



Disponible en ligne sur www.sciencedirect.com



SYMPOSIUM

Fractures du rachis thoracolombaire[☆]

Thoracolumbar fractures

M. Freslon^{a,*}, D. Bouaka^b, P. Coipeau^c, G. Defossez^d, N. Leclercq^a,
J. Nebout^e, E. Marteau^c, N. Poilbout^f, R. Prebet^a

^a Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, CHU de la Milétrie, 2, rue de la Milétrie, 86000 Poitiers, France

^b Service d'orthopédie traumatologie A, CHU Hôtel-Dieu, 2, rue de l'Hôtel-Dieu, 35064 Rennes cedex 9, France

^c Service de chirurgie orthopédique et traumatologique 1&2, CHU hôpital Trousseau, 37044 Tours, France

^d Institut universitaire de santé publique, université de Poitiers, CHU de Poitiers, 86000 Poitiers, France

^e Service de chirurgie orthopédique, centre hospitalier de La Rochelle, 17019 La Rochelle cedex, France

^f Département de chirurgie osseuse, CHU d'Angers, 4, rue Larrey, 49933 Angers, France

Disponible sur Internet le 16 mai 2008

MOTS CLÉS

Fracture du rachis ;
Vertèbre
thoracolombaire

KEYWORDS

Spinal fracture;
Thoracolumbar
vertebrae

Résumé Les fractures du rachis thoracolombaire sont fréquentes avec un retentissement fonctionnel qui peut être sévère. Cette étude multicentrique réunissant cinq centres a été réalisée afin d'évaluer le devenir à long terme de ces patients. Nous avons ainsi revu 136 patients atteints d'une fracture du rachis thoracolombaire (de T11 à L2), avec un recul minimum de deux ans. Tous ont bénéficié d'un examen clinique avec calcul du score fonctionnel d'Oswestry et d'une étude radiologique (avant traitement, après traitement et à la révision). La plupart des patients présentaient des fractures en compression, touchant le plus souvent le niveau L1. Radiologiquement, il existait un gain sur la cyphose vertébrale en postopératoire immédiat avec une perte de correction avec le temps et quel que soit le traitement proposé. Sur le plan fonctionnel, les patients allaient bien, avec un score d'Oswestry global moyen de 6,4. Une corrélation nette était cependant notée entre ce score fonctionnel et la cyphose vertébrale, ce qui peut nous faire penser qu'un renforcement de la colonne antérieure (réalisée de façon isolée ou en association au traitement chirurgical) pourrait améliorer ce résultat fonctionnel. De plus, le *thoracolumbar injury severity score* (TLISS) semble représenter un organigramme clair pour la prise en charge de ces fractures, en insistant sur les lésions en distraction et l'atteinte du complexe ligamentaire postérieur, avec cependant la nécessité de réaliser une IRM préopératoire.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary Thoracolumbar fractures are frequent and the functional outcomes are sometimes severe. This multicentric study, including five medical centers, was performed to evaluate the long-term outcomes of the patients. One hundred and thirty six patients with thoracolumbar fracture (T11 to L2) was evaluated with a minimal follow-up of two years. Every one had a clinical exam with a score of Oswestry and an X-Ray study (before and after treatment and at revision). Most of them presented compression fractures, the most often at L1 level. On X-rays,

[☆] M. Freslon est le coordinateur de ce symposium.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : m.freslon@chu-poitiers.fr (M. Freslon).

a gain was noted on the vertebral kyphosis immediately after surgery, but there is a loss of correction over time whatever the treatment. The clinical outcomes for the patients were great, with an Oswestry average score of 6,4. A correlation was noted between this functional score and vertebral kyphosis. So, an anterior column strengthening (isolated or performed during the surgery) could improve these functional outcomes. Moreover, the Thoraco Lumbar Injury Severity Score (TLISS) seems to be a simple organigram to determine the most appropriate treatment of these fractures, with particular attention to the distraction mechanism or posterior ligamentous complex lesions. However, RMI before surgery is necessary to evaluate these lesions.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Introduction

Les fractures du rachis thoracique et lombaire sont fréquentes puisque 10 000 cas sont traités par an en France [1]. Elles siègent essentiellement au niveau de la charnière thoracolombaire (de T11 à L2). Ce sont des lésions sévères avec de possibles retentissements fonctionnels graves lorsqu'elles sont associées à des troubles neurologiques.

Plusieurs traitements sont possibles. Il peut s'agir d'un traitement fonctionnel, d'un traitement orthopédique ou encore d'un traitement chirurgical. Un même traitement peut être réalisé de différentes manières et les indications restent parfois floues ou controversées.

Nous avons donc réalisé cette étude multicentrique, réunissant cinq centres (Angers, La Rochelle, Poitiers, Rennes, Tours), qui a permis d'analyser de façon clinique et radiologique 136 patients présentant une fracture de la charnière thoracolombaire avec un minimum de deux ans de recul. Le but était d'évaluer à long terme le retentissement fonctionnel de ce type de lésion et d'essayer d'en dégager une attitude thérapeutique.

Matériel et méthodes

Cent trente-six patients atteints d'une fracture du rachis thoracolombaire (T11 à L2) ont bénéficié d'une analyse clinique et radiologique. Les critères d'inclusion étaient un âge au moment de la fracture compris entre 18 et 55 ans ainsi qu'un recul minimum de deux ans lors de la révision. Les patients présentant des fractures d'origine secondaire, ostéoporotique ou encore des fractures sur plusieurs étages ont été exclus de l'étude.

Plusieurs critères ont été étudiés comme le type d'accident (accident de la voie publique, chute d'une hauteur élevée, accident du travail ou non), le type de fracture (vertèbre, score de Magerl [2], score de Frankel [3]), le type de traitement et les complications (traitement orthopédique ou chirurgical), les traitements associés (repos au lit, corset, kinésithérapie), ainsi que le retour à domicile avec la durée de l'arrêt de travail.

L'évaluation clinique était effectuée selon la version française du score d'Oswestry avec une évaluation du score global sur 50 et de chaque sous-groupe.

Une analyse radiographique était réalisée sur les clichés radiographiques avant et après le traitement, et au moment de la révision. Les mesures de la cyphose vertébrale, de la

cyphose régionale et de l'angulation régionale traumatique (Art) étaient effectuées sur chaque cliché.

Les questionnaires ont été saisis avec le logiciel Excel et l'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SAS version 8.2 sous Windows. Les résultats sont présentés en effectif et pourcentage pour les variables qualitatives, et en moyenne et écart-type pour les variables quantitatives. Les comparaisons de moyennes ont été réalisées à l'aide du test non paramétrique de Wilcoxon-Mann Whitney. Les corrélations entre deux variables quantitatives étaient évaluées à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman. Le seuil de significativité a été fixé à 0,05.

Résultats

Notre série

Notre série comportait 136 patients revus avec 90 hommes pour 46 femmes. L'âge moyen était de 39,9 ans \pm 10,4 ans avec un recul moyen de sept ans (2–11,8 ans).

Il s'agissait majoritairement de fractures consécutives à une chute d'un lieu élevé (71 cas, soit 52,2%) ou un accident de la voie publique (44 cas, soit 32,4%). Les accidents du travail représentaient 56 cas (41,5%), contre 79 cas (58,5%) d'accidents domestiques.

Les fractures touchaient la vertèbre L1 dans 53% des cas, T12 dans 22%, L2 dans 18% et T11 dans 7% des cas. Les lésions étaient en majorité des fractures en compression Magerl A [2] avec 57 lésions de type A1 et 61 lésions de type A3 dont 30 A3.1, 19 A3.3 et 12 A3.2 (Fig. 1).

Huit patients présentaient des signes neurologiques (un Frankel A, un Frankel B, un Frankel C et cinq Frankel D) [3]. Tous les patients avaient eu des radiographies standard, 115 avaient eu un scanner (82,5%), et un patient une IRM.

Quatre-vingt-dix traitements orthopédiques avaient été réalisés avec six traitements fonctionnels, 37 traitements par décubitus dorsal, 36 corsets sans réduction et 11 méthodes de Boehler [4]. Quarante-six patients avaient été traités chirurgicalement (41 par voie postérieure simple, quatre par voie antérieure simple et un par voie combinée). La majorité des traitements orthopédiques avait été réalisée pour des fractures en compression Magerl A1, et A3.1. La durée du traitement orthopédique était en moyenne de 67 jours \pm 23 jours avec des extrêmes allant de 21 à 90 jours. Deux populations étaient individualisées au sein de ce traitement orthopédique, l'une avec un traitement ayant duré 45 jours (34 cas), l'autre ayant une durée de 90 jours (39

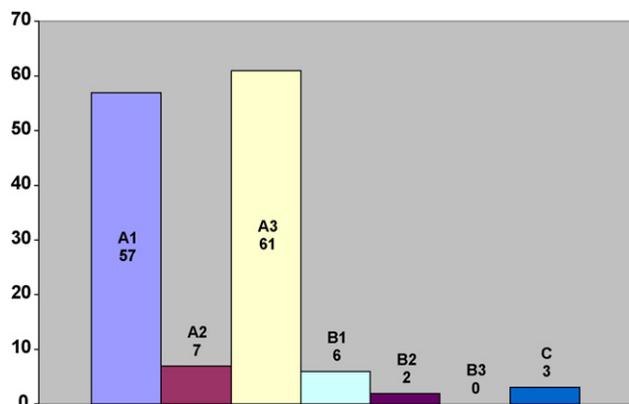


Figure 1 Répartition des fractures selon la classification de Magerl.

cas). Le traitement chirurgical avait comporté une laminectomie dans 11 cas (23,9%). Pour sept d'entre elles, il existait des signes neurologiques préopératoires (stade Frankel différent d'un stade E). Dans 23 cas, un corset avait été associé pour une durée de 66 jours \pm 23,5 jours avec des extrêmes allant de 30 à 90 jours. Le type de montage réalisé était court dans 13 cas, long dans deux cas, intermédiaire dans 21 cas et nous avons retrouvé sept cas de montages non classables. La période de décubitus après la chirurgie s'élevait à 24 heures en l'absence de signes neurologiques contre 7,5 heures quand il en existait. Vingt et une complications étaient rapportées, 12 après traitement orthopédique et neuf après traitement chirurgical. Elles comportaient 11 radiculalgies (sept après traitement orthopédique et quatre après traitement chirurgical), cinq démontages d'ostéosynthèse, une infection, une complication neurologique et trois autres complications. La durée d'hospitalisation était en moyenne de sept jours. En cas de traitement orthopédique, elle était en moyenne de six jours (cinq, si un traitement par corset était réalisé, six en cas de traitement par décubitus). En cas de traitement chirurgical, la durée était de 12 jours en moyenne. En l'absence de signes neurologiques, les patients restaient hospitalisés sept jours contre 15 lorsqu'ils étaient présents. Une rééducation par kinésithérapie a été pratiquée dans 117 cas (soit 92,9%). Elle débutait à 45 jours pour une durée moyenne de 90 jours. Dans les suites après hospitalisation, les patients rentraient à domicile dans 76 % des cas, en maison de convalescence dans 21 % des cas et en centre de rééducation dans 3 % des cas. Quarante-vingt-quatre pour cent des patients traités avaient repris leur travail au bout de cinq mois en moyenne, 77 % à temps plein sans reclassement et avec la même activité qu'avant le traumatisme.

Analyse radiologique

La cyphose vertébrale était améliorée en moyenne, mais on notait une perte angulaire à la révision. Elle était de $13,7^\circ \pm 6,4^\circ$ avant traitement, mesurée à $10,8^\circ \pm 7,4^\circ$ immédiatement après, pour finir à $12,3^\circ \pm 5,0^\circ$ à la révision (Fig. 2). La correction de la cyphose vertébrale était plus importante par le traitement chirurgical ($18,1^\circ \pm 7,3^\circ$ en préopératoire pour $12,5^\circ \pm 6,3^\circ$ à la révision) que par le trai-

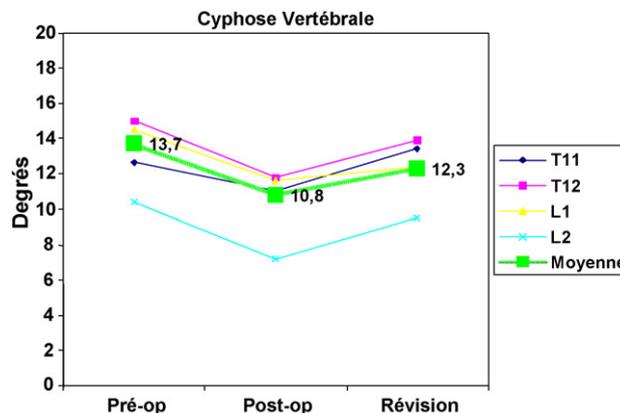


Figure 2 Correction de la cyphose vertébrale.

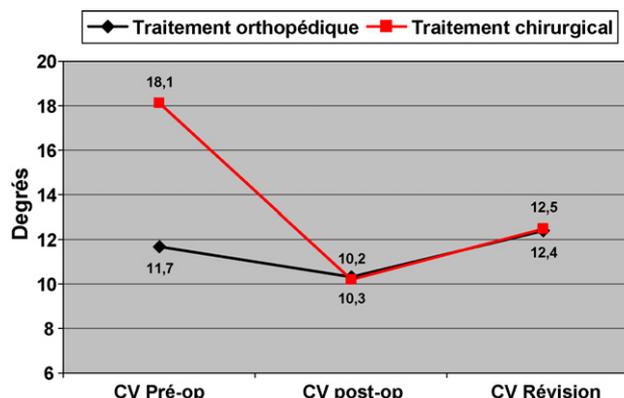


Figure 3 Correction de la cyphose en fonction du traitement effectué.

tement orthopédique ($11,7^\circ$ en prétraitement pour 12° à la révision) (Fig. 3).

On retrouvait également une amélioration de l'angulation régionale traumatique qui passait de $9,2^\circ \pm 8,0^\circ$ en moyenne avant le traitement à $0,6^\circ \pm 6,6^\circ$ après le traitement pour finir à $7,5^\circ \pm 8,0^\circ$ lors de la révision (Fig. 4). Ici encore, le traitement chirurgical apportait semble-t-il une correction supérieure au traitement orthopédique, même si les deux populations n'étaient pas comparables ($15,7^\circ \pm 8,3^\circ$ d'ART en préopératoire pour $8,7^\circ \pm 9,6^\circ$ à la révision en cas de traitement chirurgical, $5,4^\circ \pm 4,8^\circ$ d'ART

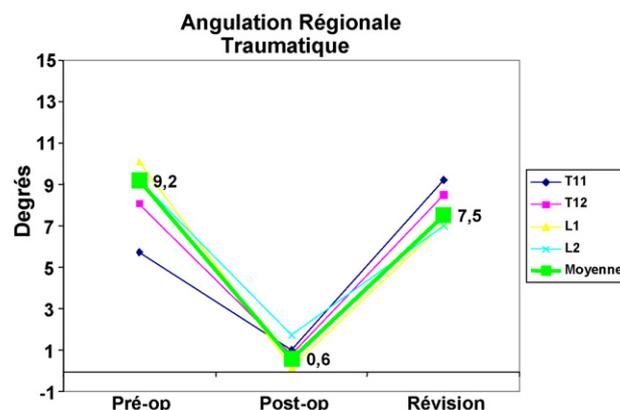


Figure 4 Correction de l'angulation régionale traumatique.

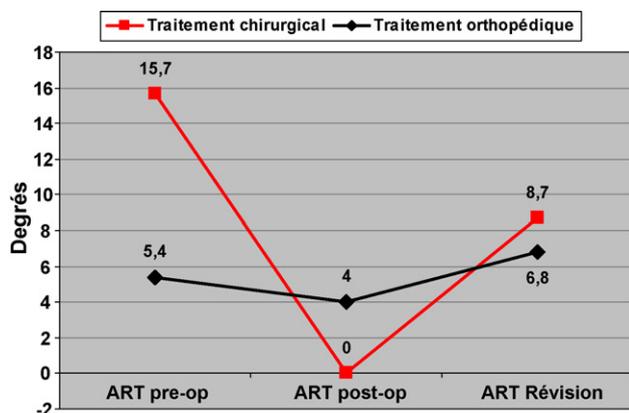


Figure 5 Correction de l'angulation régionale traumatique en fonction du traitement effectué.

en prétraitement contre $6,8^{\circ} \pm 6,8^{\circ}$ à la révision en cas de traitement orthopédique) (Fig. 5).

Analyse clinique

En général, les patients gagnaient un niveau dans la classification de Frankel, même si l'on rapportait un cas de complication neurologique après un traitement fonctionnel. Le score d'Oswestry était en moyenne de $6,4 \pm 6$ à la révision (Fig. 6). En cas de traitement orthopédique il était de cinq, contre six en cas de traitement chirurgical sans qu'il existe de différence significative entre les deux groupes. On ne retrouvait par ailleurs aucune différence significative du score d'Oswestry en fonction de l'étage vertébral fracturé. En fonction du type d'accident, le score clinique était à cinq pour un accident domestique contre 6,5 pour un accident de travail. Il n'était pas retrouvé de différence significative entre les deux groupes mais une tendance en ce qui concerne les sous-groupes sommeil et le port de charges. En revanche, en fonction de la reprise du travail ou non, le score d'Oswestry était différent de façon très significative avec une médiane à 5 en cas de reprise contre 13 sans reprise ($p < 0,001$). Il n'était pas retrouvé de corrélation entre l'Art à la révision et le score d'Oswestry ($p = 0,8$), que ce soit pour le score global et les sous-groupes du score. En revanche, il était noté une corrélation nette ($p = 0,02$) entre la cyphose vertébrale et le score total et plus particulièrement avec la

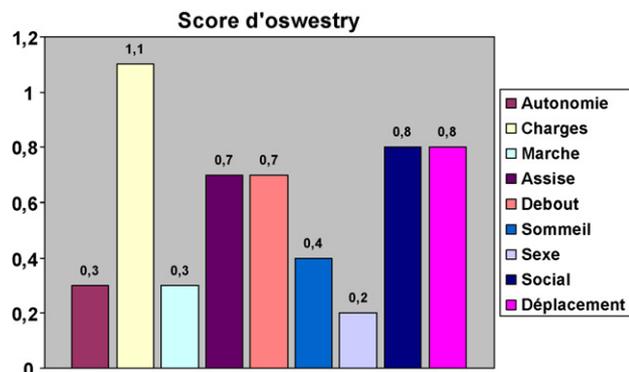


Figure 6 Résultat du score d'Oswestry moyen à la revision.

douleur ($p = 0,02$), le port de charges ($p = 0,04$), la marche ($p = 0,04$), le sommeil ($p = 0,02$) et la vie sociale ($p = 0,04$). Il était également retrouvé une corrélation entre le score d'Oswestry moyen et la cyphose vertébrale pour les deux groupes de traitement (chirurgical et orthopédique). Enfin, cette corrélation était notée entre le score clinique et la douleur ($p = 0,04$) en cas de traitement chirurgical, et avec le port de charges ($p = 0,01$), la marche ($p = 0,02$) et le sommeil ($p = 0,03$) en cas de traitement orthopédique.

Discussion

Il existe de nombreuses publications ces dernières années étudiant les fractures du rachis thoracolombaire. Elles montrent toutes l'efficacité d'un traitement ou d'un autre qu'il soit chirurgical ou orthopédique. Les quelques études comparatives mettent en avant des résultats différents [5–7]. Tout cela rend donc difficile la réalisation d'un organigramme de prise en charge précis.

Analyse de notre série

Notre série comprend essentiellement des fractures en compression, comme les autres séries de la littérature [1]. Cependant, on peut noter un taux plus faible de fractures en distraction et en rotation ainsi que le nombre peu important de patients présentant des troubles neurologiques. Cela est dû au fait qu'il est plus difficile de revoir les patients présentant des troubles neurologiques, mais également secondaire au recrutement venant exclusivement de service d'orthopédie. Dans certains centres, les patients présentant des troubles neurologiques sont pris en charge par les neurochirurgiens.

Physiopathologie et classifications

Une classification « idéale » des fractures de la charnière thoracolombaire doit pouvoir classer chaque lésion dans un catalogue déjà établi, et par son approche physiopathologique préciser le degré d'instabilité de celle-ci afin d'aider le praticien dans ses choix thérapeutiques [8]. L'historique des classifications reflète les évolutions dans la compréhension des mécanismes lésionnels grâce aux progrès de l'imagerie, des radiographies simples au scanner (analyse de l'arc postérieur, de la comminution corporéale), puis à l'IRM (lésions ligamentaires, analyse du disque intervertébral). Boehler [4] en 1929 propose la première classification des fractures thoracolombaires et décrit cinq types : les fractures en compression, en flexion–distraction, extension, cisaillement et rotation. Watson-Jones [9] introduit le concept d'instabilité et l'importance des lésions du complexe ligamentaire postérieur, puis Nicoll en 1949 [10] décrit pour la première fois le rachis comme un système à plusieurs « colonnes ». L'importance physiopathologique des lésions postérieures dans la genèse des instabilités traumatiques du rachis était donc reconnue très tôt, et sera aussi développée par Decoux et Rieunau en 1958 [11], puis Holdsworth [12] avec sa classification reposant sur un système à deux colonnes (la colonne antérieure comprenant l'ensemble des structures situées en avant du

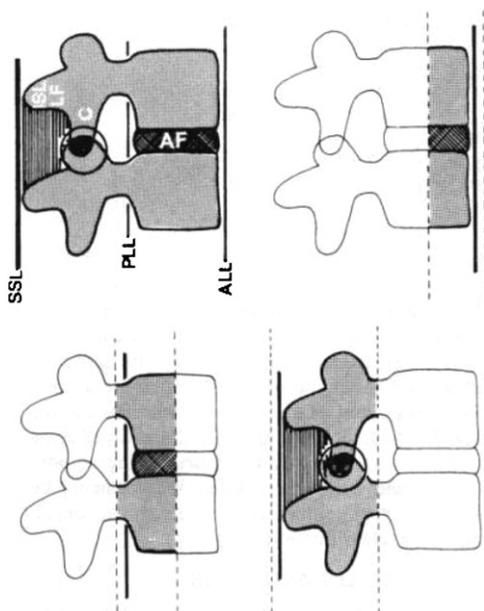


Figure 7 Système de trois colonnes de Denis [18].

ligament longitudinal postérieur). Goutallier et Louis en 1976 [13] définissent quatre types d’instabilité : l’instabilité osseuse dite « transitoire » (fractures corporéales totales), l’instabilité ligamentaire dite « durable » (fractures partielles antérieures, lésions sans fracture), l’instabilité mixte (somme des structures lésées, lésions de voisinage) et l’instabilité dite « thérapeutique » (défaut antérieur après réduction, laminectomie). La topographie des différentes lésions dépend de la position pressentie d’un axe autour duquel les contraintes s’exercent lors des traumatismes en flexion. La possibilité d’instabilité transitoire par opposition à la forme durable permet de différencier les lésions traumatiques pour lesquelles on pourra éventuellement proposer un traitement orthopédique, par opposition au traitement chirurgical. De nombreux auteurs récents ont fait des propositions de classification [14–16], mais on

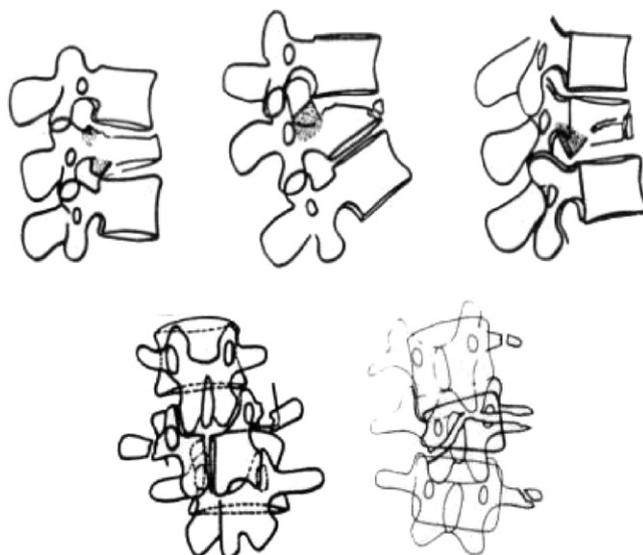


Figure 8 Fractures de type *burst* selon Denis [18].

peut en retenir quatre principales : les classifications de Denis [17], de Lulan et al. [18], de Magerl et al. [2] et le système TLICS [20,21]. La classification basée sur un système à trois colonnes (Fig. 7) qui a été la plus utilisée est celle de Denis. Pour Denis, une lésion traumatique intéressant deux colonnes ou plus est instable et nécessite un traitement chirurgical. Il a décrit quatre lésions majeures : les compressions (flexion), les *burst* (compression axiale), les *seat-belt type* (flexion–distraction) et les fractures–dislocation. Même si Denis a décrit trois types d’instabilité, la principale critique est la faible valeur pronostique de cette classification, surtout à cause du groupe très hétérogène des *burst fractures* allant de la comminution corporelle isolée à la fracture–luxation (Fig. 8). Lulan et al. [18] ont proposé en 1990 une classification dite physiopathologique, mettant l’accent sur la composante de distraction des éléments postérieurs et reprenant la théorie du pivot. En fonction de la position antéroposté-

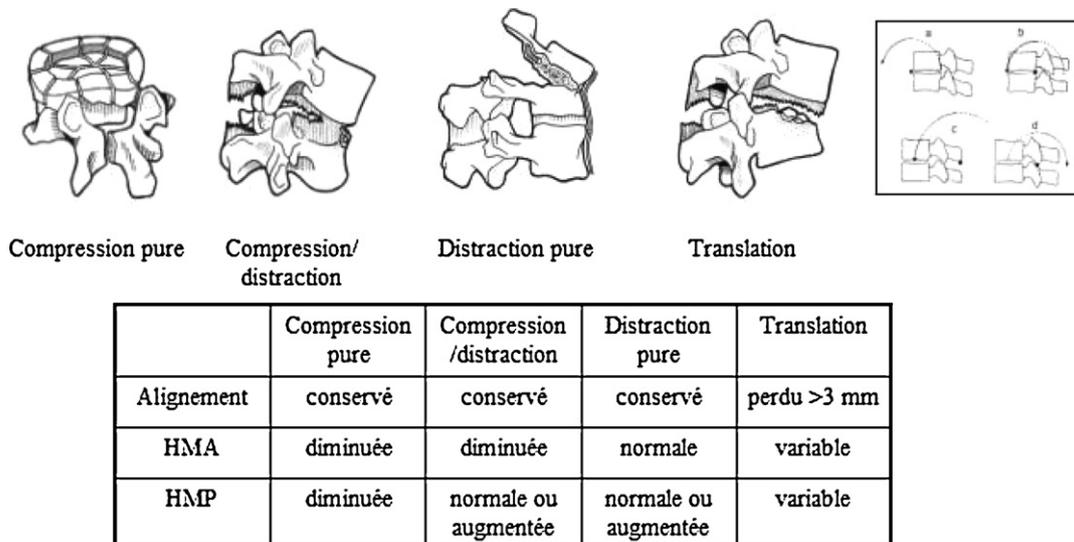


Figure 9 Classification de Lulan et al. [19].

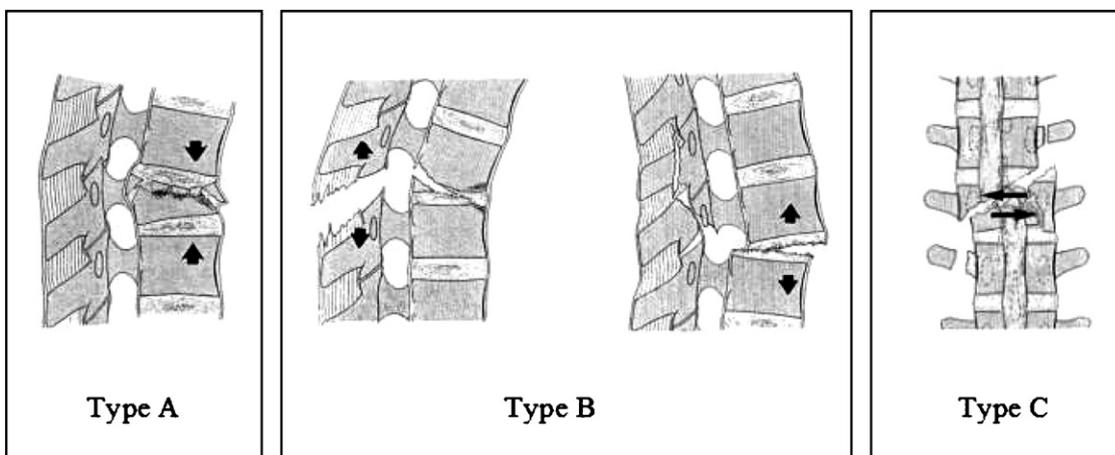


Figure 10 Trois catégories de fractures selon Magerl et al. [2].

rière du pivot, quatre types lésionnels sont possibles : les fractures en compression pure, en compression–distraction, en distraction pure (fracture de Chance) et en translation. De plus, c’est par l’analyse des simples radiographies standard avec la mesure de la hauteur des murs antérieurs et postérieurs des corps vertébraux (Fig. 9) que dans sa classification, Laulan et al. ont distingué les différents types lésionnels. Cette classification a pour intérêt d’avoir regroupé des fractures de mécanisme identique et de s’affranchir d’une analyse descriptive des tassements corporeux type *burst*. À l’inverse, Magerl et al. [2] publient en 1994 une classification utilisant un schéma 3-3-3 type AO, avec trois types de fractures comprenant trois groupes, puis trois sous-groupes, aboutissant au total à 27 lésions différentes. Les trois types principaux (Fig. 10) correspondent d’après Magerl et al. aux mécanismes en compression, en distraction et en rotation, avec une instabilité croissante (comme l’incidence des troubles neurologiques). Toutefois cette classification reste très descriptive, complexe et peu précise quant aux mécanismes physiopathologiques. Puis, plus récemment un groupe de chirurgiens avec Vaccaro [19–21] publie en 2005 une proposition de nouvelle classification intitulée *thoracolumbar injury classification and severity score* (TLISS et TLICS) qui a pour vocation d’être un algorithme décisionnel. Un certain nombre de points est attribué en fonction de l’examen neurologique, de l’analyse radiographique et de l’IRM pour rechercher une atteinte du complexe ligamentaire postérieur (Fig. 11). Si le total est inférieur ou égal à trois un traitement orthopédique est proposé alors que s’il est supérieur ou égal à cinq un traitement chirurgical est conseillé. Trois types de mécanismes sont proposés : la compression incluant les *bursts*, les fractures en translation–rotation et par distraction (Fig. 12).

À l’analyse de la littérature, on peut conclure en disant que la classification de Magerl est très complète, intéressante en terme de gravité, mais peu reproductible. Elle perd donc de son intérêt pour la décision thérapeutique [22,23]. La classification de Denis [17] a une reproductibilité bonne pour ses groupes mais faible pour ses sous-groupes et les lésions de type *burst* posent problème du fait de leur hétérogénéité, surtout en terme d’instabilité. La

classification de Laulan et al. [18] a une reproductibilité modérée, mais a pour avantage de regrouper des fractures de même mécanisme avec des principes thérapeutiques identiques.

Les classifications récentes TLISS/TLICS semblent avoir une bonne reproductibilité et leur objectif d’aide à la décision thérapeutique est intéressant, avec semble-t-il une meilleure fiabilité pour la version TLISS [24]. Ils insistent sur la nécessité de reconnaître les lésions en distraction, qui vont conduire à un traitement chirurgical, et également sur l’évaluation du ligament vertébral postérieur, responsable de la réduction par ligamentotaxis. Ainsi, ils ont pu dresser un organigramme grâce à un barème de point guidant vers un traitement ou vers un autre. L’accessibilité à une IRM représente cependant la limite de cette évaluation.



Figure 11 Évaluation par IRM du complexe ligamentaire postérieur.

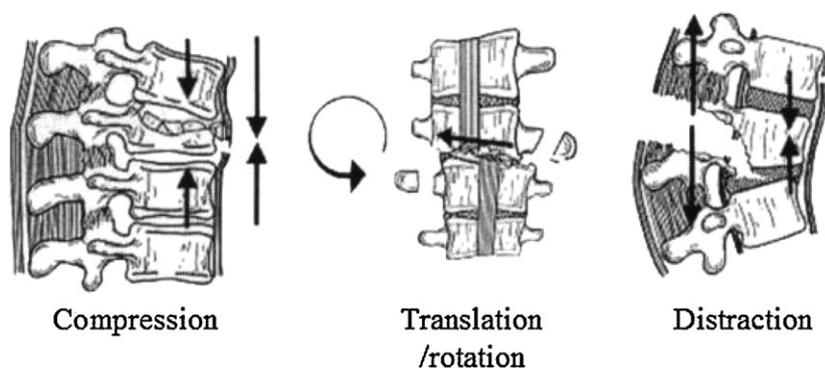


Figure 12 Groupes de fractures pour le score TLISS.

Troubles neurologiques

Rappels anatomiques

La moelle épinière est située dans le canal médullaire et mesure 43 cm en moyenne. Le cône terminal se situe en L2. Le volume des structures nerveuses dans le canal médullaire est plus important au niveau thoracique que lombaire et il occupe 50% du volume du canal médullaire en moyenne. La moelle épinière présente un renflement cervical et un renflement lombaire. Les plexus lombaire et sacré naissent du renflement lombaire.

Le nerf spinal est un nerf mixte constitué d'une racine antérieure motrice et d'une racine postérieure sensitive. La croissance différentielle entre la moelle épinière et le canal vertébral entraîne une disposition verticale des racines lombosacrées. Ces racines, cheminant dans le cul de sac dural, constituent les nerfs de « la queue de cheval ».

Examen clinique

La recherche de troubles neurologiques par l'examen clinique est primordiale dans ces fractures. Un examen simple et rapide sur le lieu de l'accident est nécessaire car le patient peut ensuite ne plus être interrogeable du fait d'une sédation ou d'un coma. Cet examen devient donc le seul examen neurologique.

La limite supérieure du déficit neurologique peut permettre d'orienter l'imagerie et le *testing* des nerfs de la queue de cheval doit toujours être réalisé. Le but de cet examen clinique est de rechercher une lésion médullaire et de déterminer son caractère complet ou incomplet car le pronostic de récupération est différent. Les métamères sacrés étant les derniers touchés, leur *testing* est important pour différencier le caractère complet ou incomplet de l'atteinte médullaire. La présence de signes pyramidaux peut également orienter vers une forme incomplète de l'atteinte médullaire. Le caractère définitif et complet d'une lésion médullaire ne peut être affirmé qu'au bout de 48 heures du fait de la possibilité d'un choc spinal transitoire.

Classifications

La classification Asia [25] permet de classer les troubles neurologiques. Elle est basée sur la motricité et la sensibilité,

qui sont déterminés par l'examen clinique. Pour la motricité, cinq myotomes cotés de 0 à 5 sont testés pour les membres inférieurs. Pour la sensibilité, chaque dermatome est testé, jusqu'à S4, et classé en normal, diminué, abolie ou non testable. Cela donne une échelle, calquée sur la classification de Frankel [3], constituée de cinq grades de gravité décroissante :

- Grade A : paraplégie complète ;
- Grade B : absence de motricité avec sensibilité sous-lésionnelle conservée ;
- Grade C : motricité cotée entre 1 et 3 ;
- Grade D : motricité cotée à 4 ;
- Grade E : absence de troubles neurologiques moteurs ou sensitifs.

La gravité des troubles neurologiques va croissante avec la gravité des lésions osseuses et/ou ligamentaires donc avec le stade de Magerl [2].

Traitement

Le pronostic de récupération est fonction du stade initial. Ainsi les stades A de Frankel ne récupèrent pas alors que les stades B, C et D de Frankel gagnent un stade après traitement, dans 75% des cas [1], ce qui a également été retrouvé dans notre série.

Le but du traitement est de décompresser les structures nerveuses et d'éviter les lésions secondaires dues à l'œdème et l'inflammation. Le traitement médicamenteux à type de corticothérapie n'a pas prouvé son efficacité, en revanche, une tension artérielle systolique supérieure à 90 mmHg est nécessaire pour éviter l'ischémie. La décompression médullaire doit être la plus précoce possible.

Cinq états neurologiques peuvent être déterminés pour la prise en charge thérapeutique [26]:

- paraplégie complète : pas d'urgence théorique du fait de l'absence de possibilité de récupération neurologique, mais la possibilité d'un choc spinal rend le diagnostic de paraplégie complète difficile en urgence et doit faire réaliser la décompression en urgence ;
- paraplégie incomplète : décompression en urgence ;
- forme douteuse ou état neurologique inconnu : si l'imagerie montre un rétrécissement de plus de 30% du

canal, une décompression doit être réalisée, à ce niveau, de façon urgente ;

- syndrome de « la queue de cheval » : urgence chirurgicale ;
- lésions radiculaires modérées : il n'y a que dans ce cas que la décompression n'est pas urgente et qu'un traitement orthopédique est possible avec surveillance de l'état neurologique et sanction chirurgicale en cas de non amélioration ou d'aggravation des signes neurologiques.

L'IRM, très à la mode actuellement pour les lésions ligamentaires, doit trouver sa place pour les lésions nerveuses, particulièrement dans les lésions médullaires douteuses, voire complètes. Mais cet examen ne doit pas faire retarder la prise en charge thérapeutique qui nécessitera une décompression en urgence dans la grande majorité des cas.

Conclusion

En cas de troubles neurologiques, le traitement chirurgical est à privilégier par rapport au traitement orthopédique du fait de sa rapidité d'action décompressive. Le délai d'intervention est l'élément majeur pour améliorer l'évolution neurologique. L'examen clinique est primordial, particulièrement l'examen initial car il permet d'établir le stade de Frankel de référence et de suivre l'évolution neurologique après traitement. Enfin, la décompression des structures nerveuses est nécessaire, même si elle n'est pas réalisée en urgence, pour prévenir l'apparition des lésions neurologiques secondaires, à type de syringomyélie.

Traitement orthopédique

Introduction

Méthodes connues depuis très longtemps, elles trouvent leur indication dans les lésions osseuses sans déficit neurologique. Leur objectif est de permettre la consolidation tout en préservant la stabilité rachidienne ainsi que l'état neurologique.

On distingue le traitement fonctionnel, le traitement par corset sans réduction et la réduction maintenue par un corset.

Le traitement fonctionnel

Dérivé de la méthode de Magnus, le traitement fonctionnel associe un premier temps au cours duquel on prescrit un décubitus dorsal absolu permettant la sédation des douleurs [27]. Parallèlement, on enseigne au patient à éviter les postures et les gestes sollicitant le rachis en cyphose. Dans un second temps, le patient est verticalisé. On n'a alors recours à aucune contention. On limite ainsi le risque d'atrophie musculaire et la répercussion psychologique secondaire au traumatisme.

L'utilité d'une rééducation immédiate est controversée [28]. Mal entreprise, cette rééducation pourrait entretenir sinon aggraver la symptomatologie douloureuse.

Le traitement par corset sans réduction [29]

Il s'agit d'un corset en thermoplastique confectionné sur mesure par les orthésistes. Il a trois points d'appui (un sternal et deux iliaques) et il est à porter trois mois.

La rééducation précoce sous corset est essentielle. Elle devra être isométrique au niveau de la sangle abdominale et paravertébrale et inclure des exercices d'assouplissement de la racine des membres inférieurs. À l'ablation du corset, cette rééducation est complétée par un travail proprioceptif dynamique.

Immobilisation rigide après réduction

La réduction est indiquée dans les fractures–tassements où le déplacement se fait en cyphose. La mise en hyperlordose permet alors de déplisser le corps vertébral (Fig. 13). L'action conjointe du ligament commun vertébral antérieur et des épineuses permet d'éviter l'hyper-réduction [30].

La réduction sur billot

Le patient est installé en décubitus dorsal dans son lit avec un billot pneumatique positionné dans le dos au sommet de la déformation. Le billot est alors gonflé progressivement et par son effet lordosant permet une réduction progressive sur 21 à 45 jours [31,32].

Enfin le patient est verticalisé en portant un corset en hyperlordose. La durée cumulée de la réduction et du port de corset est de trois mois. Une rééducation selon les mêmes principes que ceux précédemment cités est mise en place.

La réduction sur cadre

Elle dérive de la méthode de Boehler [4]. La réduction se fait sous antalgiques puissants et anxiolytiques à effet myorelaxant. On évite une anesthésie générale afin de pouvoir déceler une éventuelle complication neurologique [30]. On distingue les éléments suivants :

- la sangle sur chevalet mobile [4] ;
- la table de réduction de scolioses utilisée par Louis et al. [33] ;
- le cadre de Cotrel (Figs. 14 et 15).

La réduction est entreprise après quelques jours d'attente qui permet la reprise du transit intestinal. Le plâtre en hyperlordose est porté trois mois avec la même rééducation isométrique. Les complications à craindre sont l'iléus, les brûlures, les complications neurologiques et les escarres. Puisque le plâtre s'appuie sur le sternum, le pubis et le sommet de l'hyperlordose, cette méthode ne peut pas s'appliquer aux polytraumatisés ainsi qu'aux traumatisés thoraciques.

Conclusion

L'arsenal thérapeutique non sanglant reste important. Malgré les progrès de la chirurgie, le traitement orthopédique reste d'actualité et doit être bien connu afin que le praticien, au moment de l'indication, ainsi que le patient puissent faire un choix équilibré.



Figure 13 Correction de la cyphose vertébrale par la méthode de Boehler.

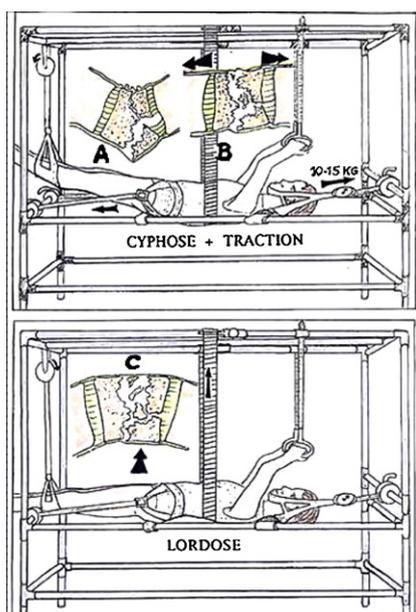


Figure 14 Correction sur cadre selon la méthode de Boehler.

Ostéosynthèse par voie postérieure

Principes

L'ostéosynthèse des fractures de la charnière thoracolombaire obéit aux principes généraux de la traumatologie et repose sur la réduction, la décompression, et la stabilisation.

La réduction est obtenue par traction lordosante. Elle s'effectue soit par l'installation du patient sur table orthopédique (bonne efficacité pour la traction), soit par l'action directe in situ du matériel d'ostéosynthèse (les efforts sont produits après la mise en place des implants), soit enfin

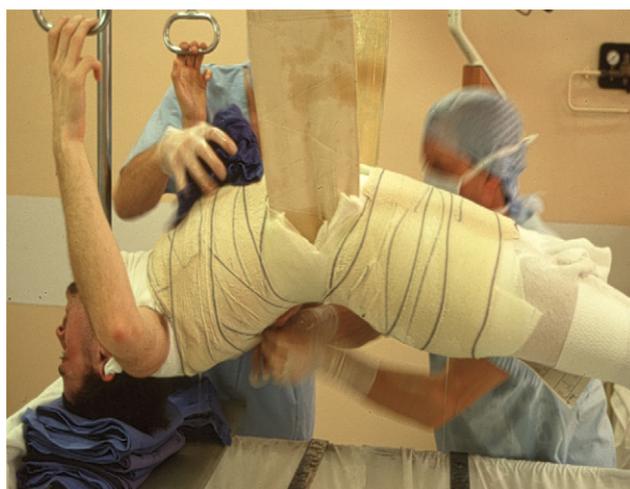


Figure 15 Correction sur cadre (collection du Pr Husson).

par l'association des deux (notamment lors de l'installation sur billot où seul l'effet lordosant existe alors). Un geste de décompression peut être pratiqué et peut constituer l'élément d'urgence dans ce type de fracture. La stabilisation est quant à elle confiée au matériel d'ostéosynthèse que l'on a l'habitude d'utiliser.

Voie d'abord [34]

La voie d'abord est postérieure intermyolamaire, centrée sur le niveau lésionnel, et dépend en longueur du nombre de vertèbres qui seront instrumentées. L'exposition abordera de façon prudente l'étage fracturé, d'autant qu'il existe à l'imagerie, des lésions de l'arc postérieur afin de ne pas aggraver l'axe neurologique et créer des lésions supplémentaires. La constatation des lésions anatomiques par cette voie d'abord, permet éventuellement de reclasser la frac-

ture voir de modifier la stratégie chirurgicale. Il n'est pas rare en effet, devant la constatation de lésions du ligament interépineux que l'on ne suspectait pas sur l'imagerie préopératoire, de reclasser une fracture Magerl A (lésion en compression) en Magerl B (lésion en distraction).

La décompression [34]

La décompression, quand elle est nécessaire, sera réalisée dans un premier temps. Elle sera effectuée et pourra associer une laminectomie, une lamino arthrectomie, voire une arthropédiclectomie. Ce temps chirurgical est volontiers hémorragique et il se doit d'éviter toute manœuvre traumatique d'écartement de l'axe médullaire. L'existence de signes neurologiques impose un geste de décompression rapide, certains le réaliseront même de façon préventive, et ce, en l'absence de tableau neurologique initial.

L'ostéosynthèse

Elle utilise les vis, les crochets, les tiges ou les plaques.

La vis pédiculaire

Elle sera utilisée le plus souvent possible. Après repérage de la base de la transverse, la visée sera soit droit devant [35], soit convergente [36] afin d'obtenir un effet de triangulation. L'orientation dans le plan sagittal sera volontiers oblique en haut et en avant, L3 étant la vertèbre la plus horizontale.

Les crochets

Les crochets peuvent également être utilisés. Ils sont intracanaux lorsqu'ils sont supralamaires et nécessitent une courte laminotomie pour être positionnés. Lorsqu'ils sont infralamaires, ils restent extracanaux. Ils permettent la réalisation de pinces lamolamaires lorsque les vis pédiculaires ne peuvent être utilisées. Ils protègent les vis aux extrémités du montage des forces d'arrachement et procurent une résistance aux forces de compression satisfaisante [37,38].

Plaques, tiges et fixateur interne

Les tiges de type Cotrel-Dubousset [39] peuvent être utilisées (Fig. 16), les plaques de type Roy Camille [35] (Fig. 17) rigides ou semi rigides, ou encore les fixateurs internes type Dick [40,41]. Une distraction associée au cintrage des implants en lordose permettra d'obtenir une réduction satisfaisante et de la pérenniser [42,43]. Enfin, des dispositifs de liaison transverse permettront de transformer le montage en un cadre s'opposant ainsi aux contraintes en torsion [44].

Les types de montage

Trois types de montages peuvent être réalisés.

Les montages longs

Proposés par Roy Camille et Demeulenaerec [35], ils prennent appui par des vis pédiculaires sur deux vertèbres sus lésionnelles et deux vertèbres sous lésionnelles. Il s'agit

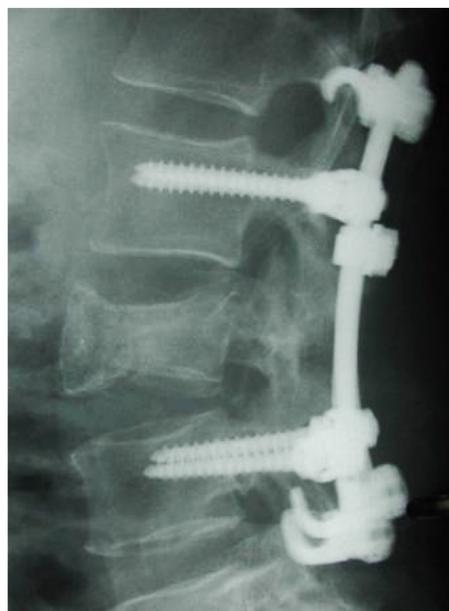


Figure 16 Ostéosynthèse par tige type Cotrel-Dubousset.

de montages rigides exposés aux ruptures de vis par report des contraintes mécaniques aux extrémités [45].

Les montages hybrides

Ils ont été proposés par Argenson et al. [46] et associent vis et crochets. Ils prennent appui sur un étage de part et d'autre de la vertèbre fracturée (un crochet-vis, une vis-crochet) ou deux étages au dessus et un étage au dessous (deux crochet-vis, une vis-crochet). Ce sont des montages plus courts destinés à préserver la mobilité au niveau de la charnière thoracolombaire avec une résistance en compression satisfaisante et une protection aux forces d'arrachements et ainsi à la rupture du matériel du fait de l'utilisation de crochet [37,39].



Figure 17 Plaques de Roy-Camille.

Les montages courts

Les montages courts prennent appui sur une vertèbre sus- et sous-jacente à la vertèbre fracturée. La rigidité est parfois insuffisante [37–39]. Leur association à un geste complémentaire sur la colonne antérieure peut être proposée et réalisée en cas de réduction incomplète.

L'arthrodèse postérolatérale

En prolongeant la voie d'abord postérieure latéralement, il est possible de réaliser une arthrodèse à l'étage lésionnel notamment dans les fractures où existent des lésions ligamentaires postérieures (fractures Magerl B1, B3 et C). Il n'est pas nécessaire dans ce cas là de prélever de l'os au niveau de la crête iliaque postérieure, source de morbidité supplémentaire.

Conclusion

La réduction des fractures de la charnière thoracolombaire est obtenue par distraction et lordose. Les montages postérieurs autorisent facilement cette réduction tout en possédant une rigidité en flexion–extension et inclinaisons satisfaisantes. Cette voie d'abord postérieure permet également la décompression des éléments nerveux. Il existe toutefois peu de contrôle de la hauteur vertébrale motivant parfois la réalisation d'un geste complémentaire sur la colonne antérieure.

Analyse des résultats

D'un point de vue clinique, dans notre série, comme dans la littérature, les patients vont bien (avec un score d'Oswestry global moyen de 6,4 sur 50) et cela quel que soit le niveau fracturé et surtout quel que soit le type de traitement effectué [1,5–7,47–51]. Il n'a pas été retrouvé de différence selon qu'il s'agissait ou non d'un accident du travail avec une reprise du travail qui se faisait en moyenne au quatrième mois. Le travail était repris au même poste dans 77% des cas, ce qui est retrouvé dans l'étude multicentrique menée par Verlaan et Oner [47]. Au niveau neurologique, nous avons pu constater qu'il existait une amélioration du score de Frankel avec d'après la littérature un gain de un grade en moyenne. Mais il est difficile d'avoir un examen clinique initial de qualité et même si théoriquement une paraplégie complète n'est pas censée récupérer, il semble licite de réaliser une décompression en urgence pour ne pas laisser s'aggraver un stade B vers un stade A [26].

D'un point de vue radiologique, la déformation initiale est corrigée et de façon plus importante avec le traitement chirurgical dans notre série. Il faut cependant prendre en compte le fait que nous n'avons que très peu de traitement orthopédique avec correction (repos au lit avec billot ou méthode de Boehler). En effet, ces deux méthodes permettent des corrections plus importantes qui, selon les séries, ne semblent pas différentes de celles apportées par le traitement chirurgical [1,7,49]. Cependant, cette correction ne se maintient pas avec le temps et cela quel que soit le type de traitement, qu'il soit orthopédique ou chirurgical, et même quel que soit le type d'ostéosynthèse, qu'elle soit associée ou non à une arthrodèse postérieure [52].

Même si les patients vont bien, il a été retrouvé dans notre série une corrélation nette entre la cyphose vertébrale résiduelle lors de la révision et le score fonctionnelle d'Oswestry. Cette notion n'est pas toujours retrouvée dans la littérature [1,47,49,53], mais le score clinique utilisé dans les différentes séries est parfois moins précis (Denis *pain scale*). Cette différence peut donc être plus difficile à mettre en évidence. La cyphose résiduelle est secondaire à une insuffisance de la colonne antérieure. Cette insuffisance antérieure peut être de plusieurs origines. Soit il s'agit d'une perte de substance avec un défaut antérieur, d'une réduction dans le disque et non dans la vertèbre ou encore, comme le soulignait Verlaan et al. [54], d'une protrusion discale. Il est clair que cette cyphose résiduelle crée un déséquilibre de la balance sagittale augmentant les contraintes antérieures par augmentation du bras de levier. Le déséquilibre de cette balance peut expliquer les corrélations retrouvées entre cette déformation et les douleurs, et notamment le port de charges. Les conséquences de cette cyphose sont ainsi multiples. Certains auteurs ont même rapporté l'apparition de troubles neurologiques pour les déformations les plus importantes [55].

Aussi, il peut être intéressant d'associer, pour ces fractures ayant une colonne antérieure déficiente un procédé de renforcement. Plusieurs méthodes ont déjà été utilisées mais toutes ne sont pas efficaces. Les arthrodèses postérolatérales effectuées dans le même temps que la chirurgie par voie postérieure ne permettent pas ce maintien de la hauteur vertébrale [56]. Il en est de même pour les injections de spongieux par voie transpédiculaires [35,57–59]. Deux techniques semblent actuellement être efficaces sur le maintien de la correction de la cyphose vertébrale à long terme : la reconstruction-arthrodèse antérieure et les vertébroplasties et cyphoplasties.

Les arthrodèses antérieures permettent une reconstruction durable de la colonne antérieure après corporectomie [60]. Elles peuvent être réalisées au moyen d'une autogreffe structurale tricorticale, le plus souvent iliaque, ou d'une cage métallique intersomatique creuse remplie de greffe morcellée. Les cages évitent le risque de résorption secondaire et donc de perte de correction [61]. Ces gestes antérieurs peuvent être réalisés isolément en un temps [62,63] ou en deux temps [60,64], permettant de raccourcir les montages postérieurs [60]. Les voies, d'abord miniaturisées, vidéo-assistées [65–67], ainsi que l'amélioration des instrumentations permettent une pratique « décomplexée » de la chirurgie par voie antérieure. L'injection de ciment acrylique (PMMA) ou de ciment phosphocalcique dans le corps de la vertèbre représente l'autre possibilité de renforcement antérieur. Elle peut être effectuée isolément (vertébroplastie) ou après gonflement d'un ballonnet créant une cavité afin de compléter la correction (cyphoplastie). Ces techniques proposées initialement en remplacement du traitement orthopédique ou chirurgical peuvent être également proposées en complément à une ostéosynthèse postérieure [54,68–71]. La consolidation est quasi immédiate [72] et il existe une sédation rapide des douleurs secondaire à la polymérisation du ciment [57,73,74].

Ainsi, même si les patients vont bien, il semble important de rechercher une restitution de l'anatomie vertébrale et prévenir la perte de correction par des techniques de renforcement durable de la colonne antérieure étant donné la

corrélation retrouvée entre la cyphose vertébrale et le score fonctionnel. Néanmoins, ces techniques méritent d'être évaluées afin de vérifier l'existence ou non d'un véritable gain fonctionnel.

Conclusion

Ainsi, nous avons pu voir qu'il existait plusieurs thérapeutiques possibles dans les fractures du rachis thoracolombaire et que quelle que soit la technique utilisée, les résultats fonctionnels sont satisfaisants.

Cependant, les classifications actuelles ne sont pas des classifications thérapeutiques et le score TLISS nous semblent dresser un organigramme de prise en charge satisfaisant en prenant en compte le mécanisme de la fracture et principalement la distraction, l'existence ou non de trouble neurologique et le complexe ligamentaire postérieur. De plus, nous avons noté une corrélation entre la cyphose vertébrale et le score fonctionnel. Ainsi, lorsque le traitement orthopédique est préconisé, il nous semble préférable qu'il y ait une réduction. Lorsqu'il s'agit d'un traitement chirurgical, la voie postérieure est la voie royale. Des gestes de renforcement antérieur peuvent y être associés mais ces nouvelles techniques méritent d'être évaluées cliniquement.

Enfin, il nous semble important de rappeler qu'il est difficile d'affirmer initialement avec certitude une paraplégie complète. Il est donc préférable de prendre en charge en urgence ces patients afin de ne pas passer à côté d'une lésion incomplète susceptible de récupérer, même partiellement.

Références

- [1] Argenson C, Lassale B. Les fractures récentes du rachis thoracique et lombaire avec et sans troubles neurologiques. *Rev Chir Orthop* 1996;82(Suppl. I):63–125.
- [2] 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.
- [3] Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I: comprehensive management and research. *Paraplegia* 1969;7:179–92.
- [4] Boehler L. *Technique de traitement des fractures*. Tome 1. Paris: Masson; 1944.
- [5] Siebenga J, Leferink VJ, Segers MJ, et al. Treatment of traumatic thoracolumbar spine fractures: a multicenter prospective randomized study of operative versus nonsurgical treatment. *Spine* 2006;31:2881–90.
- [6] Thomas KC, Bailey CS, Dvorak MF, Kwon B, Fisher C. Comparison of operative and nonoperative treatment for thoracolumbar burst fractures in patients without neurological deficit: a systematic review. *J Neurosurg Spine* 2006;4:351–8.
- [7] Wood K, Buttermann G, Mehdod A, et al. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg (Am)* 2003;85-A:773–81.
- [8] Vital JM. Fractures thoraciques et lombaires sans trouble neurologique. In: *Conférences d'enseignement de la SOFCOT*. Paris: Elsevier Masson; 2006. p. 123–43.
- [9] Watson-Jones R. *Fractures and joint injuries*. E&S. Edinburgh, NY: Livingstone Ltd.; 1943.
- [10] Nicoll EA. Fractures of the dorso-lumbar spine. *J Bone Joint Surg (Br)* 1949;31:376–94.
- [11] Decouls P, Rieunau G. Fractures du rachis thoracolombaire sans trouble neurologique. *Rev Chir Orthop* 1958;44:254–322.
- [12] Holdsworth FW. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg (Br)* 1963;45:6–20.
- [13] Goutallier D, Louis R. Fractures instables du rachis. III. Instabilité. F. Conclusion. *Rev Chir Orthop* 1977;63:443–4.
- [14] Ferguson RL, Allen BL, JR. A mechanistic classification of thoracolumbar spine fractures. *Clin Orthop*, 1984;77–88.
- [15] McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, Lubicky JP. The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. An analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. *J Bone Joint Surg (Am)* 1983;65:461–73.
- [16] White AA, Panjabi MM. *Clinical biomechanics of the spine*. Philadelphia, PA: Lippincott; 1978.
- [17] Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983;8:817–31.
- [18] Laulan J, Rosset P, Favard L, Burdin P, Castaing J. Lésions traumatiques du rachis dorsolombaire de l'adulte. Proposition d'une classification physiopathologique. *Rev Chir Orthop* 1990;76:S100.
- [19] Vaccaro AR, Lehman RA, Hulbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine* 2005;30:2325–33.
- [20] Vaccaro AR, Zeiller SC, Hulbert RJ, et al. The thoracolumbar injury severity score: a proposed treatment algorithm. *J Spinal Disord Tech* 2005;18:209–15.
- [21] Vaccaro AR, Baron EM, Sanfilippo J, et al. Reliability of a novel classification system for thoracolumbar injuries: the Thoracolumbar Injury Severity Score. *Spine* 2006;31:S62–9, discussion S104.
- [22] Oner FC, Ramos LM, Simmermacher RK, et al. Classification of thoracic and lumbar spine fractures: problems of reproducibility. A study of 53 patients using CT and MRI. *Eur Spine J* 2002;11:235–45.
- [23] Rabarin F, Lautman S, Faizon G, Roger R, Rosset P. Comparaison intra et inter observateurs de trois classifications de fractures du rachis thoracique et lombaire. In: *Annales orthopédiques de l'ouest*. Paris: Masson; 2002. p. 187–92.
- [24] Whang PG, Vaccaro AR, Poelstra KA, et al. The influence of fracture mechanism and morphology on the reliability and validity of two novel thoracolumbar injury classification systems. *Spine* 2007;32:791–5.
- [25] American spinal injury association imsoai. *International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury*. Chicago: American Spinal Injury Association; 1992.
- [26] Guigui P, Lassale B, Deburge A. Fractures et luxations récentes du rachis dorsal et lombaire de l'adulte. *Encycl Med Chir (Elsevier Paris), Appareil Locomoteur* 1998, 15-829-A-10, 10 p.
- [27] Weitzman G. Treatment of stable thoracolumbar spine compression fractures by early ambulation. *Clin Orthop* 1971;76:116–22.
- [28] Anderson DG. Non surgical treatment of patients with thoracolumbar fractures. *Instr Course Lect* 1995;44:57–65.
- [29] Begue T. Les fractures récentes du rachis thoracique et lombaire avec et sans troubles neurologiques. Symposium sous la direction de C. Argenson et B. Lassale. *Rev Chir Orthop* 1996;82(Suppl I):80–90.
- [30] Roy Camille R. Traumatismes récents du rachis dorso-lombaire et lombaire sans signe neurologique. *Cahiers d'enseignements de la SOFCOT*, n° 30, 33–47.
- [31] Goutallier D, Hernigou P, Piat C. Le traitement des fractures du rachis dorso-lombaire et lombaire avec recul du mur postérieur (*burst fracture*) sans ou avec troubles neurologiques mineurs. *Rev Chir Orthop* 1988;74(Suppl II):77–80.

- [32] Senegas J, Prise en charge à la phase initiale des traumatisés vertébro-médullaires. Éditions Bergeret, Bordeaux, 1983.
- [33] Louis R, Bonsignour JP, Ouiminga R. Réduction contrôlée des fractures du rachis. *Rev Chir Orthop* 1975;61:323–44.
- [34] Marnay T, Lésions traumatiques du rachis. In: Manuel d'ostéosynthèse vertébrale. Sauramps Medical, Montpellier, 1991, 75–108.
- [35] Roy Camille R, Demeulenaere C. Ostéosynthèse du rachis dorsal, lombaire et lombosacré par plaques métalliques vissées dans les pédicules et les apophyses articulaires. *Presse Med* 1970;78:1447–8.
- [36] Magerl F. Clinical application on the thoraco-lumbar junction and the lumbar spine with an external fixator. In: Mears DC, editor. External skeletal fixation. Baltimore: William and Wilkins; 1981.
- [37] De Peretti F, Cambas PM, Puch JM, et al. Le montage « intermédiaire » (2 CV- 1VC) par l'instrumentation « universelle » de Cotrel-Dubousset pour les fractures comminutives de la jonction thoraco-lombaire. *Rev Chir Orthop* 1994;80:205–16.
- [38] Freslon M, Mosnier T, Gayet LE, Skalli W. Évaluation biomécanique d'une instrumentation rachidienne postérieure dans une fracture lombaire de type *burst*. *Rev Chir Orthop* 2007;93:213–21.
- [39] De Peretti F, Cambas PM, Schlatterer B, Madani I, Argenson C. Ostéosynthèse vertébrale par matériel de Cotrel-Dubousset (CD). In: Les fractures récentes du rachis thoracique et lombaire avec et sans troubles neurologiques. Symposium sous la direction de C. Argenson et B. Lassale. *Rev Chir Orthop*, 1996, 82 (Suppl. I), 93–95.
- [40] Dick W, Kluger P, Magerl F, Woersdorfer O, Zach G. A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the « fixateur interne ». *Paraplegia* 1985;23:225–32.
- [41] Feron JM, Signoret F, Husson JL, Ostéosynthèse par le fixateur interne de Dick. In: Les fractures récentes du rachis thoracique et lombaire avec et sans troubles neurologiques. Symposium sous la direction de C. Argenson et B. Lassale. *Rev Chir Orthop*, 1996, 82 (Suppl. I), 91–92.
- [42] Panjabi MM, Oda T, Wang JL. The effects of pedicle screw adjustments on neural spaces in burst fracture surgery. *Spine* 2000;25:1637–43.
- [43] Zou D, Yoo JU, Edwards WT, et al. Mechanics of anatomic reduction of thoracolumbar burst fractures. Comparison of distraction versus distraction plus lordosis, in the anatomic reduction of the thoracolumbar burst fracture. *Spine* 1993;18:195–203.
- [44] Cotrel Y, Dubousset J. Nouvelle technique d'ostéosynthèse rachidienne segmentaire par voie postérieure. *Rev Chir Orthop* 1984;70:489–94.
- [45] Saillant G, Lazennec JY, Laville C. Montages postérieurs par plaque. In: Les fractures récentes du rachis thoracique et lombaire avec et sans troubles neurologiques. Symposium sous la direction de C. Argenson et B. Lassale. *Rev Chir Orthop*, 1996, 82, (Suppl. I), 91–92.
- [46] Argenson C, De Peretti F, Cambas PM. Osteosynthesis of fractures with C-D at the thoracolumbar level. In: 8th Proceeding of the international congress on Cotrel-Dubousset Instrumentation. 1991. p. 211–4.
- [47] Verlaan JJ, Oner FC. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. *J Bone Joint Surg (Am)* 2004;86-A:649–50, author reply 650–641.
- [48] Van Der Roer N, De Lange ES, Bakker FC, De Vet HC, Van Tulder MW. Management of traumatic thoracolumbar fractures: a systematic review of the literature. *Eur Spine J* 2005;14:527–34.
- [49] 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.
- [50] Andress HJ, Braun H, Helmberger T, et al. Long-term results after posterior fixation of thoraco-lumbar burst fractures. *Injury* 2002;33:357–65.
- [51] Leferink VJ, Keizer HJ, Oosterhuis JK, Van Der Sluis CK, Ten Duis HJ. Functional outcome in patients with thoracolumbar burst fractures treated with dorsal instrumentation and transpedicular cancellous bone grafting. *Eur Spine J* 2003;12:261–7.
- [52] Wang ST, Ma HL, Liu CL, et al. Is fusion necessary for surgically treated burst fractures of the thoracolumbar and lumbar spine? A prospective, randomized study. *Spine* 2006;31:2646–52, discussion 2653.
- [53] Chow GH, Nelson BJ, Gebhard JS, et al. Functional outcome of thoracolumbar burst fractures managed with hyperextension casting or bracing and early mobilization. *Spine* 1996;21:2170–5.
- [54] Verlaan JJ, Dhert WJ, Verbout AJ, Oner FC. Balloon vertebroplasty in combination with pedicle screw instrumentation: a novel technique to treat thoracic and lumbar burst fractures. *Spine* 2005;30:E73–9.
- [55] Lazennec JY, Neves N, Rousseau MA, et al. Wedge osteotomy for treating post-traumatic kyphosis at thoracolumbar and lumbar levels. *J Spinal Disord Tech* 2006;19:487–94.
- [56] Wang XY, Dai LY, Xu HZ, Chi YL. The load-sharing classification of thoracolumbar fractures: an in vitro biomechanical validation. *Spine* 2007;32:1214–9.
- [57] Taylor RS, Fritzell P, Taylor RJ. Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 2007;16:1085–100.
- [58] Knop C, Fabian HF, Bastian L, Blauth M. Late results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation and transpedicular bone grafting. *Spine* 2001;26:88–99.
- [59] Knop C, Fabian HF, Bastian L, et al. Fate of the transpedicular intervertebral bone graft after posterior stabilization of thoracolumbar fractures. *Eur Spine J* 2002;11:251–7.
- [60] Lange U, Edeling S, Knop C, et al. Anterior vertebral body replacement with a titanium implant of adjustable height: a prospective clinical study. *Eur Spine J* 2007;16:161–72.
- [61] Pflugmacher R, Schleicher P, Schaefer J, et al. Biomechanical comparison of expandable cages for vertebral body replacement in the thoracolumbar spine. *Spine* 2004;29:1413–9.
- [62] Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, et al. Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits. *J Bone Joint Surg (Am)* 1997;79:69–83.
- [63] McDonough PW, Davis R, Tribus C, Zdeblick TA. The management of acute thoracolumbar burst fractures with anterior corpectomy and Z-plate fixation. *Spine* 2004;29:1901–8, discussion 1909.
- [64] Payer M. Unstable burst fractures of the thoraco-lumbar junction: treatment by posterior bisegmental correction/fixation and staged anterior corpectomy and titanium cage implantation. *Acta Neurochir (Wien)* 2006;148:299–306, discussion 306.
- [65] Hovorka I, De Peretti F, Damon F, Argenson C. Voie rétro séreuse du rachis à l'étage thoraco-lombaire sous contrôle vidéoscopique. *Rev Chir Orthop* 2001;87:73–8.
- [66] Kim DH, Jahng TA, Balabhadra RS, Potulski M, Beisse R. Thoracoscopic transdiaphragmatic approach to thoracolumbar junction fractures. *Spine J* 2004;4:317–28.
- [67] Madi K, Dehoux E, Aunoble S, Le Huec JC. Traitement des fractures de la charnière thoraco-lombaire par thoracotomie mini-invasive vidéo assistée: à propos de 20 cas. *Rev Chir Orthop* 2005;91:702–8.
- [68] Acosta FL, JR., Aryan HE, Taylor WR, Ames CP. Kyphoplasty-augmented short-segment pedicle screw fixation of traumatic

- lumbar burst fractures: initial clinical experience and literature review. *Neurosurg Focus*, 2005, 18, e9.
- [69] Cho DY, Lee WY, Sheu PC. Treatment of thoracolumbar burst fractures with polymethyl methacrylate vertebroplasty and short-segment pedicle screw fixation. *Neurosurgery* 2003;53:1354–60, discussion 1360–1361.
- [70] Mermelstein LE, Mclain RF, Yerby SA. Reinforcement of thoracolumbar burst fractures with calcium phosphate cement. A biomechanical study. *Spine* 1998;23:664–70, discussion 670–671.
- [71] Oner FC, Dhert WJ, Verlaan JJ. Less invasive anterior column reconstruction in thoracolumbar fractures. *Injury* 2005;36(Suppl. 2):B82–9.
- [72] Wilke HJ, Mehnert U, Claes LE, et al. Biomechanical evaluation of vertebroplasty and kyphoplasty with polymethyl methacrylate or calcium phosphate cement under cyclic loading. *Spine* 2006;31:2934–41.
- [73] Bouza C, Lopez T, Magro A, Navalpotro L, Amate JM. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. *Eur Spine J* 2006;15:1050–67.
- [74] McGraw JK, Lippert JA, Minkus KD, et al. Prospective evaluation of pain relief in 100 patients undergoing percutaneous vertebroplasty: results and follow-up. *J Vasc Interv Radiol* 2002;13:883–6.