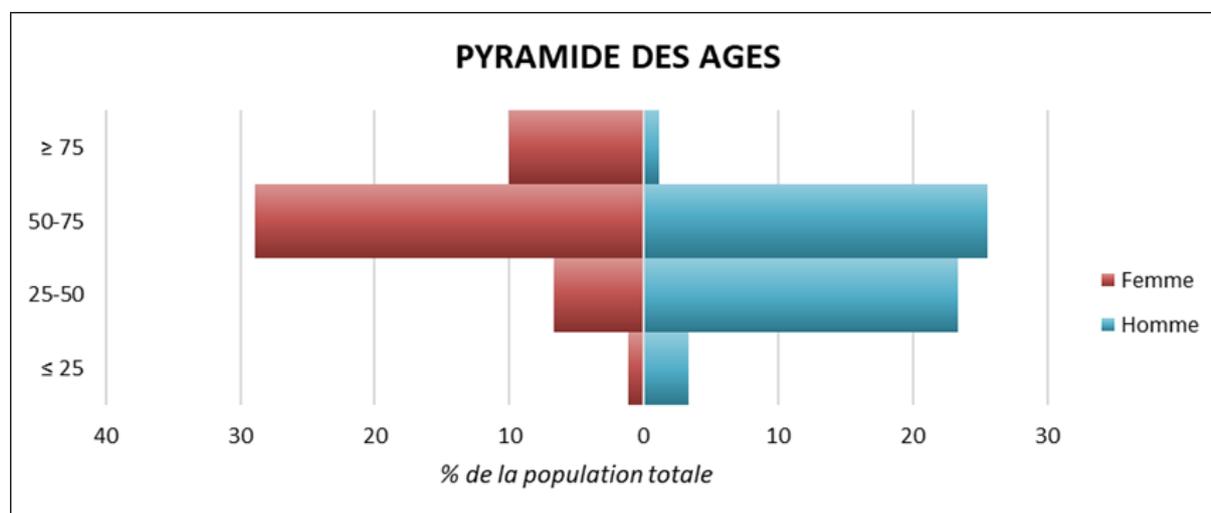
La densité osseuse moyenne était de  $122 \pm 51,9$  HU. Les densités osseuses minimum et maximum étaient respectivement de 12 et de 292 HU. 36 patients (40%) avaient une densité osseuse  $\leq 100$  HU et étaient donc considérés comme ostéoporotiques. 24 patients (27%) avaient une densité osseuse entre 100 et 133 HU et étaient considérés comme ostéopéniques. Enfin, 30 patients (33%) avaient une densité osseuse  $> 133$  HU et avaient donc une densité osseuse considérée comme normale.

La chirurgie a été réalisée en moyenne  $2,1 \pm 1,7$  jours après le traumatisme rachidien. Le temps opératoire moyen était de  $24,2 \pm 10,1$  min. La quantité de ciment injectée était de  $4,6 \pm 2,1$  mL. Le

premier lever a été réalisé le jour même de l'intervention pour 35,6% des patients et le lendemain de l'intervention pour 56,7% des patients. La durée d'hospitalisation moyenne était de  $4,3 \pm 5,2$  jours. La durée de suivi moyen a été de  $15,5 \pm 11,1$  mois.

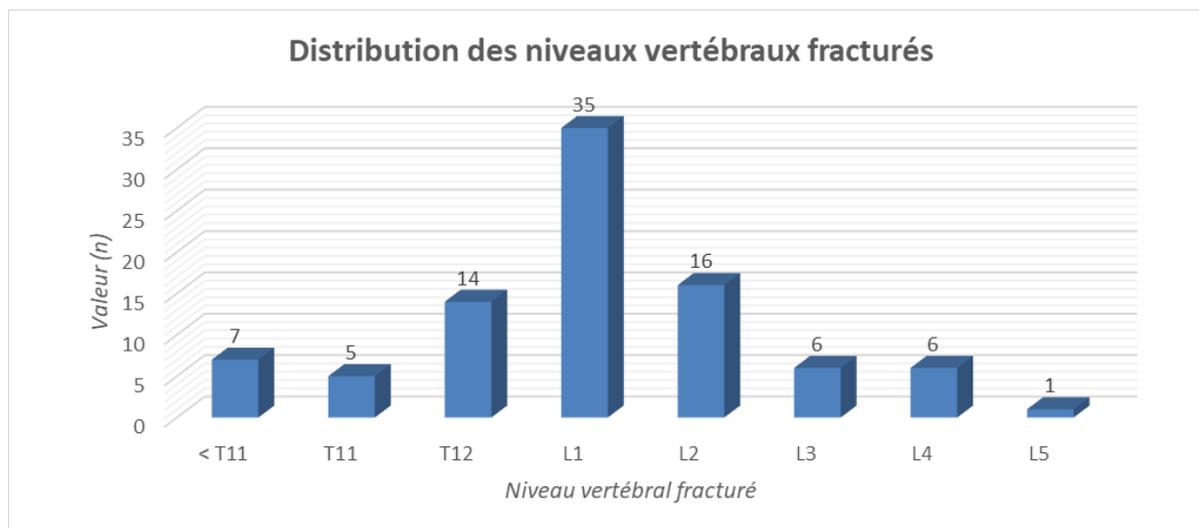
**Tableau 4.** Tableau récapitulatif des données démographiques

Caractéristiques	Valeur (n = 90)
Age (moyenne $\pm$ SD)	55,9 $\pm$ 15,6
Femme / Homme (n (%))	42 (47) / 48 (53)
IMC (moyenne $\pm$ SD (kg/m <sup>2</sup> ))	25,9 $\pm$ 5,4
Densité osseuse (moyenne $\pm$ SD (HU))	122 (51.9)
Temps entre traumatisme et chirurgie (moyenne $\pm$ SD (jours))	2,1 $\pm$ 1,7
Temps opératoire (moyenne $\pm$ SD (min))	24,2 $\pm$ 10,1
Quantité de ciment injectée (moyenne $\pm$ SD (mL))	4,6 $\pm$ 2,1
Premier lever (n, %)	
J0	32 (35,6)
J1	51 (56,7)
J2	2 (2,2)
Données manquantes	5 (5,6)
Durée hospitalisation (moyenne $\pm$ SD (jours))	4,3 $\pm$ 5,2
Durée suivi (moyenne $\pm$ SD (mois))	15,5 $\pm$ 11,1



**Figure 22.** Pyramide des âges

Les niveaux vertébraux fracturés sont exposés dans la figure 23. On notait une nette prédominance des fractures vertébrales aux niveaux T12 (15,6%), L1 (38,9%) et L2 (17,8%). La grande majorité des fractures traitées dans notre étude correspondait donc à des fractures concernant la charnière thoraco-lombaire T12-L2 (72,2%).



**Figure 23.** Distribution des niveaux vertébraux fracturés

Les types de fractures, en accord avec la classification de Magerl, sont exposés dans le tableau 5. La très grande majorité des fractures vertébrales traitées dans notre étude était des fractures type A3.1 (52,2%) et A1.2 (22,2%) selon la classification de Magerl.

**Tableau 5.** Types de fractures en accord avec la classification de Magerl

Classification de Magerl	Valeur (n, %)
<b>A1</b>	<b>24 (26,7)</b>
A1.1	1 (1,1)
A1.2	20 (22,2)
A1.3	3 (3,3)
<b>A2</b>	<b>7 (7,8)</b>
A2.1	1 (1,1)
A2.2	2 (2,1)
A2.3	4 (4,4)
<b>A3</b>	<b>59 (65,6)</b>
A3.1	47 (52,2)
A3.2	8 (8,9)
A3.3	4 (4,4)

Les données relatives au mécanisme des fractures vertébrales sont les suivantes : on rapportait 64% de chute à haute cinétique (dont 19% d'AVP) et 36% de chute à basse cinétique, comprenant essentiellement les chutes des patients de leur hauteur.

## 2. COMPLICATIONS

Les complications post-opératoires sont rapportées dans la figure 24.

Les radiographies post-opératoires immédiates ont permis de mettre en évidence 18 cas de fuite de ciment (20%), sans aucune conséquence clinique chez les patients concernés. Les radiographies réalisées au cours du suivi, ont, quant à elles, mis en évidence 7 cas de fractures adjacentes (7,8%).

Un patient a nécessité une reprise chirurgicale en post-opératoire immédiat pour complément par ostéosynthèse postérieure percutanée devant des rachialgies trop intenses à la remise en charge. Il s'agissait d'un homme de 64 ans, avec un IMC > 30, victime d'une chute à haute cinétique responsable d'une fracture classée A3.3 selon Magerl de L1.

Pour un patient, une contusion du cône terminal a été constatée sur l'IRM du rachis lombaire réalisée en post-opératoire devant des radiculalgies, paresthésies des membres inférieurs et douleurs neuropathiques périméales.

Enfin, trois patients sont décédés à distance de la chirurgie, avant les 12 mois de suivi, dans les suites de cancers, sans lien avec la kyphoplastie par Spine Jack®.

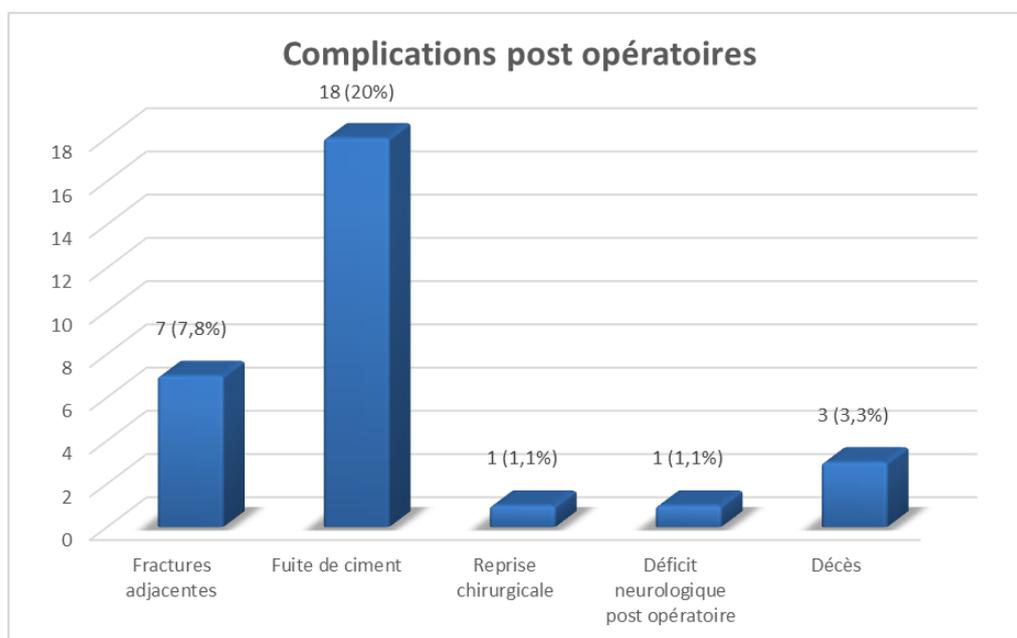


Figure 24. Complications post-opératoires

### 3. RESULTATS CLINIQUES

#### 3.1 Indice d'Oswestry

25 patients ont été perdus de vue à moins d'un an du suivi. Leur score ODI au dernier suivi n'était donc pas connu.

L'indice d'Oswestry moyen à la fin du suivi était de  $12,0 \pm 16\%$ . La distribution de l'ODI est rapportée dans la figure 27. 15 patients (16,7%) avaient un score ODI supérieur ou égal à 21%, impliquant un « mauvais résultat fonctionnel » à plus d'un an de la chirurgie.

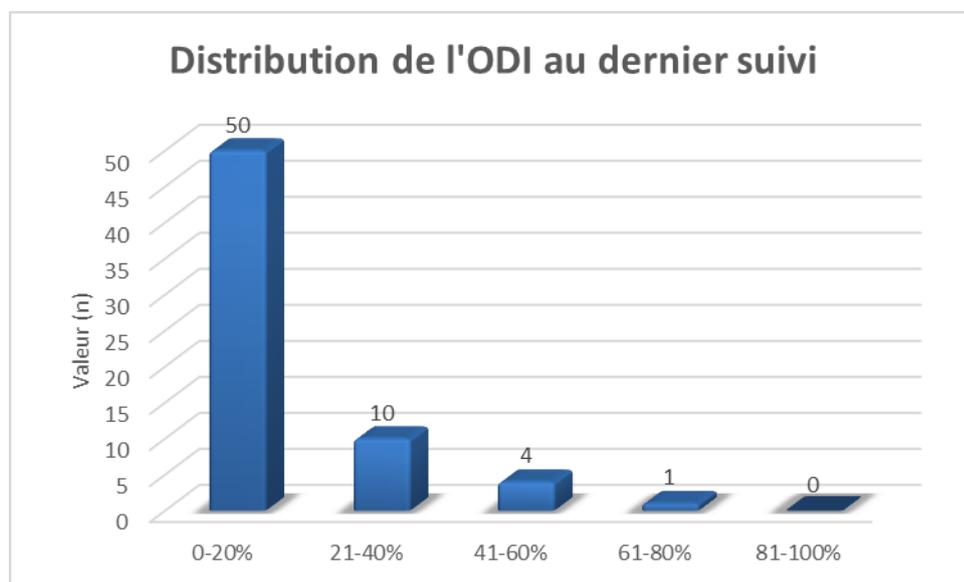
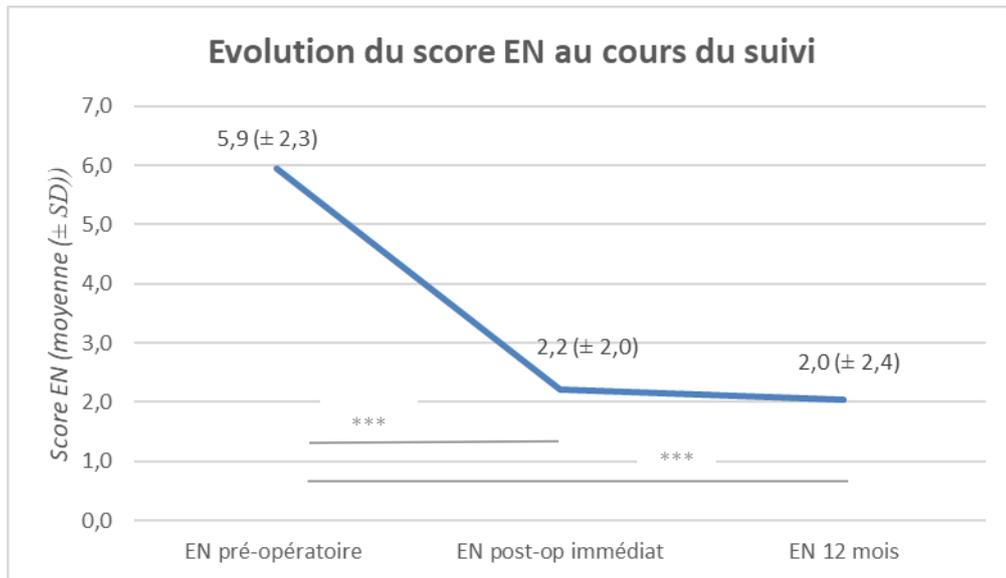


Figure 25. Distribution de l'indice d'Oswestry au dernier suivi

#### 3.2 La douleur évaluée par le score EN

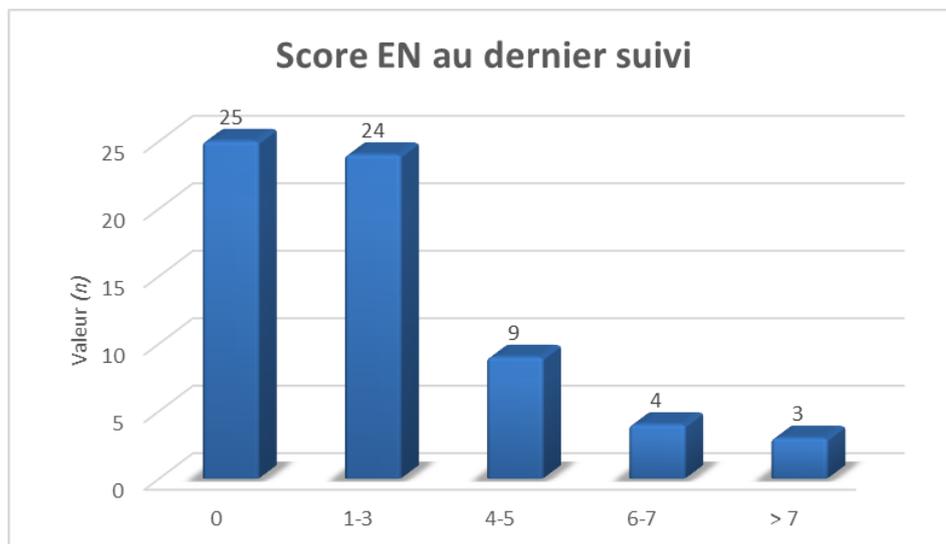
Le score EN n'a pas été notifié pour, respectivement 5 patients en pré-opératoire et 1 patient en post-opératoire immédiat. 25 patients ont été perdus de vue à moins d'un an du suivi. Leur score EN au dernier suivi n'était donc pas connu.

Le score EN moyen pré-opératoire était de  $5,9 \pm 2,3$ . Il existait une réduction significative du score EN moyen en post-opératoire immédiat ( $2,2 \pm 2,0$ ) et à 12 mois ( $2,0 \pm 2,4$ ) ( $p < 0,001$ ) (Figure 25).



**Figure 26.** Evolution du score EN moyen au cours du suivi - \*\*\*  $p < 0,001$

16 patients (17,8%) ont rapporté un score EN supérieur ou égal à 4 au dernier suivi, correspondant donc à un « mauvais résultat clinique ». Parmi ces 16 patients, 9 avaient un score EN à 4 ou 5, 4 avaient un score à 6 ou 7 et enfin 3 patients avaient un score supérieur à 7 (Figure 26).



**Figure 27.** Répartition du score EN au dernier suivi

## 4. RESULTATS RADIOLOGIQUES

### 4.1 Cyphose vertébrale

L'évolution de la cyphose vertébrale (CV) moyenne au cours du suivi est rapportée dans la figure 28.

La CV moyenne pré-opératoire était de  $11,3 \pm 6,13^\circ$  contre  $7,63 \pm 4,40^\circ$  en post-opératoire immédiat ( $p < 0,001$ ). Il n'y avait pas de différence significative entre la CV pré-opératoire et celle à 3, 6 et 12 mois et plus. En revanche, on notait une majoration significative de la CV entre le post-opératoire immédiat et à 3, 6 et 12 mois et plus.

La CV moyenne au dernier suivi connu était de  $10,0 \pm 5,04^\circ$  et était significativement moins importante que celle en pré-opératoire ( $p = 0,035$ ).

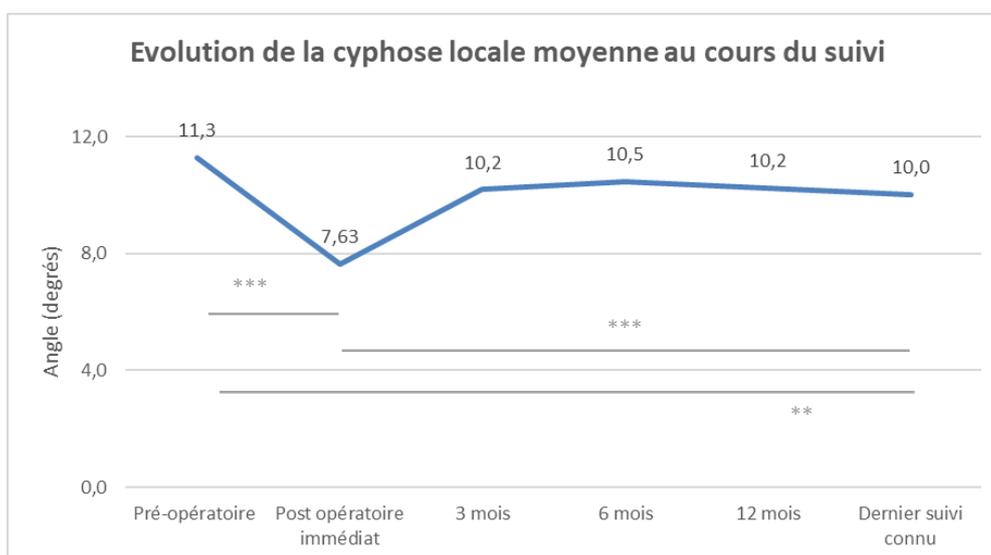


Figure 28. Evolution de la cyphose vertébrale moyenne au cours du suivi - \*\*\*  $p < 0,001$  ; \*\*  $p = 0,035$

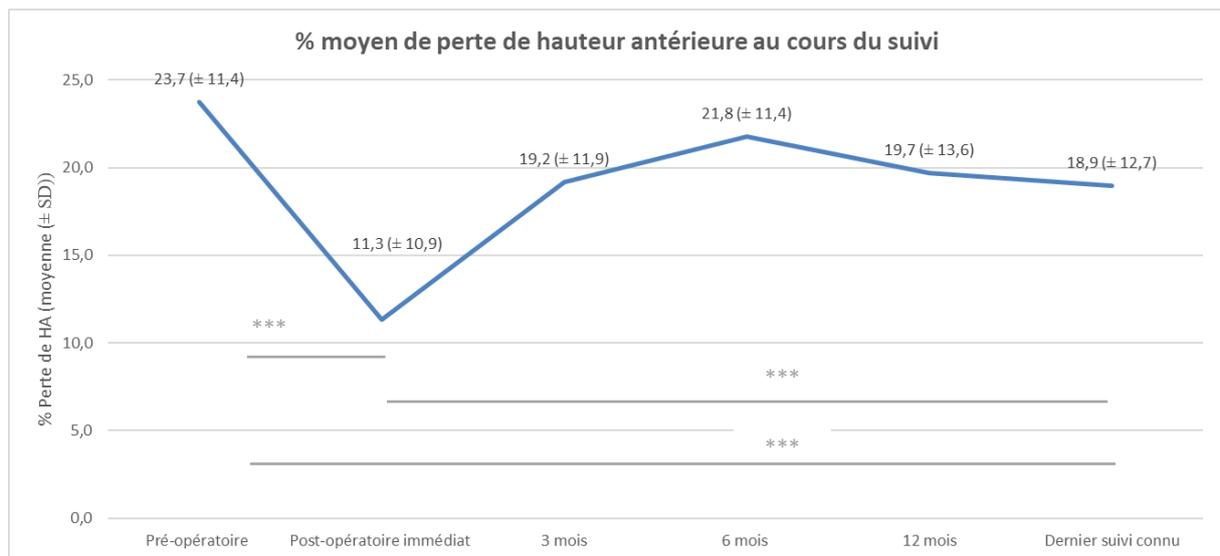
Au dernier suivi, le pourcentage de restauration de la CV par rapport à la CV pré-opératoire était en moyenne de 20%.

### 4.2 Hauteur antérieure

L'évolution, au cours du suivi, du pourcentage moyen de perte de hauteur antérieure (HA) est exposée dans la figure 29.

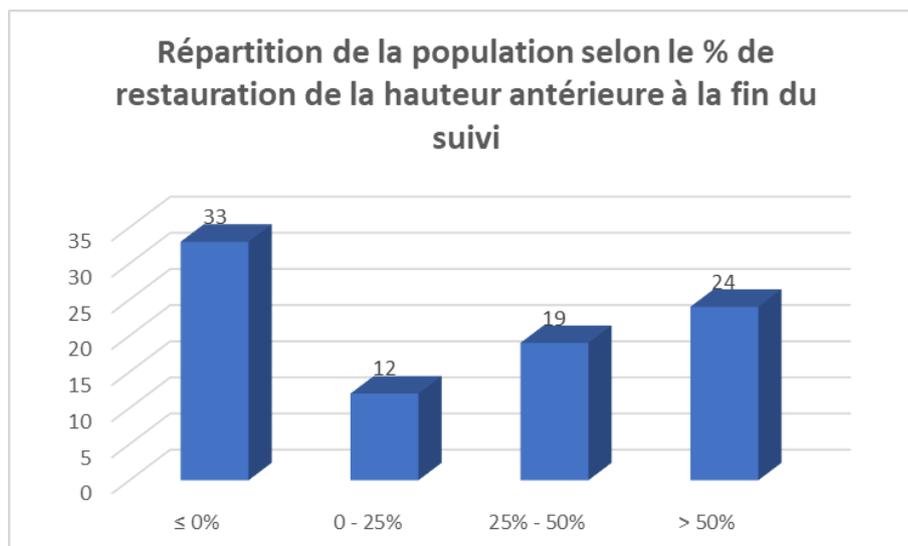
La perte de HA moyenne était de  $23,7 \pm 11,7\%$  en pré-opératoire. Elle a été significativement réduite à  $11,3 \pm 10,9\%$  en post-opératoire immédiat ( $p < 0,001$ ). Au dernier suivi connu, elle était de  $18,9 \pm 12,7\%$ , ce qui reste, de façon statistiquement significative, moins important qu'en pré-

opératoire mais également plus marquée qu'en post-opératoire immédiat ( $p < 0,001$ ). Nous avons également pu mettre en évidence une majoration du pourcentage de perte de HA moyenne entre le post-opératoire immédiat et à 3, 6 et 12 mois et plus ( $p < 0,001$ ). En revanche, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le pourcentage de perte de HA à 3 mois et celui à 6 mois, ni entre celui à 6 mois et 12 mois et plus.



**Figure 29.** Evolution du pourcentage moyen de perte de hauteur antérieure au cours du suivi - \*\*\*  $p < 0,001$

Au dernier suivi, la restauration de la HA par rapport à la perte de HA pré-opératoire était en moyenne de 30%. Elle était de 0 à 25% chez 12 patients, de 25 à 50% chez 19 patients et de plus de 50% chez 24 patients. Pour 33 patients (37%) cette restauration était nulle ou négative (figure 30). Pour 2 des 90 patients, les données étaient manquantes devant l'impossibilité d'établir sur les radiographies, étant ininterprétables, la perte de hauteur antérieure au dernier suivi.



**Figure 30.** Répartition de la population selon le pourcentage de restauration de la HA au dernier suivi par rapport à la perte de HA pré-opératoire

### 4.3 Hauteur centrale

L'évolution, au cours du suivi, du pourcentage moyen de perte de hauteur centrale (HC) est exposée dans la figure 31.

La perte de HC moyenne était de  $30,5 \pm 13,1\%$  en pré-opératoire. Elle a été significativement réduite à  $3,40 \pm 7,25\%$  en post-opératoire immédiat ( $p < 0,001$ ). Au dernier suivi connu, elle était de  $8,31 \pm 12,7\%$ , ce qui reste significativement moins important qu'en pré-opératoire mais également plus important qu'en post-opératoire immédiat. Nous avons pu mettre en évidence une majoration du pourcentage de perte de HC moyenne entre le post-opératoire immédiat et à 3, 6 et 12 mois et plus ( $p < 0,001$ ). Le pourcentage de perte de HC moyenne entre 3 et 6 mois était également significatif ( $p = 0,018$ ). En revanche, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le pourcentage de perte de HC à 6 mois et celui à 12 mois et plus.

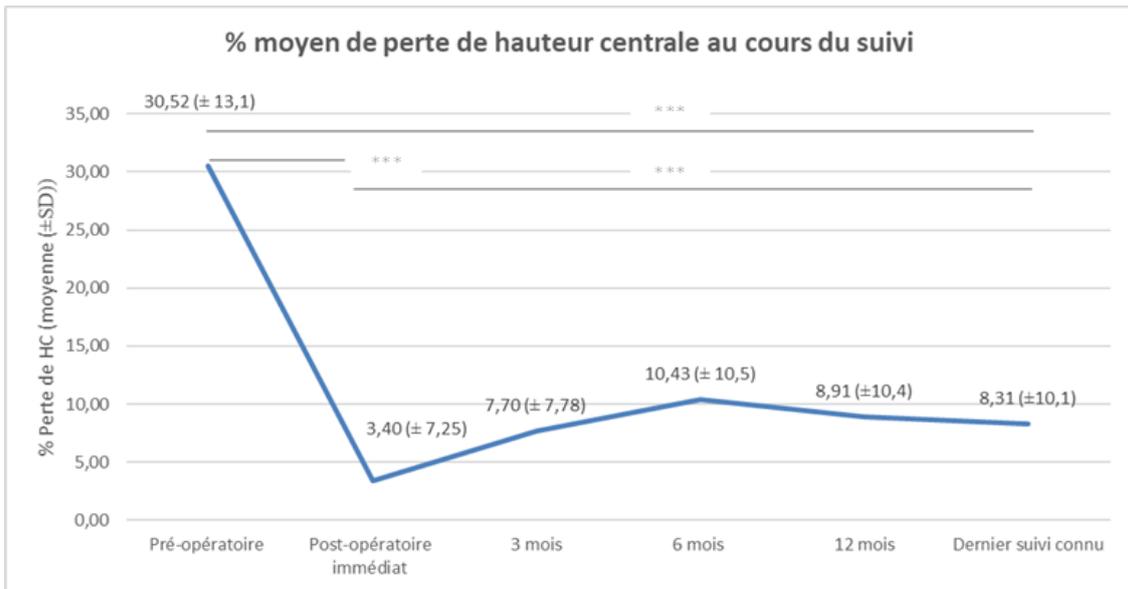


Figure 31. Evolution du pourcentage moyen de perte de hauteur centrale au cours du suivi - \*\*\*  $p < 0,001$

Au dernier suivi, la restauration de la HC par rapport à la perte de HC pré-opérateur était en moyenne de 74%. Elle était de 0 à 25% pour 5 patients, de 25 à 50% pour 12 patients, de 50 à 75% pour 20 patients et de 75 à 100% pour 37 patients. Pour 12 patients, la restauration a été faite au-delà des 100%. Enfin pour 1 patient, cette restauration de HC était nulle (figure 32). Pour 3 des 90 patients, les données étaient manquantes devant l'impossibilité d'établir sur les radiographies, étant ininterprétables, la perte de hauteur centrale au dernier suivi.

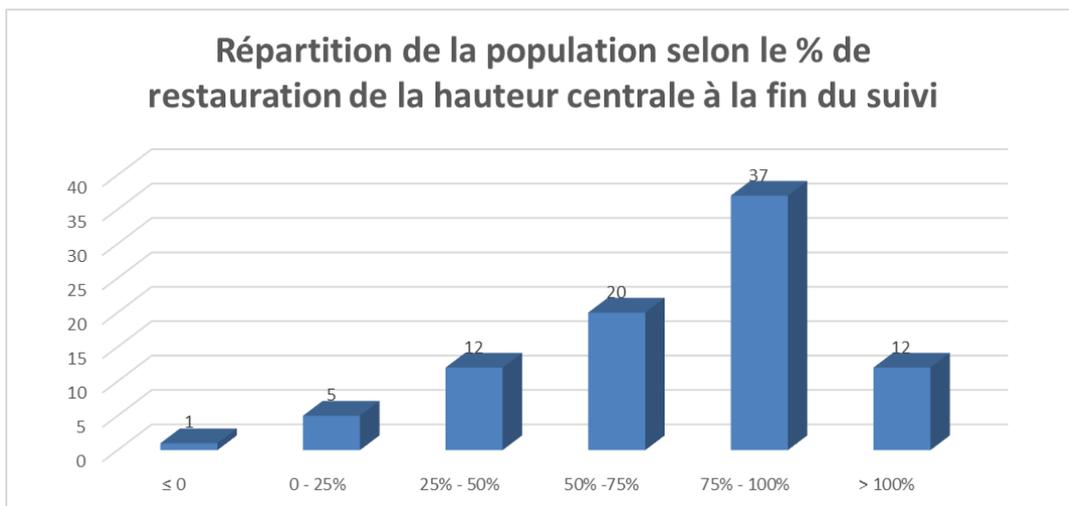


Figure 32. Répartition de la population selon le pourcentage de restauration de HC à la fin du suivi par rapport à la perte de HC pré-opérateur

## **5. FACTEURS PREDICTIFS DE RESULTATS CLINIQUES ET FONCTIONNELS**

### **5.1 Facteurs prédictifs de résultats fonctionnels selon l'ODI**

Le score ODI était significativement plus élevé chez les femmes ( $p < 0,01$ ).

En outre, le score ODI était significativement corrélé à la densité osseuse ( $r = -0.349$  ;  $p < 0,01$ ).

En revanche, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation significative entre le score ODI et l'âge au moment de la chirurgie, l'IMC, le type (Magerl) et le niveau de la fracture, la durée de suivi et la quantité de ciment injectée.

Concernant les données radiologiques, il n'y avait pas de corrélation significative entre le score ODI au dernier suivi et la CV pré-opératoire, ni entre le score ODI et les pourcentages de perte de HA et de HC pré-opératoires.

### **5.2 Facteurs prédictifs de résultats cliniques selon le score EN**

Le score EN au dernier suivi était significativement plus élevé chez les femmes ( $p = 0,011$ ).

En revanche, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation statistiquement significative entre le score EN et l'âge au moment de la chirurgie, l'IMC, le type (Magerl) et le niveau de la fracture, la durée de suivi et la quantité de ciment injectée.

En outre, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation significative entre le score EN au dernier suivi et la densité osseuse ( $p = 0,063$ ).

Concernant les données radiologiques, il n'y avait pas de corrélation significative entre le score EN au dernier suivi et la CV pré-opératoire, ni entre le score EN au dernier suivi et les pourcentages de perte de HA et de HC pré-opératoires.

### **5.3 Corrélation scores ODI et EN**

Il existait une corrélation statistiquement significative entre le score EN et le score ODI au dernier suivi ( $\geq 12$  mois) avec un coefficient de corrélation de 0,831 ( $p < 0,001$ ). Ainsi, on constate que plus le score EN était élevé, plus le score ODI l'était également (*Figure 33*). Cela impliquait donc que, plus le résultat clinique était mauvais, plus le résultat fonctionnel l'était aussi.

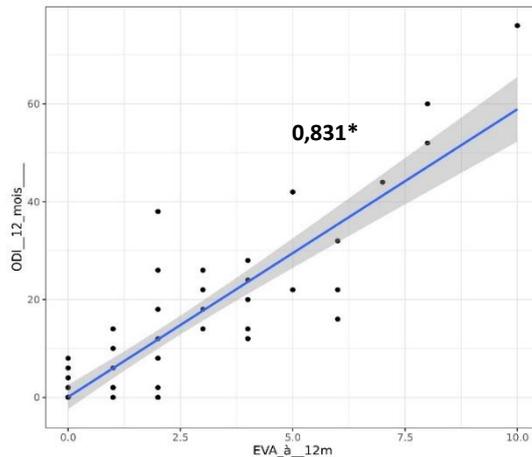


Figure 33. Corrélation EN et ODI

## 6. FACTEURS PREDICTIFS DE RESULTATS RADIOLOGIQUES

Les pourcentages de restauration de la CV, de la HA et de la HC au dernier suivi étaient significativement corrélés à la densité osseuse (respectivement :  $r=0.387$  ;  $r=0.363$  ;  $r=0.395$  avec  $p<0,001$ ). Ils étaient également corrélés à l'IMC (respectivement :  $r=-0.320$  ;  $r=-0.347$  ;  $r=-0.298$  avec  $p<0,01$ ) et à l'âge au moment de la chirurgie (respectivement :  $r=-0.415$  ;  $r=-0.476$  ;  $r=-0.441$  avec  $p<0,001$ ).

Ils n'étaient, en revanche, pas significativement corrélés au sexe, à la quantité de ciment injectée en per-opératoire, au type (Magerl) ni au niveau vertébral fracturé.

En outre, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation significative entre ces différents paramètres radiologiques et la survenue de fractures adjacentes.

## 7. CORRELATIONS ENTRE DENSITE OSSEUSE ET DONNEES DEMOGRAPHIQUES / RADIOLOGIQUES

La densité osseuse était, de façon significative, corrélée avec l'âge au moment de la chirurgie ( $r=-0,779$  ;  $p<0,001$ ). En outre, la densité osseuse était également significativement plus faible chez les femmes ( $p<0,001$ ). En revanche, on ne notait pas de corrélation entre densité osseuse et IMC.

La densité osseuse était, de façon significative ( $p<0,001$ ), corrélée à l'ensemble des données radiologiques au dernier suivi hormis la CV.

Plus la densité osseuse était faible, plus les pourcentages de perte de HA et de HC au dernier suivi étaient importants (respectivement  $r=-0.440$  et  $r=-0.456$  ;  $p<0,001$ ). En outre, plus la densité

osseuse était faible, plus les pourcentages de restauration de la CV, de la HA et de la HC au dernier suivi étaient faibles (respectivement  $r=0.387$  ;  $r=0.363$  et  $r=0.395$  ;  $p<0,001$ ).

## **8. CORRELATIONS ENTRE COMPLICATIONS ET DONNEES CLINIQUES, DEMOGRAPHIQUES ET RADIOLOGIQUES**

### **8.1 Fractures adjacentes**

Nous n'avons pas mis en évidence de corrélations statistiquement significatives entre la survenue de fractures adjacentes et les différentes données cliniques, démographiques et radiologiques. Il existait notamment une absence de corrélation entre la survenue de fractures adjacentes et les scores EN et ODI.

### **8.2 Fuites de ciment**

Nous avons pu mettre en évidence que la survenue de fuite de ciment était significativement plus fréquente chez les femmes (72%) que chez les hommes (28%) ( $p=0,015$ ). En revanche, il n'y avait pas de corrélation significative entre la survenue de fuite de ciment et l'âge, l'IMC, le type (Magerl) ainsi que le niveau de la fracture ainsi qu'entre la survenue de fuite de ciment et la densité osseuse. De même, il n'a pas été mis en évidence de corrélation statistiquement significative avec l'EN et l'ODI au dernier suivi.

## DISCUSSION

La population de notre étude était comparable à celle de la littérature, notamment en ce qui concerne le type et le niveau des vertèbres fracturées, la durée d'hospitalisation, le temps opératoire et le volume moyen de ciment injecté. Notre population était en revanche sensiblement plus jeune que la majorité des études et comportait un sexe ratio de pratiquement 1. En outre, le temps entre le traumatisme et la chirurgie était en moyenne beaucoup plus court que pour l'ensemble des études.

Nous avons mis en évidence une baisse significative du score EN moyen entre celui pré-opératoire et celui au dernier suivi, passant ainsi de 5,9 à 2. Cette franche amélioration de la douleur a été rapportée dans l'ensemble des études publiées dans la littérature (57,62–73). Dans notre étude, le score ODI moyen au dernier suivi était de 12%. Ce résultat était en accord avec les études de Noriega et al. de 2015 (69,70) et de 2019 (65) où les scores ODI moyens au dernier suivi, soit à 12 mois, étaient respectivement de 10,9, 10,5 et 13,4%. Notre résultat était meilleur que celui retrouvé dans les études de Montoya et al. (72) et de Diallo et al. (66) où le score ODI moyen était respectivement de 26,8% à 6 mois et de 21,2% à 8 mois. Il était, en revanche, plus élevé que dans l'étude de Kerschbaumer et al. (57) où le score ODI moyen au dernier suivi était de 5,7% et que dans celle de Noriega et al. de 2019 (64) où il était de 6%.

En ce qui concerne les résultats radiologiques, nous avons pu mettre en évidence une amélioration significative de la CV au dernier suivi comparativement à celle pré-opératoire. Ce résultat est comparable aux données de la littérature (57,63,64,66–69,71,73). La perte de réduction de la CV que nous avons pu observer entre le post-opératoire immédiat et le troisième mois a également été décrite dans les études de Kerschbaumer et al. (57) et de Noriega et al. (64). La restauration moyenne des hauteurs antérieure (30%) et centrale (74%), que nous avons pu mettre en évidence au dernier suivi, a également été décrite dans toutes les études ayant étudié ce critère (62–65,68,71,73). La majoration des pertes de hauteur antérieure et centrale que nous avons pu observer entre le post-opératoire immédiat et le sixième mois ont, quant à elles, été rapportées dans les articles de Noriega et al. (63,64).

Nous avons mis en évidence qu'il existait, au cours du suivi, une perte de restauration de la hauteur du corps vertébral initialement obtenue plus importante en antérieur qu'en central. De même, le pourcentage de restauration du corps vertébral au dernier suivi est plus important en central qu'en antérieur. Les hypothèses que nous pouvons formuler quant à ces résultats sont celles d'un positionnement antérieur des implants Spine Jack<sup>®</sup> insuffisant, ou encore une diffusion insuffisante

du ciment vers l'avant du corps vertébral. Ainsi, se pose également la question du timing d'injection du ciment. En effet, un ciment peu polymérisé, plus fluide - ce qui sous-entend un ciment injecté précocement - a plus de chance de diffuser à travers les trabécules osseuses et donc plus de chance de diffuser vers l'avant de la vertèbre.

Concernant les complications post-opératoires que nous avons décrites dans notre étude, ces dernières étaient comparables à la littérature, à savoir, essentiellement des fractures adjacentes et des fuites de ciment sans conséquences cliniques. Nous avons pu observer 7,8% de fractures adjacentes et 20% de fuites de ciment. Les données de la littérature disponibles concernant le taux de ces deux complications sont très disparates allant, aux extrêmes, de 0 (62,72) à 33,3% (67) de fractures adjacentes et de 6,7 (63) à 50,7% (71) de fuites de ciment.

Il n'existait pas de corrélation entre ces deux complications et les différentes données cliniques, démographiques et radiologiques hormis le fait que les fuites de ciment étaient plus fréquentes chez les femmes. Une seule étude a pu mettre en évidence que les fractures adjacentes semblaient être liées à un important degré de correction de l'angle de CV (73).

Considérant la recherche de facteurs prédictifs, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre le type (Magerl) de fracture et les résultats cliniques et fonctionnels. Ces résultats concernant le type de fracture sont néanmoins à nuancer étant donné que, bien que notre étude concernait toutes les fractures en compression, type A de Magerl, traitées par Spine Jack®, nous avons surtout des fractures classées A3.1 et très peu de fractures A3.3. Ceci implique que nos pratiques de service sont de ne pas traiter les fractures A3.3 par kyphoplastie de type Spine Jack® seule. En outre, nous avons mis en évidence dans l'étude que le seul patient ayant nécessité une reprise chirurgicale pour ostéosynthèse postérieure complémentaire était un patient avec une fracture classée A3.3 selon Magerl.

Nous avons mis en évidence une corrélation significative avec le sexe féminin, mettant en avant le fait qu'un score ODI ou EN au dernier suivi était donc plus à risque d'être élevé chez les femmes. Deux études disponibles dans la littérature ont comparé les groupes « Hommes » et « Femmes ». La première étude (71) n'a pas mis en évidence de différence significative entre les genres. La seconde étude (72) retrouvait des scores EVA (équivalent à l'EN) et ODI plus élevés chez les hommes. Cependant, pour cette étude, seulement 3 femmes, dont 1 ostéoporotique, étaient comparées à 17 hommes, dont 1 ostéoporotique, les résultats étant donc difficilement généralisables.

Concernant les données radiologiques pré-opératoires, nous avons pu mettre en avant le fait que les pourcentages de perte de HA et de HC ainsi que l'angle de CV n'étaient pas prédictifs de « moins bons » résultats cliniques et fonctionnels à distance de la chirurgie.

L'autre donnée importante à mettre en évidence pour le score ODI était sa corrélation avec la densité osseuse, plus cette dernière étant basse, plus le score ODI étant élevé à distance de la chirurgie et donc, le patient limité dans ces capacités fonctionnelles. Or, nous avons également pu mettre en évidence le fait qu'une densité osseuse faible était à risque de mauvais résultats radiologiques à distance de la chirurgie avec des pourcentages de restauration de CV, HA et HC plus faibles. Ainsi, il semblerait qu'un patient avec une densité osseuse faible serait à risque d'une moins bonne restauration du corps vertébral fracturé à distance de la kyphoplastie Spine Jack® et donc plus à risque d'un mauvais résultat fonctionnel, en corrélation avec le sexe féminin et l'âge.

L'IMC élevé était à risque d'une moins bonne restauration du corps vertébral à distance de la chirurgie sans être corrélé avec la densité osseuse. Ainsi l'IMC serait un facteur à prendre en compte dans la prédiction des résultats radiologiques à distance de la kyphoplastie Spine Jack®. Néanmoins, et contrairement à la densité osseuse, nous n'avons pas pu mettre en évidence que ce paramètre était un facteur prédictif de mauvais résultats cliniques ou fonctionnels.

Le résultat principal qui ressort de cette étude est donc le fait que la densité osseuse, plus faible chez les femmes et chez les patients âgés, serait plus à risque d'une « moins bonne » restauration du corps vertébral fracturé à distance de la chirurgie, entraînant ainsi un risque de mauvais résultats cliniques et fonctionnels. En outre, l'IMC des patients serait à prendre en compte comme facteur prédictif d'une « moins bonne » restauration du corps vertébral à distance de la chirurgie, sans que l'on ait pu démontrer que ce soit corrélé à la clinique.

Quelques études publiées dans la littérature peuvent être en accord avec nos résultats sur le plan clinique concernant l'ostéoporose (66,67). Dans l'étude de Diallo et al. (66), bien que le score EVA ait été réduit de manière significative au dernier suivi (avec un délai moyen de 8,08 mois), ce dernier restait néanmoins de 4,4 en moyenne, ce qui reste supérieur à 4 et pouvait donc être considéré comme un « moins bons » résultat clinique. De même, bien que le score ODI ait été significativement diminué au dernier suivi, il n'en restait pas moins de 21,2%, ce qui reste supérieur à 20 et pouvait donc être considéré comme un « moins bons » résultat fonctionnel. Dans l'étude de Meyblum et al. (67), il était rapporté une amélioration du score EVA post-opératoire passant en moyenne de 6,9 ( $\pm$  1,7) à 3,1 ( $\pm$  2) pour 82,4% de leurs patients. Nous ne connaissons cependant pas le score EVA post-opératoire pour les 17,6% restants qui étaient, a priori, des patients pour lesquels le score EVA était moins bon qu'en pré-opératoire et donc  $\geq$  4 puisqu'un score EVA pré-opératoire  $\geq$  4 faisait partie des critères d'inclusion de l'étude. De même, il n'était pas mentionné à quel délai post-opératoire le score EVA a été recueilli. Concernant les autres études descriptives où les scores cliniques étaient

« bons », soit les effectifs de patients étaient faibles (19 patients ostéoporotiques pour les études de Premat et al. (73) et de Baesa et al. (68) et 22 patients considérés comme ostéoporotiques sur 102, soit 20,4% dans l'étude de Noriega et al. (69)), soit la définition du caractère ostéoporotique des fractures n'étaient pas mentionnée dans l'article (69,70).

Prenant en considération les résultats radiologiques, les études descriptives publiées portant sur des patients ostéoporotiques donnaient surtout des résultats satisfaisants, notamment en termes d'amélioration de la CV et des hauteurs antérieure et centrale entre le pré et le post-opératoire. Cependant, soit le délai post-opératoire des mesures n'était pas précisé et donc cela ne préjugait pas de la stabilité à distance des « bons résultats » retrouvés (66,67,73), soit les mesures étaient réalisées en post-opératoire immédiat (68).

Toujours en prenant en compte les résultats radiologiques et en considérant l'IMC, pour la plupart des études publiées dans la littérature, soit ce dernier n'était pas mentionné (57,62,66–68,72,73), soit il l'était mais il n'y avait pas de résultats radiologiques analysés dans l'étude (69,70). En outre, pour deux études, un IMC > 40 (les différents grades de l'obésité sont exposé *en Annexe 5*) faisait partie des critères d'exclusion (63,65). Aucune étude publiée jusqu'à présent n'a étudié le facteur « IMC » spécifiquement.

De notre résultat principal énoncé précédemment, nous pouvons supposer que le traitement par Spine Jack® serait possiblement insuffisant, en termes cliniques et radiologiques dans les cas précis de densité osseuse trop faible et d'IMC trop élevé, posant ainsi la question des potentiels traitements alternatifs.

Les études publiées dans la littérature sur les patients ostéoporotiques ont principalement comparé le traitement par Spine Jack® à celui de kyphoplastie par ballons, démontrant ainsi la non-infériorité, voir même la supériorité, du Spine Jack® sur la kyphoplastie par ballons, aussi bien d'un point de vue clinique que radiologique (62–65). Cependant, ces études comprenaient essentiellement des effectifs faibles (30 patients dont seulement 15 traités par Spine Jack® dans les études de Noriega et al. (63,64)), ou bien les scores cliniques à distance de la chirurgie n'étaient pas clairement mentionnés dans l'article (62,63), ou encore, le diagnostic d'ostéoporose n'était parfois que présumé (63). En outre, concernant leurs résultats radiologiques, soit ces derniers n'étaient pas comparables aux nôtres car réalisés en post-opératoire immédiat et non à distance de la chirurgie (62), soit ils pouvaient être interprétés comme « peu » satisfaisants. Par exemple, les pourcentages moyens de restauration de HA et de HC n'étaient que de 12% respectifs dans l'étude de Noriega et al. (63) et n'étaient que de 10% à 3 ans dans l'étude de Noriega et al. (64), bien plus bas que les 30% de restauration de HA et les 74% de restauration de la HC retrouvés dans notre étude au dernier suivi. La seule étude publiée comparant le traitement par Spine Jack® (n=60) à celui par Spine Jack®

associée à une ostéosynthèse postérieure (n=14) était celle de Kerschbaumer et al. (57). Cependant, dans cette étude, le mécanisme du traumatisme n'était pas clairement défini et il s'agissait surtout d'hommes âgés en moyenne de moins de 50 ans, donc très probablement de patients non ostéoporotiques.

Le traitement conservateur des fractures récentes ostéoporotiques en compression, dont les buts sont de réduire la douleur et d'améliorer les capacités fonctionnelles, comprend les traitements médicamenteux par Paracétamol, Ibuprofène et opioïdes, la kinésithérapie, les programmes de réhabilitation et le repos au lit (22). Les corsets sont souvent prescrits pour le confort des patients sans influencer sur la stabilité rachidienne (77). Lorsque la douleur est persistante et en cas d'échec du traitement conservateur, l'intervention chirurgicale semble nécessaire. Plusieurs études cliniques comprenant un nombre de patients conséquent et dont le suivi était de 12 mois minimum, ont conclu que le taux de mortalité dans les suites de fractures vertébrales était significativement plus élevé pour les patients traités par traitement conservateur que ceux traités par vertébroplastie ou kyphoplastie par ballons (22). A ce jour, aucune étude n'a comparé le traitement par Spine Jack® au traitement médical seul dans le cadre des fractures ostéoporotiques. Cependant, étant donné que ce dernier n'est pas meilleur que la kyphoplastie par ballons et que, comme dit précédemment, le traitement par Spine Jack® est supérieur à celui de kyphoplastie par ballons, on peut supposer que le traitement par Spine Jack® soit meilleur que le traitement conservateur. En outre, aucune étude publiée dans la littérature n'a comparé le traitement par Spine Jack® à celui par corset dans le cadre des fractures ostéoporotiques. L'étude SPICO (74) en cours s'attache à comparer ces deux traitements mais cette dernière ne s'adresse pas spécifiquement aux patients ostéoporotiques et ne pourra donc pas nous aider dans notre réflexion.

Nous connaissons toute la difficulté du traitement des fractures ostéoporotiques et, bien que nous ayons mis en évidence dans notre étude qu'une densité osseuse faible était à risque de « moins bons » résultats cliniques et radiologiques dans le cadre du traitement des fractures thoraco-lombaires en compression par kyphoplastie Spine Jack®, il ne faut pas méconnaître que les alternatives à ce traitement ne sont, à ce jour, pas prouvées meilleures dans la littérature.

La principale limite de notre étude réside dans son design et par conséquent dans son niveau de preuve. Une des autres limites de cette étude est l'absence d'analyses multivariées possibles. Enfin, nous pouvons également lui reprocher son manque de puissance, avec une population restant assez faible en nombre. Cette limite est néanmoins à nuancer avec le fait qu'elle reste comparable, en termes de nombre de patients, avec la plupart des études disponibles sur le sujet.

---

## CONCLUSIONS

---

Ce travail est le premier à s'être attaché à mettre en évidence des facteurs prédictifs de résultats cliniques, fonctionnels et radiologiques à distance de la chirurgie dans le cadre des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie de type Spine Jack®. Nous avons pu mettre en évidence que les femmes, pour lesquelles la densité osseuse était plus faible, étaient plus à risque de douleurs et de capacités fonctionnelles réduites à distance de la chirurgie. En outre, nous avons mis en évidence qu'une densité osseuse faible était plus à risque d'une moins bonne restauration vertébrale et donc à risque, à distance, de capacités fonctionnelles réduites. L'IMC élevé a également été retrouvé comme facteur prédictif de moins bonne restauration vertébrale sans que nous ayons pu mettre en évidence sa corrélation clinique.

Des études prospectives et à plus grande échelle sont nécessaires pour appuyer nos résultats. De plus, concernant les cas précis énoncés précédemment, des essais cliniques contrôlés randomisés seraient intéressants à réaliser afin de comparer le traitement par kyphoplastie de type Spine Jack® à différentes alternatives, telles que l'association Spine Jack® et ostéosynthèse postérieure par exemple.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Fractures et luxations du rachis thoraco-lombaire.pdf [Internet]. [cité 6 mai 2022]. Disponible sur: <http://www.unilim.fr/campus-neurochirurgie/IMG/pdf/Fractures%20et%20luxations%20du%20rachis%20thoraco-lombaire.pdf>
2. Heinzelmann M, Wanner G. Thoracolumbar Spinal Injuries. In 2008.
3. Pneumaticos SG, Triantafyllopoulos GK, Giannoudis PV. Advances made in the treatment of thoracolumbar fractures: current trends and future directions. *Injury*. juin 2013;44(6):703-12.
4. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population - PubMed [Internet]. [cité 6 mai 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8658254/>
5. Grazier KL. The frequency of occurrence, impact, cost of selected musculoskeletal conditions in the United States. *Am Acad Orthop Surgeon*. 1984;
6. Bizimungu R, Sergio Alvarez null, Baumann BM, Raja AS, Mower WR, Langdorf MI, et al. Thoracic Spine Fracture in the Panscan Era. *Ann Emerg Med*. août 2020;76(2):143-8.
7. Li B, Sun C, Zhao C, Yao X, Zhang Y, Duan H, et al. Epidemiological profile of thoracolumbar fracture (TLF) over a period of 10 years in Tianjin, China. *J Spinal Cord Med*. mars 2019;42(2):178-83.
8. European Prospective Osteoporosis Study (EPOS) Group, Felsenberg D, Silman AJ, Lunt M, Armbrrecht G, Ismail AA, et al. Incidence of vertebral fracture in europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res*. avr 2002;17(4):716-24.
9. Wood KB, Li W, Lebl DR, Lebl DS, Ploumis A. Management of thoracolumbar spine fractures. *Spine J*. janv 2014;14(1):145-64.
10. Scheer JK, Bakhsheshian J, Fakurnejad S, Oh T, Dahdaleh NS, Smith ZA. Evidence-Based Medicine of Traumatic Thoracolumbar Burst Fractures: A Systematic Review of Operative Management across 20 Years. *Global Spine J*. févr 2015;5(1):73-82.
11. Magerl F. Brust und Lendenwirbelsäule Verlaufsformen. *Orthopädie in Praxis und Klinik, Spezielle Orthopädie (Wirbelsäule Thorax Becken)*. 1994;3:82-132.
12. Fernández-de Thomas RJ, De Jesus O. Thoracolumbar Spine Fracture. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [cité 10 mai 2022]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562204/>
13. Hsu JM, Joseph T, Ellis AM. Thoracolumbar fracture in blunt trauma patients: guidelines for diagnosis and imaging. *Injury*. juin 2003;34(6):426-33.
14. McLain RF. Functional outcomes after surgery for spinal fractures: return to work and activity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 15 févr 2004;29(4):470-7; discussion Z6.
15. Babu RA, Arimappamagan A, Pruthi N, Bhat DI, Arvinda HR, Devi BI, et al. Pediatric thoracolumbar spinal injuries: The etiology and clinical spectrum of an uncommon entity in childhood. *Neurol India*. juin 2017;65(3):546-50.

16. Dogan S, Safavi-Abbasi S, Theodore N, Chang SW, Horn EM, Mariwalla NR, et al. Thoracolumbar and sacral spinal injuries in children and adolescents: a review of 89 cases. *J Neurosurg.* juin 2007;106(6 Suppl):426-33.
17. Saul D, Dresing K. Epidemiology of vertebral fractures in pediatric and adolescent patients. *Pediatr Rep.* 22 mars 2018;10(1):7232.
18. Savitsky E, Votey S. Emergency department approach to acute thoracolumbar spine injury. *J Emerg Med.* févr 1997;15(1):49-60.
19. 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.
20. Curfs I, Schotanus M, VAN Hemert WLW, Heijmans M, DE Bie RA, VAN Rhijn LW, et al. Reliability and Clinical Usefulness of Current Classifications in Traumatic Thoracolumbar Fractures: A Systematic Review of the Literature. *Int J Spine Surg.* déc 2020;14(6):956-69.
21. Zhang A, Chauvin BJ. Denis Classification. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [cité 6 mai 2022]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544310/>
22. Whitney E, Alastra AJ. Vertebral Fracture. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [cité 6 mai 2022]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547673/>
23. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976).* déc 1983;8(8):817-31.
24. Chang CY, Pathria MN. Spine Trauma. In: Hodler J, Kubik-Huch RA, von Schulthess GK, éditeurs. *Musculoskeletal Diseases 2021-2024: Diagnostic Imaging [Internet].* Cham (CH): Springer; 2021 [cité 6 mai 2022]. (IDKD Springer Series). Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570146/>
25. Dailey AT, Arnold PM, Anderson PA, Chi JH, Dhall SS, Eichholz KM, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients With Thoracolumbar Spine Trauma: Classification of Injury. *Neurosurgery.* 1 janv 2019;84(1):E24-7.
26. Whang PG, Vaccaro AR, Poelstra KA, Patel AA, Anderson DG, Albert TJ, et al. The influence of fracture mechanism and morphology on the reliability and validity of two novel thoracolumbar injury classification systems. *Spine (Phila Pa 1976).* 1 avr 2007;32(7):791-5.
27. Vaccaro AR, Schroeder GD, Kepler CK, Cumhur Oner F, Vialle LR, Kandziora F, et al. The surgical algorithm for the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system. *Eur Spine J.* avr 2016;25(4):1087-94.
28. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976).* 1 nov 2013;38(23):2028-37.

29. Hwang Z, Houston J, Fragakis EM, Lupu C, Bernard J, Bishop T, et al. Is the AO spine thoracolumbar injury classification system reliable and practical? a systematic review. *Acta Orthop Belg.* mars 2021;87(1):181-90.
30. Abedi A, Mokkink LB, Zadegan SA, Paholpak P, Tamai K, Wang JC, et al. Reliability and Validity of the AOSpine Thoracolumbar Injury Classification System: A Systematic Review. *Global Spine J.* avr 2019;9(2):231-42.
31. Kepler CK, Vaccaro AR, Koerner JD, Dvorak MF, Kandziora F, Rajasekaran S, et al. Reliability analysis of the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system by a worldwide group of naïve spinal surgeons. *Eur Spine J.* avr 2016;25(4):1082-6.
32. O'Toole JE, Kaiser MG, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients with Thoracolumbar Spine Trauma: Executive Summary. *Neurosurgery.* 1 janv 2019;84(1):2-6.
33. Eichholz KM, Rabb CH, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients With Thoracolumbar Spine Trauma: Timing of Surgical Intervention. *Neurosurgery.* 1 janv 2019;84(1):E53-5.
34. Kerwin AJ, Frykberg ER, Schinco MA, Griffen MM, Arce CA, Nguyen TQ, et al. The effect of early surgical treatment of traumatic spine injuries on patient mortality. *J Trauma.* déc 2007;63(6):1308-13.
35. Cengiz SL, Kalkan E, Bayir A, Ilik K, Basefer A. Timing of thoracolumbar spine stabilization in trauma patients; impact on neurological outcome and clinical course. A real prospective (rct) randomized controlled study. *Arch Orthop Trauma Surg.* sept 2008;128(9):959-66.
36. Gaebler C, Maier R, Kutscha-Lissberg F, Mrkonjic L, Vécsei V. Results of spinal cord decompression and thoracolumbar pedicle stabilisation in relation to the time of operation. *Spinal Cord.* janv 1999;37(1):33-9.
37. Dvorak MF, Noonan VK, Fallah N, Fisher CG, Finkelstein J, Kwon BK, et al. The influence of time from injury to surgery on motor recovery and length of hospital stay in acute traumatic spinal cord injury: an observational Canadian cohort study. *J Neurotrauma.* 1 mai 2015;32(9):645-54.
38. Petitjean ME, Mousselard H, Pointillart V, Lassie P, Senegas J, Dabadie P. Thoracic spinal trauma and associated injuries: should early spinal decompression be considered? *J Trauma.* août 1995;39(2):368-72.
39. Rahimi-Movaghar V, Niakan A, Haghnegahdar A, Shahlaee A, Saadat S, Barzideh E. Early versus late surgical decompression for traumatic thoracic/thoracolumbar (T1-L1) spinal cord injured patients. Primary results of a randomized controlled trial at one year follow-up. *Neurosciences (Riyadh).* juill 2014;19(3):183-91.
40. Arnold PM, Anderson PA, Chi JH, Dailey AT, Dhall SS, Eichholz KM, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients With Thoracolumbar Spine Trauma: Pharmacological Treatment. *Neurosurgery.* 1 janv 2019;84(1):E36-8.

41. White AA, Panjabi MM. The basic kinematics of the human spine. A review of past and current knowledge. *Spine (Phila Pa 1976)*. mars 1978;3(1):12-20.
42. Qureshi S, Dhall SS, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients With Thoracolumbar Spine Trauma: Radiological Evaluation. *Neurosurgery*. 1 janv 2019;84(1):E28-31.
43. Rabb CH, Hoh DJ, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients with Thoracolumbar Spine Trauma: Operative Versus Nonoperative Treatment. *Neurosurgery*. 1 janv 2019;84(1):E50-2.
44. Hoh DJ, Qureshi S, Anderson PA, Arnold PM, John HC, Dailey AT, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients With Thoracolumbar Spine Trauma: Nonoperative Care. *Neurosurgery*. 1 janv 2019;84(1):E46-9.
45. Mulcahy MJ, Dower A, Tait M. Orthosis versus no orthosis for the treatment of thoracolumbar burst fractures: A systematic review. *J Clin Neurosci*. mars 2021;85:49-56.
46. Anderson PA, Raksin PB, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, Dhall SS, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients with Thoracolumbar Spine Trauma: Surgical Approaches. *Neurosurgery*. 1 janv 2019;84(1):E56-8.
47. Chi JH, Eichholz KM, Anderson PA, Arnold PM, Dailey AT, Dhall SS, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients With Thoracolumbar Spine Trauma: Novel Surgical Strategies. *Neurosurgery*. 1 janv 2019;84(1):E59-62.
48. Vanek P, Bradac O, Konopkova R, de Lacy P, Lacman J, Benes V. Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation: prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine*. févr 2014;20(2):150-6.
49. Grossbach AJ, Dahdaleh NS, Abel TJ, Woods GD, Dlouhy BJ, Hitchon PW. Flexion-distraction injuries of the thoracolumbar spine: open fusion versus percutaneous pedicle screw fixation. *Neurosurg Focus*. août 2013;35(2):E2.
50. Lee JK, Jang JW, Kim TW, Kim TS, Kim SH, Moon SJ. Percutaneous short-segment pedicle screw placement without fusion in the treatment of thoracolumbar burst fractures: is it effective?: comparative study with open short-segment pedicle screw fixation with posterolateral fusion. *Acta Neurochir (Wien)*. déc 2013;155(12):2305-12; discussion 2312.
51. Dong SH, Chen HN, Tian JW, Xia T, Wang L, Zhao QH, et al. Effects of minimally invasive percutaneous and trans-spatium intermuscular short-segment pedicle instrumentation on thoracolumbar mono-segmental vertebral fractures without neurological compromise. *Orthop Traumatol Surg Res*. juin 2013;99(4):405-11.
52. Jiang XZ, Tian W, Liu B, Li Q, Zhang GL, Hu L, et al. Comparison of a paraspinal approach with a percutaneous approach in the treatment of thoracolumbar burst fractures with posterior ligamentous complex injury: a prospective randomized controlled trial. *J Int Med Res*. 2012;40(4):1343-56.

53. Wang H wei, Li C qing, Zhou Y, Zhang Z feng, Wang J, Chu T wei. Percutaneous pedicle screw fixation through the pedicle of fractured vertebra in the treatment of type A thoracolumbar fractures using Sextant system: an analysis of 38 cases. *Chin J Traumatol*. 1 juin 2010;13(3):137-45.
54. Minimally invasive spine surgeries for treatment of thoracolumbar fractures of spine: A systematic review - PubMed [Internet]. [cité 17 mai 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31695274/>
55. Moura DL, Gabriel JP. Expandable Intravertebral Implants: A Narrative Review on the Concept, Biomechanics, and Outcomes in Traumatology. *Cureus*. sept 2021;13(9):e17795.
56. Tokpa A, Deroux L, Yao G, Oka DN. INTÉRÊT DE LA VERTÉBROPLASTIE ET KYPHOPLASTIE PERCUTANÉE DANS LA PRISE EN CHARGE DE LA PATHOLOGIE RACHIDIENNE. :6.
57. Kerschbaumer G, Gaulin B, Ruatti S, Tonetti J, Boudissa M. Clinical and radiological outcomes in thoracolumbar fractures using the SpineJack device. A prospective study of seventy-four patients with a two point three year mean of follow-up. *Int Orthop*. déc 2019;43(12):2773-9.
58. Vanni D, Galzio R, Kazakova A, Pantalone A, Grillea G, Bartolo M, et al. Third-generation percutaneous vertebral augmentation systems. *J Spine Surg*. mars 2016;2(1):13-20.
59. Long Y, Yi W, Yang D. Advances in Vertebral Augmentation Systems for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Pain Res Manag*. 2020;2020:3947368.
60. Muto M, Marcia S, Guarnieri G, Pereira V. Assisted techniques for vertebral cementoplasty: why should we do it? *Eur J Radiol*. mai 2015;84(5):783-8.
61. Chang M, Zhang C, Shi J, Liang J, Yuan X, Huang H, et al. Comparison Between 7 Osteoporotic Vertebral Compression Fractures Treatments: Systematic Review and Network Meta-analysis. *World Neurosurg*. janv 2021;145:462-470.e1.
62. Vanni D, Pantalone A, Bigossi F, Pineto F, Lucantoni D, Salini V. New perspective for third generation percutaneous vertebral augmentation procedures: Preliminary results at 12 months. *J Craniovertebr Junction Spine*. juill 2012;3(2):47-51.
63. Noriega DC, Ramajo RH, Lite IS, Toribio B, Corredera R, Ardura F, et al. Safety and clinical performance of kyphoplasty and SpineJack<sup>®</sup> procedures in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: a pilot, monocentric, investigator-initiated study. *Osteoporos Int*. juin 2016;27(6):2047-55.
64. Noriega DC, Rodríguez-Monsalve F, Ramajo R, Sánchez-Lite I, Toribio B, Ardura F. Long-term safety and clinical performance of kyphoplasty and SpineJack<sup>®</sup> procedures in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: a pilot, monocentric, investigator-initiated study. *Osteoporos Int*. mars 2019;30(3):637-45.
65. Noriega D, Marcia S, Theumann N, Blondel B, Simon A, Hassel F, et al. A prospective, international, randomized, noninferiority study comparing an implantable titanium vertebral augmentation device versus balloon kyphoplasty in the reduction of vertebral compression fractures (SAKOS study). *Spine J*. nov 2019;19(11):1782-95.

66. Diallo M, Kouitcheu R, Touta A, Kaya JM, Troude L, Mélot A, et al. [Percutaneous kyphoplasty using expandable SpineJack® implant for the treatment of osteoporotic vertebral fractures]. *Pan Afr Med J.* 2020;35:136.
67. Meyblum L, Premat K, Elhorany M, Shotar E, Cormier É, Degos V, et al. Safety of vertebral augmentation with cranio-caudal expansion implants in vertebral compression fractures with posterior wall protrusion. *Eur Radiol.* oct 2020;30(10):5641-9.
68. Baesa SS, Krueger A, Aragón FA, Noriega DC. The efficacy of a percutaneous expandable titanium device in anatomical reduction of vertebral compression fractures of the thoracolumbar spine. *Saudi Med J.* janv 2015;36(1):52-60.
69. 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 Res Int.* 2015;2015:173872.
70. Noriega D, Krüger A, Ardura F, Hansen-Algenstaedt N, Hassel F, Barreau X, et al. Clinical outcome after the use of a new cranio-caudal expandable implant for vertebral compression fracture treatment: one year results from a prospective multicentric study. *Biomed Res Int.* 2015;2015:927813.
71. 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.
72. 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.
73. Premat K, Vande Perre S, Cormier É, Shotar E, Degos V, Morardet L, et al. Vertebral augmentation with the SpineJack® in chronic vertebral compression fractures with major kyphosis. *Eur Radiol.* déc 2018;28(12):4985-91.
74. CNEDIMTS-6187\_SPINEJACK\_22\_septembre\_2020\_(6187)\_avis.pdf [Internet]. [cité 9 sept 2022]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CNEDIMTS-6187\\_SPINEJACK\\_22\\_septembre\\_2020\\_\(6187\)\\_avis.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CNEDIMTS-6187_SPINEJACK_22_septembre_2020_(6187)_avis.pdf)
75. liste\_echelles\_acceptees\_2022.pdf [Internet]. [cité 22 août 2022]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-01/liste\\_echelles\\_acceptees\\_2022.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-01/liste_echelles_acceptees_2022.pdf)
76. Schreiber JJ, Anderson PA, Hsu WK. Use of computed tomography for assessing bone mineral density. *Neurosurg Focus.* 2014;37(1):E4.
77. Pfeifer M, Gehlen M, Hinz C. [Spinal orthoses in the treatment of vertebral fractures with osteoporosis : A systematic review article]. *Z Rheumatol.* déc 2017;76(10):860-8.

---

## ARTICLE

---

La version française de l'article est disponible aux pages 80 à 92.

La version anglaise de l'article est disponible aux pages 93 à 104.

## **Etude rétrospective monocentrique des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie Spine Jack® : Recherche de facteurs prédictifs de résultats cliniques et radiologiques à distance de la chirurgie.**

Johanna Claquin, MD<sup>1</sup>, Edouard Samarut, MD<sup>1</sup>, Constantin Moraru, MD<sup>1</sup>, Philippe Cam, MD<sup>1</sup>, Kévin Buffenoir-Billet, PhD<sup>1</sup>, Alexis Moles, MD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Service de Neurochirurgie-Neurotraumatologie, CHU, Nantes

**OBJECTIFS** L'objectif de notre étude était la recherche de facteurs prédictifs de résultats fonctionnels et radiologiques dans le cadre des fractures thoraco-lombaires en compression traitées par kyphoplastie Spine Jack®.

**METHODES** Il s'agissait d'une étude rétrospective ayant inclus 90 patients victimes d'une fracture thoraco-lombaire en compression traitées par kyphoplastie Spine Jack®. L'indice d'Oswestry (ODI) et l'évaluation de la douleur (EN) ont été recueillis au dernier suivi, à 12 mois et plus. L'angle de cyphose local (CV), les pourcentages de perte de hauteur vertébrale antérieure (HA) et centrale (HC) ont été mesurés en pré-opératoire et en post-opératoire immédiat, à 3, 6, 12 mois et au dernier suivi. Les pourcentages de restauration de CV, de HA et de HC ont été calculés au dernier suivi.

**RESULTATS** 16,7% des patients avaient un score ODI au dernier suivi > 20% et 17,8% des patients un score EN au dernier suivi ≥ 4. Les scores ODI et EN étaient significativement plus élevés chez les femmes ( $p < 0,01$  ;  $p = 0,011$ ). En univarié, le score ODI était significativement corrélé à la densité osseuse ( $p < 0,01$ ). Les pourcentages de restauration de la CV, de la HA et de la HC au dernier suivi étaient significativement corrélés à la densité osseuse ( $< 0,001$ ), à l'IMC ( $p < 0,01$ ) et à l'âge au moment de la chirurgie ( $p < 0,001$ ).

**CONCLUSIONS** Une attention toute particulière est à accorder à la densité osseuse, qui, lorsqu'elle est faible, est plus à risque d'une moins bonne restauration vertébrale et de capacités fonctionnelles réduites à distance de la chirurgie par Spine Jack® dans le cadre des fractures thoraco-lombaires par compression.

**MOTS-CLES** Fractures thoraco-lombaires par compression ; Spine Jack® ; Kyphoplastie ; Facteurs prédictifs

## **INTRODUCTION**

Les fractures vertébrales en compression sont responsables de douleurs, de réduction des capacités fonctionnelles et d'influence néfaste sur la qualité de vie<sup>1</sup>. Bien que l'incidence des fractures vertébrales soit élevée, 10.7 à 12.1 pour 1000 femmes et 5.7 à 6.8 pour hommes par an en Europe<sup>2</sup>, leur prise en charge reste très hétérogènes et controversée<sup>3</sup>. De nombreuses solutions médicales, orthopédiques et chirurgicales sont possibles<sup>4</sup>. Parmi les solutions chirurgicales, on note la technique de réexpansion vertébrale, dont la toute première, réalisée par Galibert et al. en 1984, était la vertébroplastie. Cependant, cette technique ne permettait pas une restauration de la hauteur du corps vertébral fracturé. Par conséquent, différents systèmes de réexpansion vertébrale se sont développés dans ce but, tels que la kyphoplastie par ballons, le Vertebral Body Stenting<sup>®</sup>, l'OsseoFix<sup>®</sup> ou encore le Spine Jack<sup>®5</sup>. Ces dispositifs sont désormais utilisés en routine dans le cadre du traitement des fractures vertébrales par compression.

Le dispositif Spine Jack<sup>®</sup>, à l'instar d'un cric, permet, en se déployant dans le corps vertébral fracturé, de restaurer la hauteur vertébrale. Les études publiées jusqu'à présent s'accordent sur l'efficacité clinique et radiologique de ce dispositif<sup>1,6-17</sup>. Certaines ont néanmoins décrit une ré-augmentation des scores de la douleur et de l'indice d'Oswestry (ODI) au cours du suivi post-opératoire<sup>8,16</sup>. D'autres ont également décrit une perte de la correction de la restauration du corps vertébral entre le post-opératoire immédiat et le suivi<sup>10,16</sup>. Ainsi, aucune des études publiées à ce jour n'a mis en évidence de facteurs prédictifs de résultats fonctionnels ou radiologiques.

L'objectif principal de notre étude était la recherche de facteurs prédictifs de résultats fonctionnels selon le score ODI au dernier suivi. Les objectifs secondaires étaient la recherche de facteurs prédictifs de résultats cliniques selon l'évaluation numérique de la douleur (EN) au dernier suivi et radiologiques selon les pourcentages de restauration des hauteurs antérieure (HA) et centrale (HC) ainsi que le pourcentage de restauration de la cyphose locale (CV) au dernier suivi.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Population et critères d'évaluation**

Les patients âgés de plus de 18 ans, homme ou femme, ayant été traités entre le 1er janvier et le 31 décembre 2020 au CHU de Nantes, par kyphoplastie Spine Jack<sup>®</sup> seule, sans matériel d'ostéosynthèse associé, dans le cadre d'une fracture vertébrale thoraco-lombaire par compression (donc classée type A selon la classification de Magerl) et d'origine post traumatique ont été inclus. Ont été exclu les patients ayant plus d'une fracture vertébrale thoraco-lombaire, les fractures vertébrales de type B ou C selon Magerl, ainsi que les patients avec un déficit neurologique et ceux dont l'origine de la fracture n'était pas post-traumatique.

Nous avons répertorié les données démographiques : l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle (IMC), le niveau de la vertèbre ainsi que la classification de la fracture selon Magerl. Ont également été rapporté le temps écoulé entre le traumatisme rachidien et la chirurgie ainsi que la durée de suivi du patient. Les données péri-opératoires répertoriées ont été le temps opératoire, la

quantité de ciment injectée, la date du premier lever post-opératoire, la durée d'hospitalisation et enfin les complications per et post-opératoires.

Le critère de jugement principal, l'ODI, a été recueilli au dernier suivi, à 12 mois et plus. L'un des critères secondaires, le score EN, a été recueilli en pré-opératoire, en post-opératoire immédiat et au dernier suivi, à 12 mois et plus. Un score EN au dernier suivi  $\geq 4$  correspondait à un mauvais résultat clinique et un ODI  $> 20\%$  signait un mauvais résultat fonctionnel.

Tous les patients ont bénéficié d'une tomodensitométrie (TDM) du rachis thoracolombaire en pré-opératoire et de radiographies en charge au cours du suivi, en post-opératoire immédiat, à 3, 6, 12 mois et au dernier suivi. La densité osseuse a été mesurée selon la technique de Schreiber et al.<sup>18</sup> sur le scanner pré-opératoire, par la mesure de 3 zones d'intérêt transversales au corps vertébral. La CV, correspondant à l'angle entre les tangentes aux plateaux vertébraux supérieur et inférieur de la vertèbre fracturée a été mesurée à chaque suivi. Les pourcentages de perte de HA et HC ont été calculés selon la formule suivante :  $100 - (HA \text{ ou } HC \text{ vertèbre fracturée} \times 100) / (((HA \text{ ou } HC \text{ vertèbre sus-jacente} + HA \text{ ou } HC \text{ vertèbre sous-jacente}) / 2)$  et mesurés à chaque suivi. Les pourcentages de restauration de la HA et de la HC ont été calculés au dernier suivi selon la formule suivante :  $100 - ((\% \text{ perte de HA ou HC dernier suivi} \times 100) / (\% \text{ perte de HA ou HC pré-opératoire}))$ . Le pourcentage de restauration de la CV au dernier suivi a été calculé à partir de la formule suivante :  $100 - (CV \text{ dernier suivi} \times 100) / (CV \text{ pré-opératoire})$ . L'indice  $\alpha$  de Cronbach pour les mesures radiologiques a été calculé à 0,77.

### **Technique opératoire**

Les interventions ont été réalisées sous anesthésie générale et sous contrôle scopique, de face et de profil. La taille des implants Spine Jack® (Stryker®) a été choisie en fonction du diamètre des pédicules mesuré sur la TDM pré-opératoire. Après réalisation des visées pédiculaires et taraudage du corps vertébral, les implants ont été déployés jusqu'à restauration de la hauteur vertébrale maximale. Le ciment poly-méthylacrylate de méthyle haute viscosité (PMMA) a ensuite été injecté progressivement par les canules de travail. L'injection a été interrompue en cas de fuite extra corporelle.

### **Analyses statistiques**

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel pvalue.io. La comparaison des scores EN pré et post-opératoires ainsi que celle des différentes mesures radiologiques pré et post-opératoires ont été établies par des tests de Paired Welch et Paired Mann-Whitney selon les différents effectifs. La recherche des facteurs prédictifs a été établie par des régressions linéaires univariées sur les variables d'intérêts. Les tests statistiques utilisés étaient des tests de corrélation de Spearman pour les données numériques et des tests de corrélation de Kruskal-Wallis pour les variables non numériques. Pour toutes les analyses, le degré de significativité choisi était de 0,05. Les conditions d'homoscédasticité ne pouvant être respectées dans notre étude, il n'a pas été réalisé d'analyses multivariées.

## RESULTATS

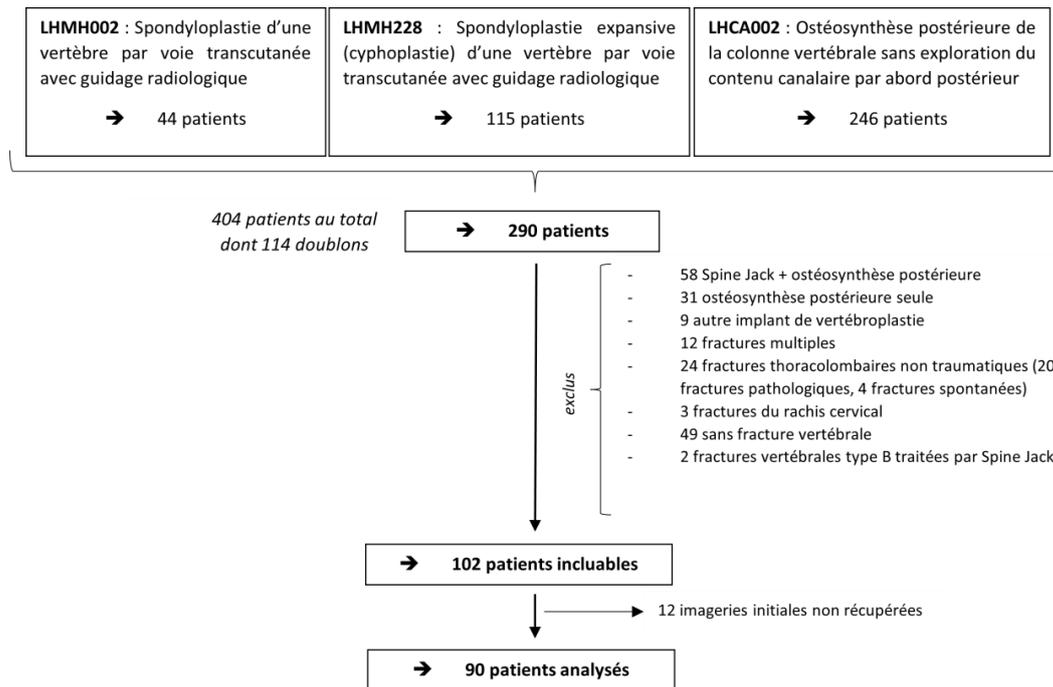


Fig. 1 Flow chart des patients de l'étude

### Données démographiques

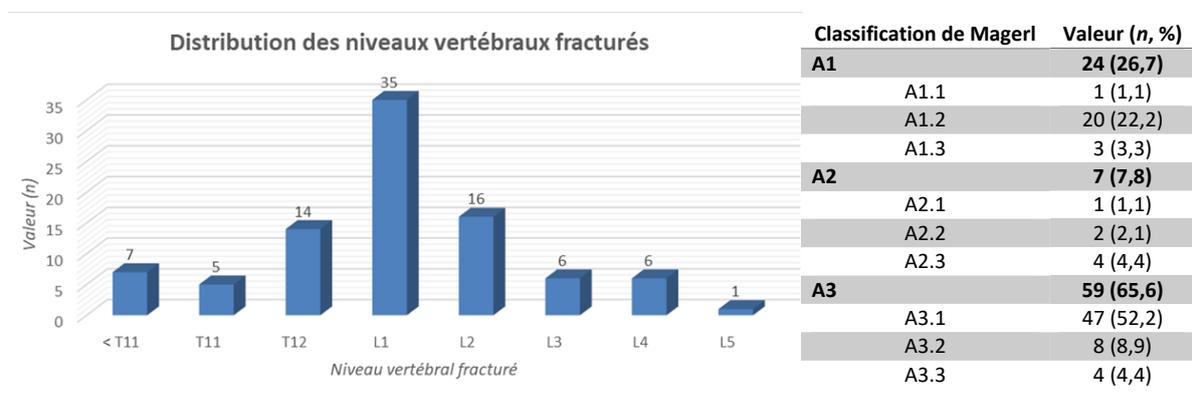
Les caractéristiques démographiques sont résumées dans la Table 1.

90 patients ont été inclus dans notre étude, 42 femmes (47%) et 48 hommes (53%), âgés en moyenne de  $55,9 \pm 15,6$  ans. Les femmes avaient en moyenne  $62 \pm 13,9$  ans et les hommes  $51 \pm 15,2$  ans. La densité osseuse moyenne était de  $122 \pm 51,9$  HU. 36 patients (40%) avaient une densité osseuse  $\leq 100$  HU et étaient donc considérés comme ostéoporotiques. 24 patients (27%) avaient une densité osseuse entre 100 et 133 HU et étaient considérés comme ostéopéniques. Enfin, 30 patients (33%) avaient une densité osseuse  $> 133$  HU et avaient donc une densité osseuse considérée comme normale. La chirurgie a été réalisée en moyenne  $2,1 \pm 1,7$  jours après le traumatisme rachidien.

Les niveaux vertébraux fracturés sont exposés dans la figure 2. On notait une nette prédominance des fractures aux niveaux T12 (15,6%), L1 (38,9%) et L2 (17,8%), soit au niveau de la charnière thoraco-lombaire (72,2%). Les types de fractures, selon Magerl, sont exposés dans la table 2. La très grande majorité des fractures vertébrales traitées dans notre étude était des fractures de type A3.1 (52,2%) et A1.2 (22,2%).

**Table 1.** Caractéristiques de la population

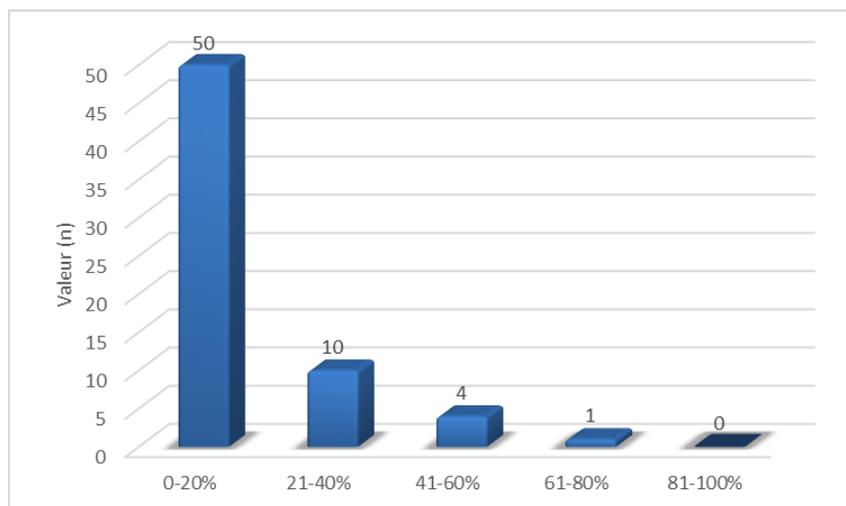
Caractéristiques	Valeur (n = 90)
Age (moyenne ± SD)	55,9 ± 15,6
Femme / Homme n (%)	42 (47) / 48 (53)
IMC (moyenne ± SD (kg/m <sup>2</sup> ))	25,9 ± 5,4
Densité osseuse (moyenne ± SD (HU))	122 (51,9)
Temps entre traumatisme et chirurgie (moyenne ± SD (jours))	2,1 ± 1,7
Temps opératoire (moyenne ± SD (min))	24,2 ± 10,1
Quantité de ciment injecté (moyenne ± SD (mL))	4,6 ± 2,1
Premier lever (n, %)	
J0	32 (35,6)
J1	51 (56,7)
J2	2 (2,2)
Données manquantes	5 (5,6)
Durée hospitalisation (moyenne ± SD (jours))	4,3 ± 5,2
Durée suivi (moyenne ± SD (mois))	15,5 ± 11,1



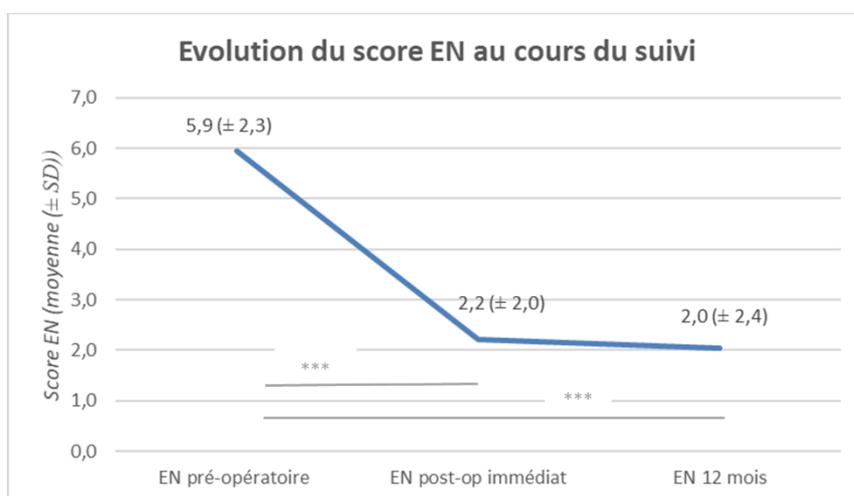
**Fig. 2.** Distribution des niveaux vertébraux fracturés et types de fractures en accord avec la classification de Magerl

### Résultats fonctionnels

Le score EN n'a pas été notifié pour, respectivement 5 patients en pré-opératoire et 1 patient en post-opératoire immédiat. 25 patients ont été perdus de vue à moins d'un an du suivi. L'ODI moyen à la fin du suivi était de 12.0 ± 16%. 15 patients (16.7%) avaient un ODI supérieur à 20% à un an de la chirurgie (Fig.3). Le score EN moyen pré-opératoire, de 5.9 ± 2.3, a été réduit significativement en post opératoire immédiat (2.2 ± 2,0) et à 12 mois (2.0 ± 2.4) (p<0.001) (Fig.4). 16 patients (17.8%) ont rapporté un score EN ≥ 4 au dernier suivi. Parmi ces 16 patients, 9 avaient un score EN à 4 ou 5, 4 avaient un score à 6 ou 7 et enfin 3 patients avaient un score supérieur à 7.



**Fig. 3.** Distribution des scores ODI au dernier suivi



**Fig. 4.** Evolution du score EN moyen au cours du suivi - \*\*\*  $p < 0,001$

Il existait une corrélation significative entre le score EN et l'ODI au dernier suivi ( $r=0.831$  ;  $p < 0.001$ ). Les scores ODI et EN étaient significativement plus élevés chez les femmes ( $p < 0.01$  et  $p = 0.011$ ). En outre, l'ODI était significativement corrélé à la densité osseuse ( $r = -0.349$  ;  $p < 0.01$ ). En revanche nous n'avons pas mis en évidence de corrélation significative entre les scores ODI et EN et l'âge, l'IMC, le type (Magerl) et le niveau de la fracture, la durée de suivi et la quantité de ciment injectée. Concernant les données radiologiques, il n'y avait pas de corrélation significative entre les scores ODI et EN au dernier suivi et les pourcentages de perte de HA et de HC, ainsi que la CV pré-opératoire.

## Résultats radiologiques

La CV moyenne pré-opératoire était de  $11.3 \pm 6.13^\circ$  contre  $7.63 \pm 4.40^\circ$  en post-opératoire immédiat ( $p < 0.001$ ). Il n'y avait pas de différence significative entre la CV pré-opératoire et celle à 3, 6 et 12 mois et plus. En revanche, on notait une majoration significative de la CV entre le post-opératoire immédiat et à 3, 6 et 12 mois et plus. La CV moyenne au dernier suivi connu était de  $10.0 \pm 5.04^\circ$  et était significativement moins importante que celle en pré-opératoire ( $p = 0.035$ ). Au dernier suivi, le pourcentage de restauration de la CV par rapport à la CV pré-opératoire était en moyenne de 20% (Fig.5).

La perte de HA moyenne était de  $23.7 \pm 11.7\%$  en pré opératoire. Elle a été significativement réduite à  $11.3 \pm 10.9\%$  en post-opératoire immédiat ( $p < 0.001$ ). Au dernier suivi connu, elle était de  $18.9 \pm 12.7\%$ , ce qui restait, de façon statistiquement significative, moins important qu'en pré-opératoire mais également plus marquée qu'en post-opératoire immédiat ( $p < 0.001$ ). Au dernier suivi, la restauration de la HA au dernier suivi par rapport à la perte de HA pré-opératoire était en moyenne de 30% (Fig. 5).

La perte de HC moyenne était de  $30.5 \pm 13.1\%$  en pré opératoire. Elle a été significativement réduite à  $3.40 \pm 7.25\%$  en post-opératoire immédiat ( $p < 0.001$ ). Au dernier suivi connu, elle était de  $8.31 \pm 12.7\%$ , ce qui, là encore, restait significativement moins important qu'en pré-opératoire mais également plus important qu'en post-opératoire immédiat. Au dernier suivi, la restauration de la HC au dernier suivi par rapport à la perte de HC pré-opératoire était en moyenne de 74% (Fig. 6).

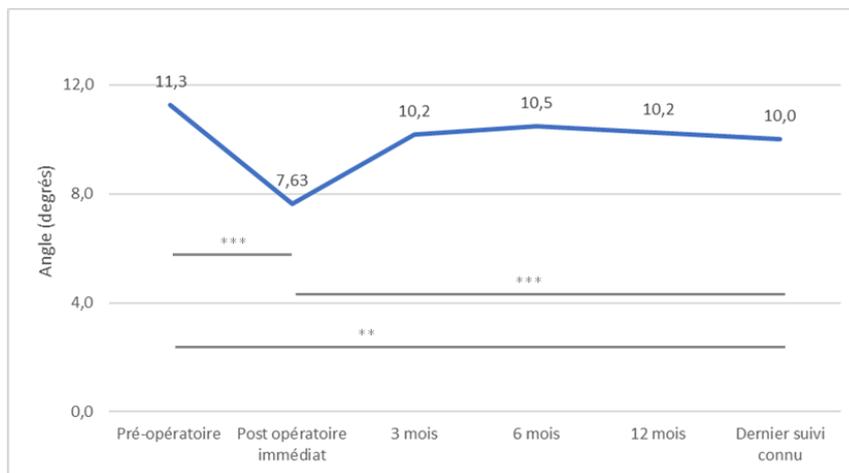
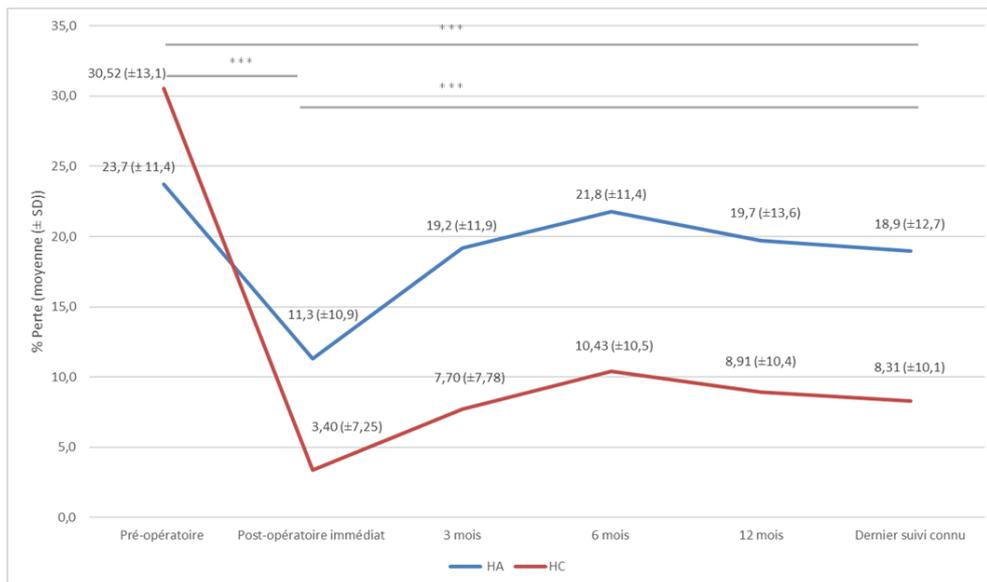


Fig. 5. Evolution de la cyphose vertébrale moyenne au cours du suivi - \*\*\*  $p < 0,001$  ; \*\*  $p = 0,035$



**Fig. 6.** Evolution du pourcentage moyen de perte de HA et HC au cours du suivi - \*\*\*  $p < 0,001$

Les pourcentages de restauration de la CV, de la HA et de la HC au dernier suivi étaient significativement corrélés à la densité osseuse (respectivement :  $r=0.387$  ;  $r=0.363$  ;  $r=0.395$  avec  $p < 0.001$ ). Ils étaient également corrélés à l'IMC (respectivement :  $r = -0.320$  ;  $r = -0.347$  ;  $r = -0.298$  avec  $p < 0,01$ ) et à l'âge (respectivement :  $r = -0.415$  ;  $r = -0.476$  ;  $r = -0.441$  avec  $p < 0.001$ ). Ils n'étaient, en revanche, pas significativement corrélés au sexe, à la quantité de ciment injectée en per opératoire, au type (Magerl) ni au niveau vertébral fracturé.

## Complications

18 cas de fuite de ciment (20%), sans conséquences cliniques chez les patients concernés, ont été rapportés. 7 cas de fractures adjacentes (7.8%) ont été mis en évidence. Un patient a nécessité une reprise chirurgicale en post-opératoire immédiat pour complément par ostéosynthèse percutanée devant des rachialgies trop intenses à la remise en charge. Il s'agissait d'un homme de 64 ans, avec un IMC > 30, victime d'une chute à haute cinétique responsable d'une fracture classée A3.3 selon Magerl de L1. Nous n'avons pas mis en évidence de corrélations statistiquement significatives entre la survenue de fractures adjacentes et les différentes données cliniques, démographiques et radiologiques. Nous avons pu mettre en évidence que la survenue de fuite de ciment était significativement plus importante chez les femmes ( $p=0.015$ ). Il n'existait pas de corrélation entre ces deux complications et les scores EN et ODI au dernier suivi.

## DISCUSSION

La population de notre étude était comparable à celle de la littérature hormis le fait qu'elle était sensiblement plus jeune que la majorité des études et comportait un sexe ratio de pratiquement 1. En outre, le temps entre le traumatisme et la chirurgie était en moyenne beaucoup plus court dans notre étude<sup>1,7,9,12,14-17</sup>. Comme les précédentes études, nous confirmons l'obtention d'une baisse significative de la douleur en post-opératoire après la procédure chirurgicale<sup>1,6-17</sup>. En outre, le score ODI moyen était semblable aux données de la littérature (5,7 à 26,8%)<sup>1,8,10,12,13,16</sup>. Concernant nos résultats radiologiques, nous avons observé, tout comme les études publiées dans la littérature<sup>7,9-14,16,17</sup>, une amélioration significative de l'angle de CV au dernier suivi comparativement à celui pré-opératoire. Néanmoins, nous avons identifié une perte de réduction de l'angle de CV entre le post-opératoire immédiat et troisième mois, ce qui a également été décrit dans les études de Kerschbaumer et al.<sup>10</sup> et de Noriega et al.<sup>16</sup> La restauration moyenne des hauteurs antérieure et centrale que nous avons pu mettre en évidence au dernier suivi a également été décrite dans toutes les études ayant étudié ce critère<sup>6,7,9,14-17</sup>. La majoration des pertes de hauteur antérieure et centrale que nous avons pu observer entre le post-opératoire immédiat et le sixième mois ont, quant à elles, été rapporté dans les articles de Noriega et al.<sup>13,16</sup>. Nous avons mis en évidence qu'il existait, au cours du suivi, une perte de restauration de la hauteur du corps vertébral initialement obtenue plus importante en antérieur qu'en central. Les hypothèses que nous pouvons formuler quant à ces résultats sont celles d'un positionnement antérieur des implants Spine Jack® insuffisant, ou encore une diffusion insuffisante du ciment vers l'avant du corps vertébral. Ainsi, se pose également la question du timing d'injection du ciment. En effet, un ciment peu polymérisé, plus fluide pourrait mieux diffuser à travers les trabécules osseuses. Cependant, cela expose également au risque de fuites extra-corporéales.

Considérant la recherche de facteurs prédictifs, nous avons montré que les scores ODI et EN n'étaient pas statistiquement corrélés au type (Magerl) de la vertèbre fracturée. Ces résultats sont néanmoins à nuancer étant donné que, bien que notre étude concernait toutes les fractures en compression, nous avons surtout des fractures classées A3.1 et très peu de fractures A3.3. En effet, nos pratiques de service sont de ne pas traiter les fractures A3.3 par kyphoplastie de type Spine Jack® seule. En outre, nous avons mis en évidence dans l'étude que le seul patient ayant nécessité une reprise chirurgicale pour ostéosynthèse postérieure complémentaire était un patient avec une fracture classée A3.3 selon Magerl.

Concernant les données radiologiques pré-opératoires, nous avons pu mettre en avant le fait que les pourcentages de perte de HA et de HC ainsi que l'angle de CV n'étaient pas prédictifs de « moins bons » résultats cliniques et fonctionnels à distance de la chirurgie.

L'IMC élevé était à risque de moins bonne restauration du corps vertébral à distance de la chirurgie sans être corrélé à la densité osseuse. Ainsi l'IMC serait un facteur à prendre en compte dans la prédiction des résultats radiologiques à distance de la kyphoplastie Spine Jack®. Néanmoins, et contrairement à la densité osseuse, nous n'avons pas pu mettre en évidence que ce paramètre était un facteur prédictif de mauvais résultats cliniques et fonctionnels.

Dans la limite de l'analyse univariée, le score ODI était inversement corrélé à la densité osseuse. Or, nous avons également pu mettre en évidence le fait qu'une densité osseuse faible était à risque de mauvais résultats radiologiques à distance de la chirurgie avec des pourcentages de restauration de CV, HA et HC plus faibles. Les fractures ostéoporotiques chez la femme âgée, seraient donc à risque d'une moins bonne restauration du corps vertébral fracturé à distance de la kyphoplastie Spine Jack®.

Quelques études, publiées dans la littérature, peuvent être en accord avec notre hypothèse sur le plan clinique concernant l'ostéoporose<sup>11,12</sup>. Dans l'étude de Diallo et al.<sup>12</sup>, bien que le score EVA ait été réduit de manière significative au dernier suivi, ce dernier restait néanmoins de 4,4 en moyenne, ce qui reste supérieur à 4 et pouvait donc être considéré comme un mauvais résultat clinique. De même, bien que le score ODI ait été significativement diminué au dernier suivi, il n'en restait pas moins de 21,2%, ce qui pouvait donc être considéré comme un mauvais résultat fonctionnel.

Considérant les résultats radiologiques, si les études descriptives publiées portant sur des patients ostéoporotiques donnaient surtout des résultats satisfaisants, notamment en termes d'amélioration de la CV et des hauteurs antérieure et centrale entre le pré et le post-opératoire, soit le délai post-opératoire des mesures n'était pas précisé et ne préjugait donc pas de la stabilité à distance des « bons résultats » retrouvés<sup>9,11,12</sup>, soit les mesures étaient réalisées en post-opératoire immédiat<sup>7</sup>.

Il se pose donc la question des potentiels traitements alternatifs au Spine Jack® dans le cadre du traitement des fractures ostéoporotiques en compression. Les études publiées sur ce sujet sont pauvres. Ces dernières ont principalement comparé le traitement par Spine Jack® à celui de kyphoplastie par ballons, démontrant ainsi la non-infériorité, voir même la supériorité, du Spine Jack® sur la kyphoplastie par ballons, aussi bien d'un point de vue clinique que radiologique<sup>6,14-16</sup>. Cependant, soit ces études comprenaient des effectifs faibles<sup>14,16</sup>, soit les scores cliniques à distance de la chirurgie n'étaient pas clairement mentionnés dans l'article<sup>6,14</sup>, soit le diagnostic d'ostéoporose n'était parfois que présumé et pouvait être remis en doute. C'est notamment le cas de l'étude de Noriega et al. où les patients inclus étaient âgés de 21 à 75 ans<sup>14</sup>. En outre, concernant les résultats radiologiques de ces études, soit ces derniers n'étaient pas comparables aux nôtres car réalisés en post-opératoire immédiat et non à distance de la chirurgie<sup>6</sup>, soit ils pouvaient être interprétés comme « peu » satisfaisants. Par exemple, les pourcentages moyens de restauration de HA et de HC n'étaient que de 12% respectifs dans l'étude de Noriega et al.<sup>14</sup> et n'étaient que de 10% à 3 ans dans l'étude de Noriega et al.<sup>16</sup> bien plus bas que les 30% de restauration de HA et les 74% de restauration de la HC retrouvés dans notre étude au dernier suivi.

Nous connaissons toute la difficulté du traitement des fractures ostéoporotiques et, bien que nous ayons mis en évidence dans notre étude qu'une densité osseuse faible était à risque de « moins bons » résultats cliniques et radiologiques dans le cadre du traitement des fractures thoraco-lombaires en compression par kyphoplastie Spine Jack®, il ne faut pas méconnaître que les alternatives à ce traitement ne sont, à ce jour, pas prouvées meilleures dans la littérature.

## **CONCLUSIONS**

Ce travail est le premier à s'être attaché à mettre en évidence des facteurs prédictifs de résultats fonctionnels et radiologiques à distance de la chirurgie dans le cadre des fractures thoracolumbaires par compression traitées par kyphoplastie de type Spine Jack®. Nous avons pu mettre en évidence que les femmes, pour lesquelles la densité osseuse était plus faible, étaient plus à risque de douleurs et de capacités fonctionnelles réduites à distance de la chirurgie. En outre, nous avons mis en évidence qu'une densité osseuse faible était plus à risque d'une moins bonne restauration vertébrale et donc à risque, à distance, de capacités fonctionnelles réduites. L'IMC élevé a également été retrouvé comme facteur prédictif de moins bonne restauration vertébrale sans que nous ayons pu mettre en évidence sa corrélation clinique.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Noriega D, Krüger A, Ardura F, 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 Res Int*. 2015;2015:927813. doi:10.1155/2015/927813
2. European Prospective Osteoporosis Study (EPOS) Group, Felsenberg D, Silman AJ, et al. Incidence of vertebral fracture in europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 2002;17(4):716-724. doi:10.1359/jbmr.2002.17.4.716
3. Freslon M, Bouaka D, Coipeau P, et al. Fractures du rachis thoracolombaire Thoracolumbar fractures. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice L'appareil Mot*. 2008;94:S22-S35.
4. Freslon et al. - 2008 - Fractures du rachis thoracolombaire.pdf. Accessed May 12, 2022. <https://soo.com.fr/download/media/ac9/d4b/87-com.pdf>
5. Vanni D, Galzio R, Kazakova A, et al. Third-generation percutaneous vertebral augmentation systems. *J Spine Surg Hong Kong*. 2016;2(1):13-20. doi:10.21037/jss.2016.02.01
6. Vanni D, Pantalone A, Bigossi F, Pineto F, Lucantoni D, Salini V. New perspective for third generation percutaneous vertebral augmentation procedures: Preliminary results at 12 months. *J Craniovertebral Junction Spine*. 2012;3(2):47-51. doi:10.4103/0974-8237.116537
7. Baeesa SS, Krueger A, Aragón FA, Noriega DC. The efficacy of a percutaneous expandable titanium device in anatomical reduction of vertebral compression fractures of the thoracolumbar spine. *Saudi Med J*. 2015;36(1):52-60. doi:10.15537/smj.2015.1.9463
8. 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 Hong Kong*. 2018;4(3):624-629. doi:10.21037/jss.2018.07.08
9. Premat K, Vande Perre S, Cormier É, et al. Vertebral augmentation with the SpineJack® in chronic vertebral compression fractures with major kyphosis. *Eur Radiol*. 2018;28(12):4985-4991. doi:10.1007/s00330-018-5544-6
10. Kerschbaumer G, Gaulin B, Ruatti S, Tonetti J, Boudissa M. Clinical and radiological outcomes in thoracolumbar fractures using the SpineJack device. A prospective study of seventy-four patients with a two point three year mean of follow-up. *Int Orthop*. 2019;43(12):2773-2779. doi:10.1007/s00264-019-04391-1
11. Meyblum L, Premat K, Elhorany M, et al. Safety of vertebral augmentation with cranio-caudal expansion implants in vertebral compression fractures with posterior wall protrusion. *Eur Radiol*. 2020;30(10):5641-5649. doi:10.1007/s00330-020-06889-4
12. Diallo M, Kouitcheu R, Touta A, et al. [Percutaneous kyphoplasty using expandable SpineJack® implant for the treatment of osteoporotic vertebral fractures]. *Pan Afr Med J*. 2020;35:136. doi:10.11604/pamj.2020.35.136.21296
13. Noriega D, Maestretti G, Renaud C, et al. Clinical Performance and Safety of 108 SpineJack Implantations: 1-Year Results of a Prospective Multicentre Single-Arm Registry Study. *BioMed Res Int*. 2015;2015:173872. doi:10.1155/2015/173872
14. Noriega DC, Ramajo RH, Lite IS, 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 J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. 2016;27(6):2047-2055. doi:10.1007/s00198-016-3494-x

15. Noriega D, Marcia S, Theumann N, et al. A prospective, international, randomized, noninferiority study comparing an implantable titanium vertebral augmentation device versus balloon kyphoplasty in the reduction of vertebral compression fractures (SAKOS study). *Spine J Off J North Am Spine Soc.* 2019;19(11):1782-1795. doi:10.1016/j.spinee.2019.07.009
16. Noriega DC, Rodríguez-Monsalve F, Ramajo R, Sánchez-Lite I, Toribio B, Ardura F. Long-term 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 J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2019;30(3):637-645. doi:10.1007/s00198-018-4773-5
17. Noriega DC, Crespo-Sanjuan J, Olan WJ, 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.* 2021;24(5):E631-E638.
18. Schreiber JJ, Anderson PA, Hsu WK. Use of computed tomography for assessing bone mineral density. *Neurosurg Focus.* 2014;37(1):E4. doi:10.3171/2014.5.FOCUS1483
19. Whitney E, Alastra AJ. Vertebral Fracture. In: *StatPearls.* StatPearls Publishing; 2022. Accessed May 6, 2022. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547673/>

## **Single-center retrospective study of thoracolumbar compression fractures treated with Spine Jack® kyphoplasty : Investigation of predictive factors for clinical and radiological outcomes at distance from surgery.**

Johanna Claquin, MD<sup>1</sup>, Edouard Samarut, MD<sup>1</sup>, Constantin Moraru, MD<sup>1</sup>, Philippe Cam, MD<sup>1</sup>, Kévin Buffenoir-Billet, PhD<sup>1</sup>, Alexis Moles, MD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Neurosurgery, CHU, Nantes

**OBJECTIVES** Objective of our study was to investigate predictive factors of functional, and radiological outcomes at distance from surgery in post-traumatic thoracolumbar fractures treated with Spine Jack® kyphoplasty.

**METHODS** This retrospective study included 90 patients with post-traumatic thoracolumbar compression fractures treated with Spine Jack® kyphoplasty. Oswestry index (ODI) and pain assessment (EN) were collected at the last follow-up, at 12 months and beyond. Local kyphosis angle (CV), percentages of anterior (HA) and central (HC) vertebral height loss were measured preoperatively and immediately postoperatively at 3, 6, 12 months and at last follow-up. The percentages of restoration of CV, HA and HC were calculated at the last follow-up.

**RESULTS** 16.7% of patients had an ODI score at last follow-up > 20% and 17.8% of patients an EN score at last follow-up ≥ 4. ODI and EN scores were significantly higher in women ( $p < 0.01$ ;  $p = 0.011$ ). In univariable analysis, ODI score was significantly correlated with bone density ( $p < 0.01$ ). The percentages of CV, HA, and HC restoration at last follow-up were significantly correlated with bone density ( $p < 0.001$ ), BMI ( $p < 0.01$ ), and age at surgery ( $p < 0.001$ ).

**CONCLUSIONS** Special attention should be given to bone density, which, when low, is at greater risk for poorer vertebral restoration and reduced functional abilities remote from Spine Jack® surgery in thoracolumbar compression fractures.

**KEYWORDS** Thoracolumbar compression fractures ; Spine Jack® ; Kyphoplasty ; Predictive factors

## **INTRODUCTION**

Vertebral compression fractures are well known to cause pain, disability and negative influence on quality of life<sup>1</sup>. Although incidence of vertebral fractures is high, 10.7 to 12.1 per 1000 women and 5.7 to 6.8 per 1000 men per year in Europe<sup>2</sup>, their management remains very heterogeneous and controversial<sup>3</sup>. Many medical, orthopedic and surgical solutions are possible<sup>4</sup>. Among surgical solutions, we note the vertebral re-expansion technique, the very first of which, performed by Galibert et al. in 1984, was vertebroplasty. However, this technique did not allow restoration of the height fractured vertebral body. Consequently, various vertebral re-expansion systems were developed for this purpose, such as balloon kyphoplasty, Vertebral Body Stenting®, OsseoFix®, and Spine Jack®<sup>5</sup>. These devices are now routinely used in the treatment of vertebral compression fractures.

Spine Jack® device, like a jack, can be deployed into the fractured vertebral body to restore vertebral height. Studies published to date agree on the clinical and radiological efficacy of this device<sup>1,6-17</sup>. However, some have described an increase in pain and Oswestry Index (ODI) scores during postoperative follow-up. Others have also described a loss of vertebral body restoration correction between immediate postoperative and follow-up<sup>10,16</sup>. Thus, none of the studies published to date have demonstrated predictive factors of functional or radiological outcomes.

Primary endpoint was the search of predictive factors of functional outcome according to the ODI score at last follow-up. Secondary objectives were to search predictive factors of clinical outcome according to the numerical pain assessment (EN) at last follow-up and radiological outcome according to the percentages of anterior (HA) and central (HC) height restoration as well as the percentage of local kyphosis (CV) restoration at last follow-up.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Patient population and assessment methods**

Patients over 18 years of age, male or female, treated between January 1 and December 31, 2020 at the University Hospital of Nantes, by Spine Jack® kyphoplasty alone, without associated osteosynthesis material, in the context of a thoracolumbar vertebral compression fracture (thus classified as type A according to the Magerl classification) and of post-traumatic origin were included. Patients with more than one thoracolumbar vertebral fracture, vertebral fractures of type B or C according to Magerl, as well as patients with neurological deficits and those whose fracture origin was not post-traumatic were excluded.

We recorded demographic data : age, gender, body mass index (BMI), vertebral level and Magerl fracture classification. Time from spinal injury to surgery and the duration of patient follow-up were also reported. The perioperative data recorded were the operative time, the volume of cement injected, the date of the first postoperative lift, the length of stay in hospital, and finally the intraoperative and postoperative complications.

The primary endpoint, the ODI, was collected at the last follow-up, 12 months and more. One of the secondary end points, the EN score, was collected preoperatively, immediately postoperatively, and at

the last follow-up, at 12 months and beyond. An EN score at last follow-up  $\geq 4$  corresponded to a poor clinical outcome and an ODI  $> 20\%$  signaled a poor functional outcome.

All patients had a thoracolumbar spine computed tomography (CT) scan preoperatively and loaded radiographs during follow-up, immediately postoperatively, at 3, 6, 12 months, and at the last follow-up. Bone density was measured according to the technique of Schreiber et al.<sup>18</sup> on the preoperative CT scan, by measuring 3 areas of interest transverse to vertebral body. The CV, corresponding to the angle between the tangents to the upper and lower vertebral endplates of the fractured vertebra was measured at each follow-up. The percentages of HA and HC loss were calculated according to the following formula:  $100 - ((\text{HA or HC fractured vertebra} \times 100) / ((\text{HA or HC overlying vertebra} + \text{HA or HC underlying vertebra}) / 2))$  and measured at each follow-up. The percentages of HA and HC restoration were calculated at the last follow-up according to the following formula:  $100 - ((\% \text{ loss of HA or HC last follow-up} \times 100) / (\% \text{ loss of HA or HC preoperatively}))$ . The percentage of CV restoration at last follow-up was calculated from the following formula:  $100 - ((\text{CV last follow-up} \times 100) / (\text{CV preoperative}))$ . Cronbach's  $\alpha$  for radiological measurements was calculated as 0.77.

### **Surgical procedure**

Procedures were performed under general anesthesia and under scopic control, from the front and from the side. Size of Spine Jack<sup>®</sup> (Stryker<sup>®</sup>) implants was chosen according to the diameter of the pedicles measured on the preoperative CT scan. After pedicle sights and tapping of the vertebral body, the implants were deployed until maximum vertebral height was restored. The high-viscosity poly-methylacrylate (PMMA) cement was then injected progressively through the working cannulas. The injection was stopped in case of extra corporal leakage.

### **Statistical analysis**

Statistical analyses were performed with the pvalue.io software. Comparison of the pre- and postoperative EN scores and of the different pre- and postoperative radiological measures were established by Paired Welch and Paired Mann-Whitney tests according to the different numbers. The search of predictive factors was established by univariable linear regressions on the variables of interest. Statistical tests used were Spearman correlation tests for numerical data and Kruskal-Wallis correlation tests for non-numerical variables. For all analyses, the chosen level of significance was 0.05. Because the homoscedasticity conditions could not be met in our study, multivariable analyses were not performed.

## RESULTS

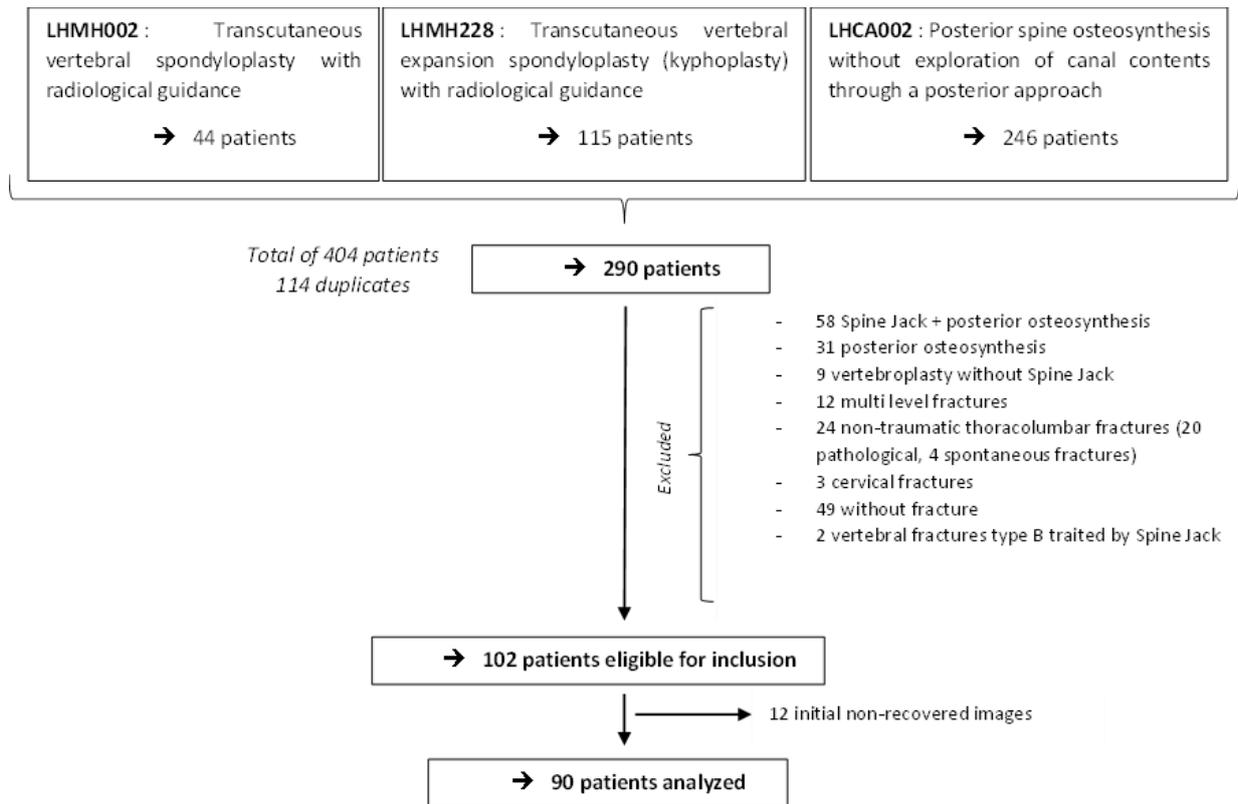


Fig. 7. Flow chart

### Demographics data

Demographic characteristics are summarized in Table 1.

90 patients were included in our study, 42 women (47%) and 48 men (53%), with a mean age of  $55.9 \pm 15.6$  years. The women had a mean age of  $62 \pm 13.9$  years and the men  $51 \pm 15.2$  years. The mean bone density was  $122 \pm 51.9$  HU. 36 patients (40%) had a bone density  $\leq 100$  HU and were therefore considered osteoporotic. 24 patients (27%) had a bone density between 100 and 133 HU and were considered osteopenic. Finally, 30 patients (33%) had a bone density  $> 133$  HU and therefore were considered normal bone density. Surgery was performed on average  $2.1 \pm 1.7$  days after the spinal injury.

The fractured vertebral levels are shown in Figure 2, with a clear predominance of fractures at the T12 (15.6%), L1 (38.9%), and L2 (17.8%) levels, i.e., at the thoraco-lumbar hinge (72.2%). The types of fractures, according to Magerl, are shown in Table 2. The majority of vertebral fractures treated in our study were A3.1 (52.2%) and A1.2 (22.2%).

Table 2. Demographics data

Characteristics	Value (n = 90)
Age (mean ± SD)	55,9 ± 15,6
Women / Men n (%)	42 (47) / 48 (53)
BMI (mean ± SD (kg/m <sup>2</sup> ))	25,9 ± 5,4
Bone density (mean ± SD (HU))	122 (51.9)
Time from trauma to surgery (mean ± SD (days))	2,1 ± 1,7
Operating time (mean ± SD (min))	24,2 ± 10,1
Volume of cement injected (mean ± SD (mL))	4,6 ± 2,1
First lift (n, %)	
J0	32 (35,6)
J1	51 (56,7)
J2	2 (2,2)
Missing data	5 (5,6)
Length of stay (mean ± SD (days))	4,3 ± 5,2
Follow-up time (mean ± SD (months))	15,5 ± 11,1

Magerl classification	Value (n, %)
<b>A1</b>	<b>24 (26,7)</b>
A1.1	1 (1,1)
A1.2	20 (22,2)
A1.3	3 (3,3)
<b>A2</b>	<b>7 (7,8)</b>
A2.1	1 (1,1)
A2.2	2 (2,1)
A2.3	4 (4,4)
<b>A3</b>	<b>59 (65,6)</b>
A3.1	47 (52,2)
A3.2	8 (8,9)
A3.3	4 (4,4)

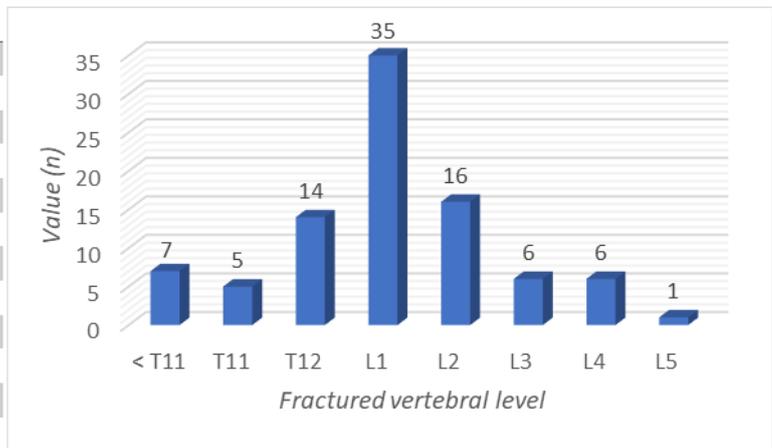


Fig. 8. Distribution of fractured vertebral levels and types of fractures in accordance with the Magerl classification

### Clinical and functional results

EN score was not reported for, respectively, 5 patients preoperatively and 1 patient immediately postoperatively. 25 patients were lost to follow-up at less than one year. The mean ODI at the end of the follow-up was  $12.0 \pm 16\%$ . 15 patients (16.7%) had an ODI > 20% at one year after surgery (Fig. 3). The mean preoperative EN score of  $5.9 \pm 2.3$  was significantly reduced in immediate postoperative period ( $2.2 \pm 2.0$ ) and at 12 months ( $2.0 \pm 2.4$ ) ( $p < 0.001$ ). 16 patients (17.8%) reported an EN score  $\geq 4$  at last follow-up. Of these 16 patients, 9 had an EN score of 4 or 5, 4 had a score of 6 or 7, and finally 3 patients had a score greater than 7.

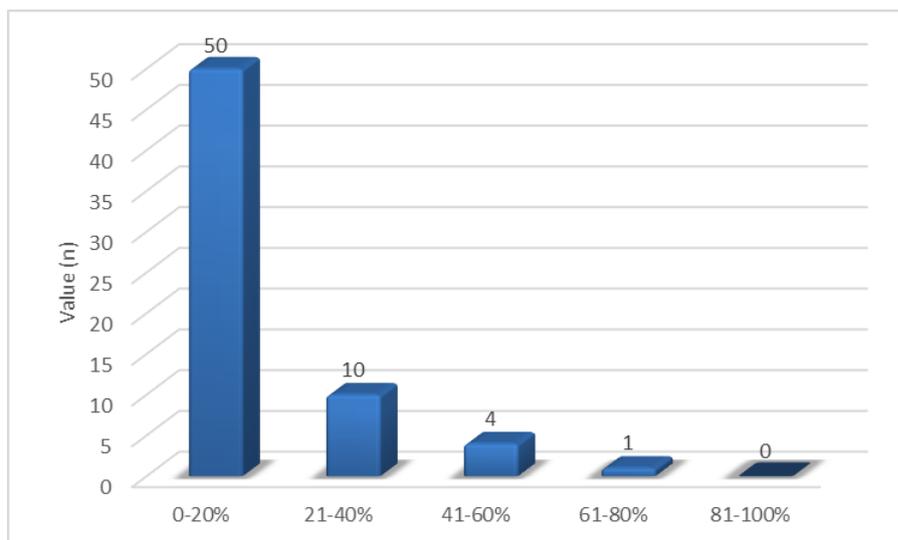


Fig. 9. ODI score distribution at last follow-up

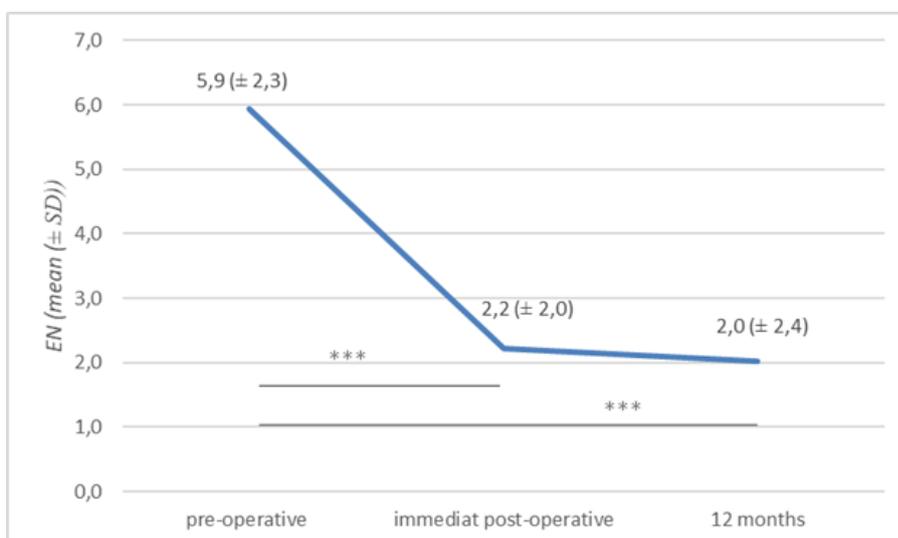


Fig. 10. Change in mean EN score during follow-up - \*\*\*  $p < 0.001$

There was a significant correlation between EN score and ODI at last follow-up ( $r=0.831$ ;  $p < 0.001$ ). ODI and EN scores were significantly higher in women ( $p < 0.01$  and  $p = 0.011$ ). In addition, ODI was significantly correlated with bone density ( $r = -0.349$ ;  $p < 0.01$ ). On the other hand, we did not find any significant correlation between ODI and EN scores and age at surgery, BMI, type (Magerl) and level of the fracture, follow-up time and amount of cement injected. Regarding radiological data, there was no significant correlation between ODI and EN scores at last follow-up and the percentages of HA and HC loss, as well as preoperative CV.

## Radiological results

The mean preoperative CV was  $11.3 \pm 6.13^\circ$  compared with  $7.63 \pm 4.40^\circ$  immediately postoperatively ( $p < 0.001$ ). There was no significant difference between the preoperative CV and that at 3, 6 and 12 months and more. In contrast, there was a significant increase in CV between immediate postoperative and 3, 6, and 12 months. The mean CV at the last known follow-up was  $10.0 \pm 5.04^\circ$  and was significantly lower than mean preoperative CV ( $p = 0.035$ ). At last follow-up, the percentage of CV restoration compared to the preoperative CV averaged 20% (Fig.5).

The mean HA loss was  $23.7 \pm 11.7\%$  preoperatively. It was significantly reduced to  $11.3 \pm 10.9\%$  immediately postoperatively ( $p < 0.001$ ). At the last follow-up, it was  $18.9 \pm 12.7\%$ , which was significantly lower than in the pre-operative period but also more marked than in the immediate post-operative period ( $p < 0.001$ ). At last follow-up, HA restoration at last follow-up compared with preoperative HA loss averaged 30%.

The mean HC loss was  $30.5 \pm 13.1\%$  preoperatively. It was significantly reduced to  $3.40 \pm 7.25\%$  immediately postoperatively ( $p < 0.001$ ). At the last known follow-up, it was  $8.31 \pm 12.7\%$ , which is significantly less than in preoperative but also more than in immediate postoperative. At last follow-up, HC restoration at last follow-up compared to preoperative HC loss averaged 74%.

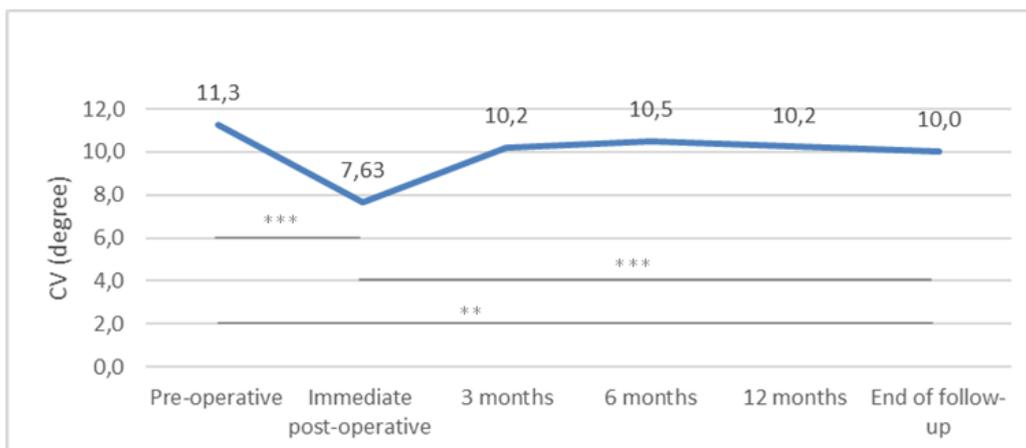


Fig. 11. Change in mean vertebral kyphosis during follow-up - \*\*\*  $p < 0.001$ ; \*\*  $p = 0.035$

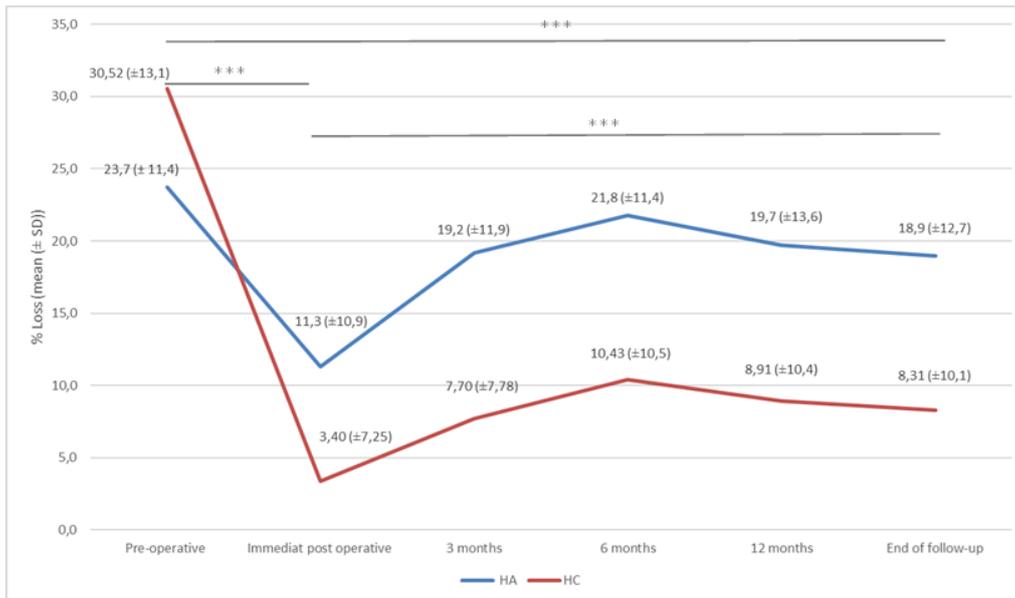


Fig. 12. Evolution of the average percentage of HA and HC loss during follow-up - \*\*\*  $p < 0.001$

Percentages of CV, HA, and HC restoration at last follow-up were significantly correlated with bone density (respectively:  $r=0.387$ ;  $r=0.363$ ;  $r=0.395$  with  $p < 0.001$ ). They were also correlated with BMI (respectively:  $r = -0.320$ ;  $r = -0.347$ ;  $r = -0.298$  with  $p < 0.01$ ) and age at surgery (respectively:  $r = -0.415$ ;  $r = -0.476$ ;  $r = -0.441$  with  $p < 0.001$ ). However, they were not significantly correlated with gender, amount of cement injected, type (Magerl) or fractured vertebral level.

## Complications

18 cases of cement leakage (20%), without clinical consequences, were reported. 7 cases of adjacent fractures (7.8%) were noted. One patient required immediate postoperative revision surgery by percutaneous osteosynthesis, because of excessive spinal pain on resumption of weight-bearing. This was a 64-year-old man, with a BMI > 30, who suffered a high-kinetic fall resulting in a Magerl grade A3.3 fracture of L1. We did not find statistically significant correlations between the occurrence of adjacent fractures and the different clinical, demographic and radiological data. We were able to show that the occurrence of cement leakage was significantly higher in women ( $p=0.015$ ). There was no correlation between these two complications and the EN and ODI scores at last follow-up.

## DISCUSSION

Our study population was comparable to the literature except that it was significantly younger than the majority of studies and had a sex ratio of almost 1. In addition, time from trauma to surgery was significantly shorter on average in our study<sup>1,7,9,12,14-17</sup>. Similar to previous studies, we confirm the achievement of a significant decrease in pain postoperatively after the surgical procedure<sup>1,6-17</sup>. In addition, the mean ODI score was similar to the literature data (5.7 to 26.8%)<sup>1,8,10,12,13,16</sup>. Regarding our radiological results, we observed, as have studies published in the literature<sup>7,9-14,16,17</sup>, a significant improvement in the CV angle at last follow-up compared with that before surgery. Nevertheless, we identified a loss of reduction in CV between the immediate postoperative and third month, which was also described in the studies by Kerschbaumer et al.<sup>5</sup> and Noriega et al.<sup>12</sup>. Mean restoration of anterior and central heights that we demonstrated at the last follow-up was also described in all studies that investigated this criterion<sup>1,2,4,10-13</sup>. Increase in anterior and central height loss that we observed between the immediate postoperative period and the sixth month has been reported in the articles by Noriega et al.<sup>9,12</sup>. We found that during follow-up, there was a greater loss of restoration of the initially obtained vertebral body height in the anterior than in the central region. Similarly, the percentage of restoration of the vertebral body at the last follow-up was greater in the central region than in the anterior region. The hypotheses that we can formulate regarding these results are those of insufficient anterior positioning of the Spine Jack® implants, or insufficient diffusion of the cement towards the front of the vertebral body. Timing of cement injection is also an issue. In fact, cement not sufficiently polymerized and more fluid has better chance of diffusing through the bone trabeculae. However, this also exposes the risk of extra-corporal leakage.

Considering search of predictive factors, we showed that ODI and EN scores were not statistically correlated with the type (Magerl) of the fractured vertebra. However, these results must be qualified, since, although our study concerned all compression fractures, we mainly had fractures classified as A3.1 and very few A3.3. Indeed, our service practice is not to treat A3.3 fractures by Spine Jack® type kyphoplasty alone. In addition, we found that the only patient who required revision surgery for additional posterior osteosynthesis was a patient with a fracture classified as A3.3 by Magerl.

Concerning the preoperative radiological data, we highlighted the fact that percentages of HA and HC loss, as well as CV angle, were not predictive of "worse" clinical and functional results at distance from surgery.

High BMI was at risk of poorer vertebral body restoration at distance from surgery without being correlated with bone density. Thus, BMI would be a factor to consider in predicting the radiological results at distance from Spine Jack® kyphoplasty. Nevertheless, and contrary to bone density, we could not demonstrate that this parameter was a predictive factor of poor clinical and functional results.

In the limit of univariate analysis, ODI score was inversely correlated with bone density. However, we were also able to show that low bone density was at risk of poor radiological results at distance from surgery with lower percentages of CV, HA and HC restoration. Osteoporotic fractures in elderly

women would therefore be at risk of poorer restoration of the fractured vertebral body at distance from Spine Jack® kyphoplasty.

A few studies published in the literature may agree with our hypothesis on the clinical aspect of osteoporosis<sup>11,12</sup>. In Diallo et al.'s study<sup>12</sup>, although the VAS score was significantly reduced at the last follow-up, it still averaged 4.4, which is still greater than 4 and could therefore be considered a poor clinical outcome. Similarly, although the ODI score was significantly reduced at the last follow-up, it was still 21.2%, which could therefore be considered a poor functional outcome.

In regard to radiological results, although the descriptive studies published on osteoporotic patients mainly gave satisfactory results, particularly in terms of improvement in CV and anterior and central heights between pre- and post-op, either the post-operative time frame for the measurements was not specified and therefore did not prejudge the long-term stability of the « good results » found<sup>9,11,12</sup> or the measurements were performed immediately postoperatively<sup>7</sup>.

This raises the question of potential alternative treatments to Spine Jack® in the treatment of osteoporotic compression fractures. The published studies on this subject are poor. These have mainly compared Spine Jack® with balloon kyphoplasty, demonstrating the non-inferiority, or even superiority, of Spine Jack® over balloon kyphoplasty, both clinically and radiologically<sup>6,14-16</sup>. However, these studies were either small in number<sup>14,16</sup>, or the clinical scores at the time of surgery were not clearly stated in the article<sup>6,14</sup>, or the diagnosis of osteoporosis was sometimes only assumed and could be questioned. This was the case in the study by Noriega et al. where the patients included were aged 21 to 75 years<sup>14</sup>. In addition, radiological results of these studies were either not comparable to ours because they were performed immediately postoperatively and not remotely after surgery<sup>6</sup>, or they could be interpreted as « unsatisfactory ». For example, mean percentages of HA and HC restoration were only 12% respectively in the study by Noriega et al.<sup>14</sup> and were only 10% at 3 years in the study by Noriega et al.<sup>16</sup> much lower than the 30% HA restoration and 74% HC restoration found in our study at last follow-up.

We are aware of the difficulty of treating osteoporotic fractures, and although we have shown in our study that low bone density is associated with "poorer" clinical and radiological results in the treatment of thoracolumbar compression fractures by Spine Jack® kyphoplasty, we must not ignore the fact that the alternatives to this treatment have not yet been proven to be any better in the literature

## **CONCLUSIONS**

This study is the first which have identify predictive factors of functional and radiological outcomes after surgery for thoracolumbar compression fractures treated with Spine Jack® kyphoplasty. We demonstrated that women with lower bone density were at greater risk for pain and reduced functional ability at distance from surgery. Moreover, we found that low bone density was more likely to result in poorer vertebral restoration and thus in reduced functional capacity. High BMI was also found to be a predictive factor of poorer vertebral restoration, although we were unable to demonstrate a clinical correlation.

## BIBLIOGRAPHY

1. Noriega D, Krüger A, Ardura F, 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 Res Int*. 2015;2015:927813. doi:10.1155/2015/927813
2. European Prospective Osteoporosis Study (EPOS) Group, Felsenberg D, Silman AJ, et al. Incidence of vertebral fracture in europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 2002;17(4):716-724. doi:10.1359/jbmr.2002.17.4.716
3. Freslon M, Bouaka D, Coipeau P, et al. Fractures du rachis thoracolombaire Thoracolumbar fractures. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice L'appareil Mot*. 2008;94:S22-S35.
4. Freslon M, Bouaka D, Coipeau P, et al. Fractures du rachis thoracolombaire. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot*. 2008;94(4):22-35. doi:10.1016/j.rco.2008.03.007
5. Vanni D, Galzio R, Kazakova A, et al. Third-generation percutaneous vertebral augmentation systems. *J Spine Surg Hong Kong*. 2016;2(1):13-20. doi:10.21037/jss.2016.02.01
6. Vanni D, Pantalone A, Bigossi F, Pineto F, Lucantoni D, Salini V. New perspective for third generation percutaneous vertebral augmentation procedures: Preliminary results at 12 months. *J Craniovertebral Junction Spine*. 2012;3(2):47-51. doi:10.4103/0974-8237.116537
7. Baeesa SS, Krueger A, Aragón FA, Noriega DC. The efficacy of a percutaneous expandable titanium device in anatomical reduction of vertebral compression fractures of the thoracolumbar spine. *Saudi Med J*. 2015;36(1):52-60. doi:10.15537/smj.2015.1.9463
8. 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 Hong Kong*. 2018;4(3):624-629. doi:10.21037/jss.2018.07.08
9. Premat K, Vande Perre S, Cormier É, et al. Vertebral augmentation with the SpineJack® in chronic vertebral compression fractures with major kyphosis. *Eur Radiol*. 2018;28(12):4985-4991. doi:10.1007/s00330-018-5544-6
10. Kerschbaumer G, Gaulin B, Ruatti S, Tonetti J, Boudissa M. Clinical and radiological outcomes in thoracolumbar fractures using the SpineJack device. A prospective study of seventy-four patients with a two point three year mean of follow-up. *Int Orthop*. 2019;43(12):2773-2779. doi:10.1007/s00264-019-04391-1
11. Meyblum L, Premat K, Elhorany M, et al. Safety of vertebral augmentation with cranio-caudal expansion implants in vertebral compression fractures with posterior wall protrusion. *Eur Radiol*. 2020;30(10):5641-5649. doi:10.1007/s00330-020-06889-4
12. Diallo M, Kouitchou R, Touta A, et al. [Percutaneous kyphoplasty using expandable SpineJack® implant for the treatment of osteoporotic vertebral fractures]. *Pan Afr Med J*. 2020;35:136. doi:10.11604/pamj.2020.35.136.21296
13. Noriega D, Maestretti G, Renaud C, et al. Clinical Performance and Safety of 108 SpineJack Implantations: 1-Year Results of a Prospective Multicentre Single-Arm Registry Study. *BioMed Res Int*. 2015;2015:173872. doi:10.1155/2015/173872
14. Noriega DC, Ramajo RH, Lite IS, 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 J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. 2016;27(6):2047-2055. doi:10.1007/s00198-016-3494-x

15. Noriega D, Marcia S, Theumann N, et al. A prospective, international, randomized, noninferiority study comparing an implantable titanium vertebral augmentation device versus balloon kyphoplasty in the reduction of vertebral compression fractures (SAKOS study). *Spine J Off J North Am Spine Soc.* 2019;19(11):1782-1795. doi:10.1016/j.spinee.2019.07.009
16. Noriega DC, Rodríguez-Monsalve F, Ramajo R, Sánchez-Lite I, Toribio B, Ardura F. Long-term 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 J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2019;30(3):637-645. doi:10.1007/s00198-018-4773-5
17. Noriega DC, Crespo-Sanjuan J, Olan WJ, 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.* 2021;24(5):E631-E638.
18. Schreiber JJ, Anderson PA, Hsu WK. Use of computed tomography for assessing bone mineral density. *Neurosurg Focus.* 2014;37(1):E4. doi:10.3171/2014.5.FOCUS1483

---

## ANNEXES

---

<b>Annexe 1.</b> Classification ATLICS.....	106
<b>Annexe 2.</b> Grade des recommandations selon le niveau de preuve scientifique.....	107
<b>Annexe 3.</b> Revue de la littérature concernant le dispositif Spine Jack® .....	108
<b>Annexe 4.</b> Questionnaire d'Oswestry .....	110
<b>Annexe 5.</b> Classification du surpoids et de l'obésité par l'IMC.....	113



# AO Spine Thoracolumbar Injury Classification System

Type A Compression Injuries	Type B Distraction Injuries	Type C Translation Injuries
<p><b>A0 Minor, nonstructural fractures</b> Fractures, which do not compromise the structural integrity of the spinal column such as transverse process or spinous process fractures.</p>	<p><b>B1 Transosseous tension band disruption</b> <b>Chance fracture</b> Monosegmental pure osseous failure of the posterior tension band. The classical Chance fracture.</p>	<p><b>C Displacement or dislocation</b> There are no subtypes because various configurations are possible due to dissociation/dislocation. Can be combined with subtypes of A or B.</p>
<p><b>A1 Wedge-compression</b> Fracture of a single endplate without involvement of the posterior wall of the vertebral body.</p>	<p><b>B2 Posterior tension band disruption</b> Bony and/or ligamentary failure of the posterior tension band together with a Type A fracture. Type A fracture should be classified separately.</p>	<p><b>B3 Hyperextension</b> Injury through the disc or vertebral body leading to a hyperextended position of the spinal column. Commonly seen in ankylosing disorders. Anterior structures, especially the ALL, are ruptured but there is a posterior hinge preventing further displacement.</p>
<p><b>A2 Split</b> Fracture of both endplates without involvement of the posterior wall of the vertebral body.</p>	<p><b>A4 Complete burst</b> Fracture with any involvement of the posterior wall and both endplates. Vertical fracture of the lamina is usually present and does not constitute a tension band failure.</p>	
<p><b>A3 Incomplete burst</b> Fracture with any involvement of the posterior wall; only a single endplate fractured. Vertical fracture of the lamina is usually present and does not constitute a tension band failure.</p>		

### Algorithm for morphologic classification

### Neurology

Type	Neurological
N0	Neurology intact
N1	Transient neurologic deficit
N2	Radicular symptoms
N3	Incomplete spinal cord injury or area of concern of cauda equina injury
N4	Complete spinal cord injury
N5	Cannot be ascertained
+	Continued spinal cord compression

### Modifiers

Type	Description
M1	This modifier is used to designate fractures with an indeterminate injury to the tension band based on spinal imaging with or without MRI. This modifier is important for designating those injuries with stable injuries from a bony standpoint for which ligamentous insufficiency may help determine whether operative stabilization is a consideration.
M2	Is used to designate a patient-specific comorbidity, which might argue either for or against surgery for patients with relative surgical indications. Examples of an M2 modifier include ankylosing spondylitis or burst affecting the skin overlying the injured spine.

### Classification Nomenclature

Displacement injury of the segment T8-T9: C with an incomplete burst fracture of T9 incomplete spinal cord injury, ankylosing spondylitis

Primary injury: T8-T9: C

Secondary injury: (T9: A3; N3; M2)

Neurologic status and modifiers: (N0; M1)

Complete burst fracture of L1, neurologically intact, PLC intact and/or

Primary injury: L1: A4

1. Verma, A. B., C. Choe, C. K. Saha, M. Dwek, E. Mirza, C. Balderas, M. Barakat, S. Gandy, J. Gombos, J. Chapman, S. Dharmalingam, M. Fakhry, C. Vello, J. J. S. C. International Spinal Cord Society (ISCS). Thoracolumbar thoracic spine burst classification system: basic concepts, morphologic details, and the modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018; 43(2): 232-242.

2. Rada, C. E., S. R. Mirza, J. D. Spruiell, M. F. Dwek, J. Fakhry, S. Balderas, S. Gandy, L. R. Vello, M. C. Fakhry, C. D. Srinivasan, M. Barakat, E. J. Mirza, C. International Spinal Cord Society (ISCS). Thoracolumbar thoracic spine burst classification system: basic concepts, morphologic details, and the modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018; 43(2): 232-242.

*Annexe 2. Grade des recommandations selon le niveau de preuve scientifique*

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
<p><b>A</b></p> <p>Preuve scientifique établie</p>	<p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- essais comparatifs randomisés de forte puissance ;</li> <li>- méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ;</li> <li>- analyse de décision fondée sur des études bien menées.</li> </ul>
<p><b>B</b></p> <p>Présomption scientifique</p>	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- essais comparatifs randomisés de faible puissance ;</li> <li>- études comparatives non randomisées bien menées ;</li> <li>- études de cohortes.</li> </ul>
<p><b>C</b></p> <p>Faible niveau de preuve scientifique</p>	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- études cas-témoins.</li> </ul> <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- études comparatives comportant des biais importants ;</li> <li>- études rétrospectives ;</li> <li>- séries de cas ;</li> <li>- études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).</li> </ul>

Annexe 3. Revue de la littérature concernant le dispositif Spine Jack®

Article	Type d'étude	Fractures	Caractéristiques patients	Suivi (moy)	Design	Paramètres évalués	Timing op
Vanni et al. [2012] (62)	Essai contrôlé randomisé / Prospectif	T10 à L5 / Magerl A1 / ostéoporotique / 150 patients (Gp1 SP)	65-85 ans (âge moyen ? Genre ?)	1 an	Comparaison Gp1 SP et Gp2 Ballon kyphoplastie	EVA ; ODI ; restauration corps vertébral (3 grades ; 0 = pas de changement / 1 = <50% / 2 = >50%)	?
Baeesa et al. [2015] (68)	Série de cas / Observationnel / Prospectif / Monocentrique	T10 à L4 avec prédominance T12-L2 / Magerl A1.2, A1.3 et A3.1 / Traumatique ou ostéoporotique / 27 patients	F>H / Age moy : 55.9 ans / >18 ans / IMC < 30	1 an	Analyse pré/post op	EVA ; hauteur anté, centrale, post ; CV	< 6 sem
Noriega et al. [2015] (69)	Observationnel / Prospectif / Multicentrique	T9 à L5 avec prédominance T12-L2 / Magerl A1, A2, A3.1, B / Traumatique (79,6%) ou traumatique avec ostéoporose (20,4%) / 108 fractures (103 patients)	Age moy : 61.6 ans	1 an	Analyse pré/post op	EVA ; ODI ; EQ-VAS ; EQ-5D ; CV	9.2j (moy)
Noriega et al. [2015] (70)	Observationnel / Prospectif / Multicentrique	T11 à L5 avec prédominance T12-L1 / Magerl A1, A2, A3.1 / Ostéoporose (++) ou traumatique / 39 fractures (32 patients)	F >>H / Age moy : 71.3 ans	1 an	Analyse pré/post op	EVA ; ODI ; EQ-5D ; EQ-5D VAS	42.2 j (moy)
Noriega et al. [2016] (63)	Essai contrôlé randomisé / Prospectif / Monocentrique	T7 à L3 avec prédominance T11 -L1 / Fractures ostéoporotiques en compression / 16 fractures - 15 patients (Gp1 SP)	Inclusion : 21 à 75 ans ; perte de hauteur entre 15 et 40% ; EVA ≥5 à 6 sem ou ≥7 à 2 sem ; ODI ≥30% / Nbrx critères d'exclusion dont IMC>40 / F>>H / Age moy : 68 ans	1 an	Gp1 SP (n=15) VS Gp2 ballon kyphoplastie (n=15)	EVA ; ODI ; EQ-VAS ; hauteur anté, centrale et post ; CV ; CR	> 2 sem
Muñoz Montoya et al. [2018] (72)	Série de cas / Prospectif	AOSpine A1 à A4 / Fracture ostéoporotique (+) ou traumatique (+++) / 20 patients	H>>F / Age moy : 70 ans F et 42 ans H	6 mois	Analyse pré/post op	EVA ; ODI	?
Premat K et al. [2018] (73)	Série de cas / Prospectif	T11 à L2 / Magerl A3 / fractures ostéoporotiques / 19 patients	F>H / Age moy : 73.2 ans / Cyphose locale ≥20° / fractures depuis > 6 sem / EVA >4	6 mois	Analyse pré/post op	EVA ; Hauteur anté, centrale et post ; CV	5.8 mois (moy)
Kerschbaum et al. [2019] (57)	Série de cas / Descriptif / Monocentrique / Prospectif	T5 à L5 avec prédominance T12-L2 / Magerl A (A1.1 à A3.3 avec prédominance A1.2 et A3.1) / Traumatique (?) (mal défini dans l'étude, type de traumatisme non précisé) / 77 fractures - 74 patients	H >> F / Gp1 : 42.9 ans / Gp2 : 47.7 ans	2.3 ans	Comparaison Gp1 SP seul (60 patients, 63 fractures) / Gp2 SP + fixation postérieure (14 patients, 14 fractures)	EVA ; ODI ; Ressenti subjectif du patient ; niveau activité physique pré et post op ; retour au travail ; CV ; CR	Gp1 : 3j ± 6 [1-42] / Gp2 : 17j ± 55 [1-210]
Noriega et al. [2019] (64)	Essai contrôlé randomisé / Prospectif / Monocentrique	T7 à L3 / Fractures ostéoporotiques en compression / 16 fractures - 15 patients (Gp1 SP)	F>>H / Age moy : 68 ans / Perte de hauteur entre 15 et 40% ; EVA ≥5 à 6 sem ou ≥7 à 2 sem ; ODI ≥30%.	3 ans	Comparaison Gp1 SP (n=15) VS Gp2 balloon kyphoplastie (n=15)	EVA ; ODI ; EQ-VAS ; EQ-5D ; hauteur anté, centrale et post ; CV ; CR	< 3 mois
Noriega et al. [2019] (65)	Essai contrôlé randomisé / Prospectif / Multicentrique	T7 à L4 avec prédominance T12-L2 / Echec ttt conservateur / Fractures ostéoporotiques en compression / 68 patients (Gp1 SP)	Age moy : 73.3 ans / ODI ≥30	1 an	Comparaison Gp1 SP (n=68) VS Gp2 balloon kyphoplastie (n=73)	EVA ; ODI ; EQ-VAS ; EQ-5D	< 3 mois
Diallo et al. [2020] (66)	Série de cas / Rétrospective / Monocentrique	T8 à L5 avec prédominance T12-L1 / Fractures ostéoporotiques / 44 fractures - 37 patients	F>H / Age moy : 73.4 ans	8 mois	Analyse pré/post op	EVA ; ODI ; CV	14j (moy) [6-29j]
Meyblum L et al. [2020] (67)	Série de cas / Rétrospectif	T12 à L4 / AOSpine A3 et A4 avec recul mur post >2 mm / Fractures ostéoporotiques (+++) et traumatiques / /!\ cimentoplastie préventive vertèbres adjacentes dans 31.4% / 51 patients	F>H / Age moy : 75 ans / EVA ≥4	?	Analyse pré / post op	EVA ; CV ; recul mur post	?
Noriega et al. [2021] (71)	Série de cas / Prospectif / Monocentrique	T11 à L4 avec prédominance L1-L2 / Magerl A3 uniquement / Traumatique (haute cinétique) / 44 patients	F>H (9 femmes ostéoporotiques connues) / Age moy : 56.4 ans	5.6 ans	Analyse pré/post op + Comparaison Gp F et Gp H	EVA ; ODI ; hauteur anté, centrale et post ; surface corps vertébral ; CV ; CR	< 2 sem

Article	Résultats cliniques	Résultats radiologiques	Complications	Autres données	Conclusions
Vanni et al. [2012]	EVA et ODI -> abs ≠ entre les 2 gp	Restauration corps vertébral grade 2 : 85% ; grade 1 : 12% ; grade 0 : 3% (Gp1) (VS 58% / 26% / 16% dans Gp2)	0	Volume ciment injecté : 4 cc	SP capable d'une restauration contrôlée du corps vertébral fracturé
Baeesa et al. [2015]	EVA : 7 -> 1.5	Restauration hauteur : 3.56 mm anté ; 2.49 mm central ; 1.28 mm post / CV 12° -> 5.5°	7.4% fractures adjacentes / 18.4% fuite de ciment	-	SP -> bons résultats cliniques (↓ douleurs) et radiologiques (correction CV et hauteur vertébrale)
Noriega et al. [2015]	EVA 6.6 -> 1.1 / ODI 76.6 -> 10.9 / EQ-VAS 50.4 -> 75	CV -> -4.4°	2.9% fractures adjacentes / 39.8% fuite de ciment	Volume ciment injecté : 6.7 cc / Durée hospit : 4.3j / Temps op : 38.3 min	Procédure efficace, faible risque. Amélioration rapide et soutenue de la qualité de vie à 1 an
Noriega et al. [2015]	EVA 6.8 -> 1.3 / ODI 65 -> 10.5 / EQ-VAS 36.2 -> 75.6	-	30.8% fuite ciment / 1 re-fracture à 6 mois / 1 collapsus de disque	Durée hospit : 3.7j / 2.6% de procédure en open / Temps op : 38.3 min	Résultats prometteurs : sécurité et efficacité
Noriega et al. [2016]	↓EVA 94% (Gp1) VS 82% (Gp2) / ↓ODI 94% (Gp1) VS 90% (Gp2)	Correction hauteur antérieure 12% (Gp 1) VS 0% (Gp2) ; centrale 12% (Gp1) VS 2% (Gp2) / Correction CV -4.4° (Gp1) VS 0,2° (Gp2) / Correction CR -2.5° (Gp1) VS 0.3° (Gp2) avec ≠ non significative	6.7% fuite ciment (Gp1) / 1 fracture adjacente (Gp1)	Gp1 - restauration hauteur +16% J5 et +12% à M12 ; Amélioration CV puis perte de correction à M6 et M12 ; CR améliorée à J5 et M6 sans ≠ significative à M12. Perte de correction observée à M6	SP efficace et sûr dans le traitement des fractures ostéoporotiques par compression. Haut potentiel de restauration vertébrale durable
Muñoz Montoya et al. [2018]	EVA 5.9 -> 3.1 / ODI 48.4 -> 26.8	-	0	-	SP efficace et sûr dans le traitement des fractures vertébrale en compression
Premat K et al. [2018]	EVA 7 -> 2	Hauteur antérieure 11.2 ->16.3 ; centrale 11.5 ->17.2 ; postérieure 23.4 ->24.2 / CV 24.4 -> 11.7	Fractures adjacentes 21.1% dans les 9 mois post op (semblent être liées au ° de correction de la cyphose locale important) / 36.8% fuite ciment	Volume ciment injecté : 5.9 cc	Restauration vertébrale possible grâce au SP dans les fractures ostéoporotiques chroniques à cyphose importante
Kerschbaumer et al. [2019]	Gp1 - EVA: 7.3 -> 0.7 - ODI 5.7 (2-60) / Gp2 - EVA 7.1 -> 1.6 - ODI 11.6 (0-36)	Gp1 - CV 13.3 -> 6.5 - CR 8.3 -> 6.3 - Perte de réduction CV à 3m 0.8 et CR 0.6 / Gp2 - CV 15.3 -> 5.1 - CR 10.6 -> 2.9 - Perte de réduction CV à 3m 0.6 et CR 1.8	44% fuite de ciment Gp1 VS 50% Gp2 / 1 fuite de LCR / 1 Collapsus vertébral 2 <sup>nd</sup> avec reprise chirurgicale (Gp1)	AMO chez 6 patients du Gp2 / Temps op : 36 min (Gp1) (VS 81 min Gp2)	Correction dans le plan sagittal et taux de complications comparables aux autres données de la littérature
Noriega et al. [2019]	EVA (Gp1) 80,5 ->14.4 VS 84,3 -> 25 (Gp2) / ODI (Gp 1) 65.4 -> 6 VS 59,9 -> 10,5 (Gp 2) / EQVAS (Gp1) 41 -> 75.1 VS 41,9 -> 79,3 (Gp2) ; final E-5D (Gp1) 0.93 VS 0,81 (Gp2)	Hauteur anté : +10% et centrale : + 10% (Gp1) VS 2% et 3% (Gp2) / CV -5° (Gp1) VS 0,42° (Gp2) / CR -2,5° (Gp1) VS ? (Gp 2)	Gp1 → 6% de perte de hauteur / 6,7% fuite ciment / 20% fractures adjacentes	Gp 1 → Volume ciment injecté : 4.9 (2.5–7.5) cc / Durée hospit 1.4 (1-3) j / Temps op : 23 (18-35) min	Restauration hauteur et correction cyphose meilleures dans Gp1 SP
Noriega et al. [2019]	EVA (Gp1) 7.8 -> 1.6 VS 7.9 -> 2.1 (Gp2) / ODI 65 -> 13.4 (Gp1) VS 66 -> 15.9 (Gp2) / Final EQ-VAS 0.83 (Gp1) VS 0.78 (Gp2)	Hauteur moy : +1.31 mm (Gp1) VS 0,1 mm (Gp2)	12.9% de fractures adjacentes (Gp1) (VS 27.3% Gp2) / 50.7% de fuite de ciment (Gp1)	Volume ciment injecté : 4.1 (± 1.7) cc / Durée hospit : 3.8 (± 3.6)j / Temps op : 28.4 (± 11.3) min	Non-infériorité du SP sur la kyphoplastie. Supériorité du SP sur la restauration hauteur moy
Diallo et al. [2020]	EVA 7.3 -> 4.4 / ODI 81.6 -> 21.2	CV 18.45° -> 6.08°	8.1% fuite de ciment / 1 hématome sous cutané / Pas de fracture adjacente	Durée hospit : 5.4 (1-20) j / Temps op : 19.9 (13-33) min / Lever J0 pour tous les patients	SP = moyen thérapeutique sûr et efficace des fractures vertébrales ostéoporotiques
Meyblum L et al. [2020]	EVA 6.9 -> 3.1	Recul mur post (mm) 6.7 -> 6.5 / CV 17.5° -> 11.1°	33.3% de fractures adjacentes / 41.2% fuite ciment	Volume ciment injecté : 5.7 (± 1,2) cc	SP semble sans danger dans le ttt des fractures vertébrales avec recul du mur post non neurologiques
Noriega et al. [2021]	Amélioration EVA et ODI à 1 mois post op et au dernier suivi ( <i>chiffres non mentionnés dans l'article</i> )	Restauration hauteur vertébrale, amélioration CV, CR et surface vertébrale maintenue au dernier suivi ( <i>chiffres non mentionnés dans l'article</i> )	16% fuite de ciment	Volume ciment injecté : 3.78 cc	Restauration anatomique du corps vertébral maintenue à long terme / amélioration clinique et fonctionnelle

## Questionnaire d'évaluation de la capacité fonctionnelle

(Version française de l'Oswestry Disability Index)<sup>1</sup>

Nom, prénom : .....

Date : .. / .. / 200 .

"Merci de bien vouloir compléter ce questionnaire.

Il est conçu pour nous donner des informations sur la façon dont votre mal au dos (ou votre douleur dans la jambe) a influencé votre capacité à vous débrouiller dans la vie de tous les jours.

Veillez répondre à toutes les sections du questionnaire. Pour chaque section, cochez une seule case, celle qui vous décrit le mieux **actuellement**."

### 1 Intensité de la douleur

- 0 Je n'ai pas mal actuellement.
- 1 La douleur est très légère actuellement.
- 2 La douleur est modérée actuellement.
- 3 La douleur est plutôt intense actuellement.
- 4 La douleur est très intense actuellement.
- 5 La douleur est la pire que l'on puisse imaginer actuellement.

### 2 Soins personnels ( se laver, s'habiller, ...etc )

- 0 Je peux prendre soin de moi normalement, sans augmenter la douleur.
- 1 Je peux prendre soin de moi normalement, mais c'est très douloureux.
- 2 Cela me fait mal de prendre soin de moi, et je le fait lentement et en faisant attention.
- 3 J'ai besoin d'aide, mais dans l'ensemble je parviens à me débrouiller seul.
- 4 J'ai besoin d'aide tous les jours pour la plupart de ces gestes quotidiens.
- 5 Je ne m'habille pas, me lave avec difficulté et reste au lit.

### 3 Manutention de charges

- 0 Je peux soulever des charges lourdes sans augmenter mon mal de dos
- 1 Je peux soulever des charges lourdes mais cela augmente ma douleur
- 2 La douleur m'empêche de soulever des charges lourdes à partir du sol mais j'y parviens si la charge est bien placée ( par exemple sur une table )
- 3 La douleur m'empêche de soulever des charges lourdes mais je peux déplacer des charges légères ou de poids moyen si elles sont correctement placées
- 4 Je peux seulement soulever des objets très légers
- 5 Je ne peux soulever ni transporter quoi que ce soit

<sup>1</sup> Oswestry Disability Index, version 2.0, Baker D, Pynsent P, Fairbank J 1989

#### 4 Marche à pied

- 0 La douleur ne limite absolument pas mes déplacements
- 1 La douleur m'empêche de marcher plus de 2 km
- 2 La douleur m'empêche de marcher plus de 1 km
- 3 La douleur m'empêche de marcher plus de 500 m
- 4 Je me déplace seulement avec une canne ou des béquilles
- 5 Je reste au lit la plupart du temps et je me traîne seulement jusqu'au WC

#### 5 Position assise

- 0 Je peux rester assis sur un siège aussi longtemps que je veux.
- 1 Je peux rester assis aussi longtemps que je veux mais seulement sur mon siège favori.
- 2 La douleur m'empêche de rester assis plus d'une heure.
- 3 La douleur m'empêche de rester assis plus d'1/2 heure.
- 4 La douleur m'empêche de rester assis plus de 10 minutes.
- 5 La douleur m'empêche de rester assis.

#### 6 Position debout

- 0 Je peux rester debout aussi longtemps que je veux sans augmenter la douleur.
- 1 Je peux rester debout aussi longtemps que je veux mais cela augmente la douleur.
- 2 La douleur m'empêche de rester debout plus d'une heure.
- 3 La douleur m'empêche de rester debout plus d'1/2 heure.
- 4 La douleur m'empêche de rester debout plus de 10 minutes.
- 5 La douleur m'empêche de rester debout.

#### 7 Sommeil

- 0 Mon sommeil n'est jamais perturbé par la douleur.
- 1 Mon sommeil est parfois perturbé par la douleur
- 2 A cause de la douleur, je dors moins de 6 heures
- 3 A cause de la douleur, je dors moins de 4 heures
- 4 A cause de la douleur, je dors moins de 2 heures
- 5 La douleur m'empêche complètement de dormir

## 8 Vie sexuelle

- 0 Ma vie sexuelle n'est pas modifiée et n'augmente pas mon mal de dos
- 1 Ma vie sexuelle n'est pas modifiée, mais elle augmente la douleur
- 2 Ma vie sexuelle est pratiquement normale, mais elle est très douloureuse
- 3 Ma vie sexuelle est fortement limitée par la douleur
- 4 Ma vie sexuelle est presque inexistante à cause de la douleur
- 5 La douleur m'interdit toute vie sexuelle

## 9 Vie sociale (sport, cinéma, danse, souper entre amis)

- 0 Ma vie sociale est normale et n'a pas d'effet sur la douleur
- 1 Ma vie sociale est normale, mais elle augmente la douleur
- 2 La douleur n'a pas d'effet sur ma vie sociale, sauf pour des activités demandant plus d'énergie (sport par exemple)
- 3 La douleur a réduit ma vie sociale et je ne sors plus autant qu'auparavant
- 4 La douleur a limité ma vie sociale à ce qui se passe chez moi, à la maison
- 5 Je n'ai plus de vie sociale à cause du mal de dos

## 10 Déplacements (en voiture ou par les transports en commun)

- 0 Je peux me déplacer n'importe où sans effet sur mon mal de dos
- 1 Je peux me déplacer n'importe où, mais cela augmente la douleur
- 2 La douleur est pénible mais je supporte des trajets de plus de 2 heures
- 3 La douleur me limite à des trajets de moins d'une heure
- 4 La douleur me limite aux courts trajets indispensables, de moins de 30 minutes
- 5 La douleur m'empêche de me déplacer, sauf pour aller voir le docteur ou me rendre à l'hôpital

## ***Score global d'handicap fonctionnel***

Total des scores partiels : .../..... (sur 50 au maximum)

Résultat en pourcentage (score ODI) : .....%

**Annexe 5.** Classification du surpoids et de l'obésité par l'IMC

Classification du surpoids et de l'obésité par l'IMC*		
	Classe de l'obésité	IMC (kg/m <sup>2</sup> )
Poids normal		18,5 - 24,9
Surpoids		25,0 - 29,9
Obésité	I. modérée	30,0 - 34,9
	II. sévère	35,0 - 39,9
	III. morbide	≥ 40

\* Organisation mondiale de la santé. Obésité : prévention et prise en charge de l'épidémie mondiale. Rapport d'une consultation de l'OMS. Série de Rapports techniques 2003 ; (894).

---

## RESUME

---

NOM : CLAQUIN

PRENOM : Johanna

**Titre de Thèse :**

**« Etude rétrospective monocentrique des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie Spine Jack® : Résultats cliniques et radiologiques à un an »**

---

### RESUME

**Introduction :** L'objectif de notre étude était la recherche de facteurs prédictifs de résultats cliniques, fonctionnels et radiologiques à distance de la chirurgie dans le cadre des fractures thoraco-lombaires post-traumatiques traitées par kyphoplastie Spine Jack®.

**Matériel et méthodes :** Il s'agissait d'une étude rétrospective ayant inclus les patients victimes d'une fracture thoraco-lombaire post-traumatique en compression et traités par kyphoplastie de type Spine Jack® durant la période du 1er janvier au 31 décembre 2020. Les données démographiques, péri-opératoires, cliniques et radiologiques ainsi que les complications ont été analysées.

**Résultats :** 90 patients ont été inclus dans notre étude. 16,7% des patients avaient un score ODI au dernier suivi > 20% et 17,8% des patients avaient un score EN au dernier suivi ≥ 4. Les scores ODI et EN étaient significativement plus élevés chez les femmes ( $p < 0,01$  ;  $p = 0,011$ ). En outre, le score ODI était significativement corrélé à la densité osseuse ( $p < 0,01$ ). Les pourcentages de restauration de la CV, de la HA et de la HC au dernier suivi étaient significativement corrélés à la densité osseuse ( $< 0,001$ ), à l'IMC ( $p < 0,01$ ) et à l'âge au moment de la chirurgie ( $p < 0,001$ ).

**Conclusion :** Une attention toute particulière est à accorder à la densité osseuse, qui, lorsqu'elle est faible, notamment chez les femmes et les patients âgés, est plus à risque d'une moins bonne restauration vertébrale et de capacités fonctionnelles réduites à distance de la chirurgie par Spine Jack® dans le cadre des fractures thoraco-lombaires par compression.

---

### MOTS-CLES

Fractures thoraco-lombaires par compression ; Spine Jack® ; Kyphoplastie ; Facteurs prédictifs

**Vu, le Président du Jury,**



Professeur Kévin BUFFENOIR-BILLET

**Vu, le Directeur de Thèse,**



Docteur Alexis MOLES

**Vu, le Doyen de la Faculté,**



Professeur Pascale JOLLIET

---

## RESUME

---

NOM : CLAQUIN

PRENOM : Johanna

**Titre de Thèse :**

**« Etude rétrospective monocentrique des fractures thoraco-lombaires par compression traitées par kyphoplastie Spine Jack® : Résultats cliniques et radiologiques à un an »**

---

### RESUME

**Introduction :** L'objectif de notre étude était la recherche de facteurs prédictifs de résultats cliniques, fonctionnels et radiologiques à distance de la chirurgie dans le cadre des fractures thoraco-lombaires post-traumatiques traitées par kyphoplastie Spine Jack®.

**Matériel et méthodes :** Il s'agissait d'une étude rétrospective ayant inclus les patients victimes d'une fracture thoraco-lombaire post-traumatique en compression et traités par kyphoplastie de type Spine Jack® durant la période du 1er janvier au 31 décembre 2020. Les données démographiques, péri-opératoires, cliniques et radiologiques ainsi que les complications ont été analysées.

**Résultats :** 90 patients ont été inclus dans notre étude. 16,7% des patients avaient un score ODI au dernier suivi > 20% et 17,8% des patients avaient un score EN au dernier suivi ≥ 4. Les scores ODI et EN étaient significativement plus élevés chez les femmes ( $p < 0,01$  ;  $p = 0,011$ ). En outre, le score ODI était significativement corrélé à la densité osseuse ( $p < 0,01$ ). Les pourcentages de restauration de la CV, de la HA et de la HC au dernier suivi étaient significativement corrélés à la densité osseuse ( $< 0,001$ ), à l'IMC ( $p < 0,01$ ) et à l'âge au moment de la chirurgie ( $p < 0,001$ ).

**Conclusion :** Une attention toute particulière est à accorder à la densité osseuse, qui, lorsqu'elle est faible, notamment chez les femmes et les patients âgés, est plus à risque d'une moins bonne restauration vertébrale et de capacités fonctionnelles réduites à distance de la chirurgie par Spine Jack® dans le cadre des fractures thoraco-lombaires par compression.

---

### MOTS-CLES

Fractures thoraco-lombaires par compression ; Spine Jack® ; Kyphoplastie ; Facteurs prédictifs