

# Chirurgie des fractures vertébrales

Max J. Scheyerer, Clement M. L. Werner

Klinik für Unfallchirurgie, UniversitätsSpital Zürich

## Quintessence

- Les taux élevés de morbidité et de mortalité associés aux fractures vertébrales ostéoporotiques résultent d'une cyphose progressive, s'accompagnant d'une altération de l'équilibre sagittal et spino-pelvien. Pour le traitement, il est indispensable de tenir compte de ce paramètre et de connaître les mécanismes de compensation.
- Toute intervention chirurgicale doit viser à prévenir la progression de la cyphose et à rétablir l'équilibre sagittal et spino-pelvien.
- Au cours de la phase aiguë des fractures vertébrales, une intervention chirurgicale est indiquée en présence de douleurs persistantes qui limitent la mobilisation.

Au cours de leur vie, 50% des femmes de plus de 50 ans et 20% des hommes sont victimes d'une fracture ostéoporotique [1, 2]. Le traitement devrait faire l'objet d'une collaboration interdisciplinaire. Il n'existe pas de concepts thérapeutiques homogènes. Dès lors, des estimations erronées de la stabilité des fractures sont à l'origine d'un traitement insuffisant, donnant lieu à des douleurs chroniques et à un tassement progressif. Cet article fournit un aperçu des principes biomécaniques et des options chirurgicales disponibles pour le traitement des fractures vertébrales ostéoporotiques.



Max J. Scheyerer

## Principes biomécaniques

La majorité des fractures vertébrales sont des fractures de compression, qui sont considérées comme des fractures de type A d'après la classification AO courante. Ce type de fracture est problématique d'une part en raison des douleurs souvent prononcées auxquelles il donne lieu et d'autre part en raison de la déformation croissante qu'il engendre, avec une cyphose progressive altérant les propriétés biomécaniques. S'ils ne peuvent être corrigés par approche conservatrice, ces deux problèmes devraient être pris en charge par voie chirurgicale.

Chez une personne en bonne santé en station debout, la ligne de gravité du corps longe la face ventrale de la colonne vertébrale, passant par l'axe coxo-fémoral. Sur des clichés du corps entier en coupe sagittale, des conditions statiques idéales sont réunies lorsqu'un aplomb (aplomb de C7) passe par le milieu de C7, derrière L3, par la partie postérieure du plateau vertébral de S1, derrière l'axe coxo-fémoral (fig. 1A ). Il est question

de déséquilibre sagittal positif lorsque des altérations structurelles provoquent un déplacement de l'aplomb de C7 en direction ventrale du bord postérieur de S1 (> +5 cm) (fig. 1B ); si l'aplomb de C7 a même une position ventrale par rapport à l'axe coxo-fémoral, il est question de déséquilibre sagittal décompensé (fig. 1C ; fig. 2 ). Afin de maintenir l'équilibre, les éléments musculaires et ligamentaires postérieurs sont excessivement sollicités, ce qui conduit à une instabilité segmentaire dégénérative et aux dorsalgies typiques.

## Equilibre spino-pelvien

A côté des mécanismes de compensation postérieurs, la position du bassin par rapport au rachis sert également à réguler la posture sagittale du rachis. Cette relation physiologique entre les structures du squelette axial correspond au concept d'équilibre spino-pelvien. Des connaissances à ce sujet sont indispensables pour le diagnostic et le traitement des déformations sagittales de la colonne vertébrale.

L'évaluation radiologique de l'équilibre spino-pelvien nécessite une radiographie du corps entier en coupe sagittale, avec une représentation de profil des articulations coxo-fémorales [3]. Il convient de tenir compte de paramètres positionnels, qui sont influencés par la statique des membres inférieurs et par la posture corporelle [4]. Parmi ces paramètres figurent la pente sacrée (sacral slope, SS), la version pelvienne (pelvic tilt, PT), ainsi que le degré de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique (fig. 3 ). Par ailleurs, il y a des paramètres morphologiques tels que la forme globale du bassin et la courbure du sacrum. Il convient tout particulièrement de mentionner l'incidence pelvienne (*pelvic incidence, PI*), qui décrit la position géométrique du sacrum dans le bassin (fig. 3). A l'issue de la croissance, l'incidence pelvienne reste inchangée durant toute la vie [3].

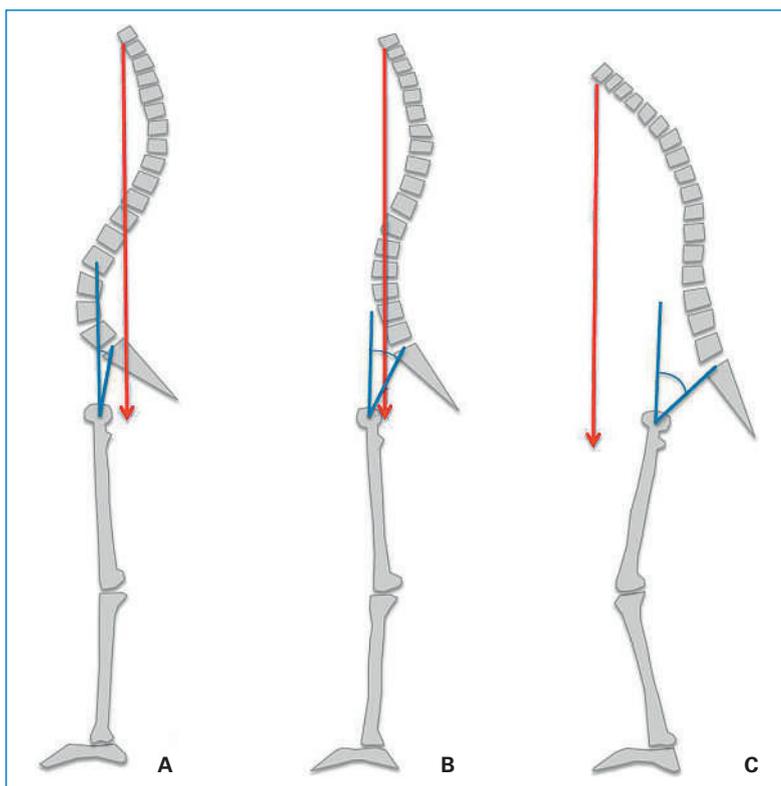
Le concept d'équilibre spino-pelvien résulte de l'interaction des paramètres positionnels et morphologiques. Ainsi, une forte corrélation a pu être établie entre l'incidence pelvienne, la pente sacrée et le degré de lordose lombaire, aboutissant à la formule suivante:  $PI = PT + SS$  [5]. En raison de la nature figée de l'incidence pelvienne, tout changement au niveau de la pente sacrée implique un changement au niveau de la version pelvienne.

Ainsi, chez les personnes en bonne santé, la lordose est modulée en fonction de la pente sacrée, qui a son tour est déterminée par l'incidence pelvienne (fig. 4  [4]. En cas de survenue d'une cyphose croissante suite à une fracture, le tronc est maintenu au-dessus de l'axe



Clement M. L. Werner

Les auteurs ne déclarent aucun soutien financier ni d'autre conflit d'intérêts en relation avec cet article.



**Figure 1**

Mécanismes de compensation d'une cyphose progressive.

**(A)** Situation physiologique, dans laquelle l'aplomb de C7 passe par le bord postérieur de S1.

**(B)** Perte croissante de la lordose et déplacement de l'aplomb de C7 en direction ventrale. La situation est compensée par l'inclinaison du bassin (la version pelvienne augmente, alors que la pente sacrée diminue).

**(C)** Cyphose progressive à l'origine d'un déséquilibre sagittal décompensé suite à l'épuisement des mécanismes de compensation. En plus de la version pelvienne, les genoux doivent être fléchis (modifié d'après [1]).

coxo-fémoral par le biais de mécanismes compensateurs, à savoir augmentation de la pente sacrée (inclinaison du bassin), augmentation de la lordose segmentaire et perte de la cyphose thoracique.

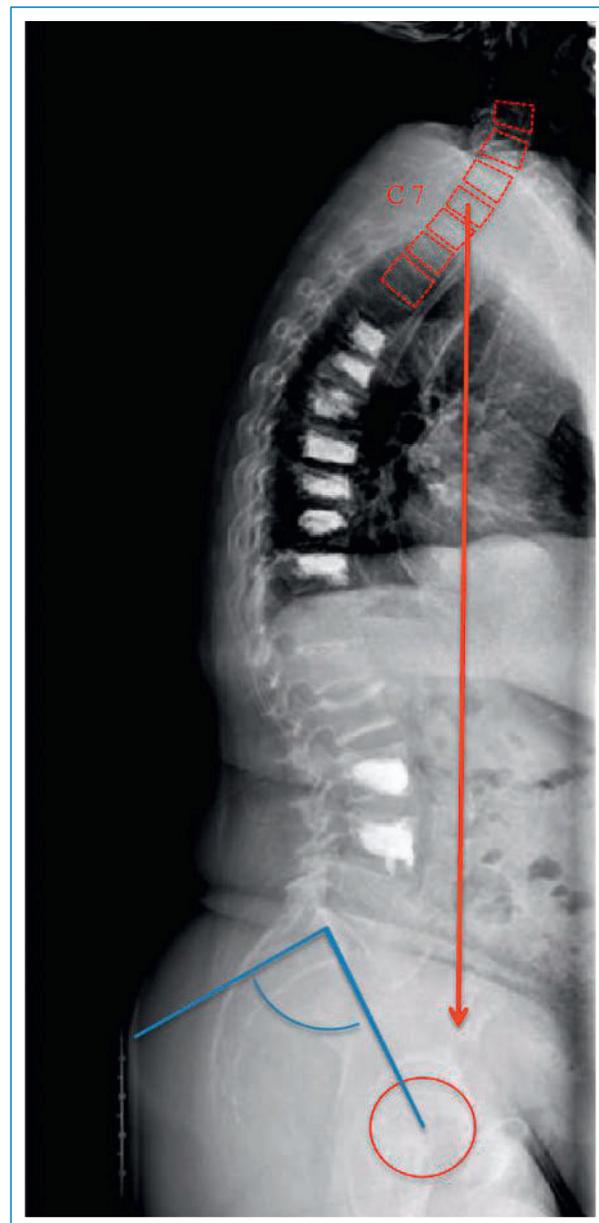
L'ampleur de ces mécanismes de compensation est déterminée par l'incidence pelvienne individuelle, ainsi que par la flexibilité des segments du rachis thoracique et lombaire. Si cette dernière est limitée, par ex. en raison d'altérations dégénératives ou de fusions préalables, la cyphose croissante liée à la fracture est à l'origine d'un déplacement ventral du centre de gravité du corps. A partir d'un certain degré, la rétroversion compensatrice du bassin atteint ses limites, laissant alors place à un déséquilibre sagittal décompensé. Il convient de retenir que les individus présentant une incidence pelvienne élevée sont capables de compenser des altérations plus importantes (type 3 et 4, fig. 4). Par ailleurs, l'ampleur de la compensation dépend de la localisation de la fracture. Plus sa localisation est caudale, plus les répercussions sur l'équilibre sagittal sont grandes et plus la compensation est difficile.

A côté des forces de traction plus importantes au niveau des structures postérieures, la décompensation est à l'origine de forces de compression exercées sur les structures ventrales, le risque de fracture de la vertèbre avoisinante étant alors augmenté de cinq fois [7]. Ce phéno-

mène est également désigné par le terme «vertebral fracture cascade» [8].

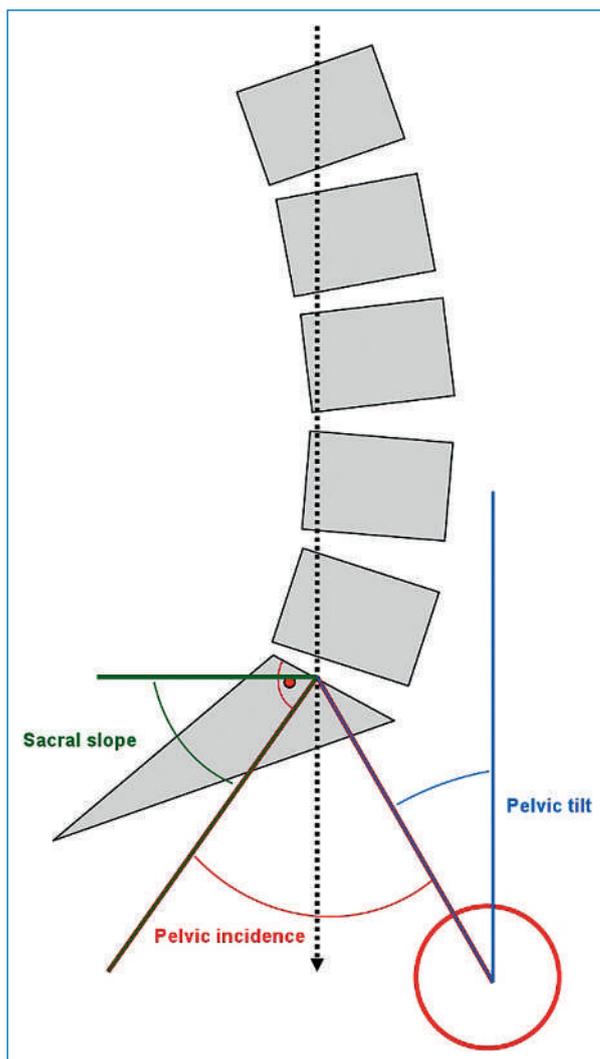
### Conséquences des altérations biomécaniques

Les altérations des propriétés biomécaniques sont à l'origine d'une diminution de la vitesse de marche, d'une modification de l'équilibre, ainsi que d'une fatigue musculaire et d'une insuffisance musculaire prématurées des muscles autochtones [9]. Il en résulte une limitation de la mobilité qui est, quant à elle, responsable d'une dégradation accrue de la structure osseuse [10].



**Figure 2**

Patiente de 75 ans avec ostéoporose sévère et antécédents de fractures vertébrales et de fractures adjacentes multiples. Malgré le déséquilibre sagittal décompensé, elle était asymptomatique, de sorte qu'il a été décidé de ne pas réaliser de chirurgie supplémentaire. En raison de l'incidence pelvienne élevée et de la courbure optimale de la colonne vertébrale, des mécanismes de compensation suffisants assurent une absence de symptômes fonctionnels.



**Figure 3**  
Détermination des paramètres sagittaux pour évaluer la position du bassin par rapport à la colonne vertébrale (modifié d'après [4]).

Toute fracture d'une vertèbre dorsale entraîne une diminution d'environ 9% de la capacité vitale des poumons et ainsi, la fonction pulmonaire se trouve significativement réduite chez les patients victimes de fractures thoraciques ou lombaires [11, 12]. La diminution de la taille corporelle qui est souvent rapportée est d'une part liée à la cyphose progressive et d'autre part à une flexion compensatrice de la hanche ou du genou.

Les vertèbres biconcaves dites de «poisson», qui constituent un autre signe morphopathologique fréquent en cas d'ostéoporose, s'observent préférentiellement dans la zone du rachis lombaire. Leurs répercussions sur les propriétés biomécaniques sont en revanche négligeables.

### Traitement conservateur

Les connaissances de plus en plus importantes au sujet des répercussions biomécaniques des fractures vertébrales ont entraîné un changement des modalités thérapeutiques. Les fractures simples sans perte de taille notable sont toujours traitées en premier lieu par ap-

proche conservatrice. Toutefois, si aucune amélioration sensible des symptômes n'est constatée après une période d'environ quatre semaines, un examen d'imagerie par résonance magnétique devrait être réalisé et le patient devrait être adressé à un chirurgien spécialiste de la colonne vertébrale. En cas de dorsalgies chroniques, l'imagerie «corps entier» de profil du rachis revêt une importance majeure pour détecter d'éventuelles altérations de l'équilibre sagittal et spino-pelvien.

### Traitement chirurgical: objectifs et indications

Les patients présentant des fractures complexes devraient être adressés d'emblée à un spécialiste. Le traitement chirurgical vise d'une part à réduire les douleurs, et d'autre part à rétablir le plus possible l'équilibre sagittal ou, en cas de profil sagittal encore correct, à éviter une accentuation de la déformation.

Pour traiter les douleurs associées aux fractures et prévenir une progression supplémentaire du tassement, des techniques mini-invasives de vertébroplastie et de cyphoplastie (par ballonnets ou stent) se sont imposées comme alternatives à la chirurgie ouverte depuis le milieu des années 1980 (fig. 2 et 5 [6]). Parmi les indications figurent les fractures de compression douloureuses liées à l'ostéoporose sans déficit neurologique, ainsi que les fractures traumatiques stables douloureuses liées à l'ostéoporose lorsque le traitement conservateur n'a pas permis d'obtenir les améliorations souhaitées après environ quatre semaines. Toutefois, une amélioration considérable des symptômes a également été observée durant la phase aiguë, élargissant ainsi l'indication chirurgicale. La cyphoplastie permet aussi, dans une certaine mesure, de redresser le corps vertébral, permettant ainsi une correction de la déformation axiale cyphotique. A cet effet, il est essentiel d'injecter le ciment de sorte qu'il ait une localisation la plus ventrale possible (fig. 5). Dans une étude rétrospective ayant analysé les données de 858 978 patients, le traitement chirurgical percutané a entraîné une réduction significative de la mortalité par rapport au traitement conservateur, même si les résultats de la cyphoplastie n'étaient pas supérieurs à ceux de la vertébroplastie [13].

### Cyphoplastie et vertébroplastie

Pour les deux procédés, le pédicule est dans un premier temps ouvert par le biais d'une incision punctiforme avec une aiguille creuse, puis l'aiguille est introduite au centre du corps vertébral en veillant à obtenir une convergence. La progression de l'aiguille se fait sous contrôle radioscopique simultané en incidence antéro-postérieure et latérale. En cas de vertébroplastie, un ciment fluide est ensuite injecté sous contrôle radioscopique permanent. En cas de cyphoplastie par ballonnets, les ballonnets sont placés au centre du corps vertébral en empruntant les canules introduites par voie pédiculaire. La taille des ballonnets introduits dépend de la taille du corps vertébral (20 mm de longueur avec contenance maximale de 6 ml; 15 mm avec contenance maximale de 4 ml). Les

phases ultérieures sont schématiquement la phase de dilatation et la phase d'augmentation. Sous contrôle radioscopique permanent, les ballonnets sont progressivement gonflés en vérifiant constamment la pression et le volume. En plus d'un redressement du corps vertébral, une cavité intra-osseuse est ainsi créée et le tissu osseux spongieux est comprimé. Une fois le corps vertébral redressé et la cavité formée, les ballonnets sont à nouveau retirés et un ciment est injecté via les canules sous contrôle radioscopique.

En dehors du ciment à base de polyméthylméthacrylate (PMMA) pur, des mélanges de ciments et des ciments phosphocalciques sont également utilisés. Il s'est avéré que ces derniers favorisaient la cicatrisation. Ils sont considérés comme ostéoconducteurs en ce sens qu'ils jouent le rôle d'échafaudage pour la néoformation osseuse. Ils sont bioactifs et se lient directement avec le tissu osseux avoisinant sans former de couche intermédiaire conjonctive. Grâce à leur similarité structurale avec le minéral osseux naturel, ils sont en plus bien tolérés par les tissus. Parmi les inconvénients de ces ciments, il convient de citer la résistance mécanique initialement réduite. Sur ce point, les mélanges de ciments à base de PMMA et d'hydroxyapatite (HA) ont fait leurs preuves. Contrairement au PMMA pur, ces mélanges ont également montré une bonne biotolérance dans des études chez l'animal.

## Résultats de l'augmentation vertébrale

Après augmentation vertébrale percutanée, 90% des patients rapportent une réduction considérable des douleurs [14–16]. L'effet antalgique est imputable à une stabilisation de la structure trabéculaire du corps vertébral.

Par ailleurs, un possible effet cytotoxique/neurotoxique du ciment est discuté: le ciment pourrait entraîner une lésion des terminaisons nerveuses nociceptives au moment de son application et lors du durcissement (réaction exothermique) [17].

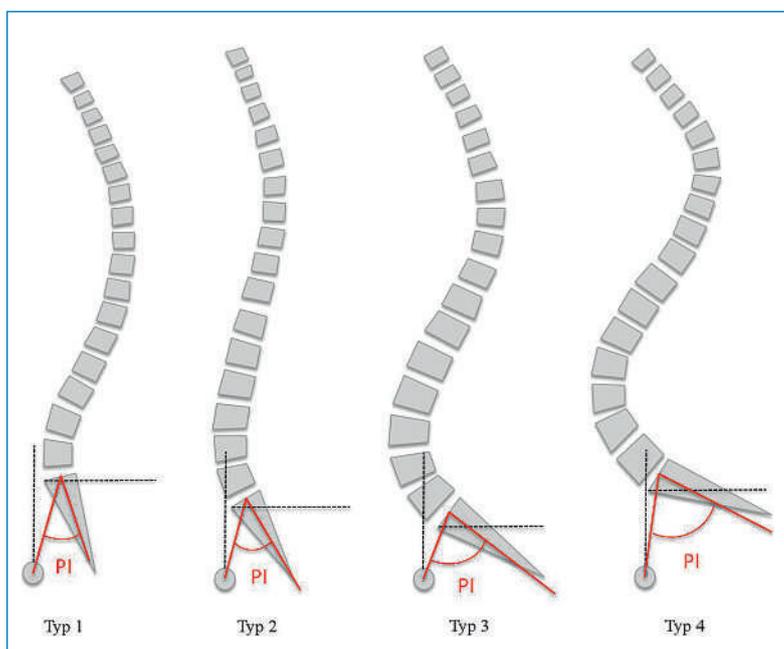
A côté de ces bonnes perspectives de réussite, il convient de signaler un taux de complications de l'ordre de 1%, la grande majorité des complications étant jugées comme légères voire insignifiantes pour les patients [18]. Les fuites de ciment comptent parmi les complications les plus fréquentes [19]. Bien que ces fuites se limitent la plupart du temps à des «défauts esthétiques» radiologiques, elles peuvent dans de rares cas également provoquer des complications pulmonaires et nerveuses [20–22]. Par ailleurs, il y a un risque accru de fractures des segments vertébraux avoisinants. Ainsi, environ un patient sur six est victime d'une nouvelle fracture au cours de l'année suivant le traitement [23]. Les deux tiers de ces fractures concernent des structures directement attenantes [24]. La cause en est une pratique largement répandue qui consiste à remplir au maximum avec du ciment le corps vertébral touché. Le remplissage maximal permet certes une plus grande rigidité vertébrale et une stabilité segmentaire accrue lors des mouvements, mais il augmente les contraintes osseuses au niveau des corps vertébraux avoisinants [25].

## Interventions chirurgicales ouvertes

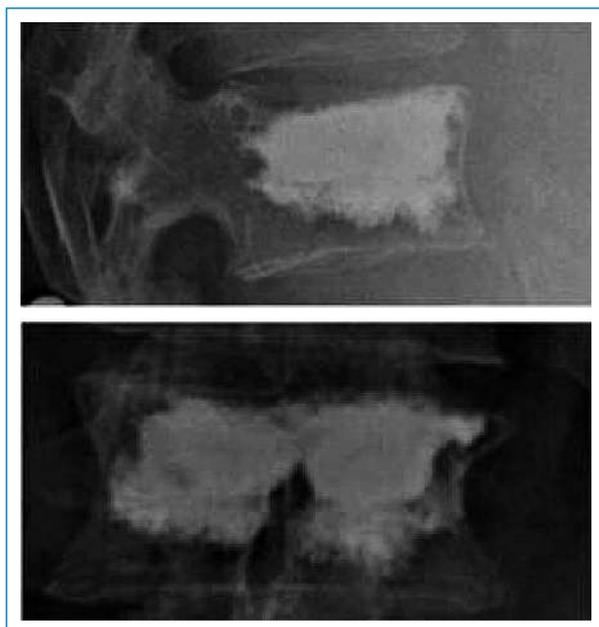
A côté des procédés percutanés, la chirurgie ouverte est également une option thérapeutique envisageable en fonction de la situation individuelle de chaque patient (âge, comorbidités existantes, souffrance et pronostic à long terme). Le principe de base consiste à allonger la colonne ventrale et à raccourcir la colonne dorsale. L'article de Hempfing et al. fournit un aperçu à ce sujet, qui peut permettre de s'orienter [26]. Il convient de retenir que de telles corrections peuvent encore être entreprises après guérison de la fracture.

A cet effet, un relâchement suffisant des structures dorsales et ventrales est nécessaire. Les interventions ventrales sont réalisées par thoracotomie, lombotomie ou thoraco-phréno-lombotomie. Elles peuvent également être réalisées par voie mini-invasive, allant de la simple discectomie à la corpectomie complète avec reconstruction et stabilisation consécutives.

Pour les interventions dorsales également, l'ampleur de la correction souhaitée détermine la technique. Si seules des corrections segmentaires minimales sont requises, une facetectomie est le plus souvent suffisante. De cette manière, il est possible de corriger chaque segment de 2–5°. Si des corrections plus importantes sont nécessaires, une ostéotomie doit être pratiquée. En fonction de la technique utilisée, des corrections de 5–40° peuvent être obtenues. L'ostéotomie de soustraction pédiculaire permet d'obtenir les plus grandes corrections en cas de cyphoses courtes. Elle consiste à retirer un coin osseux des éléments dorsaux et du corps vertébral, avec résection des lames et des pédicules des deux côtés. A l'issue de l'ostéotomie, il faut veiller à une fermeture lente afin d'éviter les lésions neurologiques, qui sont causées par



**Figure 4**  
Le degré de lordose lombaire dépend de la pente sacrée, qui a son tour est déterminée par l'incidence pelvienne. Les patients présentant une incidence pelvienne élevée (types 3 et 4) sont capables de compenser des altérations plus importantes (modifié d'après [1]).



**Figure 5**

Dans le cadre de la cyphoplastie, il est indispensable d'injecter le ciment de sorte qu'il ait une localisation la plus ventrale possible afin d'éviter une progression de la cyphose.

une instabilité antéro-postérieure translationnelle. En revanche, le risque de lésion neurologique est plus faible après ostéostomie de Ponte (résection partielle des facettes supérieures et inférieures) ou après ostéotomie de Smith-Petersen (résection segmentaire interlaminaire en V). Pratiquées de manière multisegmentaire, ces deux techniques constituent le traitement de choix en cas de cyphose longue.

La spondylodèse consécutive à l'ostéotomie devrait viser à l'obtention d'une stabilité primaire la plus élevée possible [27]. En particulier pour les fractures ostéoporotiques, il convient de veiller à une longueur et à une rigidité suffisantes des instruments utilisés.

## Conclusion

Les fractures vertébrales ostéoporotiques sont à l'origine de douleurs, qui limitent considérablement la mobilité des patients le plus souvent âgés. Par ailleurs, elles sont associées à des taux de morbidité et de mortalité élevés, qui résultent d'une cyphose progressive entraînant des altérations des propriétés biomécaniques. Afin d'obtenir de bons résultats à long terme, il paraît indispensable d'interrompre la cyphose et de rétablir l'équilibre sagittal et spino-pelvien. Il serait intéressant de pouvoir prédire, en fonction du type de fracture, le risque de développer une cyphose post-traumatique pertinente afin de pouvoir adapter individuellement l'ampleur du traitement nécessaire. D'après nous, une consultation chez un chirurgien spécialiste de la colonne vertébrale s'impose pour tous les patients qui sont immobilisés en raison de leurs douleurs, qui souffrent d'une cyphose progressive associée à un déséquilibre ou qui présentent une sténose du canal rachidien.

### Correspondance:

Dr Max Joseph Scheyerer  
 UniversitätsSpital Zürich  
 Klinik für Unfallchirurgie  
 Rämistrasse 100  
 CH-8006 Zürich  
[maxjscheyerer\[at\]gmx.ch](mailto:maxjscheyerer[at]gmx.ch)

### Références supplémentaires

- Roussouly P, Berthonnaud, Dimnet J. [Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2003;89(7): 632-9.
- Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, Nicolas P. Pelvic parameters: origin and significance. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:564-71.
- Duval-Beaupere G, Schmidt C and Cosson P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng.* 1992;20(4):451-62.
- Hempfing A, Zenner J, Ferraris L, Meier O, Koller H. [Restoration of sagittal balance in treatment of thoracic and lumbar vertebral fractures]. *Orthopaed.* 2011;40(8):690-702.

La liste complète des références se trouve sous [www.medicalforum.ch](http://www.medicalforum.ch).