

Rationnel des gestes de reconstruction vertébrale dans les fractures de Type A

Reasons for Vertebral Reconstruction in Type A Fractures

N Barut, H Pascal-Moussellard

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique - CHU La Pitié-Salpêtrière - Paris.
Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.

Mots clés

- ◆ Fractures rachis thoraco-lombaire
- ◆ Fracture type Magerl A
- ◆ Disque intervertébral
- ◆ Vertébroplastie
- ◆ Kyphoplastie
- ◆ Ciment
- ◆ Ostéoporose

Résumé

La fracture de type A est la plus fréquente des fractures du rachis thoraco-lombaire, mais aucun consensus n'existe à ce jour pour sa prise en charge. Il persiste un débat sur la présence ou non de lésion du disque sus-jacent au plateau vertébral fracturé. Nous pensons que le disque est sain et qu'il s'agit d'une fracture purement osseuse. Il y a donc une vraie justification à réaliser une reconstruction par voie mini-invasive du corps vertébral en respectant les espaces discaux.

Les systèmes de reconstruction endocorporeale sont multiples, plus ou moins efficaces dans leur faculté à relever le plateau vertébral supérieur, et l'injection de ciment pour la stabilisation immédiate reste à évaluer à long terme. Enfin l'analyse de la qualité de la réduction au bloc opératoire repose de manière courante sur la radiographie seulement. Les progrès en matière de développement de techniques de reconstruction vertébrale et d'imagerie avec reconstruction tridimensionnel embarquée au bloc opératoire vont largement bénéficier à ce type de fracture.

Keywords

- ◆ Thoracolumbar spine fractures
- ◆ Magerl A fracture
- ◆ Intervertebral disc
- ◆ Vertebroplasty
- ◆ Kyphoplasty
- ◆ Cement
- ◆ Osteoporosis

Abstract

Type A fracture is the most common fractures of the thoracolumbar spine, but there is no consensus this day for its management. There is still a debate on the presence or not of a disc lesion above the fractured endplate. We think that the intervertebral disc is healthy and that it is a purely bony lesion. So there is a real justification to perform with minimally invasive approach a reconstruction of the vertebral body respecting disc spaces.

Vertebral reconstruction systems are multiple, more or less effective in their ability to raise the superior vertebral endplate, and cement injection for immediate stabilization needs to be evaluate in the long term. Finally, the analysis of the quality of the reduction in the operating room is based routinely on plain radiographs only. The progress regarding development of techniques of vertebral reconstruction and imaging with three-dimensional reconstruction embarked in the operating room will greatly benefit this type of fracture.

Les fractures du rachis thoraco-lombaire sont très fréquentes, représentant près de 10.000 cas par an en France. On doit à Magerl (1) en 1994 la classification de ces fractures, basée sur le mécanisme lésionnel, l'uniformité morpho-pathologique et tenant compte des aspects pronostiques concernant le potentiel de consolidation. Les fractures de type A sont des fractures en compression, les types B sont des fractures en flexion/distraction et les types C sont des fractures en rotation. Pour les fractures de type B et C, qui sont moins fréquentes, et s'associent toujours à des lésions discoligamentaires instables qui ne consolident pas, il est admis qu'une réduction ostéosynthèse associée à une arthrodèse est nécessaire. En revanche, pour les fractures de type A, qui sont les plus fréquentes (66 %), la prise en charge reste très débattue : traitement fonctionnel, orthopédique (corset), chirurgical (ostéosynthèse avec ou sans arthrodèse, vertébro ou kyphoplastie). Pour ces fractures, la lésion est supposée purement osseuse, à l'origine d'une instabilité temporaire. Une fois la consolidation osseuse obtenue, le segment rachidien redeviendra stable. Il apparaît alors logique de proposer

un traitement limité à la vertèbre initialement lésée (vertébro ou kyphoplastie).

Cependant, de nombreux auteurs ont mis en évidence une perte de correction à distance du traitement (2-4). Cette perte de correction, analysée sur la radiographie standard, se fait à 75 % dans l'espace discal et à 25 % dans le corps vertébral. Il en a été déduit qu'il existait une lésion discale, à l'origine d'une dégénérescence et d'une perte de correction. Ainsi, la cohérence d'un geste de reconstruction vertébrale isolé repose sur la présence ou l'absence de la lésion d'un disque adjacent à la vertèbre lésée.

En effet, si le disque adjacent est lésé, la réalisation d'un geste purement osseux semble illogique, puisque le disque va dégénérer et engendrer, perte de correction et potentielles lombalgies par discopathie. En revanche, s'il n'y a pas de lésion discale, l'arthrodèse est illogique car susceptible de sacrifier inutilement, chez des patients le plus souvent jeunes, au moins deux niveaux discaux en région lombaire. Ainsi, le rationnel de l'indication et de la réalisation des gestes de reconstruction vertébrale percutanés repose sur :

Correspondance :

Dr Nicolas Barut, Service de chirurgie orthopédique et traumatologique du Pr H Pascal-Moussellard
CHU La Pitié-Salpêtrière - 47-83, Bd de l'Hôpital - 75013 Paris.
E-mail : nicolas.barut@aphp.fr

	Avant Réduc-tion	Après réduc-tion	Changement post-réduction	Suivi 4ème mois	Au dernier suivi	Perte de correction	Changement final
Cyphose vertébrale	15.3° ± 6.49	5.0° ± 6.03	10.3°	13.3° ± 7.14	14.2° ± 7.6	9.2°	1.1°
Cyphose régionale	3.4° ± 9.66	-7.6° ± 7.04	11.0°	2.8° ± 8.83	4.6° ± 7.63	12.2°	-1.2°
Index sagittal	13.0° ± 5.45	2.7° ± 6.04	10.3°	12.8° ± 5.33	15.2° ± 6.63	12.5°	-2.2°
Compression vertébrale antérieure	37.1% ± 14	13.7% ± 11.55	23.4%	32.4% ± 14.36	36.5% ± 14.50	22.8%	0.6%

Tableau I : Évolution des paramètres radiologiques (cyphose vertébrale, cyphose régionale, index sagittal, compression vertébrale) en fonction du suivi.

- la connaissance des différents types de fracture de type A ;
- l'affirmation ou non de l'existence d'une lésion discale adjacente à la vertèbre fracturée ;
- la compréhension de l'origine des pertes de correction secondaire constatées dans la littérature ;
- la connaissance des différents moyens de réduction de ces fractures proposés sur le marché et « incorrectement » réunis sous le vocable commun de « kyphoplastie ».

La fracture de type Magerl A

Initialement décrite par Magerl (1) et reconnue sur le plan international comme classification de l'AO, la fracture type A est la plus fréquente puisqu'elle représente 66,1 % des fractures. Cette fracture est causée par une compression axiale avec ou sans flexion à l'origine d'une perte de hauteur du corps vertébral. Le complexe ligamentaire postérieur est intact et il n'y a pas de translation dans le plan sagittal.

La perte de hauteur peut s'associer à une déformation en cyphose. Et, pour de nombreux auteurs (5-7) le résultat fonctionnel est directement corrélé à la déformation résiduelle.

Le traitement aura alors pour objectif de restaurer la hauteur du corps vertébral et indirectement la déformation locale et régionale, et de maintenir cette correction dans le temps.

De la perte de correction à la lésion discale ?

L'analyse à long terme de l'évolution des angulations locales et régionales par rapport à celles obtenues en post-opératoire immédiat a fait l'objet de nombreuses études.

Tropiano et al. (2) ont revu 45 burst fractures (type A3) en région thoraco-lombaire sans atteinte neurologique, traitées par réduction sur cadre de Cotrel et immobilisation par corset pendant 3 mois en moyenne (1 à 6 mois). En moyenne, la cyphose régionale préopératoire était de $3.4^\circ \pm 9.66^\circ$. Après réduction, elle était de -7.6° (lordose) $\pm 7.04^\circ$, soit un gain moyen de 11° . Au dernier recul, elle était de 4.6° (cyphose) $\pm 7.63^\circ$. Il existe donc une perte de correction au dernier recul allant de 9 à 12.5° (Tableau I).

Leferink et al. (3), sur une série de 183 fractures thoraco-lombaires (dont 128 type A) traitées par arthrodèse postéro-latérale et ablation du matériel au 9ème mois, ont montré

que la cyphose régionale moyenne à l'admission était de 9.9° . Après l'intervention, elle était réduite à -0.3° et était au dernier recul à 9.2° , soit quasiment au même degré de cyphose qu'en préopératoire (Fig 1). La perte de correction après ablation du matériel d'ostéosynthèse correspond à une perte de hauteur discale radiographique.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Lindsey et al. (8), qui ont observé sur des radiographies une perte de correction à un an post-opératoire de $3,5^\circ$ dont 3° dans l'espace discal et $0,5^\circ$ dans le corps vertébral, soit 85 % de perte de correction dans l'espace discal. Au recul de deux ans (soit un an après l'ablation des implants), ils ont observé une nouvelle perte de correction de 5° dont la survenue a lieu essentiellement dans l'espace discal.

En moyenne, pour ces auteurs, la perte de correction est de près de 10° et se fait à 75 % dans l'espace discal et pour 25 % dans le corps vertébral. Ils en concluent qu'il existe une lésion discale.

Etude des disques adjacents à la vertèbre fracturée

L'étude spécifique des disques adjacents à la vertèbre lésée, donne, dans la littérature, des résultats très contrastés.

En 1998, l'équipe hollandaise de Oner a analysé à l'IRM les disques intervertébraux adjacents à la fracture et proposé une classification des lésions discales (9). Les auteurs décrivent 6 types de disques sur les séquences en pondération T2 (Fig 2) et concluent que ces fractures sont parfois associées à des lésions discales. Cependant, il s'agit d'une étude rétrospective, se basant sur des IRM réalisées à distance du traumatisme initial (18 mois), sans échantillon comparatif de population, sans IRM post-traumatique immédiate (existait-il déjà une lésion discale ?). De plus, sur les 75 fractures analysées, 58 étaient de type A et 17 étaient de type B. Ce mélange introduit un biais majeur car la lésion disco-ligamentaire fait partie de la définition des fractures de type B.

Cette même équipe a publié en 2013, une étude portant sur 20 patients présentant des fractures de type A3 traités par ostéosynthèse sans arthrodèse (10). Chaque patient a bénéficié d'une IRM post-traumatique (préopératoire) et après ablation du matériel à 12 mois. Il apparaît que le disque adjacent ne semble pas lésé.

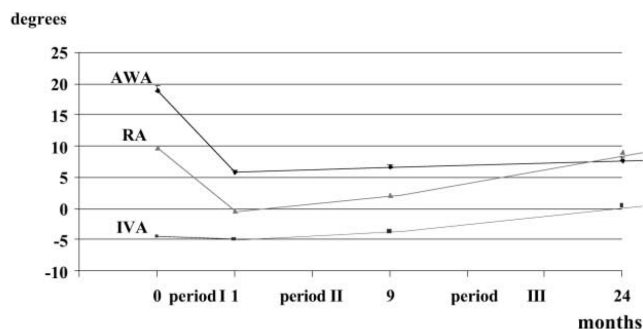


Figure 1 : Evolution de la cyphose vertébrale (AWA), de la cyphose régionale (RA) et de l'angle intervertébral (IVA) en fonction du suivi.

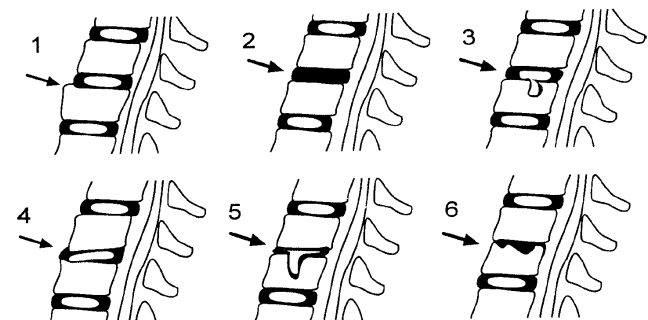


Figure 2 : Classification de Oner.



Figure 3 : Illustration de l'espace discal radiographique et de l'espace discal anatomique à l'IRM.

Wang et al. (11), ont réalisé une étude similaire portant sur 26 patients avec des fractures de type A ayant bénéficié d'une ostéosynthèse percutanée et ablation du matériel entre 9 et 12 mois. Les auteurs concluent à l'existence d'une dégénérescence du disque adjacent au plateau vertébral supérieur de la vertèbre fracturée chez 24 patients (92 %) en utilisant la classification de Pfirrmann à l'IRM (12).

A l'inverse, dans une étude parue en 2004, Alanay et al. (13), ont réalisé une analyse à l'IRM de 15 patients avec des fractures de type A3 traités orthopédiquement. Ils ont mis en évidence un changement de morphologie discale mais sans anomalie de signal.

L'équipe de la Pitié-Salpêtrière a réalisé une étude évaluant la morphologie, la hauteur et le signal à l'IRM des disques adjacents à une fracture thoraco-lombaire de type A (14). Il s'agissait d'une étude prospective monocentrique, réalisée entre 2006 et 2010, sur 56 patients (95 fractures de type A), ayant été traités orthopédiquement ou chirurgicalement. Tous les patients ont eu un scanner et une IRM avant traitement. Le scanner permettait de classer précisément la fracture et de mesurer la hauteur du corps vertébral et de l'espace discal. L'IRM en pondération T2 permettait l'analyse du signal discal, en utilisant la classification de Oner (9).

Les résultats ne retrouvaient pas de perte de hauteur discale, ni de modification du signal IRM du disque sus- ou sous-jacent à la vertèbre fracturée.

Il n'y a pas donc pas d'argument permettant d'affirmer l'existence de lésions discales précoces après ce type de fracture.

La perte de hauteur discale retrouvée dans la littérature s'explique par une confusion entre hauteur discale anatomique et hauteur discale radiographique. Les études évaluant la perte de hauteur discale ont portées sur une analyse radiographique de celui-ci. La plupart des auteurs ont assimilé l'espace discal radiographique à l'espace discal anatomique. (Fig. 3). Il est probable que la perte de hauteur secondaire soit due à un glissement du tissu discal dans une cupule résiduelle d'un plateau vertébral initialement non ou mal réduit.

Au total, il est probable que les fractures de type A soient des lésions purement osseuse, et il semble donc logique de promouvoir des techniques chirurgicales conservatrices de reconstruction du corps vertébral en épargnant le disque intervertébral.

Objectifs de la chirurgie des fractures de type A

Les objectifs sont différents pour un sujet jeune en activité avec une espérance de vie prolongée et un sujet âgé ostéoporotique.

Dans le cadre des fractures d'origine traumatique du sujet jeune, l'objectif de réduction anatomique est important car permettant de restaurer la hauteur du corps vertébral et de

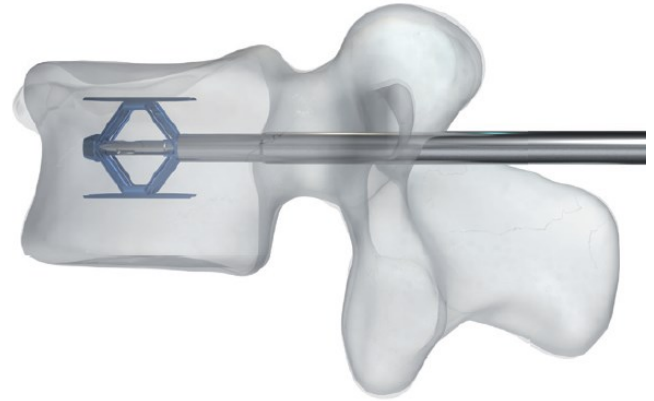


Figure 4 : Spinejack®, Vexim (extrait de la technique chirurgicale).

corriger la cyphose régionale (5-7). Chez les sujets âgés avec fracture ostéoporotique, l'objectif est d'obtenir une indolence et une stabilisation afin de permettre une verticalisation rapide.

La vertébroplastie (injection de ciment dans le corps vertébral) permet la stabilisation sans geste de réduction, ou avec réduction par manœuvres orthopédiques (type Boehler, mise en hyperlordose) utilisant l'effet de ligamentotaxis permettant un relèvement périphérique et peu d'effet de relèvement de l'enfoncement central.

L'ostéosynthèse, sans arthrodèse, permet d'obtenir un effet de ligamentotaxis par distraction sur le matériel, associé ou non à une stabilisation immédiate de la vertèbre fracturée par l'injection simultanée de ciment. Le matériel pourra être retiré une fois la consolidation osseuse obtenue.

Enfin l'objectif le plus ambitieux est la réduction et la stabilisation du corps vertébral par une voie d'abord percutanée avec des gestes de reconstruction endocorporeale. La restauration d'une bonne hauteur du corps vertébral a pour objectif de limiter le risque d'impaction secondaire du disque sus-jacent dans l'enfoncement osseux résiduel et le risque de perte de correction à distance du traitement.

Les différents moyens techniques de réduction

L'analyse préopératoire précise de la fracture permet de définir les gestes de réduction à réaliser durant l'intervention. Cependant, à ce jour, les moyens techniques semblent insuffisants pour tendre vers ce résultat.

L'ostéosynthèse permet un relèvement essentiellement périphérique du plateau vertébral supérieur par effet de ligamentotaxis.

La kyphoplastie permet via l'introduction de divers instruments et/ou implants dans le corps vertébral de réduire le corps vertébral. Le ballonnet permet de créer une cavité dans le corps vertébral puis d'y injecter du ciment. Le principal reproche que nous faisons à cette technique est que son déploiement est dicté par les zones de fragilité dans la vertèbre et que l'effet de relèvement ne débutera qu'une fois que le ballonnet sera en appui sur une zone solide.

Des systèmes associés à des implants comme le Spinejack®, Vexim (Fig 4) ou le stent VBS®, Synthes (Fig 5) tentent d'améliorer l'effet de relèvement et de stabilisation du plateau vertébral enfoncé. Tous présentent des limites à des degrés variables : peu de liberté pour l'opérateur dans la direction et l'amplitude du geste de réduction, non répétabilité du geste, réversibilité aléatoire...

De nouvelles techniques apparaissent qui tentent de tenir compte de ces limites et des impératifs d'une technique chirurgicale endocorporeale obéissant aux mêmes exigences que

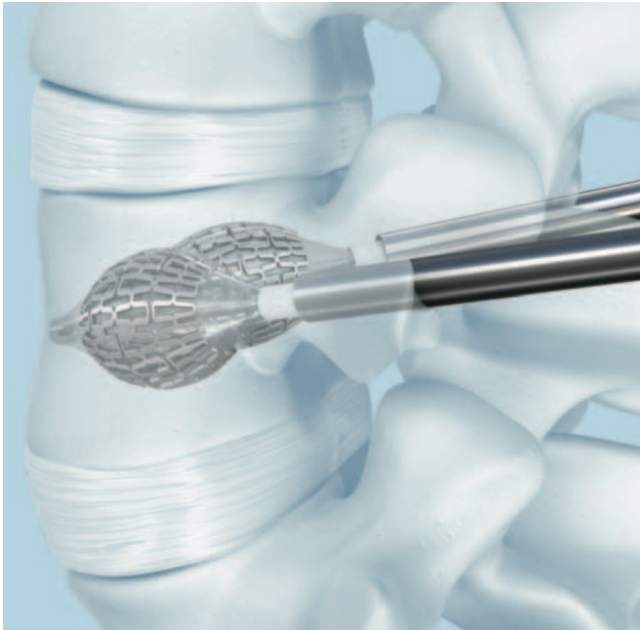


Figure 5 : Vertebral Body Stenting System®, Synthes (extrait de la technique chirurgicale).

celles de la traumatologie à ciel ouvert. (Tektona®, Spineart, Fig 6). Leur efficacité reste à évaluer.

De même l'utilisation des différents ciments doit être mieux définie à l'avenir. Quel est le devenir à long terme du ciment type PMMA dans le corps vertébral d'un sujet jeune ? Quelles sont les contraintes mécaniques imposées aux étages vertébraux adjacents ? Quelle est la place des ciments bio-résorbables, qui pour le moment ont des propriétés mécaniques insuffisantes.

Evaluation de la réduction de la fracture

L'évaluation de la qualité de la réduction peropératoire est essentielle.

La complexité de cette évaluation, comparativement à la plupart des fractures, réside dans l'impossibilité de contrôle visuel de la réduction. Ainsi, une fracture du plateau tibial pourra être contrôlée de visu par une arthrotomie sous-méniscale ou une arthroscopie. La réduction d'une fracture du rachis ne sera évaluée en per opératoire que par fluoroscopie.

Les systèmes de reconstruction tridimensionnelle (capteur plan ou scanner) embarqués au bloc restent rares. Or la radiographie surestime la qualité de la réduction (15) et donne une image faussement satisfaisante de la réduction. Ceci est probablement dû au fait que le ligamentotaxis par l'annulus relève la périphérie du plateau vertébral, laissant en place l'enfoncement central. La radiographie, qui est une projection en 2 dimensions d'un volume en 3 dimensions, ne rend pas (ou mal) compte de la dépression osseuse centrale persistante, le disque intervertébral restant impacté dans le plateau supérieur fracturé. C'est pourquoi les différents systèmes de reconstruction multi-planaire seront essentiels à l'avenir pour l'évaluation de la réduction de ces fractures en per opératoire.

Conclusion

La fracture de type Magerl A est une fracture stable mais qui peut rompre l'équilibre sagittal. Il s'agit d'une fracture purement osseuse, sans lésion des disques intervertébraux adjacents, et il semble donc logique de promouvoir des techniques

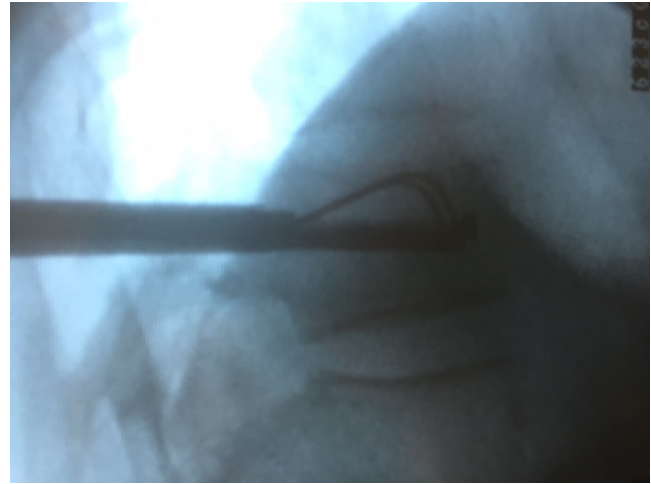


Figure 6 : Contrôle scopique du relèvement du plateau vertébral supérieur par le système Tektona®.

chirurgicales intra-corporeale, par voie mini-invasive, reconstruisant la vertèbre tout en épargnant les espaces discaux, afin de limiter le risque de perte de correction à distance et d'échec d'instrumentation.

Plusieurs techniques sont aujourd'hui disponibles, avec des indications différentes selon le contexte, fracture traumatique ou ostéoporotique. La place et l'efficacité, de chacune d'entre elles, restent assez mal définies (vertébroplastie seule ou associée à l'ostéosynthèse, kyphoplastie). Le niveau de performance des différents instruments de réduction et du ciment reste à évaluer et mérite sans doute des améliorations.

L'évaluation de la réduction de la vertèbre par la radiographie est insuffisante et incorrecte. Cette évaluation va bénéficier des progrès des systèmes d'imagerie peropératoire (reconstruction 3D, navigation).

Discussion en séance

Questions de P Massin

1-Concept de la réduction discale qui sera perdue ?

Réponse

En effet, une partie de la perte de correction a lieu dans l'espace discal, et ce car le disque s'affaisse secondairement dans le plateau vertébral supérieur fracturé en cas de défaut de réduction initial de celui-ci. L'objectif pour éviter cette perte de correction est de bien restaurer la hauteur du corps vertébral.

2-Intérêt du scan peropératoire ?

3-Intérêt du vissage de la vertèbre fracturée (si pédicule intact) ?

Réponses

Sur le scanner préopératoire, si le pédicule est conservé, on visse la vertèbre fracturée. Cela permet d'avoir un meilleur effet de relèvement du plateau via la distraction.

Questions de J Chiras

1-Cimentoplastie associée au SpineJack ?

Réponse

C'est une technique peu invasive, mais le SpineJack permet-il de s'adapter à la fracture afin de réduire le plateau vertébral : la direction du relèvement est imposée, le relèvement de l'instrument ne peut se faire qu'une fois avec une expansion prédéfinie.

2-Indication du traitement orthopédique ?

Réponse

Ce traitement garde une place dans les cas avec une angulation régionale traumatique inférieure à 15-20°. Nous propo-

sons au patient les deux possibilités thérapeutiques. Soit un traitement orthopédique par corset thoraco-lombaire avec persistance des douleurs et difficulté à la reprise du travail, soit un traitement chirurgical permettant une indolence et une reprise rapide du travail.

3-Est-ce que vous contrôlez les patients à 1 mois ?

Réponse

Comme tout traitement orthopédique, il faut un contrôle radio-clinique régulier au début de la prise en charge pour s'assurer de l'absence d'aggravation du tassement.

Questions de J Dubouset

1-Le ballon apparaît trop petit. Nécessité d'un système plus puissant ?

Réponse

Plus que la puissance du système, c'est l'adaptabilité et la capacité de manœuvre qui est importante. Chaque fracture étant différente, il faut un instrument qui puisse se déployer dans toutes les directions, avec une capacité d'expansion ajustable et si possible pouvant être retiré sans perte de correction avant l'injection de ciment.

2-Est ce que, avec l'IRM on peut voir que le disque est intact ?

Réponse

Dans notre étude, l'analyse du signal IRM en post-traumatique immédiat puis à distance a montré l'absence de modification du signal.

Question de JD Laredo

1-Couper la vertèbre transversalement pour faciliter la réduction ?

Réponse

Technique intéressante surtout chez le sujet jeune avec une bonne qualité osseuse où le tassement, dans le cadre d'une fracture A1 par exemple, est très dense. Couper les ponts osseux semble nécessaire avant d'essayer de relever le tassement.

Références

1. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994;3:184-201.
2. Tropiano P, Huang RC, Louis CA, Poitout DG, Louis RP. Functional and radiographic outcome of thoracolumbar and lumbar burst fractures managed by closed orthopaedic reduction and casting. *Spine* 2003;28:2459-65.
3. Leferink VJ, Zimmerman KW, Veldhuis EF, ten Vergert EM, ten Duis HJ. Thoracolumbar spinal fractures: radiological results of transpedicular fixation combined with transpedicular cancellous bone graft and posterior fusion in 183 patients. *Eur Spine J* 2001;10:517-23.
4. Defino HLA, Canto FRT. Low thoracic and lumbar burst fractures: radiographic and functional outcomes. *Eur Spine J* 2007;16:1934-43.
5. Gertzbein SD, Court-Brown CM, Marks P, Martin C, Fazl M, Schwartz M, et al. The neurological outcome following surgery for spinal fractures. *Spine* 1988;13:641-4.
6. Cantor JB, Lebowitz NH, Garvey T, Eismont FJ. Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing. *Spine* 1993;18:971-6.
7. Oner FC, van Gils APG, Faber J a. J, Dhert WJA, Verbout AJ. Some complications of common treatment schemes of thoracolumbar spine fractures can be predicted with magnetic resonance imaging: prospective study of 53 patients with 71 fractures. *Spine* 2002;27:629-36.
8. Lindsey RW, Dick W. The fixateur interne in the reduction and stabilization of thoracolumbar spine fractures in patients with neurologic deficit. *Spine* 1991;16(3 Suppl):S140-5.
9. Oner FC, van der Rijt RR, Ramos LM, Dhert WJ, Verbout AJ. Changes in the disc space after fractures of the thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:833-9.
10. Verlaan JJ, Dhert WJA, Oner FC. Intervertebral disc viability after burst fractures of the thoracic and lumbar spine treated with pedicle screw fixation and direct end-plate restoration. *Spine J* 2013;13:217-21.
11. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J. Radiological study on disc degeneration of thoracolumbar burst fractures treated by percutaneous pedicle screw fixation. *Eur Spine J* 2013;22:489-94.
12. Pfirrmann CW, Metzendorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine* 2001;26:1873-8.
13. Alanay A, Yazici M, Acaroglu E, Turhan E, Cila A, Surat A. Course of nonsurgical management of burst fractures with intact posterior ligamentous complex: an MRI study. *Spine* 2004;29:2425-31.
14. Loriaut P, Mercy G, Moreau PE, Sariali E, Boyer P, Dallaudière B, et al. Initial disc structural preservation in type A1 and A3 thoracolumbar fractures. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101:833-7.
15. Barut N. Evaluation de la correction post-opératoire de la hauteur du corps vertébral des fractures thoraco-lombaires Magerl A. Thèse de doctorat en médecine, sous la direction de H. Pascal-Moussellard. Paris, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 2015, 61 p.