



UNIVERSITE LILLE 2 DROIT ET SANTE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2017

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Analyse des fractures de tiges après arthrodèse vertébrale dans les
scolioses de l'enfant et de l'adolescent**

Présentée et soutenue publiquement le 19 Juin 2017 à 16H00
au Pôle recherche de la Faculté de médecine de Lille

Par Matthieu Baudoux

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Bernard Herbaux

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Henri Migaud

Monsieur le Docteur Eric Nectoux

Monsieur le Docteur Emmanuel Ucla

Directeur de Thèse :

Monsieur le Docteur Damien Fron

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Liste des abréviations

CD : Cotrel-Dubousset

DTT : Dispositif de Traction Transversale

IP : Incidence Pelvienne

PS : Pente Sacrée

VP : Version Pelvienne

Vertèbres :

T : Thoracique

L : Lombaire

Suivie du numéro de la vertèbre

PACS : Pictures Archive Communication System

PES : Potentiels Evoqués Somesthésiques

PEMN : Potentiels Evoqués Moteur

Table des matières

Introduction	1
Notions Fondamentales	3
I. Types de scolioses.....	3
II. Histoire de la chirurgie scoliotique	5
III. Principe du traitement chirurgical.....	14
IV. Evaluation radiologique des scolioses	18
A. Les paramètres frontaux.....	18
B. Les paramètres sagittaux	22
C. Les paramètres pelviens	23
V. Indications opératoires.....	24
VI. Complications des scolioses	26
A. Evolution naturelle	26
B. Complications post-opératoires	26
1. Déficit neurologique	27
2. Sepsis.....	27
3. Décès	27
4. Embolie pulmonaire.....	27
5. Hématome post-opératoire.....	27
6. Inesthétisme	27
7. Complications liées au matériel	28
VII. Objectif de l'étude.....	29
Matériels et méthodes	30
I. Méthodologie	30
II. Recueil de données cliniques	33
III. Recueil de données radiologiques	33
IV. Population : caractéristiques	36
A. Sexe	36
B. Age moyen lors de l'intervention.....	36
C. Catégorie de poids	37
D. Type de scoliose.....	37
E. Fractures de tige dans notre population	38
F. Comparaison entre le groupe inclus et exclus	38
V. Analyses statistiques	39
Résultats	40
I. Clinique.....	40
A. Sexe	40
B. Catégorie de poids	40
C. Type de scoliose.....	41
D. Opérateur	41
II. Angulations	42
A. Angles frontaux, sagittaux et pelviens	42

B.	Angle de Cobb sus et sous-jacent au montage	42
C.	Equilibre frontal.....	43
D.	Données appariées	43
III.	Matériel	45
A.	Nombre d'implants.....	45
B.	Nombre de crochets	46
C.	Nombre de Vis pédiculaires.....	46
D.	Vissage sacré	46
E.	Nombre de DDT	46
F.	Nombre d'étages vertébraux arthrodésés	47
G.	Longueur moyenne de tige	47
H.	Ecart maximal entre 2 implants	47
I.	Type de métal employé	48
IV.	Données des patients avec fracture de tige	49
Discussion	.....	51
I.	Comparaison des données de notre population avec celle de la littérature ..	51
II.	Comparaison du taux de fracture de tige de notre étude avec la littérature ..	52
III.	Biais de l'étude.....	53
A.	Biais de sélection.....	53
B.	Biais de classement.....	54
C.	Insuffisance de l'étude du fait du caractère rétrospectif de l'étude	54
IV.	Discussion des données et comparatif avec les données d'Akazawa	57
V.	Discussion sur les angulations.....	58
A.	Angles frontaux et sagittaux	58
B.	Angles pelviens	58
C.	Equilibre frontal.....	58
D.	Données appariées	59
VI.	Comparaison de nos données sur le matériel avec les études de biomécaniques	59
A.	Type de métal	60
B.	Diamètre du métal	60
C.	Technique de réduction	60
VII.	A propos des implants	61
Conclusion	.....	63
Références bibliographiques	.....	65
Annexes.....	.....	71
Annexe 1 : courbe de croissance du Garçon.....	.....	71
Annexe 2 : courbe de croissance de la Fille .....	.....	72

INTRODUCTION

La scoliose infantile est une pathologie fréquente, dont la prévalence dans le monde varie selon les études entre 1.5 et 3% (1–4), responsable d'une déformation tridimensionnelle du rachis.

Connue depuis l'antiquité, on doit l'étymologie du mot scoliose à Galien qui parle à l'époque de « *skôlios* » signifiant « tortueux » en grec. De l'antiquité jusqu'à nos jours, la scoliose a fait l'objet de nombreuses tentatives de traitement visant à réduire la déformation rachidienne avec plus ou moins de succès.

Aujourd'hui le traitement inclus de la kinésithérapie, des corsets et enfin la chirurgie. Seule la chirurgie permet un arrêt définitif de la progression de la scoliose. Le but du traitement chirurgical est la correction des déformations du rachis dans les 3 plans de l'espace, par le biais d'une fusion osseuse par arthrodèse vertébrale. Il s'agit d'obtenir le meilleur équilibre possible, tout en limitant la raideur du rachis induite par le nombre de vertèbres concernées par la fusion.

Cette technique chirurgicale s'est constamment améliorée jusqu'à nos jours. Actuellement la méthode de référence employée est celle de Cotrel et Dubousset (c'est la technique employée dans le service). La déformation rachidienne est corrigée à l'aide d'implants vertébraux tel que crochets, vis ou clamps sous lamaires qui sont reliés entre eux par 2 tiges en métal de part et d'autre de la vertèbre.

Le traitement chirurgical est lourd et peut impliquer de nombreuses complications à plus ou moins long terme : lésion nerveuse, sepsis, embolie pulmonaire, pseudarthrose, mobilisation du matériel, douleurs résiduelles,

inesthétisme... (aux alentours de 10% de reprise chirurgicale dans 2 séries de scoliose idiopathique (5,6)), ainsi qu'un enraidissement définitif du rachis.

Parmi les complications concernant le matériel, la fracture de tige a fait l'objet de peu d'études. Pourtant sa survenue peut nécessiter une reprise chirurgicale du fait d'une perte progressive des corrections obtenues initialement sur les courbures.

Un seul travail recensant les fractures de tige (7) a été porté à notre connaissance mais il souffre de nombreux biais comme le mélange de patients enfants et adultes.

L'objectif de ce travail est de revoir les scolioses traitées par arthrodèse vertébrale postérieure dans le service de 2000 à 2014, ceci afin de déterminer les facteurs cliniques et paracliniques pouvant prédire le risque de survenu d'une fracture de tige. Il devra permettre également de dégager des pistes de réflexion pour éviter ce type de complication à terme.

NOTIONS FONDAMENTALES

La scoliose est une famille hétérogène de déformation rachidienne consistant en un déplacement relatif et progressif d'un élément constitutif, la vertèbre, par rapport à son adjacent, se produisant dans les trois plans de l'espace (frontal, sagittal, coronal) sans perte de la continuité ostéo-ligamentaire et se développant sur tout ou partie de la colonne vertébrale, essentiellement pendant la période de croissance.

Elle est reconnue communément comme étant une déviation dans le plan frontal du rachis de plus de 10° (8).

Une scoliose idiopathique est une déformation structurale du rachis indépendante de tout autre état morbide. Elle se différencie des scolioses secondaires dont la cause est reconnue (neurologique, malformative, tumorale...).

I. Types de scolioses

La scoliose peut être isolée ou s'intégrer dans un large éventail de pathologies diverses :

- **Idiopathique** (58% des scolioses selon la série de Reames et al (9)) :

La scoliose idiopathique affecte en moyenne 1 à 3% de la population des 10-15 ans (10,4,11). Plus l'angulation est importante, plus le sex-ratio penche vers une prédominance féminine (12): soit 1/1 entre 5 et 10° ; 2 à 4/1 entre 10 et 20° ; enfin 8 à 10/1 pour des courbures au-delà de 30°.

Elle est donc le type le plus fréquent et correspond à une scoliose isolée dont aucune étiologie n'a pu y être attachée suite au bilan clinique et paraclinique.

Les scolioses idiopathiques sont classées selon l'âge de sa découverte, ce qui constitue un facteur majeur de pronostic (13) :

- 1-3 ans : **scoliose infantile**
- 3-7 ans : **scoliose juvénile 1**
- 7-11 ans : **scoliose juvénile 2**
- 11 ans au début de la puberté : **scoliose juvénile 3**
- à partir du début de la puberté : **scoliose de l'adolescent**. Celle-ci peut être subdivisée en scoliose pubertaire (du début de la puberté aux premières règles) et scoliose post-pubertaire (après les premières règles).

90% des scolioses idiopathiques n'auront pas d'évolution en terme de courbure, à l'inverse 10% seront évolutives (14).

- **Malformatives** (5% des scolioses selon la série de Reames et al (9)) :

Ses scolioses ont fait l'objet de plusieurs travaux de 1973 à nos jours visant à les grouper sous forme de classifications (15–19) basées sur la notion d'anomalies de l'embryogénèse du rachis et classifiées comme tel :

- Par défaut de formation vertébrale : hémivertèbre, absence d'une vertèbre, vertèbre cunéiforme, défaut de formation de l'arc postérieur (ex : spina bifida)...
- Par défaut de segmentation vertébrale : blocs complets ou incomplets
- Défauts mixtes

Elles peuvent s'intégrer dans le cadre de syndrome polymalformatif.

- **Neuromusculaire** (17% des scolioses selon la série de Reames et al (9)) : La scoliose est la conséquence d'une affection neurologique ou musculaire tel que : La poliomyélite, la dystrophie musculaire de Duchenne de Boulogne, l'amyotrophie spinale infantile, l'infirmité motrice cérébrale, les myotonies, la maladie de Charcot Marie Tooth, l'ataxie de Friedreich, les spina bifida...

- **La neurofibromatose de Von Recklinghausen** : elle est responsable d'une dystrophie osseuse pouvant atteindre plusieurs vertèbres. La déformation sévère touche un petit nombre de vertèbres.

- **Tumeurs** (0.27% des scolioses selon la série de Reames et al (9)) : Une scoliose raide et douloureuse doit toujours faire rechercher une tumeur évolutive déviant le rachis : ostéome ostéoïde, sarcome d'Ewing, tumeurs médullaires...

- **Syndromiques/affections génétiques** : les scolioses dans le cadre d'hyperlaxité type Marfan ou Ehlers-Danlos, ostéochondrodysplasies, maladies de surcharge...

II. Histoire de la chirurgie scoliotique

La scoliose est une pathologie connue de longue date, Hippocrate est l'un des tout premiers à l'avoir décrite. Il propose alors un traitement par élongation et application de pression latérale avec une force appliquée aux niveaux des creux axillaires et aux membres inférieurs. Pour appliquer ces élongations un cadre de traction en position ventrale avec une compression par un levier transversal était employé : le lit *Scannum* (figure 1).

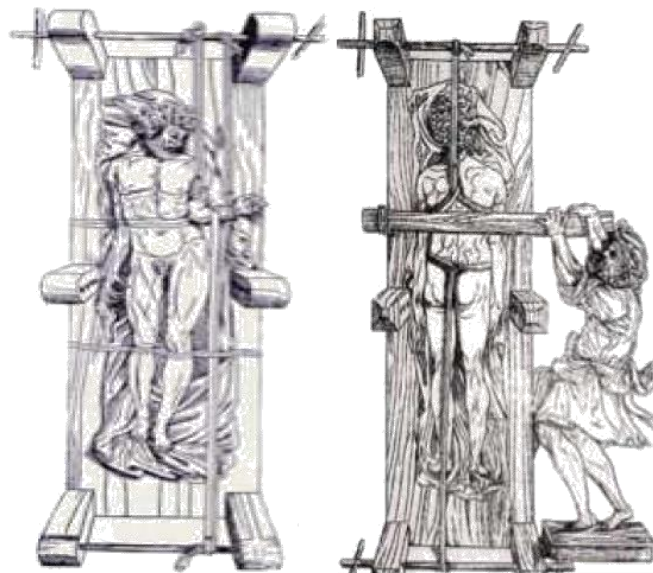


Figure 1 représentation du lit Scannum

Par la suite le principe du traitement resta le même, avec des ajouts et améliorations diverses.

Un autre personnage illustre intervient alors, il s'agit d'Ambroise paré qui en 1550 propose l'ancêtre des orthèses (figure 2) : « ces corselets en fer délié, lesquels sont troués afin qu'ils ne pèsent pas tant, et surtout si bien appropriés et embourrés qu'ils ne blesseront aucunement : lesquels seront changés souventes fois si le malade n'a accompli ses trois dimensions ; et à ceux qui croissent, les faudra changer de trois mois en trois mois, plus ou moins, ainsi que l'on verra être nécessaire : car autrement en lieu de faire un bien on feroit un mal. La figure du corselet est telle. »

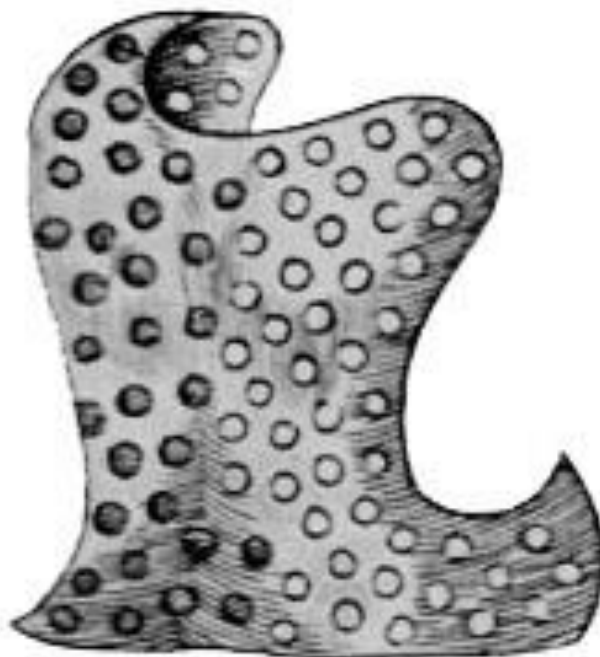


Figure 2 représentation du corselet d'Ambroise paré

Le débat des siècles qui suivront portera essentiellement sur la façon d'appliquer les principes d'Hippocrate : à savoir l'élongation et si il faut y appliquer ou pas une force transversale. On ne parle pas alors encore de dérotation.

Le 19^e siècle voit apparaître l'anatomopathologie et la critique des maisons de redressement sur l'efficacité des procédés divers employés. Il voit également apparaître la cinésithérapie ou gymnastique avec l'aide d'appareil visant à entretenir la musculature dorsale et lutter contre la déformation progressive du dos.

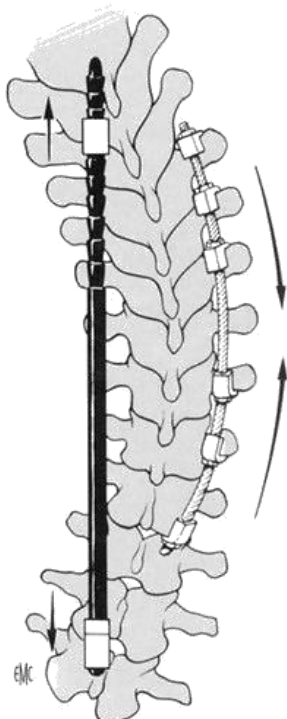
Enfin le 20^e siècle voit l'essor de la chirurgie et avec elle les premiers traitements efficaces de la scoliose. Nous en dénombrons quatre :

- Les corsets correcteurs et de maintien
- La correction par Halo
- La chirurgie postérieure
- La chirurgie antérieure

La chirurgie de la scoliose intervient lorsque les traitements précédents employés, la kinésithérapie ou les traitements par corset deviennent insuffisants à contrôler la progression de la déformation.

La technique princeps consiste à stabiliser le rachis en procédant à une fusion osseuse des vertèbres entre elles de façon à empêcher toute progression future

Les premiers traitements chirurgicaux d'arthrodèse intervertébrale ont été effectués sans instrumentation par voie postérieure, Albee, Calot puis Hibbs ont été les premiers à décrire une technique de fusion osseuse par apport de greffon osseux sans instrumentation (20,21). Elle nécessitait le maintien d'une position allongée pendant plusieurs mois.



En 1962, Harrington (22) propose une instrumentation métallique (Figure 3 A et B) en distraction. Pour cela il dispose une tige de part et d'autre de la courbure fixé à chaque extrémité par des crochets. Associé au procédé de distraction, un système de compression était mis en place sur la convexité de la courbure par le biais de crochets plus petits, disposés sur les processus transverses de part et d'autre de la courbure. Un avivement des arcs postérieurs avec prélèvements cortico-spongieux provenant des crêtes iliaques était effectué afin d'obtenir une fusion osseuse. La verticalisation du patient était alors possible mais nécessitait le port d'un corset pendant 1an.

Figure 3 A Schéma du Harrington (EMC)

La déformation était alors réduite et le rachis fixé. Cependant cela était responsable de cyphose au niveau de la zone instrumentée et de fracture de matériel du fait de contraintes importantes imposées à cette tige unique (23,24). Le principe seul de distraction et de compression sur un seul plan frontal ne suffisait pas à corriger la déformation tridimensionnelle du rachis, de plus il était souvent insuffisant face aux courbures importantes et le bras de levier que cela impliquait.



Figure 3 B Radiographie provenant de national scoliosis association

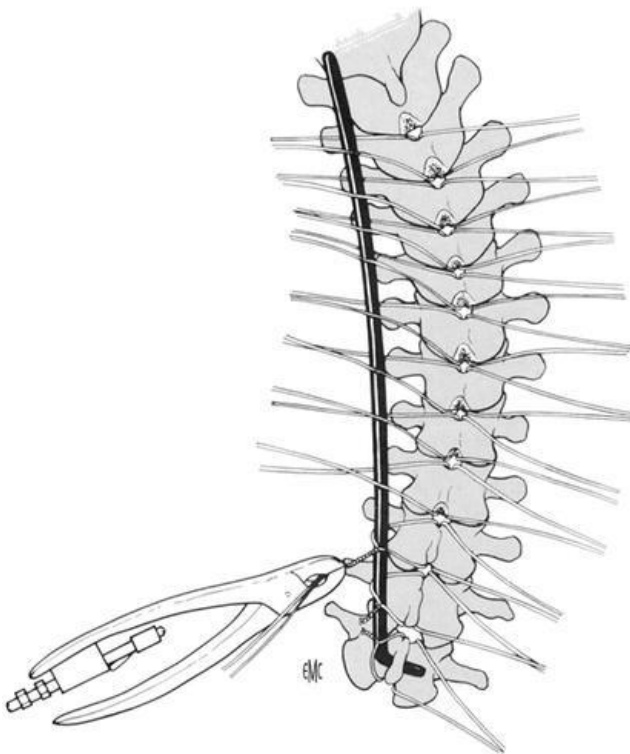


Figure 4 Schéma du montage de Luqué

En 1982 Luqué (25) imagine un montage segmentaire (figure 4 et Figure 5) avec deux tiges et des implants vertébraux à type de cerclage mis en place à tous les étages vertébraux ce qui permettait de mieux répartir la contrainte mécanique de correction et de réduire au mieux le bras de levier en rapprochant le sommet de la courbure de l'équilibre frontal du rachis. L'intérêt de cette technique était l'apport de tige précintrée corrigeant ainsi à la fois le plan frontal et sagittal et l'adjonction de cerclages permettant une correction progressive.

Cependant la rotation vertébrale restait non corrigée dans cette technique.

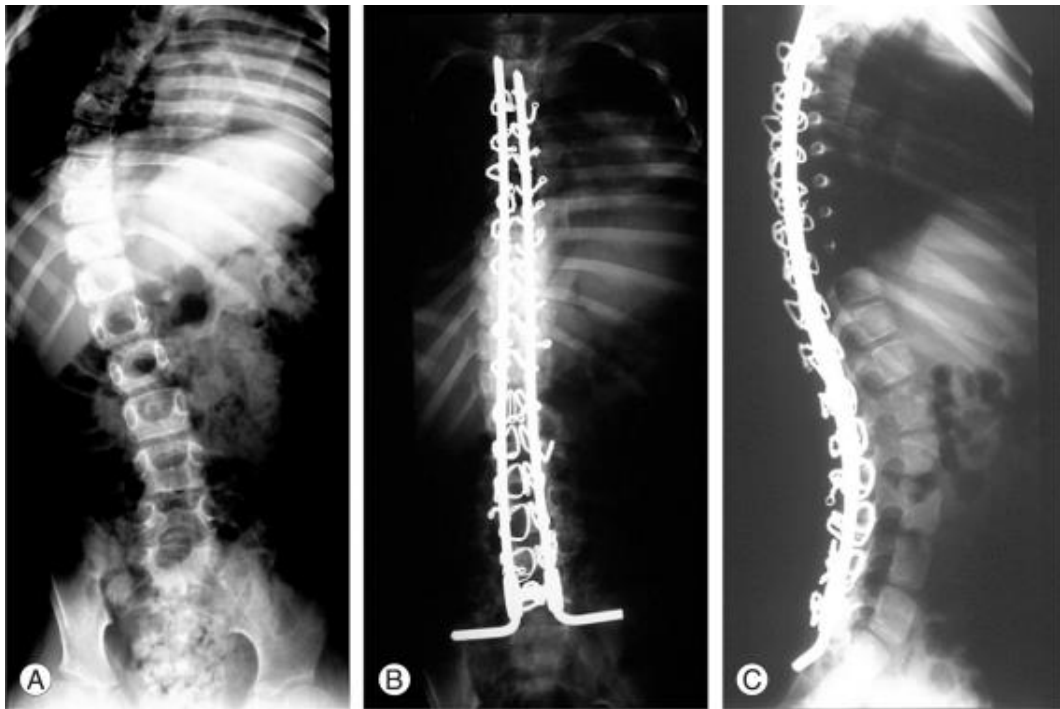


Figure 5 Radiographies pré et post-opératoire du montage selon Luqué



La véritable correction tridimensionnelle a pu être obtenue par l'instrumentation de Cotrel et Dubousset (CD) (26). Elle emploie 2 tiges verticales cintrées (figure 6 et 13) avec une prise vertébrale étagée par le biais de crochets dans un premier temps puis par la suite des vis pédiculaires et des clamps. Elle permet par la rotation de la tige l'obtention d'une correction de la rotation vertébrale. Dans un second temps le montage était stabilisé par des dispositifs de traction transversale appelée DTT formant ainsi une structure en « cadre ».

Le principe de la technique est d'exercer une force de correction sur le rachis par le biais d'implants rachidiens maintenus entre eux par une tige.

Figure 6 schéma d'un montage CD avec une vue du cadre formé par les DDT en place.

Les tiges utilisées sont au nombre de deux. Elles sont métalliques et 3 alliages sont utilisés (figure 7) :

- Inox
- Titane commercialement pur ou un alliage
- Chrome Cobalt



Figure 7 Différents types de tige employés

Le diamètre des tiges est également variable et s'échelonne de 3.5mm jusqu'à 6.35mm.

Le choix du métal et du diamètre se fait en fonction de la rigidité que l'on souhaite apporter à son montage. Un montage avec une trop grande souplesse pourrait amener à une perte des corrections obtenues pendant l'intervention. A l'inverse, une trop grande rigidité entrainerait une perte de densité osseuse des vertèbres du fait d'une modification du passage des forces et d'une moindre sollicitation du rachis qui à terme peut engendrer des fractures vertébrales ou un défaut de fixation des vis pédiculaires (27,28).

L'application de la force de correction se fait par 4 moyens :

- **Rotation de la tige précintrée** (figure 8): la tige est cintrée pour épouser la courbure dans le plan coronal, la rotation de la tige concave à 90° vers le plan sagittal entraîne les vertèbres. La deuxième tige convexe stabilise le montage.

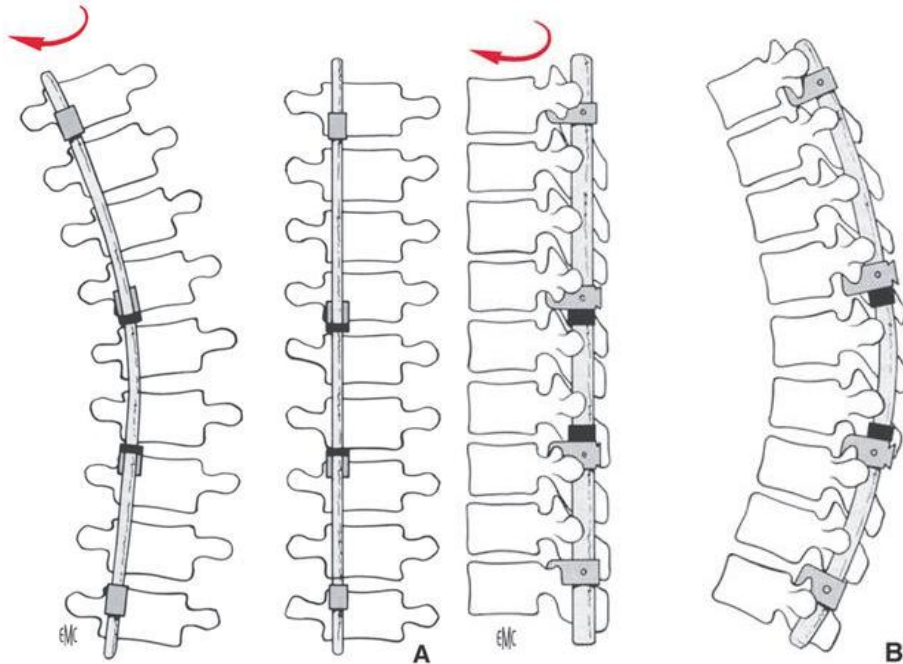
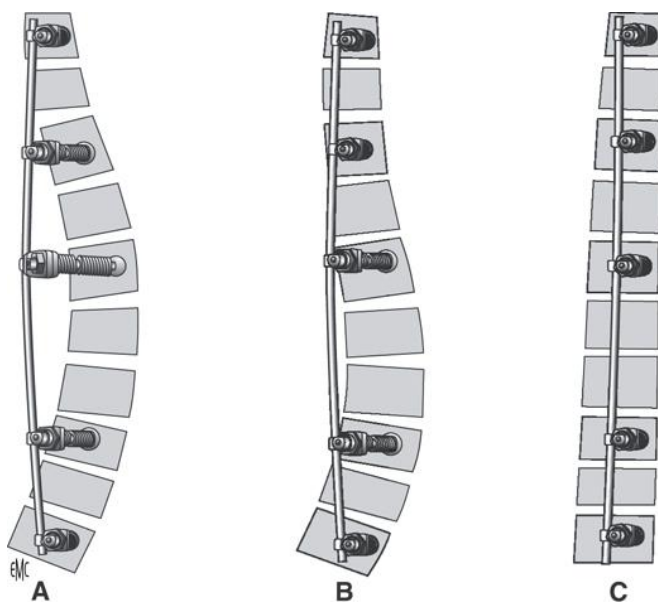


Figure 8 Principe de correction d'une déformation scoliotique par rotation de la tige.



- **Translation postéromédiale des implants** (figure 9) : elle place d'emblée dans le plan sagittal les tiges cintrées selon le profil voulu, les implants sont ensuite amenés progressivement (nécessité d'implants adaptés : vis tulipes à bras longs, à axe fileté...)

Figure 9 Avec la translation, la correction est obtenue par serrage progressif des écrous sur la totalité des implants.

- Déformation progressive de la tige par **cintrage in situ** (figure 10): on cintré progressivement la tige à l'aide de fer à cintrer dans les implants pour donner au rachis la forme finale voulue dans son plan sagittal.

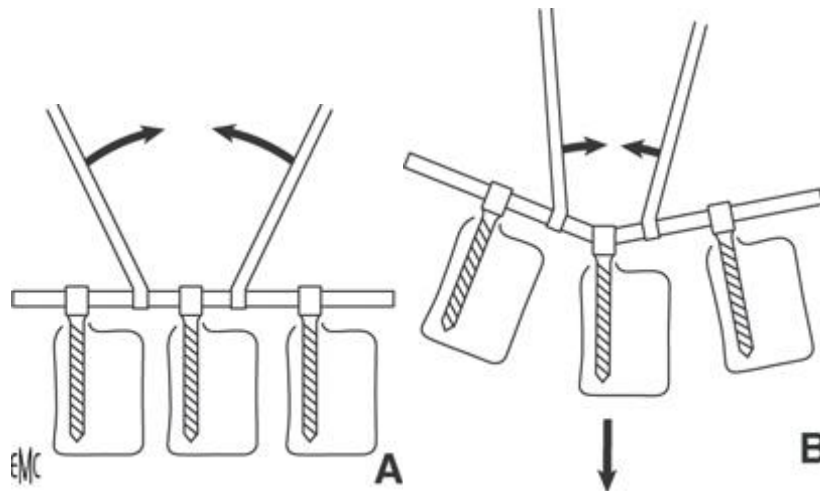


Figure 10 l'action du cintrage dans le plan sagittal. Les fers à cintrer sont de part et d'autre de l'implant (A). Le cintrage (B) permet de lordoser le rachis.



- **Réduction de proche en proche** « cantilever » (figure 11) : on ramène les implants sur la tige de proche en proche en se servant du persuadeur en partant de la convexité de la courbure lombaire.

Figure 11 application du persuadeur qui introduit la tige dans l'implant maintenu par le vissage d'un boulon.

La correction n'implique pas forcément toutes les vertèbres mais concerne simplement les vertèbres stratégiques qui sont situées à l'apex de la déformation et aux extrémités de chaque courbure (figure 12).

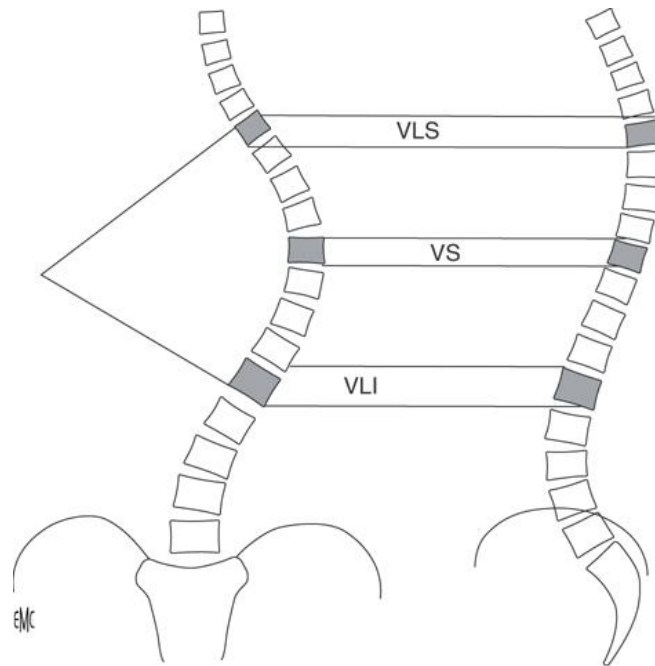


Figure 12 vertèbre limite de la courbure (VLS : vertèbre limite supérieure, VS : vertèbre sommet, VLI : vertèbre limite inférieure)

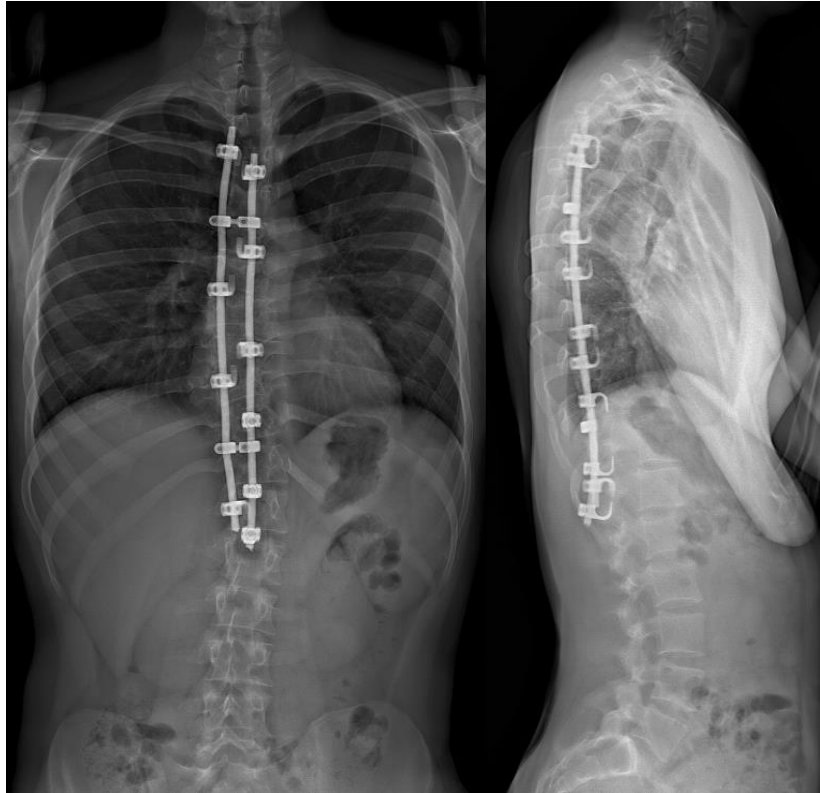


Figure 13 Radiographie de face et de profil d'un Montage CD

III. Principe du traitement chirurgical

La technique décrite est celle qui est réalisée dans notre service.

L'instrumentation CD LEGACY™ 5,5 Titane (MEDTRONIC) est l'instrumentation actuellement utilisée pour les interventions.

Le patient est installé en décubitus ventral sur cadre en H. Un repérage préalable des épineuses des vertèbres peut-être effectué à l'aide d'un amplificateur de brillance (figure 14).

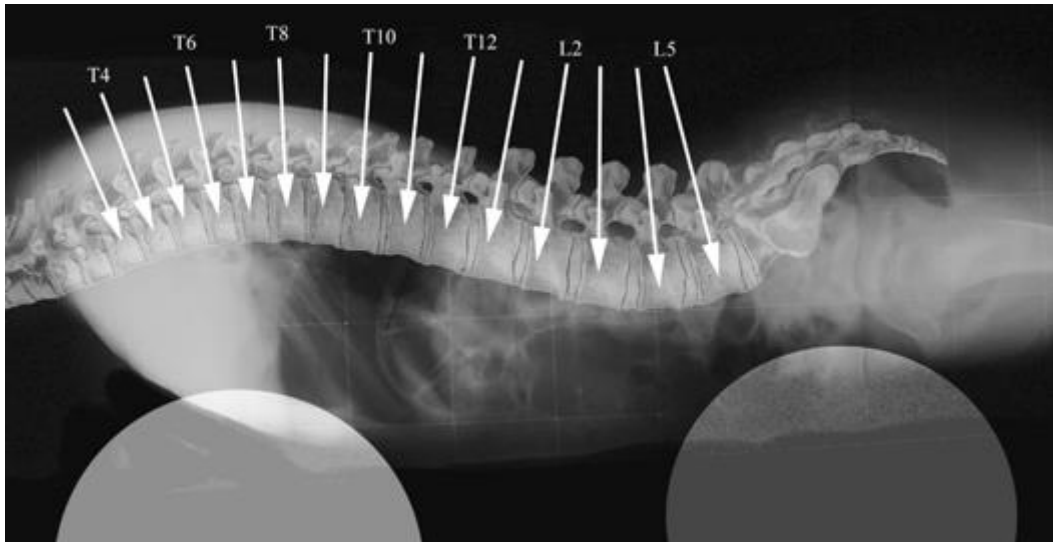
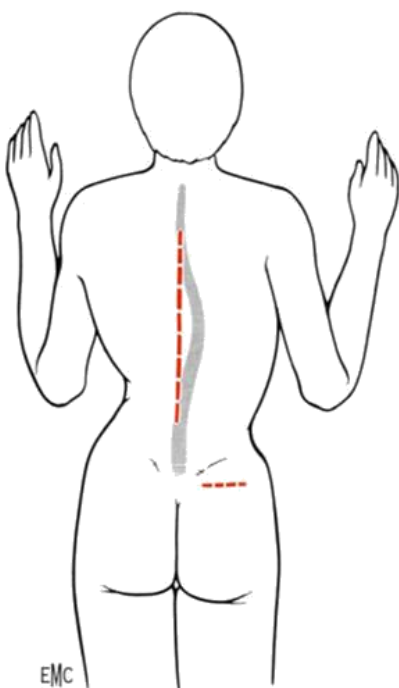


Figure 14 Un repérage du rachis de profil réalisée après l'installation du patient en décubitus ventral permet d'apprécier la dernière vertèbre à instrumenter.

Une électrode est introduite au cours de l'intervention dans le canal médullaire au contact de la moëlle après la réalisation d'un espace à travers le ligament jaune à la partie supérieure du rachis (techniquement au-dessus de l'instrumentation). D'autres électrodes sont disposées sur le crâne et les membres inférieurs afin de surveiller les Potentiels Evoqués Somesthésiques (PES) et Potentiels Evoqués Moteurs Neurogènes (PEMN) lors de l'intervention et en particulier lors de la correction des courbures. L'abord est postérieur au bistouri froid et suit la ligne des épineuses le long du segment prédéterminé pour l'arthrodèse vertébrale.



L'incision est médiane et longitudinale (figure 15). La dissection progressive des muscles paravertébraux se fait au bistouri électrique et à la rugine de Cobb et laisse apparaître les processus épineux puis les lames, les massifs articulaires des vertèbres (figure 16 A) et enfin les processus transverses (figure 16 B).

Figure 15 en pointillé rouge, la voie d'abord postérieure du rachis

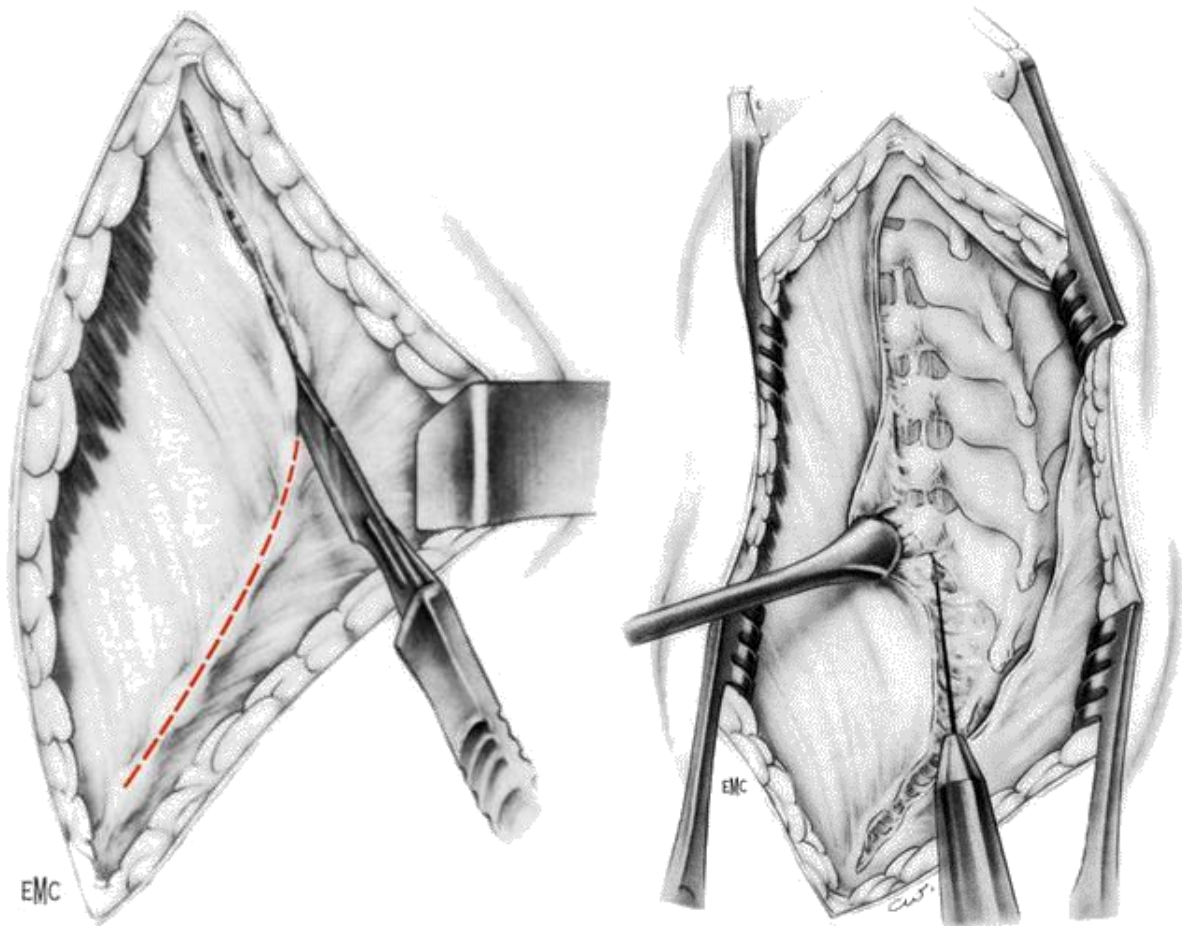


Figure 16 A et B incision sur les épineuses puis décollement des insertions musculaires sur les lames à la rugine de Cobb

Une fois la partie postérieure des vertèbres dégagée, l'instrumentation débute et est réalisée à l'aide de crochets, de vis pédiculaires ou de clamps sous-lamaires. Parfois un vissage sacré est nécessaire lorsque le montage doit comprendre une fixation au bassin en descendant l'arthrodèse jusqu'au sacrum. Les limites d'instrumentation soit la première vertèbre et la dernière vertèbre instrumentée sont déterminées avant l'intervention.

Une fois les implants posés, une première tige est mise en place afin d'effectuer la correction selon les techniques décrites précédemment. La deuxième tige est alors mise en place et la correction est adaptée si nécessaire. Les tiges sont introduites dans les implants à l'aide du persuadeur. Enfin deux Dispositifs de Traction Transversale (DDT) sont appliqués à la partie supérieure et inférieure du montage

entre les 2 tiges afin de rigidifier celui-ci. L'arthrodèse proprement dite est alors effectuée en disposant les fragments osseux des épineuses précédemment fragmentés associés à de l'hydroxyapatite sur l'arc postérieur avivé afin de permettre une fusion osseuse entre les vertèbres.

La fermeture se fait plan par plan sans drainage. Un surjet intra-dermique au fil résorbable est effectué. Le déroulé de l'intervention est résumé ci-dessous (figure 17).

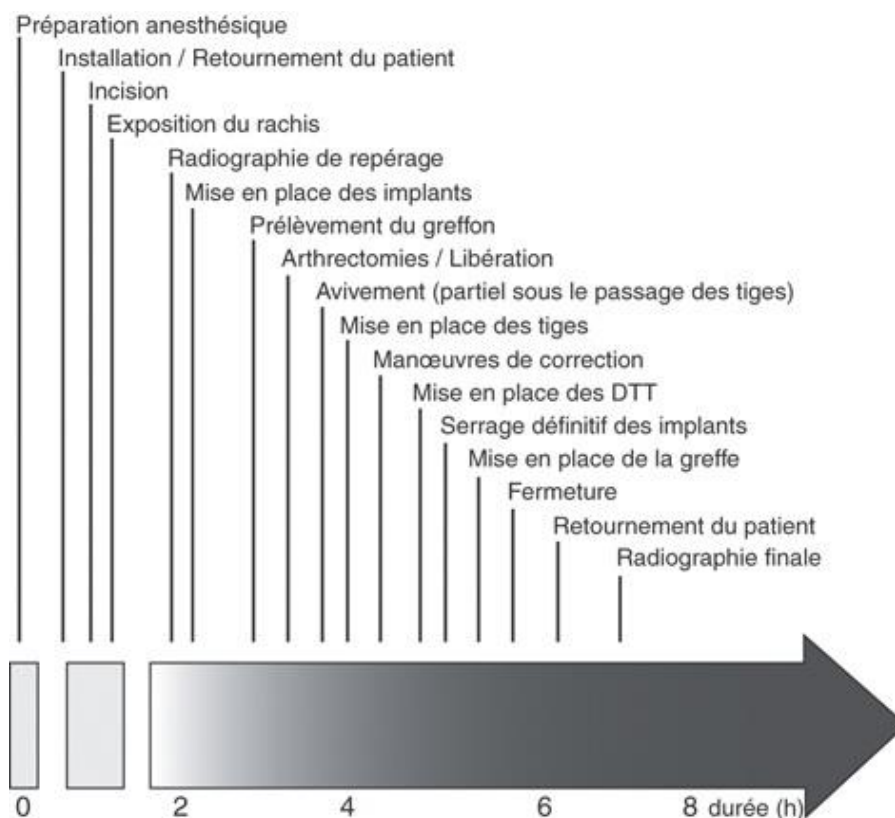


Figure 17 déroulement d'une intervention telle que décrite par Vialle dans l'EMC 2012

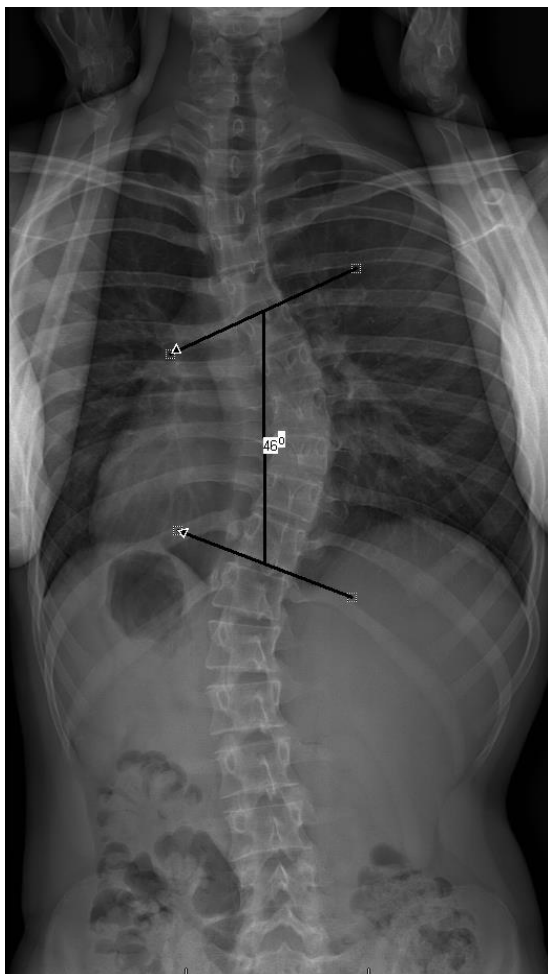
IV. Evaluation radiologique des scolioses

A. Les paramètres frontaux

Les premiers éléments radiologiques pour évaluer une scoliose furent historiquement les paramètres frontaux.

Bien qu'étant une déformation tridimensionnelle, la scoliose est évaluée essentiellement sur des critères 2D, par le biais d'angle (calculé en degré) permettant d'effectuer le suivi de celle-ci et de déterminer les indications chirurgicales.

L' angle de Cobb (figure 18): C'est l'angle décrit par Cobb et Lipmann en 1940 (29), formé par l'intersection des droites tracées depuis le plateau supérieur de la vertèbre limite supérieure et le plateau inférieur de la vertèbre limite inférieure (figure 4). Celui-ci peut être calculé sur chaque courbure que présente le rachis. **Il permet**



d'évaluer la progression des courbures, leur correction après traitement et l'équilibre global du rachis (angles de Cobb sus et sous-jacents au montage.

L'angle de Cobb présente une reproductibilité inter et intraobservateur comprise entre 3° et 7° (Morrissy et al. 1990 (30)).

Figure 18 Angle de Cobb thoracique

Le bending (figure 19): Ce sont des clichés réalisés en inclinaison latérale gauche et droite maximale du patient. Ils permettent d'estimer la souplesse du rachis en jugeant de la réductibilité des courbures par la mobilisation du rachis.

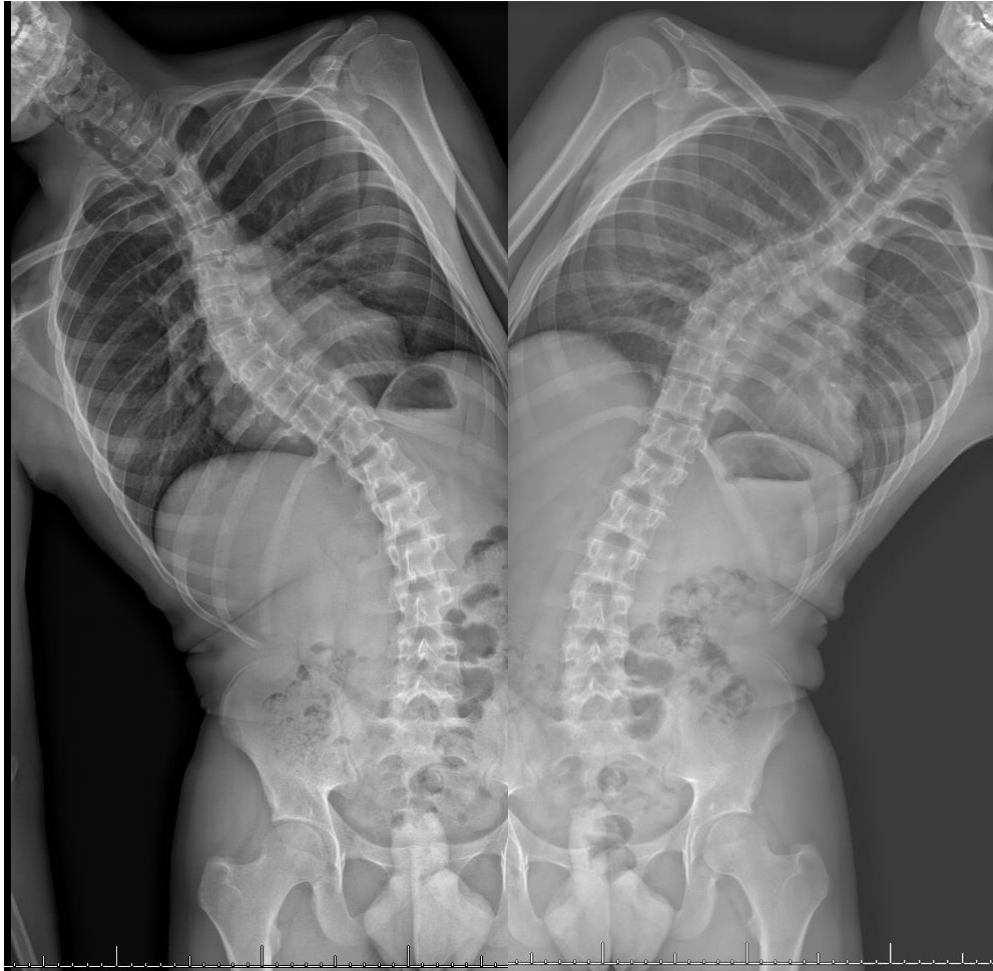


Figure 19 Cliché en bending droit et gauche

L'équilibre frontal (figure 20) : Il est évalué par la mesure de la distance en mm entre la verticale passant par le milieu du sacrum (S1) et la verticale passant par l'épineuse de la 7^{ème} vertèbre cervicale (C7) (figure 4). Elle permet d'évaluer l'équilibre frontal du rachis.

Dans la littérature, les patients sont généralement considérés comme équilibrés si ce décalage est inférieur à deux centimètres (31,32).

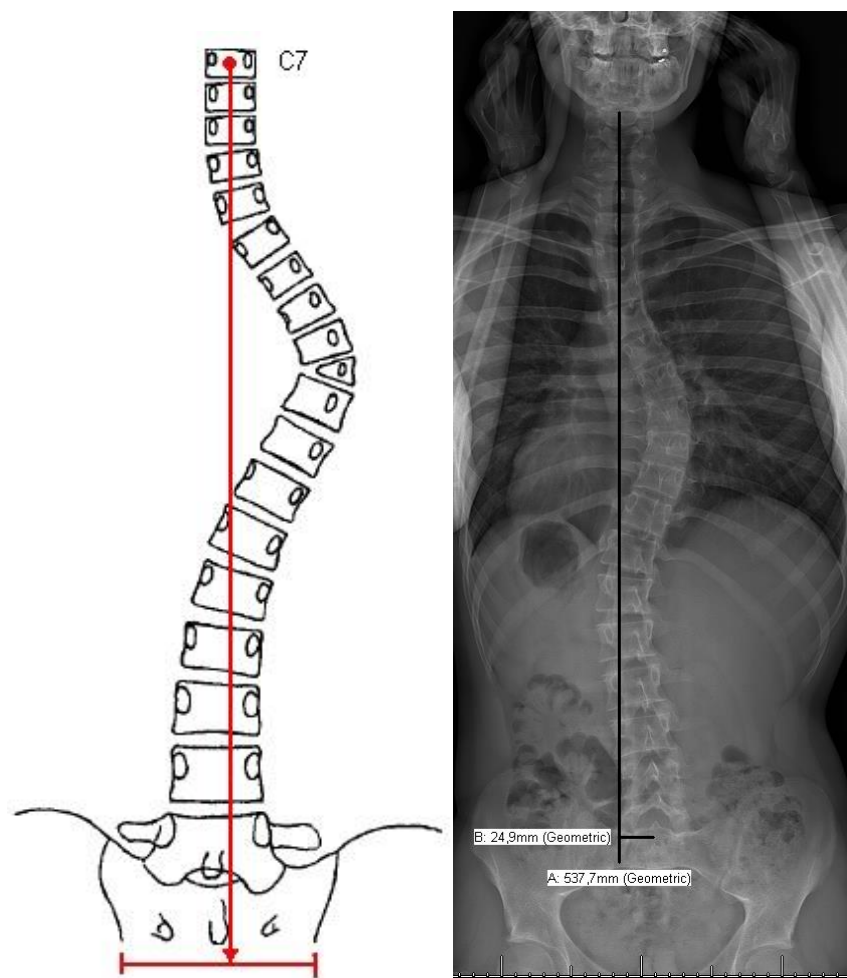


Figure 20 A et B Mesure de l'équilibre frontal

Enfin la radiographie de face permet d'évaluer le degré de maturation osseuse grâce à l'*indice de Risser* (Figure 21). Celui-ci consiste en l'analyse du point d'ossification des crêtes iliaques, qui se fait progressivement de l'avant vers l'arrière. Il est décrit de 0 (absence d'ossification) à 5 (ossification complète et fusion avec l'aile iliaque). Le point d'ossification apparaît vers 13 ans chez la fille et vers 15 ans chez le garçon. L'ossification complète se termine habituellement en 3 ans. L'indice de Risser est essentiel pour la stratégie chirurgicale car il permet de choisir le moment optimal pour la chirurgie.

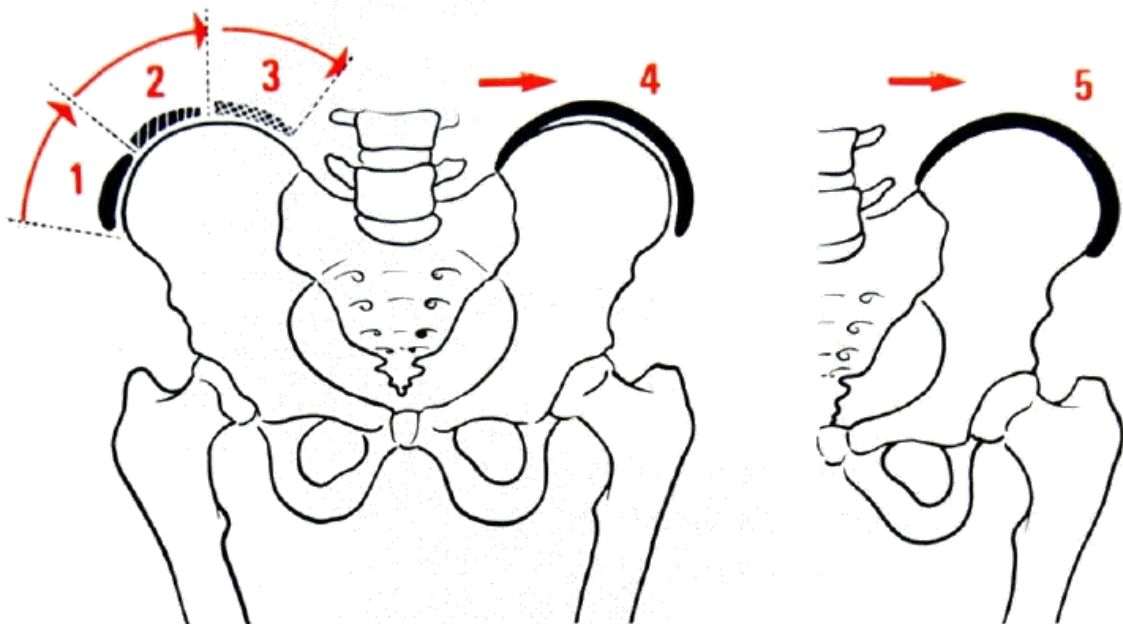
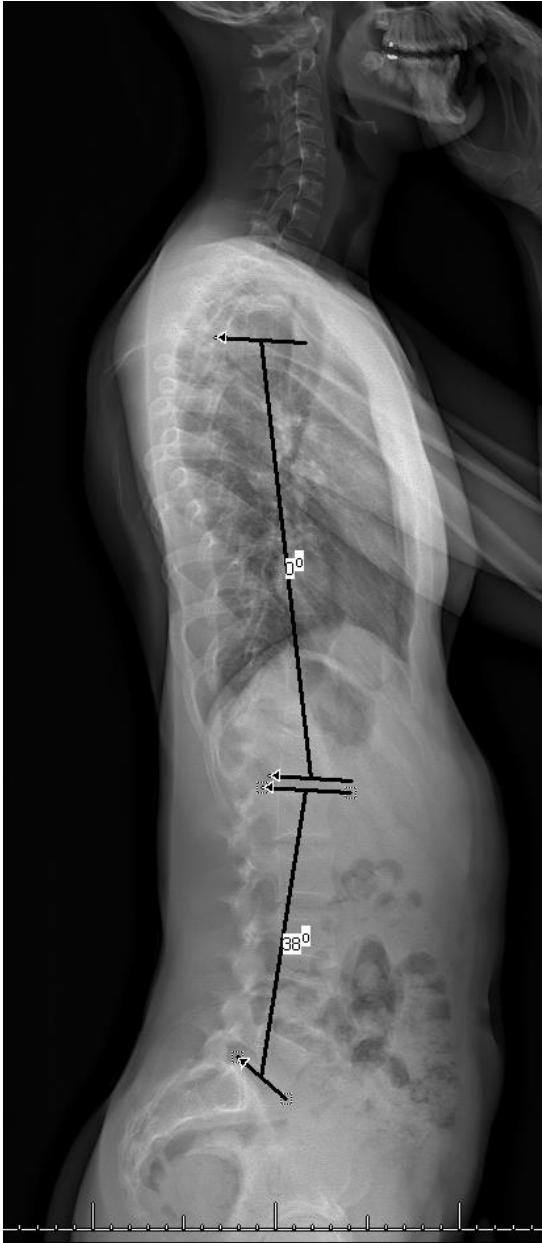


Figure 21 Ossification de la crête iliaque (indice de Risser).

- Risser 0 : Absence d'ossification.
- Risser 1 : Ossification du premier tiers de la crête iliaque.
- Risser 2 : Ossification du deuxième tiers de la crête iliaque.
- Risser 3 : Ossification du troisième tiers de la crête iliaque.
- Risser 4 : Début de soudure de la barrette à l'os iliaque.
- Risser 5 : Fusion complète.

B. Les paramètres sagittaux

L'équilibre sagittal (figure 22) peut être apprécié par :



- **La cyphose dorsale** mesurée par l'angle entre la droite passant par la tangente au plateau supérieur de T4 et la droite passant par la tangente au plateau inférieur de T12. Elle est en moyenne de 42° (33–35).

- **la lordose lombaire (figure 6)** mesurée par l'angle entre la tangente au plateau supérieur de L1 et la droite passant par la tangente au plateau inférieur de L5.

Elle est en moyenne de 61° (33–35).

Figure 22 angles sagittaux : cyphose thoracique et lordose lombaire

C. Les paramètres pelviens

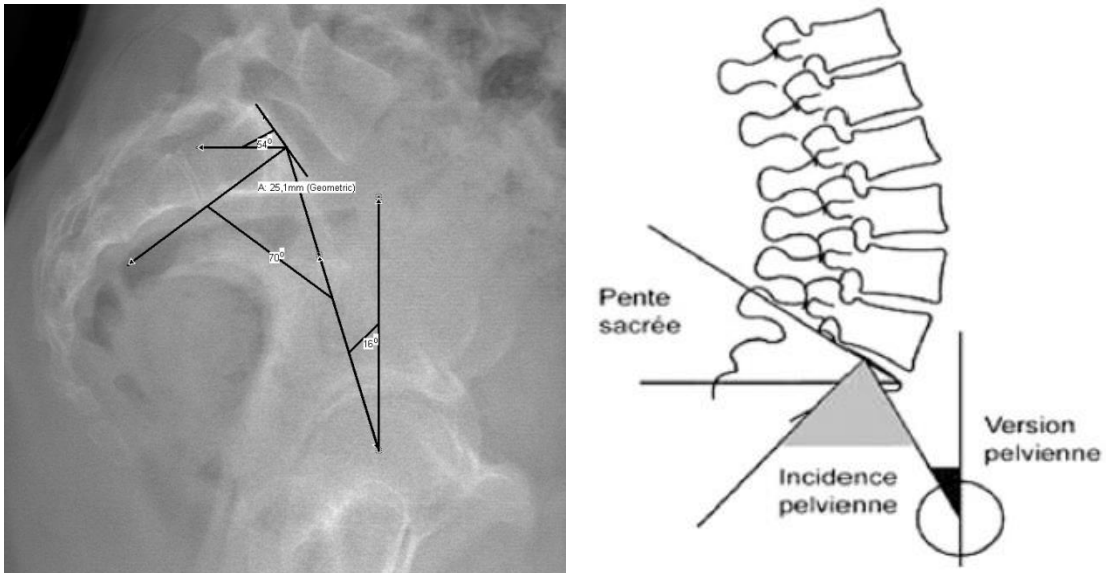


Figure 23 A et B Paramètres pelviens

L'incidence pelvienne (IP) : Elle se définit comme l'angle mesuré entre la droite perpendiculaire au centre du plateau sacré et la droite reliant le centre du plateau sacré au centre des têtes fémorales (figure 23). Sa valeur est estimée entre 44° et 55° selon les auteurs (33–35).

La pente sacrée (PS) : Elle est mesurée par l'angle entre la droite passant par le plateau sacré et l'horizontale (figure 23). Sa valeur moyenne est estimée entre 34° et 42° selon les auteurs (33–35).

La version pelvienne (VP) : Elle est mesurée par l'angle entre la verticale et la droite joignant le centre du plateau sacré au centre des têtes fémorales (figure 23). Sa valeur moyenne est estimée entre 9° et 13° selon les auteurs. (33–35)

Les paramètres pelviens sont liés entre eux par la formule suivante: **IP = PS + VP.**

V. Indications opératoires

Il est communément admis que le traitement chirurgical est généralement discuté lorsque l'angle de Cobb de la déformation principale dépasse 45° (36). Des facteurs de mauvais pronostic peuvent amener à proposer précocement la chirurgie tels qu'un déséquilibre global du tronc dans le plan frontal ou une altération du profil.

La période idéale pour proposer la chirurgie se situe après le pic de croissance pubertaire selon les lois de Duval-Beaupère (figure 24) (37,38). En effet c'est lorsque la courbure scoliotique poursuit son aggravation mais que la croissance du tronc diminue, que se situe la meilleure période pour une intervention chirurgicale (soit environ 13 ans d'âge osseux chez la fille et 15 ans d'âge osseux chez le garçon en moyenne, correspondant environ au stade 1 de Risser) (39).

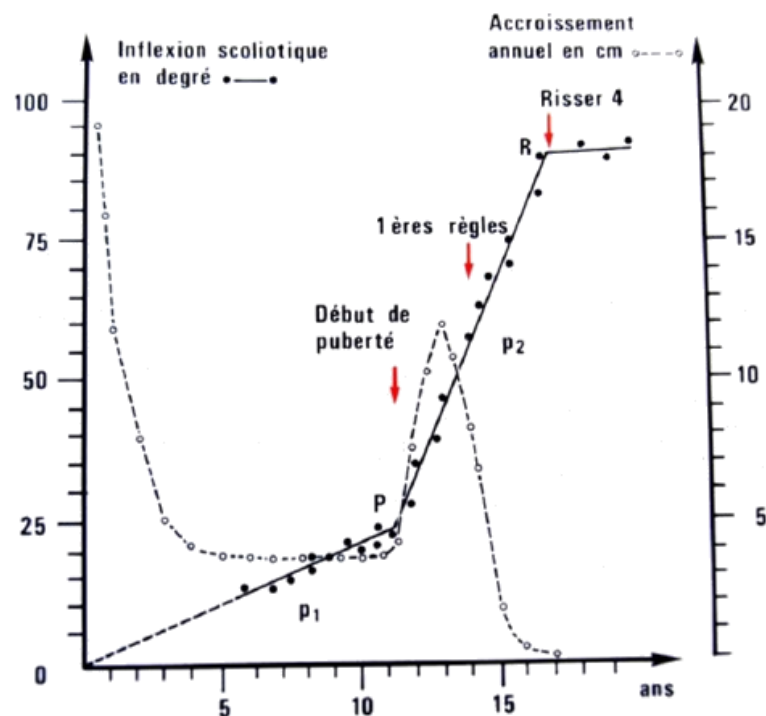


Figure 24 Courbes de Duval-Beaupère. La courbe pleine représente l'aggravation des courbures de la scoliose, avec la pente P1 représentant l'enfance jusqu'au début de la puberté P et la pente P2, plus rapide située entre la puberté et la fin de la croissance R. La courbe en pointillé représente la vitesse de croissance du tronc.

La décision chirurgicale ne se prend pas uniquement sur l'importance des courbures mais prend en compte également l'équilibre sagittal du rachis et le déséquilibre frontal.

De même un retentissement respiratoire ou un mal être important du fait de l'inesthétisme d'une gibbosité peuvent parfois hâter la décision.

Dans les scolioses non idiopathiques, les indications chirurgicales peuvent être posées pour des courbures moindres. Dans la myopathie de Duchenne par exemple, on sait que l'évolution sera péjorative et va déséquilibrer le rachis et qu'un maintien du tronc par une arthrodèse s'avérera nécessaire à terme.

Dans le cadre de scoliose neurologique, les courbures sont souvent majeures avec un retentissement respiratoire pouvant nécessiter une prise en charge chirurgicale précoce avec un montage de croissance temporaire en attendant la chirurgie définitive.

Le choix des niveaux d'arthrodèse et des vertèbres à instrumenter est effectué lors du bilan préopératoire sur les clichés frontal et sagittal et sur les clichés dynamiques en bending. Cela permet de déterminer les limites supérieures et inférieures du montage. Les clichés en profil nous donnent une idée des angulations actuelles en cyphose et lordose et ce qu'il sera acceptable de restaurer.

La stratégie thérapeutique doit veiller à conserver ou améliorer l'équilibre du tronc, obtenir une cyphose dorsale et lordose lombaire correcte, éviter un stress futur sur les disques intervertébraux des niveaux non fusionnés sus et sous-jacents qui pourrait déséquilibrer à nouveau le rachis, avoir des épaules équilibrées, un aspect esthétique satisfaisant.

VI. Complications des scolioses

La scoliose est une pathologie grave pouvant présenter des complications liées à son évolution ou au traitement reçu notamment chirurgical.

A. Evolution naturelle

Une scoliose non traitée peut à terme être à l'origine d'une insuffisance respiratoire par diminution de la capacité pulmonaire totale (syndrome restrictif), du côté de la convexité de la courbure. Le corps vertébral pénètre dans l'hémi-thorax et les côtes se verticalisent, entravant l'expansion du champ pulmonaire correspondant. Du côté de la concavité, les côtes s'horizontalisent, permettant le développement du volume pulmonaire mais gêne la dynamique respiratoire par la diminution de l'efficacité du muscle diaphragmatique (40).

Il existe également un risque accru **d'insuffisance cardiaque droite** pour les scolioses thoraciques sévères supérieures à 90° d'angle de Cobb (41,42).

Les répercussions esthétiques et sociales : la modification et l'altération progressive du dos entraînent une diminution de l'image de soi pouvant être responsables d'une souffrance psychique importante en particulier chez les adolescents (43,44).

La douleur à type de lombalgie aiguë ou chronique est plus souvent retrouvée chez les patients scoliotiques par rapport aux non scoliotiques (44) sans qu'il n'y ait de corrélation établie entre l'importance des courbures et les douleurs associées.

B. Complications post-opératoires

Reames (9) décrit 10.2% de survenue de complications per ou post-opératoire dans une population de scoliose pédiatrique. Ces complications sont plus fréquentes dans les scolioses avec comorbidités associées.

1. Déficit neurologique

Il survient en post-opératoire. Il est lié à une atteinte de la moëlle épinière par divers mécanismes (excès de correction des courbures, protusion d'un implant dans le canal...). L'ensemble des déficits neurologiques touche 1% des scolioses opérées (9).

2. Sepsis

Il correspond à une infection du site opératoire, pouvant survenir dans les jours qui suivent l'intervention ou à distance. L'infection peut être superficielle ou profonde atteignant alors le matériel. Il peut nécessiter une reprise chirurgicale pour lavage du montage.

3. Décès

Le décès du patient du fait de la lourdeur du geste opératoire peut survenir lors de l'intervention ou dans les suites post-opératoires, le plus souvent par détresse respiratoire ou perte sanguine excessive. Il concerne essentiellement les patients ayant des formes neuro-musculaires ou congénitales.

Il est heureusement rarissime et concerne 0.13% des scolioses opérés (9).

4. Embolie pulmonaire

5. Hématome post-opératoire

6. Inesthétisme

Il relève d'une insuffisance ou d'une réduction partielle des courbures, laissant le plus souvent une asymétrie des dos ou des épaules pouvant être mal vécue.

7. Complications liées au matériel

Reames et al (9) décrit 1.5% de complications liées au matériel dans une population de scoliose pédiatrique. Cependant il ne décrit pas les différentes complications liées au matériel. Sa série ne bénéficie pas du suivi nécessaire aux complications survenant à long terme. Celles-ci peuvent relever de démontage du matériel de type lâchage de crochet, bris de vis, mais également de fracture de tige.

Les fractures de tige sont probablement multifactorielles. Elles témoignent de contraintes trop importantes sur le matériel, responsables d'une casse de celui-ci. Une correction trop importante, un effet vilebrequin (décrit par J Dubousset, il s'agit de l'aggravation angulaire post-opératoire d'une courbure arthrodésée par voie postérieure en post-opératoire. La persistance de la croissance rachidienne antérieure entraîne une aggravation de la rotation vertébrale), une pseudarthrose sont autant de risques pour le matériel.

La littérature n'a que très peu étudié le problème, quelques articles traitant des fractures de tige de Harrington. Erwin (45) relève un taux de fracture de 2.1% sur ce type de matériel.

Beaucoup d'études ont porté sur les fractures des montages de croissance, de par nature beaucoup plus fragile car non associés à une arthrodèse. Yang et al (46) publia une série avec 15% de fracture de tige dans le cadre de montage de croissance traditionnel (sans système électro-magnétique).

A notre connaissance, une seule étude s'est intéressée aux fractures de tige dans les arthrodèses de 3^e génération de type Cotrel-Dubousset. Akazawa et al (7) a en effet retrouvé un taux de fracture de tige de 5.2%. Ce taux monte à 8,8% dans la série de Watanabe et al. (47). Cependant l'étude présente plusieurs écueils : sa série mixe les patients pédiatriques et adultes, incluant donc des patients avec une scoliose dégénérative. Elle inclut également des patients ayant bénéficié d'une arthrodèse antérieure avec matériel.

Du fait de la spécificité de la population pédiatrique (moins de scoliose lombaire, une densité osseuse différente, des comorbidités associées), il nous semblait intéressant d'effectuer une étude sur les fractures de tige dans une population de scoliose pédiatrique.

VII. Objectif de l'étude

Il s'agit une étude épidémiologique observationnelle monocentrique, rétrospective des patients opérés dans le service d'orthopédie pédiatrique de l'hôpital Jeanne de Flandre de Juillet 2000 à février 2014.

Les données cliniques préopératoires ont été recueillies afin de déterminer les caractéristiques de notre population.

L'objectif de notre étude est de :

- Déterminer les critères cliniques et radiologiques influençant la survie des tiges
- Etudier le matériel employé et en déduire des causes de fracture
- Trouver des hypothèses de modification d'approche ou de technique chirurgicale nous permettant d'éviter une fracture de tige.

MATERIELS ET METHODES

I. Méthodologie

Nous avons donc effectué une étude rétrospective observationnelle monocentrique.

Notre étude a concerné 732 patients traités dans le service de chirurgie orthopédique pédiatrique pour une pathologie rachidienne de juillet 2000 à février 2014.

Critères d'inclusion :

- Tous les patients atteints de scoliose (cyphose, tumeur et hémivertèbre avec scoliose secondaire ont été inclus).
- arthrodèse postérieure de type Cotrel-Dubousset

Critères d'exclusion :

- La pathologie initiale n'était pas une scoliose (spondylolisthésis, hémivertèbre sans arthrodèse définitive...)
- Montage de croissance sans arthrodèse définitive
- L'arthrodèse concernait 4 vertèbres ou moins
- Le suivi était inférieur à 2ans
- Une arthrodèse antérieure avec matériel était associée au montage

Ainsi 260 patients sont exclus de l'étude (figure 25), soit 56 patients pour montage de croissance sans arthrodèse définitive, 50 pour une arthrodèse antérieure associée, 32 pour un spondylolisthésis, 27 pour une arthrodèse non définitive (type CD baby) et enfin 95 pour raisons multiples (indication opératoire de type biopsie, corset plâtré, ablation d'hémivertèbre, ablation de matériel...).

Motifs d'exclusion

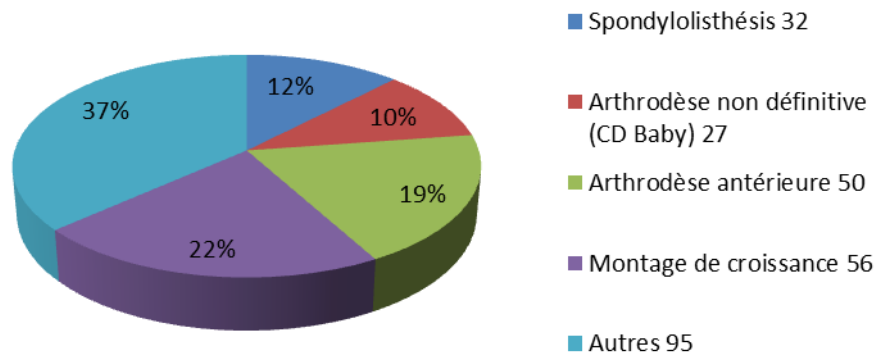


Figure 25 Graphique de répartition des motifs d'exclusion

Sur 472 patients inclus, 266 patients ont un suivi supérieur à 2 ans et 206 inférieur à 2 ans (figure 26 et 29). Les données cliniques des 472 patients ont été utilisées pour caractériser la population (âge, poids, type de scolioses...).

Statut du patient

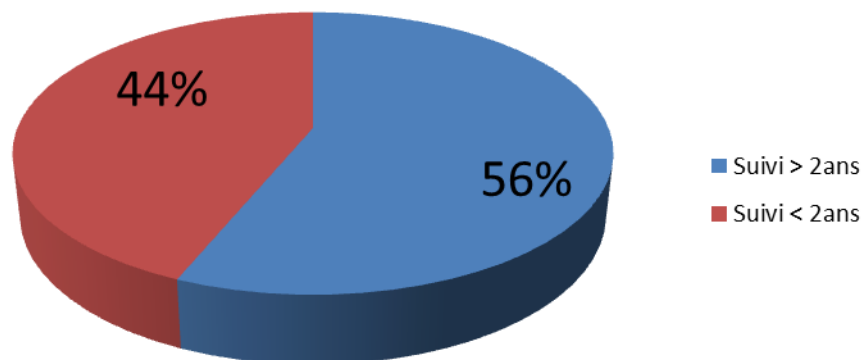


Figure 26 graphique représentant le pourcentage d'inclus et d'exclus

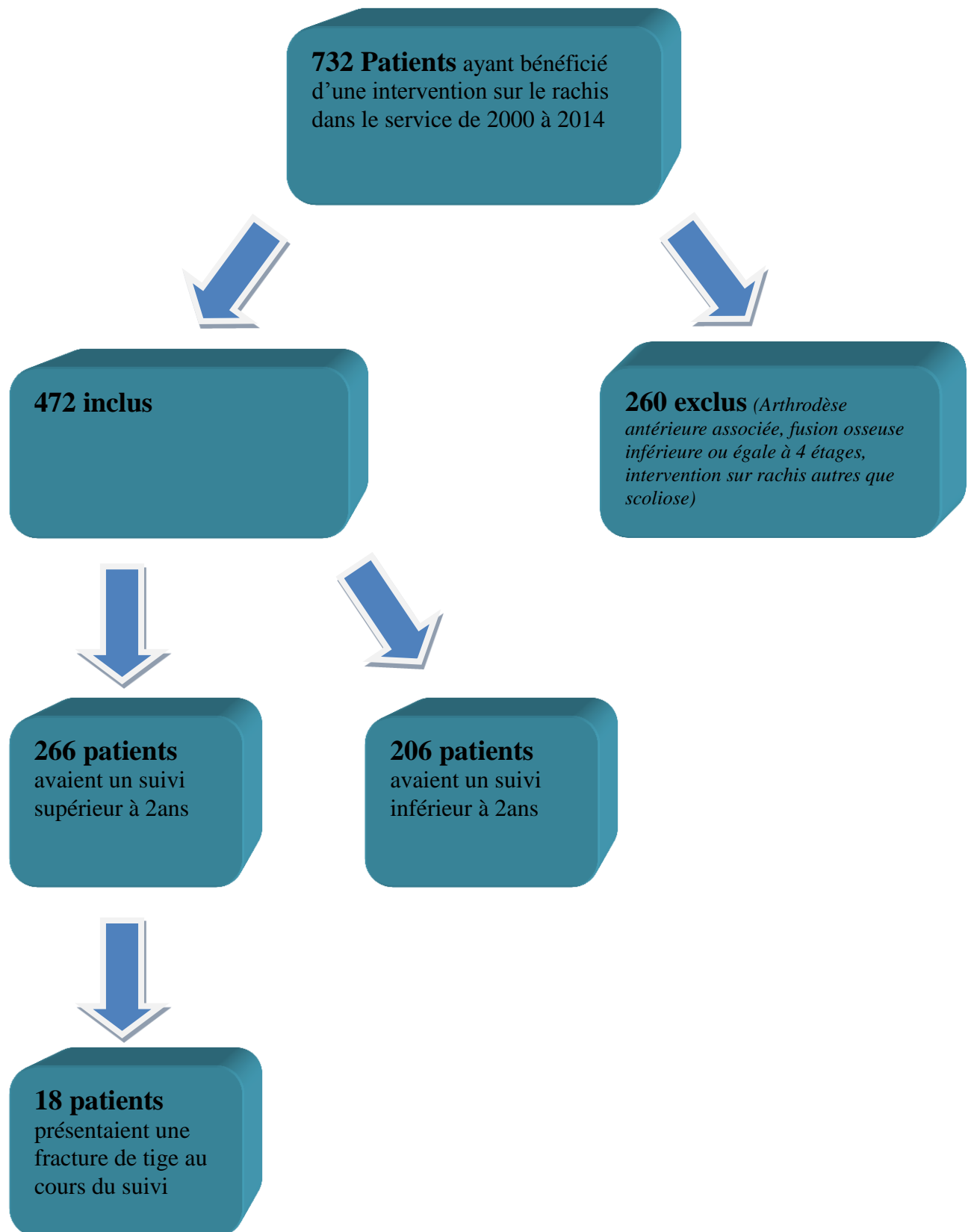


Figure 27 Organigramme d'inclusion des patients

II. Recueil de données cliniques

Pour effectuer notre liste de patients, nous nous sommes servis des codes pathologie CCAM pour les enfants ayant été hospitalisés. Le logiciel de gestion des données patients Diane (CHRU Lille) était employé pour la récupération du poids des patients. Les dossiers sous format papier des archives de l'hôpital Jeanne de Flandre (CHRU Lille) étaient utilisés pour les données manquantes.

Pour chaque patient les informations suivantes ont été collectées :

- l'âge lors de l'intervention (en années)
- le sexe
- le poids lors de l'intervention
- l'opérateur
- le type de scoliose : idiopathique ou autre

III. Recueil de données radiologiques

Pour l'évaluation radiologique, 2 méthodes ont été employées :

La première concerne les radiographies réalisées de juillet 2000 à octobre 2007, en calculant les angles et distances à l'aide d'un goniomètre sur des radiographies au format argentique à échelle 1/1.

La deuxième concerne les radiographies réalisées de octobre 2007 jusqu'à 2014, en utilisant le logiciel intégré dans le système PACS du CHRU de Lille (Système d'Archive et de Partage des Images) qui a un système intégré de calcul d'angles sur les radiographies numérisés.

Pour les **mesures préopératoires**, les radiographies les plus proches de l'intervention étaient utilisées.

On a mesuré les angles suivants (par convention les mesures contraires à l'angulation naturelle du rachis étaient notées négativement) :

- Angle de Cobb cervical
- Angle de Cobb dorsal
- Angle de Cobb lombaire

- Cyphose Dorsale
- Lordose Lombaire
- Equilibre Frontal C7S1 : les patients étaient séparés en 2 catégories : groupe supérieur ou inférieur à 10 et groupe supérieur ou inférieur à 20 mm de déséquilibre frontal
- Incidence pelvienne
- Pente sacrée
- Version pelvienne

Par la suite, les **radiographies post-opératoires** analysées étaient celles ayant été effectuées le plus récemment possible.

Les informations suivantes étaient mesurées :

- Angle de Cobb cervical
- Angle de Cobb dorsal
- Angle de Cobb Lombaire
- Angle de Cobb entre la 1ère vertèbre instrumentée et la dernière vertèbre instrumentée (figure 28)

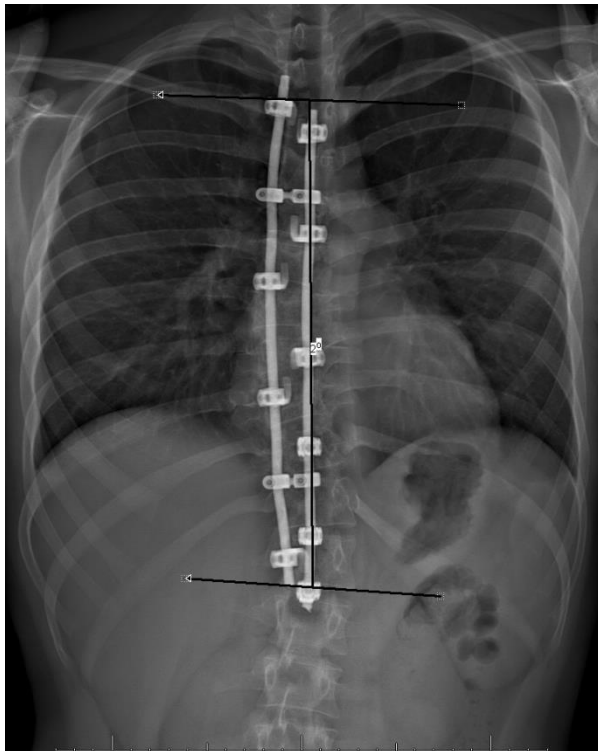


Figure 28 Angle de Cobb sus et sous montage

- Cyphose Dorsale
- Lordose Lombaire
- Equilibre Frontal C7S1
- Incidence pelvienne
- Pente sacrée
- Version pelvienne
- Longueur de chaque tige (figure 29) : la longueur de chaque tige est calculée en traçant une ligne droite d'une extrémité à l'autre. La longueur obtenue est approximative puisque qu'elle ne prend pas en compte la déformation dans les 3 plans de l'espace de la tige.
- Distance maximale entre 2 implants (DDT non inclus) pour chaque montage (figure 29) : On mesure la distance la plus importante entre 2 implants consécutifs. La longueur obtenue est approximative puisque qu'elle ne prend pas en compte la déformation dans les 3 plans de l'espace de la tige.

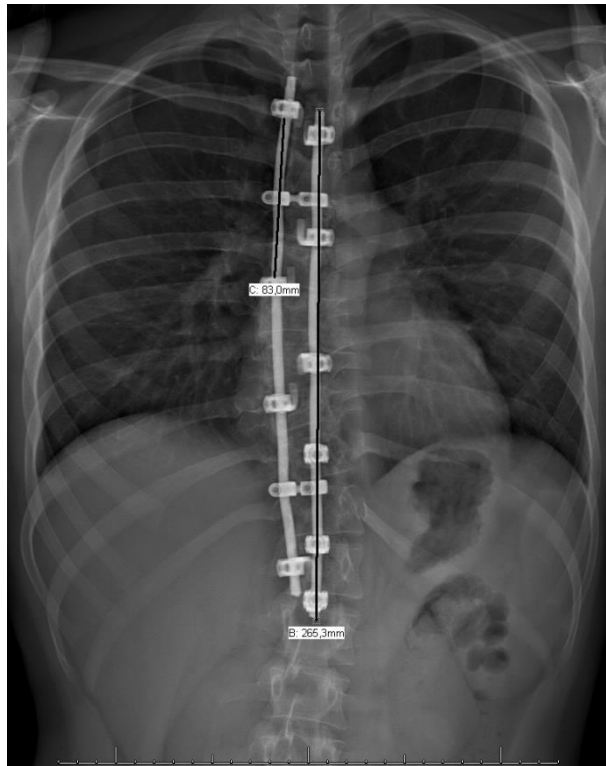


Figure 29 : Longueur de tiges et distance maximale entre 2 implants

- Nombre d'implants (crochets, vis, clamps, vissage sacrée) + nombre de DDT
- Nombre d'étages vertébraux concernés par l'arthrodèse

Un calcul de la variation des angles de Cobb pré et postopératoires a été effectué par soustraction (angle préop – angle post-op = variation) afin d'évaluer l'importance de la correction post-opératoire. Les données par variation ont été ensuite employées pour des analyses statistiques par appariement.

IV. Population : caractéristiques

A. Sexe

La population était globalement féminine avec 307 filles (65%) pour 165 garçons (35%), soit un sex ratio de 1/1.86 (figure 30).

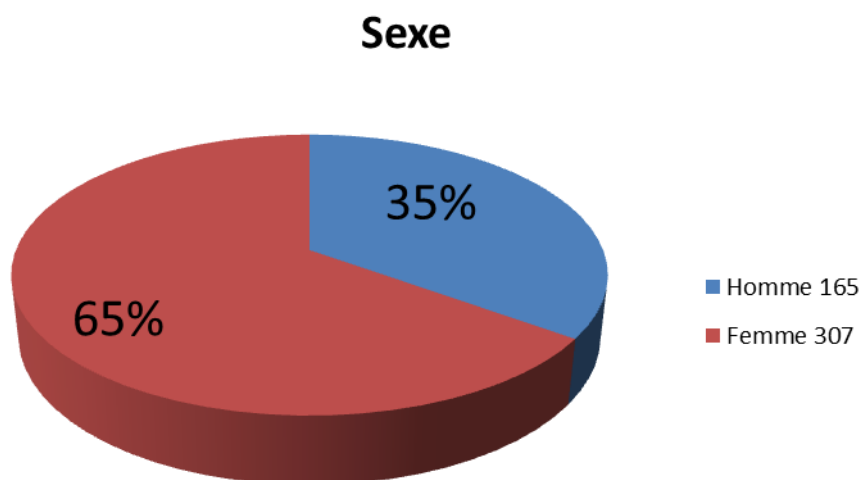


Figure 30 graphique de la répartition par sexe

B. Age moyen lors de l'intervention

L'âge moyen était de 15.1 ans (+/- 2.3 ans), lors de l'intervention.

C. Catégorie de poids

162 patients avaient un poids normal, 154 présentait un surpoids, 156 patients n'avaient pas de poids documenté dans le dossier (figure 31).

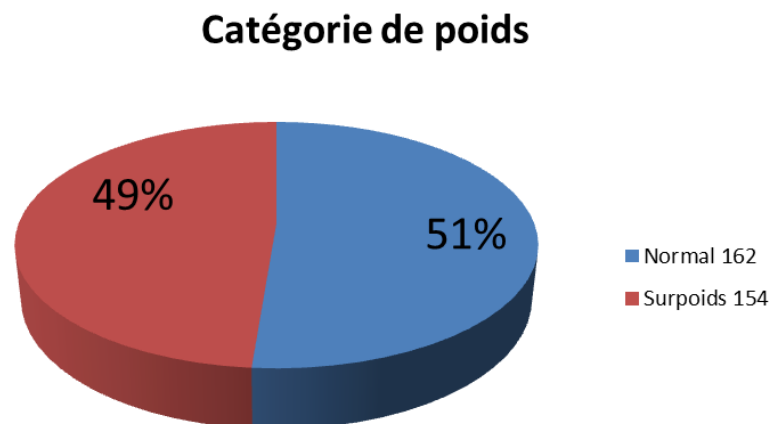


Figure 31 Graphique représentant la répartition par poids des patients

D. Type de scoliose

272 Patients avaient une scoliose idiopathique (57.7%), les autres catégories de scoliose représentaient 200 patients (42.3%) (figure 32).

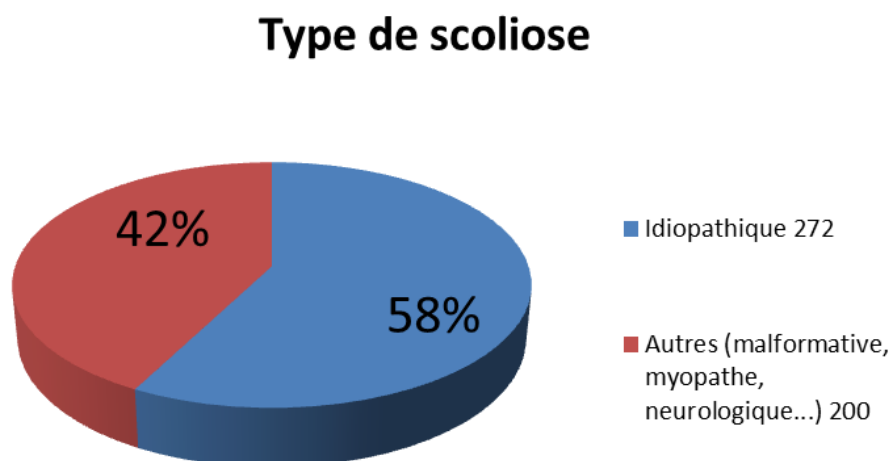


Figure 32 Graphique représentant la répartition par type de scoliose

E. Fractures de tige dans notre population

Sur 266 patients avec un suivi supérieur à 2ans, 18 ont présenté une fracture de tige soit 6.7 % de notre population.

F. Comparaison entre le groupe inclus et exclu

Les 2 groupes (inclus (suivi supérieur à 2ans) et exclus (suivi inférieur à 2ans)) sont comparables entre eux en terme de caractéristiques de population hormis pour l'âge ($P < 0.05$) où la population exclue est légèrement plus âgée (15.5ans de moyenne +/- 2.5 vs 14.9ans +/- 2) que la population incluse.

Variable			Statut du patient (exclu)		Comparaison des groupes	
Nom	Unité	Modalités	Inclus N=266	Exclu N=206	Test	pvalue
Sexe	N(%)	Homme	87 (32.8)	78 (38.0)	Test : Khi-Deux	0.24
		Femme	179 (67.2)	128 (62.0)		
Catégorie de poids	N(%)	Normal	109 (52.4)	53 (49.5)	Test : Khi-Deux	0.63
		Surpoids	100 (47.6)	54 (50.5)		
		Données manquantes	57	99		
Type de scoliose	N(%)	Idiopathique	158 (59.5)	114 (55.3)	Test : Khi-Deux	0.37
		Autres (malformative, myopathe, neurologique...)	108 (40.5)	92 (44.7)		
Âge lors de l'intervention (en années)	N		266	206	Test : Wilcoxon	0.016
		Moyenne ± Ecart-type	14.9 ± 2.0	15.5 ± 2.5		
		Médiane (Q1;Q3)	15.0 (14.0 ; 16.0)	15.0 (14.0 ; 17.0)		
		Minimum | Maximum	7.0 | 23.0	10.0 | 33.0		

V. Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée avec l'aide des biostatisticiens de la Maison Régionale de la Recherche Clinique du CHRU de Lille.

Les variables quantitatives ont été décrites par la moyenne et l'écart type ou par la médiane et l'intervalle interquartile. La normalité des distributions a été vérifiée graphiquement ainsi que par l'intermédiaire du test de Shapiro-Wilk.

Les variables qualitatives ont été décrites par la fréquence et le pourcentage.

La survenue d'une fracture de tige chez les patients inclus a été estimée par la méthode de Kaplan-Meier.

La sélection des facteurs associés à la survenue d'une fracture de tige chez les patients inclus a été réalisée par l'intermédiaire de modèles de Cox.

Un appariement cas-témoins a ensuite été effectué de la façon suivante : chaque patient avec fracture de tige a été apparié avec trois témoins sans fracture de tige avec un délai de suivi similaire à plus ou moins 6 mois. La variation avant-après de différents paramètres a ensuite été comparée entre les deux groupes (fracture de tige vs pas de fracture de tige) en prenant en compte cet appariement par l'intermédiaire de modèles linéaires mixtes.

Le seuil de significativité a été fixé à 0.05.

Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary NC, USA).

RESULTATS

I. Clinique

Ces résultats portent sur les données des 472 patients de population globale de l'étude, l'analyse de la survenue de la fracture de tige était portée sur 266 patients.

A. Sexe

Il y a 165 garçons et 307 filles dans notre série. Sur ces 472 patients, 266 ont un suivi supérieur à 2ans.

Il y a 87 garçons et 179 filles sur 266 patients inclus.

Sur 87 garçons 11 ont présenté une fractures de tige et sur 179 filles 7 présentèrent une fracture de tige également.

La probabilité de faire une fracture est 2.925 fois plus importante chez les garçons que chez les filles (RR=2.925 [1.132 – 7.562], p=0.0267).

B. Catégorie de poids

162 patients avaient un poids normal, 154 présentait un surpoids, 156 patients n'avaient pas de poids documenté dans le dossier.

Pour les patients avec suivi supérieur à 2ans, 109 patients avaient un poids normal, 99 avaient un surpoids, 58 n'étaient pas documentés.

Il n'y a pas eu de différence significative retrouvée entre les enfants en surpoids le jour de l'intervention et les enfants avec un poids normal, (RR = 0.260 [0.056-1.213] p=0.0865).

C. Type de scoliose

Sur 472 patients, 272 avaient une scoliose idiopathique et 200 avaient une scoliose secondaire.

Sur notre série de patients avec suivi supérieur à 2 ans, 158 patients (59.5%) présentaient une scoliose idiopathique et 108 patients (40.5%) une scoliose secondaire.

4 patients avec une scoliose idiopathique ont présentés une fracture de tige, 14 patients avec une scoliose secondaire ont présentés également une fracture de tige.

Les patients avec une scoliose secondaire avaient un risque relatif de 4.891 ([1.601-14.943] $p=0.0053$) d'avoir une fracture de tige.

D. Opérateur

Il n'a pas été relevé de différence significative entre opérateurs en terme d'incidence de fracture avec respectivement 8.33% (7 fracture/77 patients) pour l'opérateur 1, 6.17% (10 fracture/152 patients) pour l'opérateur 2 et 7.14% (1 fracture/13 patients) pour l'opérateur 3.

En résumé :

→ Les garçons ont 3 fois plus de risque de faire une fracture de tige que les filles

→ Le poids n'a pas d'influence sur les fractures de tige

→ Les scolioses liées à une étiologie sont pratiquement 5 fois plus à risque de faire une fracture que les scolioses idiopathiques

→ Il n'y avait pas de différence entre nos différents opérateurs au sein du service

II. Angulations

Ces résultats portent sur les données des 266 patients avec un suivi > 2 ans de l'étude.

A. Angles frontaux, sagittaux et pelviens

Sur les mesures effectuées, seule la cyphose thoracique était significativement lié à la survenue d'une fracture de tige (RR = 1.031 [1.010-1.052] p = 0.0036).

Plusieurs mesures (angle de Cobb cervical et lombaire, angles pelviens) n'avaient pas suffisamment de données pour permettre le calcul d'un risque relatif.

Angulations	Nombre de patients sans fracture	Angle médian	Nombre de patients avec fracture	Angle médian	Risque Relatif
Cobb Cervical	66	38 (30-53)	4	49 (47.5-52.5)	
Cobb Thoracique	220	60 (49-69.50)	13	64 (51-77)	1.015 [0.99-1.04] p=0.2415
Cobb Lombaire	144	44 (36-60)	15	53 (46-70)	
Cyphose Thoracique	237	19 (10-30)	18	23 (15-53)	1.031 [1.010-1.052] p=0.0036
Lordose Lombaire	237	44 (33-52)	18	43 (33-62)	1.015 [0.983-1.048] p=0.3554
Incidence pelvienne	176	48 (40-58)	10	58 (51-70)	
Pente Sacrée	176	39 (33-47)	10	46.50 (44-49)	
Version pelvienne	176	9 (4-14)	10	11.50 (5-21)	

B. Angle de Cobb sus et sous-jacent au montage

Aucune différence statistique n'a été retrouvée sur les angles de Cobb sus et sous-jacent au montage entre le groupe de 248 patients sans fracture et le groupe de 18 patients avec fracture.

L'augmentation de l'angle de Cobb calculé au niveau de l'arthrodèse n'entraînait pas de majoration du risque de fracture (RR =0.999 [0.967-1.032] p=0.9428).

C. Equilibre frontal

Deux seuils ont été utilisés :

Un premier seuil à 10mm divisant les patients en 2 groupes : 135 patients entre 0 et 10mm de déséquilibre post-opératoire puis 85 patients à plus de 10mm de déséquilibre post-opératoire, 46 données étaient manquantes.

Il y avait pas de différence statistique (RR = 0,917 [0.301-2.790] p = 0.8782).

Un deuxième seuil à 20mm : 194 patients entre 0 et 20mm de déséquilibre post-opératoire et 26 patients avec un déséquilibre supérieur à 20mm.

On retrouve une tendance statistique pour des déséquilibres supérieur à 20mm (RR = 2.736 [0.859-8.715] p = 0.0886).

D. Données appariées

Nous avons effectué un calcul de la variation des angles de Cobb, sagittaux et pelviens (angle préopératoire – angle post-opératoire = variation d'angle) pour mesurer l'importance de la correction chirurgicale des courbures.

En appariant les patients avec fracture de tige avec les patients sans fracture nous avons pu comparer ces données (à raison de 3 patients sans fracture appariés avec un patient avec fracture).

Les variations de l'incidence pelvienne et de la pente sacrée sont significatives avec p = 0.0142 et p = 0.0355 respectivement.

Variation Angulations	groupe sans fracture médiane	groupe avec fracture médiane	significativité
Cobb Cervical	9.5 (3-16)	8.5 (6-19)	
Cobb Thoracique	27 (17.5- 38.5)	14 (11-17)	
Cobb Lombaire	23 (14-31)	19 (12-27)	
Cyphose Thoracique	10 (5-18)	17 (5-26)	p = 0.054
Lordose Lombaire	9 (3-14)	6 (5-14)	
Incidence pelvienne	3 (2-6)	6 (5.5-7.5)	p = 0.0142
Pente Sacrée	6 (3-10)	9 (6-16.5)	p = 0.0355
Version pelvienne	4 (2-7)	4.5 (1.5-8.5)	

En résumé :

→ La cyphose thoracique est un facteur de risque de fracture de tige.

→ Les autres angles mesurés (angles de Cobb cervicaux, thoraciques et lombaires, l'angle de Cobb sus et sous le montage, la lordose lombaire, les angles pelviens) n'en sont pas.

→ L'équilibre frontal a une tendance statistique pour les fractures de tige.

→ les données appariés montre qu'une importante variation de l'incidence pelvienne et de la pente sacrée est à risque de fracture de tige, la variation de l'angle de Cobb thoracique est à la limite d'être significatif.

III. Matériel

Ces résultats portent sur les données des 266 patients avec un suivi > 2 ans de l'étude.

Matériel	Nombre de patients sans fracture	groupe sans fracture médiane	Nombre de patients avec fracture	groupe avec fracture médiane	Risque Relatif
Nombre d'implants	247	13 (11-16)	18	13 (11-14)	1.015 [0.890-1.158] p=0.8247
Nombre de crochets	243	6 (3-9)	17	8 (6-10)	1.103 [0.931-1.306] p=0.2555
Nombre de vis	172	8 (5-11)	7	7 (4-9)	
nombre de clamps	32	5 (3-6)	1	6 (6-6)	
Nombre de vis sacrée	37	6 (5-6)	7	4 (2-6)	
Nombre de DDT>2	15		6		5.109 [1.871-13.950] p=0.0015
Nombre d'étages	247	12 (11-14)	18	15 (13-15)	1.658 [1.282-2.143] p=0.0001
Longueur des tiges	238	292 (256-330)	15	333 (292-373)	1.013 [1.004-1.023] p=0.0062
Ecart maximal	238	85.5 (67-115)	16	135 (115-182)	1.021 [1.010-1.031] p=0.0001
Type métal Inox	155		12		0.400 [0.138-1.153] p=0.0898

A. Nombre d'implants

Les patients furent regroupés en 2 groupes : 248 patients sans fracture et 18 patients avec fracture. La comparaison des deux groupes ne permettait pas de conclure que l'augmentation du nombre d'implants (crochets, vis, clamps et vis sacrées) entraîne un risque de fracture supplémentaire (RR = 1.015 [0.890-1.158] p=0.8247).

B. Nombre de crochets

260 patients avaient des crochets dans leur montage, 17 ont présenté une fracture de tige.

L'augmentation du nombre de crochets n'entraîne pas de modification du risque de survenue de fracture de tige (RR = 1.103 [0.931-1.306] p=0.2555).

C. Nombre de Vis pédiculaires

Sur 266 patients, 179 patients avaient des vis pédiculaires, 7 ont présenté une fracture de tige. Les 172 patients n'ayant pas eu de fracture avaient un nombre médian de vis de 8 (5-11), les 7 patients avec fracture avait un nombre médian de vis de 7 (4-9).

L'étude de la variable : « présence d'une ou plusieurs vis pédiculaires » ne montra pas de modification du risque de fracture de tige (RR = 0.484 [0.181-1.298] p=0.1494).

D. Vissage sacré

44 patients ont bénéficié d'un vissage sacré, 7 patients ont présenté une fracture de tige.

Nous avons dans un premier temps, recherché si le nombre de vis sacrées pouvait être un facteur de risque, mais sans résultat significatif.

Une nouvelle analyse sur la variable présence d'une ou plusieurs vis sacrées montre cependant un résultat significatif de (RR= 5.978 [2.068-17.284] p=0.001).

E. Nombre de DDT

Le DDT est un élément essentiel et constant d'une arthrodeuse selon Cotrel-Dubousset. 245 patients (soit 95.06% des patients avec suivi > 2ans) avaient un montage standard avec 2 DDT. Parmi eux 12 ont présenté une fracture. 21 patients avaient plus de 2 DDT, et 6 ont présenté une fracture de tige. Nous avons retrouvé

que tout montage incluant plus de 2 DDT avait un risque accru de fracture de tige (RR = 5.109 [1.871-13.950] p=0.0015).

F. Nombre d'étages vertébraux arthrodésés

Pour les 248 patients sans fracture, le nombre médian de vertèbres arthrodésés était de 12 (11-14), pour les 18 patients avec fracture, il était de 15 (13-15).

Plus le nombre de vertèbres arthrodésés est important, plus le risque de voir survenir une fracture de tige est important (RR = 1,658 [1.282-2.143] p=0.0001).

G. Longueur moyenne de tige

Sur 253 patients avec des données renseignées, 238 patients n'avaient pas de fracture de tige (longueur médiane 292mm (256-333)), 15 en avait une (longueur médiane 333mm (292-373)).

En calculant approximativement les longueurs de tige, il s'est avéré que plus la tige était longue plus la probabilité que celle-ci casse était grande (RR = 1.013 [1.004-1.023] p=0.0062).

H. Ecart maximal entre 2 implants

Sur 253 patients avec des données renseignées, 238 patients n'avaient pas de fracture de tige (longueur médiane 85.5mm (67-115)), 16 en avait une (longueur médiane 135mm (115.5-182)).

De même, plus l'écart entre 2 implants est important au sein d'un montage plus le risque que celui-ci casse est important (RR = 1.021 [1.010-1.031] p <0.0001).

I. Type de métal employé

81 patients avaient du titane pur, 6 patients avaient une fracture dans les suites. 167 patients avaient de l'inox, dont 12 avaient une fracture dans les suites. 18 non documentés

Il n'y a pas eu de différence significative retrouvée pour le type de métal employé (RR = 0.400 [0.138-1.153] p = 0.0898).

En résumé :

→ Le nombre d'implants en général et le nombre de crochets, vis, clamps, vis sacrée n'ont pas d'influence sur les fractures de tige.

→ Le vissage sacrée et un nombre de DDT>3 est un facteur de risque de fracture de tige.

→ Plus une scoliose a de niveau instrumenté plus cela majore le risque.

→ L'inox a une tendance statistique à être un facteur protecteur

IV. Données des patients avec fracture de tige

Les données particulières de chaque patient présentant une fracture de tige sont présentées sur la page suivante.

8 patients ont présenté une fracture au niveau thoracique, 8 au niveau lombaire et 2 avaient une fracture mixte (une tige rompue en lombaire et une en thoracique).

5 patients avaient bénéficié d'une libération antérieure par thoracotomie/thoracoscopie parmi les 18 patients avec fracture.

Les fractures de tige objectivées se situent dans 10 cas sur la tige concave et dans 8 cas elles sont bilatérales.

Sur les 18 patients, 5 n'ont pas eu de reprise chirurgicale (2 car pas de modification des courbures, 2 pour découverte fortuite sans plaintes fonctionnelles du patient et 1 non vu lors des consultations de contrôles avec un patient symptomatique).

Numero Dossier	Sexe	Poids en Kg (le jour de l'intervention)	Catégorie de poids selon âge	Age lors de l'intervention	Type de scoliose	Délai entre l'intervention et la découverte de la fracture/intervention (années)	Niveau de la fracture	Nombre d'implants	Niveau de Fusion	Nombre d'étages	Type métal	Diamètre tige
7	F	30	1	14	Métabolique	2.30	T10 D	14	T2L2	13	Titane	5.5
13	M	45	1	14	Neuro	2.68	T7 G	17	T2L3	14	Titane	5.5
47	M	53	1	16	Malformative	0.84	L1 G	15	T6L4	13	Titane	5.5
192	F	41	1	16	Neuro	3.74	L4	14	T2S1	17	Inox	5.5
214	F	26	1	14	Spina	0.50	L5 D L3 G	12	T4S1	15	Titane	4.5
248	M			17	Recklinghausen	0.01	L5 G D	14	T4S1	15	Titane	5.5
307	M	50	1	17	Idiopathique	10.89	L3 D T10 G	11	T4L3	12	Inox	5.5
329	F			17	Recklinghausen	1.81	T1 G D	8	C7T4	17	Titane	5.5
345	M			13	Idiopathique	3.71	T11 G	14	T2L3	14	Inox	5.5
350	F			14	Malformative	5.33	L5 G	14	T2S1	17	Inox	5.5
352	F			12	Neuro	3.39	L3 G D	8	T4S1	15	Inox	5.5
354	M	35	1	14	Thoracogénique	12.20	T12 G	14	T2L4	15	Inox	5.5
356	M			17	Idiopathique	9.85	T10 G et D	11	T4L2	11	Inox	5.5
384	M	57	2	15	Idiopathique	2.25	T9 G D	10	T5L4	14	Inox	5.5
389	F			15	Myopathe	3.21	L1 D T12 G	9	T2L4	15	Inox	5.5
399	M	55	2	15	Myopathe	0.02	T 10	14	T4S1	15	Inox	5.5
419	M	40	1	15	Neuro	5.84	L3	12	T4L4	13	Inox	5.5
431	M	35	1	15	Neuro	4.83	L3 D	11	T4S1	15	Inox	5.5

Tableau récapitulatif des données des 18 patients ayant présentés une fracture de tige

DISCUSSION

I. Comparaison des données de notre population avec celle de la littérature

Nous avons comparé nos données épidémiologiques avec celles retrouvées dans la littérature afin de s'assurer que notre population est comparable avec une population de patient scoliotique.

Concernant le **sex-ratio** de notre population il y a une nette prédominance féminine (65% de filles dans notre série), ce qui semble concorder avec les études épidémiologiques précédentes (48).

Pour le **poids**, 162 patients ont été considérés comme ayant un poids normal, 154 étaient considérés comme au-dessus de la normale. Pour des raisons de puissance statistique, les enfants en surpoids et obèse étaient donc mélangés ce qui relativise la prévalence du surpoids (poids > 75e percentile) dans notre population.

Il aurait été plus relevant de calculer le BMI mais la taille n'était que rarement reportée dans les dossiers pour nous permettre d'obtenir suffisamment de données.

Une étude américaine récente (49) retrouve une prévalence de 20.5% d'adolescents obèses (BMI > 95e percentile) dans la population américaine.

Deux autres études (50,51) retrouvent des proportions de 33% et 20% environ de patients en surpoids (BMI > 85e percentile), toutes deux étant effectuées sur une population de scoliose infantile idiopathique.

En conclusion notre population est difficilement comparable vis-à-vis de la littérature car brassant tout type de scoliose confondu et considérant le surpoids de façon plus large.

Les **types de scolioses** représentés dans notre étude et regroupés dans 2 groupes sont similaires en proportions à la littérature (9) soit 58% environ de scoliose idiopathique pour 42% de scoliose avec une étiologie connue.

L'âge lors de l'intervention était de 15.1 ans en moyenne dans notre population, il était plus élevé (15.4 ans de moyenne) dans le groupe idiopathique que dans le groupe autres étiologies (14.8 ans de moyenne).

En effet les scolioses malformatives avec des courbures souvent majeures, ou les scolioses neuromusculaires avec une dégradation rapide des courbures nécessitent souvent une intervention précoce.

II. Comparaison du taux de fracture de tige de notre étude avec la littérature

Sur 266 patients opérés pour scoliose avec un suivi de 2ans post-intervention, 18 présentèrent au moins une fracture de tige, ce qui fait un taux de 6.8% de survenue de fracture dans notre série.

Akazawa et al (7) retrouvent un taux de 5.2% (8 cas/155patients) dans leur série.

Ces 2 taux semblent proches même si les 2 séries sont difficilement comparables, la série d'Akazawa comporte également des patients adultes avec des scolioses dégénératives. De plus elle n'exclue pas les patients avec une arthrodèse antérieure associée. Dans notre série les patients ayant bénéficié d'une arthrodèse antérieure avec matériel étaient exclus. On peut en effet considérer qu'une arthrodèse antérieure associée modifie les propriétés biomécaniques et les contraintes sur les tiges.

III. Biais de l'étude

Plusieurs biais sont à déplorer dans notre étude tant sur le plan méthodologique que sur l'analyse des données.

A. Biais de sélection

Bon nombre de nos patients ont par la suite eu un suivi exclusif dans des centres de rééducation entraînant de ce fait un grand nombre de perdus de vue et une insuffisance de suivi. Cette insuffisance de suivi est cependant à minorer par le fait que nous avons démontré que nos populations avec suivi supérieur et inférieur à 2ans étaient comparables. Le suivi en centre ou dans notre service relevait du choix personnel des familles ce qui tend également à minorer le risque de sélectionner une population.

Dans les critères d'exclusions, tout patient ayant présenté une arthrodèse antérieure avec mise en place de matériel (type plaque vissé) était exclus de notre étude. Cependant nous avons inclus les patients ayant bénéficié d'une libération antérieure du rachis précédant l'arthrodèse par voie postérieure, représentant un total de 24 patients sur 266 inclus. Plusieurs études (52–55) ont montré que la libération antérieure combinée à une approche secondaire postérieure dans la scoliose idiopathique n'a pas d'influence sur l'importance de la réduction des courbures.

De la même façon nous avons également décidé d'inclure les patients avec montage de croissance précédant l'arthrodèse postérieure. 9 patients étaient concernés sur ces 9 patients, 1 seul présenta une fracture de tige.

Les patients avec cyphose sans déformation dans le plan frontal étaient également inclus, 4 patients au total ont été inclus dans notre étude, aucun ne présente une fracture de tige dans les suites. Tous bénéficièrent d'une libération antérieure dans un premier temps.

On considère les patients « perdus de vue » comme étant les patients ayant un suivi insuffisant. Cela correspond à 43.7% de notre recrutement initial.

B. Biais de classement

Les mesures ont été réalisées sur des clichés numérisés ou avec un goniomètre sur un cliché argentique par une seule personne. De ce fait un biais de mesure est à prendre en compte.

En effet, il existe une variabilité inter-observateur, de 3 à 12° selon les études, mais également une variabilité intra-observateur, pouvant aller de 3 à 9° selon les études (56–58).

Les radiographies effectuées avec le système EOS (59–61) sont de bien meilleure qualité que les téléradiographies de rachis, permettant une analyse plus fine notamment sur les angles pelviens.

Avant l'année 2007 les radiographies étaient imprimées sur film argentique, leur qualité précaire rendait parfois leur interprétation difficile ce qui engendra une perte de données. Tout cela pouvait entraîner également un biais de mesure.

C. Insuffisance de l'étude du fait du caractère rétrospectif de l'étude

- le caractère rétrospectif rend certains résultats discutables. Pour le poids par exemple nous sommes partis du postulat que le poids ne variait pas ou peu après intervention et qu'une personne avec un poids normal avait peu de probabilité d'être en surpoids dans les années qui suivent l'intervention. Cependant le côté rétrospectif nous a privés d'informations essentielles telles que la taille qui nous aurait permis de calculer le BMI.

- nous avons une grande disparité dans la durée de suivi des patients rendant difficile la comparaison entre eux et également un grand nombre de perdus de vue, la moyenne de suivi de nos patients était de 4.43 années [1.81-13.68].

L'absence de littérature sur le sujet ne nous a pas donné d'indice sur le délai habituel de survenue de fracture de tige. Dans notre étude la durée moyenne de survenue de fracture de tige pour les patients était de 4ans après l'intervention. 3 patients présentaient des durées importantes de 9.85, 10.89 et 12.20 années avec à chaque fois des découvertes fortuites. Le délai de survenue de fracture était calculé entre la date d'intervention et la date de découverte, cependant cette date n'est pas représentative du moment exact où a eu lieu la fracture. Ainsi une fracture de tige peut-être découverte plusieurs années après sa survenue faussant ainsi le délai de survenue. Si l'on exclut ces patients avec des durées longues cela ramène la durée moyenne de survenue à 2.7ans.

Cela questionne également sur la fracture en elle-même, est-elle le témoin d'une pseudarthrose ? Les reprises chirurgicales étaient souvent effectuées par une autre équipe et les données peropératoires ne renseignaient pas l'existence d'une pseudarthrose. Comment expliquer alors la survenue d'une fracture à long terme ? Ce d'autant que l'arthrodèse par fusion osseuse est obtenue depuis longtemps, qu'il n'y a pas notion de traumatisme et que les contraintes mécaniques du matériel n'ont pas entraîné de fracture dans les premières années post-intervention. Il est à noter que ces fractures sont souvent peu voir pas déplacées (figure 33 A et B), souvent asymptomatiques et n'entraînent pas systématiquement une reprise chirurgicale.

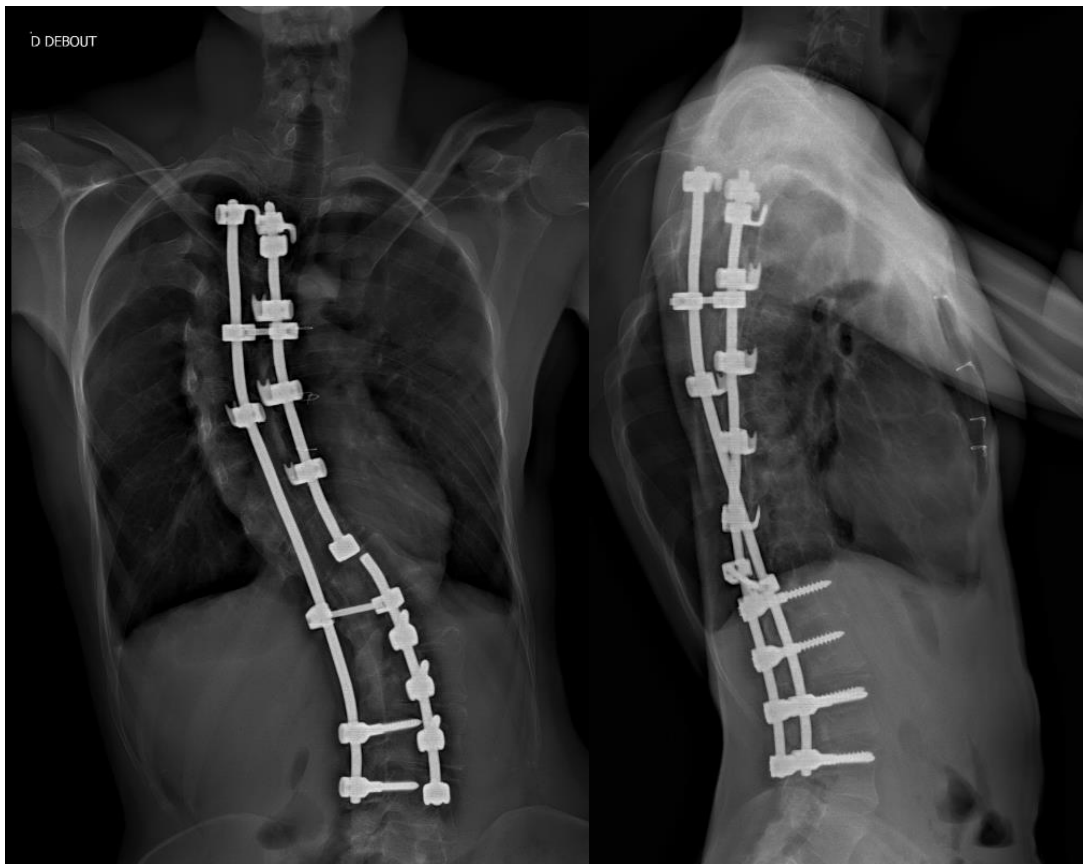


Figure 33 a et b radiographie de face et de profil témoignant d'une fracture en T12 tige gauche découverte à 12ans post-opératoire

- une partie importante de l'étude porte sur des données radiographiques est ne reflète pas le ressenti du patient ni son état de santé réel. Les données telles que les douleurs ou les activités n'étaient pas répertoriées. De ce fait les conséquences réelles des fractures de tige ne sont pas connues.

IV. Discussion des données et comparatif avec les données d'Akazawa

L'étude d'Akazawa retrouve comme facteur de risque les éléments suivants :

- Cyphose supérieure à 40° en préopératoire
- Diamètre inférieur à 6.35mm
- L'utilisation de vis sacrée

Notre étude vient confirmer ces résultats sur la cyphose préopératoire et sur l'utilisation de vis sacrée (le nombre cependant n'avait pas d'influence).

Cependant Akazawa conclut que le **sexe** n'est pas un facteur de risque contrairement à nos résultats. Ceci s'explique par le fait que dans sa série de patients, Akazawa présente 32 hommes pour 155 patients au total. Du fait de faibles échantillons, les résultats d'Akazawa concernant le sexe n'étaient pas significatifs.

Akazawa n'a pas étudié les différents **types de scoliose**. Son étude comprend 95 scolioses idiopathiques et 36 scolioses secondaires mais aucunes informations n'étaient données sur les taux respectifs de fracture pour chaque groupe.

Dans notre étude, il a été démontré que le type de scoliose était un facteur de risque de fracture de tige Ainsi le groupe idiopathique présentait 2.55% de fracture contre 13.08% pour le groupe secondaire.

La littérature (62) montre que les scolioses liées à une étiologie connue (myopathie, Neurofibromatose, tumeurs...) avaient plus de risque de faire une complication dans les suites.

Nos résultats confirment donc cela avec de façon significative un risque accru pour les scolioses secondaires de faire une fracture de tige.

Comme Akazawa, nous n'avons pas retrouvé le **poids** comme facteur de risque de fracture de tige. Pourtant une étude récente montre que le BMI joue un rôle dans la perte des correction obtenues à long terme sans qu'il n'y ait de notion sur l'incidence des fractures de tige (63).

V. Discussion sur les angulations

A. Angles frontaux et sagittaux

Hormis la cyphose thoracique, aucune mesure préopératoire (angle de Cobb cervical, thoracique et lombaire, lordose lombaire) ne se révéla être un facteur de risque.

La littérature confirme la cyphose comme étant un facteur de risque (7,64).

L'angle de Cobb sus et sous-jacent au montage n'était pas une donnée significative, nous n'avons pas de données équivalentes retrouvées dans la littérature.

B. Angles pelviens

De même les mesures pelviennes de l'équilibre sagittal n'étaient pas retrouvées comme facteur de risque. De nombreuses données sont manquantes du fait de la qualité insuffisante des radiographies effectuées (radiographie argentique avec une surexposition, radiographie avec un profil non strict ou effectué assis/couché) ou du de l'impossibilité pour le patient de se tenir debout.

C. Equilibre frontal

L'étude de l'équilibre frontal montre qu'un déséquilibre > 20mm est une tendance statistique pour la fracture de tige (RR = 2.736 [0.859-8.715] p = 0.0886). La corrélation entre équilibre frontal et fracture de tige n'a pas été établie dans la littérature. Cependant Ilharreborde (31) décrit qu'au-delà de 20mm de déséquilibre frontal on a un risque d'aggravation progressive des courbures dans le temps.

D. Données appariées

Les données appariées ont montrés une corrélation entre l'importance de l'incidence pelvienne et de la pente sacrée et les fractures de tige.

Ces données portent sur un faible nombre de patients (8 patients avec fracture appariés avec 42 patients sans fracture).

Une variation importante de la correction de l'incidence pelvienne ou de la pente sacrée semble donc jouer sur l'incidence des fractures de tige. Sont-elles un reflet de l'importance de la correction donnée à la tige (et donc aux contraintes appliqués) ? Une étude menée chez l'adulte (64) montra qu'une pente sacrée $>30^\circ$ en post-opératoire était un facteur de risque de casse du matériel. Nos données préopératoires indiquent une médiane à 46.5° pour une variation médiane de 9° entre les angles préopératoire et post-opératoire. Cette correction était-elle donc insuffisante ?

De façon intéressante, la variation des angles de Cobb pré et postopératoires thoraciques est à la limite de la significativité montrant une correction bien moins importante dans le groupe fracturé que dans le groupe sans fracture (angle médian 27° vs 14° respectivement avec $p=0.0504$). Cela semble montrer qu'une hypocorrection des courbures thoraciques à une tendance statistique comme étant un risque pour les fractures de tige.

VI. Comparaison de nos données sur le matériel avec les études de biomécaniques

Les techniques de réduction des courbures du rachis décrivent précédemment entraînent un stress sur les tiges qui peuvent être responsables d'une fracture de tige (65,66).

Afin de lutter contre ces phénomènes, plusieurs types de métal ou de diamètre de tige peuvent être utilisés (67,68).

Ainsi des tiges en Inox, alliage de titane (TiAl6V4), titane pur, chrome cobalt sont employées. Les diamètres de tige varient également allant de 3.5, 4.5, 5.5 jusqu'à 6.35mm.

A. Type de métal

Nos données ne retrouvent pas de différence significative entre l'emploi de Titane pur et d'inox.

Plusieurs études ont cependant démontrés qu'un alliage de titane, ou du titane pur avait des propriétés de résistance moins élevées que d'autres alliages tel que l'inox ou le chrome-cobalt et sont donc moins rigide (69–71,63).

B. Diamètre du métal

L'emploi quasi exclusif de diamètre 5.5mm de tige dans notre étude ne nous a pas permis d'étudier l'impact du diamètre sur la survenue de fracture de tige.

De façon logique plusieurs études (7,63) démontrent l'influence du diamètre et le rapport proportionnel entre le diamètre et sa capacité à résister à la déformation et à la fracture.

Ainsi la rigidité d'une tige 6.35mm est 2.6 fois plus importante qu'une tige de 5.5mm (72).

C. Technique de réduction

La sensibilité du titane et sa capacité à réaliser des encoches sur les tiges lors de l'emploi de technique de réduction le rendent particulièrement sensible aux fractures de tige (69,70).

L'utilisation du « French Bender » (figure 37) et les emplacements de fixation des écrous sur les vis et crochets entraînent des zones de fragilité sur les tiges en titane.



Figure 37 Flèche noire : zone de fragilité liée à l'action du « french bender »

La technique de réduction des courbures implique de tordre la tige afin de lui donner la forme future du rachis voulu notamment sur les courbures sagittales, toute la tension est portée sur la tige appliquée sur la partie concave de la courbure.

VII. A propos des implants

Le nombre de crochets, vis, clamps et vis sacrées posés n'ont pas d'influence sur la survenue ou non d'une fracture de tige

La présence de vis pédiculaire n'entraîne pas non plus de risque accru de fractures de tige.

Cependant, la présence d'un vissage sacrée au sein du montage fut démontrée comme étant clairement un facteur de risque. Cela est étayé par d'autres études qui ont corroborées ce fait (7). Il est généralement admis que l'effort fait pour tordre les tiges afin de les conformer à la courbure de la charnière lombo-sacrée est à l'origine d'une fragilité du matériel à ce niveau.

De façon intéressante un nombre de DDT supérieur à 2 dans notre étude était également un facteur de risque.

Cela peut s'expliquer par le fait qu'un nombre de 2 DDT étant généralement employé dans un montage standard, un nombre supérieur peut traduire un montage

complexe sur des courbures élevées ce qui entraîne de nombreux facteurs potentiels de fracture de tige dont le nombre de DDT n'est finalement que la représentation d'un montage atypique.

La longueur des tiges et l'écart maximal entre 2 implants étaient tous deux des facteurs de risque pour la fracture de tige, la longueur des tiges est souvent corrélé à la taille du montage, cette donnée est donc à mettre en relation avec le nombre d'étages vertébraux arthrodésés qui est également significative. Les prises de longueurs étant effectuées sur des radiographies en 2D, alors que les tiges ont une déformation dans les 3 plans de l'espace, elles ne sont pas représentatives de la longueur réelle des tiges et ne représentent qu'une approximation de celles-ci.

Enfin le nombre d'implants (crochets + vis + clamps + vis sacrées) ne se révéla pas être une variable à risque pour les tiges.

CONCLUSION

La chirurgie de la scoliose par arthrodèse vertébrale selon Cotrel-Dubousset est une intervention complexe nécessitant le respect de nombreuses règles afin de permettre un excellent résultat à long terme.

En effet une scoliose même opérée peut se compliquer. Parmi toutes les complications la fracture de tige est une complication rare mais exposant souvent à une reprise chirurgicale.

Notre étude retrouva 18 fractures de tige chez 266 patients opérés pour une scoliose dans notre service d'orthopédie pédiatrique.

Nous avons relevé plusieurs facteurs pouvant être à risque d'entraîner cette complication :

- Ainsi parmi les **facteurs de risque cliniques** nous retiendrons : le sexe masculin, les scolioses avec une étiologie connue (neurologique, neuromusculaire, tumeurs...).
- Parmi les **facteurs de risque radiologiques** : l'importance de la cyphose thoracique préopératoire, une variation importante de l'incidence pelvienne et de la pente sacrée, le nombre d'étage arthrodésés et dans une moindre mesure un déséquilibre frontal >20mm et une variation importante de l'angle de Cobb thoracique. On parlera pour ces deux variables de tendance statistique plus que de réel facteur de risque.
- Enfin pour les **facteurs de risque liés au matériel** : l'emploi d'un vissage sacrée, le nombre de DDT (révélateur d'un montage complexe), une longueur de tige importante, un écart entre 2 implants important également et une tendance statistique pour l'inox comme étant un facteur protecteur.

De tout cela que retenir ?

- Probablement que la fracture de tige est liée à la conjonction de nombreux éléments pouvant se potentialiser.
- Que la présence d'un ou de plusieurs facteurs doit amener à la prudence et à revoir sa stratégie chirurgicale.

Quid de la stratégie chirurgicale dans ce cas ?

Plusieurs techniques pouvant fragiliser la tige sont à éviter en particulier lorsque celle-ci est en titane. Ainsi l'utilisation du « french bender » doit se faire sans excès, le choix des implants doit se porter sur du matériel peu agressif sur la tige, enfin la correction In situ est à éviter.

En conclusion notre travail montre que plusieurs facteurs de risque peuvent être impliqués dans la survenue d'une fracture de tige. Le choix du matériel et la vigilance lors de la correction des courbures sagittales sont des points essentiels pour sa prévention.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Asher M, Green P, Orrick J. A six-year report: spinal deformity screening in Kansas school children. *J Kans Med Soc.* déc 1980;81(12):568-71.
2. Lonstein JE, Bjorklund S, Wanninger MH, Nelson RP. Voluntary school screening for scoliosis in Minnesota. *J Bone Joint Surg Am.* avr 1982;64(4):481-8.
3. Roach JW. Adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am.* juill 1999;30(3):353-365, vii-viii.
4. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JCY, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet Lond Engl.* 3 mai 2008;371(9623):1527-37.
5. Luhmann SJ, Lenke LG, Bridwell KH, Schootman M. Revision surgery after primary spine fusion for idiopathic scoliosis. *Spine.* 15 sept 2009;34(20):2191-7.
6. Campos M, Dolan L, Weinstein S. Unanticipated revision surgery in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 20 mai 2012;37(12):1048-53.
7. Akazawa T, Kotani T, Sakuma T, Nemoto T, Minami S. Rod fracture after long construct fusion for spinal deformity: clinical and radiographic risk factors. *J Orthop Sci.* 1 nov 2013;18(6):926-31.
8. Kane WJ. Scoliosis prevalence: a call for a statement of terms. *Clin Orthop.* août 1977;(126):43-6.
9. Reames DL, Smith JS, Fu K-MG, Polly DW, Ames CP, Berven SH, et al. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Spine.* 15 août 2011;36(18):1484-91.
10. Morais T, Bernier M, Turcotte F. Age- and sex-specific prevalence of scoliosis and the value of school screening programs. *Am J Public Health.* déc 1985;75(12):1377-80.
11. Yong F, Wong H-K, Chow K-Y. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis among female school children in Singapore. *Ann Acad Med Singapore.* déc 2009;38(12):1056-63.
12. Mellin G, Poussa M. Spinal mobility and posture in 8- to 16-year-old children. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* mars 1992;10(2):211-6.
13. Cotrel Y. [Treatment of essential scoliosis]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.*

- sept 1957;43(3-4):331-7.
14. Little DG, Song KM, Katz D, Herring JA. Relationship of peak height velocity to other maturity indicators in idiopathic scoliosis in girls. *J Bone Joint Surg Am.* mai 2000;82(5):685-93.
 15. Winter RB. Congenital scoliosis. *Clin Orthop.* juin 1973;(93):75-94.
 16. Winter RB. Congenital spine deformity. Natural history and treatment. *Isr J Med Sci.* juin 1973;9(6):719-27.
 17. McMaster MJ, Ohtsuka K. The natural history of congenital scoliosis. A study of two hundred and fifty-one patients. *J Bone Joint Surg Am.* oct 1982;64(8):1128-47.
 18. Marks DS, Qaimkhani SA. The natural history of congenital scoliosis and kyphosis. *Spine.* 1 août 2009;34(17):1751-5.
 19. Kawakami N, Tsuji T, Imagama S, Lenke LG, Puno RM, Kuklo TR, et al. Classification of congenital scoliosis and kyphosis: a new approach to the three-dimensional classification for progressive vertebral anomalies requiring operative treatment. *Spine.* 1 août 2009;34(17):1756-65.
 20. Hibbs RA. A report of fifty-nine cases of scoliosis treated by the fusion operation. By Russell A. Hibbs, 1924. *Clin Orthop.* avr 1988;(229):4-19.
 21. Hibbs RA. An operation for progressive spinal deformities: a preliminary report of three cases from the service of the orthopaedic hospital. 1911. *Clin Orthop.* juill 2007;460:17-20.
 22. Harrington PR. SPINAL FUSION IN THE TREATMENT OF IDIOPATHIC ADOLESCENT SCOLIOSIS. *J Tenn Med Assoc.* déc 1963;56:470-9.
 23. Janssen G, Peyer J, Dietschi C. [Proceedings: Fracture of the rod after using Harrington's rods in the treatment of scoliosis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* août 1974;112(4):839-42.
 24. Stürz H, Hinterberger J, Matzen K, Plitz W. Damage analysis of the Harrington rod fracture after scoliosis operation. *Arch Orthop Trauma Surg Arch Orthopadische Unf-Chir.* oct 1979;95(1-2):113-22.
 25. Luque ER. Segmental spinal instrumentation for correction of scoliosis. *Clin Orthop.* mars 1982;(163):192-8.
 26. Cotrel Y, Dubousset J. [A new technic for segmental spinal osteosynthesis using the posterior approach]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1984;70(6):489-94.
 27. Highsmith JM, Tumialán LM, Rodts GE. Flexible rods and the case for dynamic stabilization. *Neurosurg Focus.* 15 janv 2007;22(1):E11.
 28. Yoshihara H. Rods in spinal surgery: a review of the literature. *Spine J.* 1 oct

- 2013;13(10):1350-8.
29. Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. The American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lectures. Vol. 5. Ann Arbor, MI: Edwards; 1948.
 30. Morrissy RT, Goldsmith GS, Hall EC, Kehl D, Cowie GH. Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error. *J Bone Joint Surg Am.* mars 1990;72(3):320-7.
 31. Ilharreborde B, Even J, Lefevre Y, Fitoussi F, Presedo A, Souchet P, et al. How to determine the upper level of instrumentation in Lenke types 1 and 2 adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study of 132 patients. *J Pediatr Orthop.* nov 2008;28(7):733-9.
 32. Trobisch PD, Samdani AF, Pahys JM, Cahill PJ. Postoperative trunk shift in Lenke 1 and 2 curves: how common is it? and analysis of risk factors. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* juill 2011;20(7):1137-40.
 33. Guigui P, Levassor N, Rillardon L, Wodecki P, Cardinne L. [Physiological value of pelvic and spinal parameters of sagittal balance: analysis of 250 healthy volunteers]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* oct 2003;89(6):496-506.
 34. Lee CS, Noh H, Lee D-H, Hwang CJ, Kim H, Cho SK. Analysis of sagittal spinal alignment in 181 asymptomatic children. *J Spinal Disord Tech.* déc 2012;25(8):E259-263.
 35. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am.* févr 2005;87(2):260-7.
 36. Vialle R. Traitement chirurgical des scolioses idiopathiques de l'adolescent : quand et comment ? La scolioses idiopathique de l'enfant et de l'adulte. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Paris : Elsevier Masson SAS; 2009. pp. 154-64. In 2009.
 37. Duval-Beaupere G, Dubousset J, Queneau P, Grossiord A. [A unique theory on the course of scoliosis]. *Presse Med.* 23 mai 1970;78(25):1141-1146 passim.
 38. Duval-Beaupère G. [Maturation indices in the surveillance of scoliosis]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* févr 1970;56(1):59-76.
 39. Risser JC. The Iliac apophysis; an invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop.* 1958;11:111-9.
 40. Jones RS, Kennedy JD, Hasham F, Owen R, Taylor JF. Mechanical inefficiency of the thoracic cage in scoliosis. *Thorax.* juin 1981;36(6):456-61.
 41. Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated patients. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1981;63(5):702-12.
 42. Barois A. [Respiratory problems in severe scoliosis]. *Bull Acad Natl Med.* 1999;183(4):721-30.

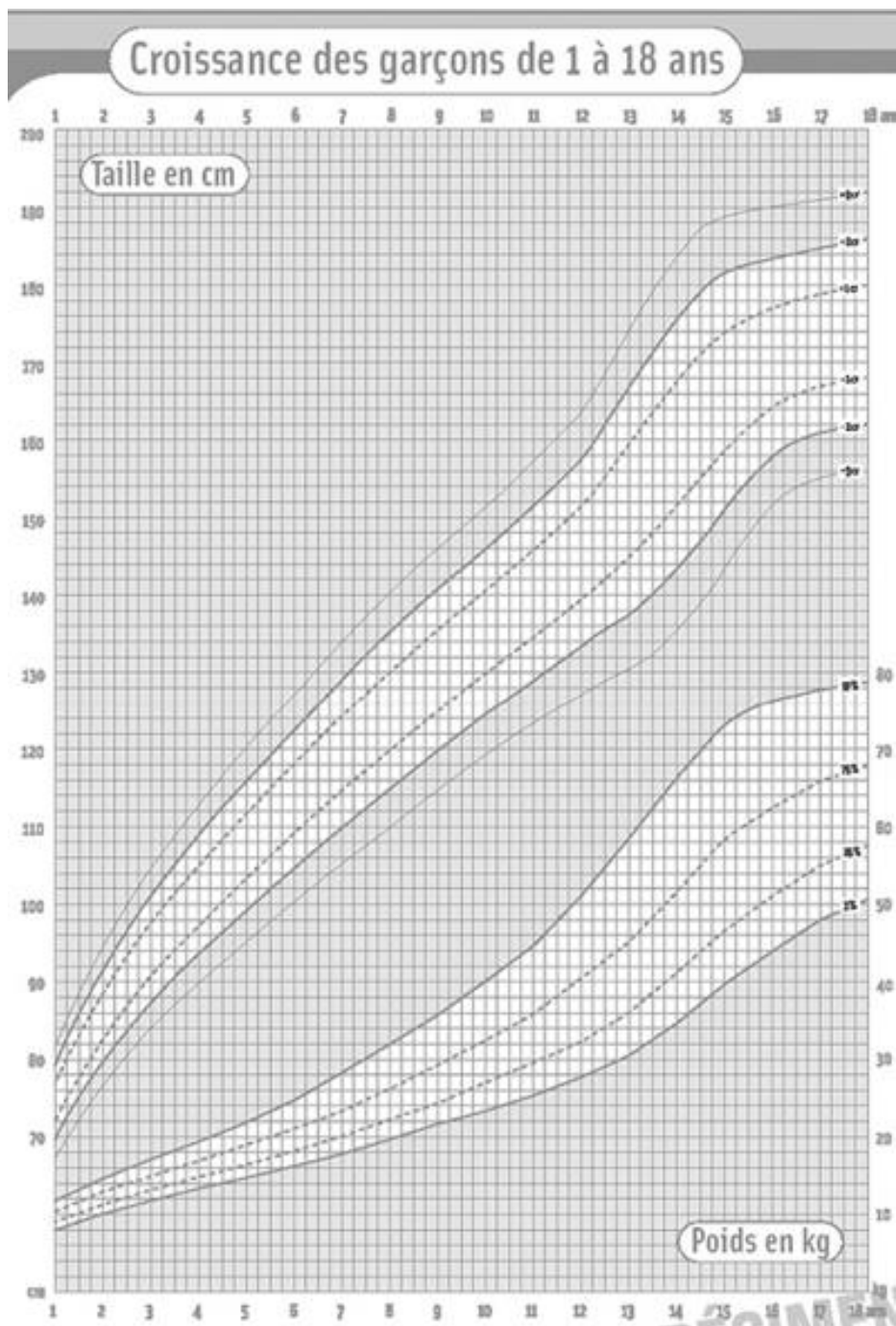
43. Payne WK, Ogilvie JW, Resnick MD, Kane RL, Transfeldt EE, Blum RW. Does scoliosis have a psychological impact and does gender make a difference? *Spine*. 15 juin 1997;22(12):1380-4.
44. Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF, Peterson KK, Spoonamore MJ, Ponseti IV. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study. *JAMA*. 5 févr 2003;289(5):559-67.
45. Erwin WD, Dickson JH, Harrington PR. Clinical review of patients with broken Harrington rods. *J Bone Joint Surg Am*. déc 1980;62(8):1302-7.
46. Yang JS, Sponseller PD, Thompson GH, Akbarnia BA, Emans JB, Yazici M, et al. Growing rod fractures: risk factors and opportunities for prevention. *Spine*. 15 sept 2011;36(20):1639-44.
47. Watanabe K, Lenke LG, Bridwell KH, Kim YJ, Watanabe K, Kim Y-W, et al. Comparison of radiographic outcomes for the treatment of scoliotic curves greater than 100 degrees: wires versus hooks versus screws. *Spine*. 1 mai 2008;33(10):1084-92.
48. Shands AR, Eisberg HB. The incidence of scoliosis in the state of Delaware; a study of 50,000 minifilms of the chest made during a survey for tuberculosis. *J Bone Joint Surg Am*. déc 1955;37-A(6):1243-9.
49. Ogden CL, Carroll MD, Fryar CD, Flegal KM. Prevalence of Obesity Among Adults and Youth: United States, 2011-2014. *NCHS Data Brief*. nov 2015;(219):1-8.
50. Li Y, Binkowski L, Grzywna A, Robbins CB, Caird MS, Farley FA, et al. Is Obesity in Adolescent Idiopathic Scoliosis Associated With Larger Curves and Worse Surgical Outcomes? *Spine*. févr 2017;42(3):E156-62.
51. Upasani VV, Caltoun C, Petcharaporn M, Bastrom T, Pawelek J, Marks M, et al. Does obesity affect surgical outcomes in adolescent idiopathic scoliosis? *Spine*. 1 févr 2008;33(3):295-300.
52. Luhmann SJ, Lenke LG, Kim YJ, Bridwell KH, Schootman M. Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70 degrees and 100 degrees: is anterior release necessary? *Spine*. 15 sept 2005;30(18):2061-7.
53. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, Luhmann SJ, Bridwell KH. Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90 degrees. *Spine*. 15 sept 2006;31(20):2386-91.
54. Shi Z, Chen J, Wang C, Li M, Li Q, Zhang Y, et al. Comparison of Thoracoscopic Anterior Release Combined With Posterior Spinal Fusion Versus Posterior-only Approach With an All-pedicle Screw Construct in the Treatment of Rigid Thoracic Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Spinal Disord Tech*. oct 2015;28(8):E454-459.
55. Chen Z, Rong L. Comparison of combined anterior-posterior approach versus posterior-only approach in treating adolescent idiopathic scoliosis: a meta-analysis. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. févr

- 2016;25(2):363-71.
56. Carman DL, Browne RH, Birch JG. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. *J Bone Joint Surg Am.* mars 1990;72(3):328-33.
 57. Corona J, Sanders JO, Luhmann SJ, Diab M, Vitale MG. Reliability of radiographic measures for infantile idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 20 juin 2012;94(12):e86.
 58. Tauchi R, Tsuji T, Cahill PJ, Flynn JM, Flynn JM, Glotzbecker M, et al. Reliability analysis of Cobb angle measurements of congenital scoliosis using X-ray and 3D-CT images. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol.* janv 2016;26(1):53-7.
 59. Dubousset J, Charpak G, Dorion I, Skalli W, Lavaste F, Deguise J, et al. [A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system]. *Bull Acad Natl Med.* févr 2005;189(2):287-297; discussion 297-300.
 60. Dubousset J, Charpak G, Skalli W, de Guise J, Kalifa G, Wicart P. [Skeletal and spinal imaging with EOS system]. *Arch Pediatr Organe Off Soc Francaise Pediatr.* juin 2008;15(5):665-6.
 61. Feydy A, Ferey S, Merzoug V, et al. Imagerie de la scoliose, place du système EOS. Société d'imagerie musculo-squelettique. Congrès Thématique de Juin. Paris (Fr): Sauramps médical, 2008.
 62. Poorman GW, Jalai CM, Diebo B, Vira S, Buza J, Baker J, et al. Congenital Etiology is an Independent Risk Factor for Complications in Adolescents Undergoing Corrective Scoliosis Surgery: Comparison of In-hospital Comorbidities Using Nationwide KID's Inpatient Database. *J Pediatr Orthop.* 24 avr 2017;
 63. Giudici F, Galbusera F, Zagra A, Wilke H-J, Archetti M, Scaramuzza L. Determinants of the biomechanical and radiological outcome of surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis surgery: the role of rod properties and patient characteristics. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 23 mai 2017;
 64. Hallager DW, Karstensen S, Bukhari N, Gehrchen M, Dahl B. Radiographic Predictors for Mechanical Failure following Adult Spinal Deformity Surgery - A Retrospective Cohort Study in 138 Patients. *Spine.* 22 nov 2016;
 65. de Jonge T, Dubousset JF, Illés T. Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis. *Spine.* 1 avr 2002;27(7):754-60.
 66. Lee S-M, Suk S-I, Chung E-R. Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 1 févr 2004;29(3):343-9.
 67. Wang X, Aubin C-E, Crandall D, Labelle H. Biomechanical comparison of force levels in spinal instrumentation using monoaxial versus multi degree of freedom postloading

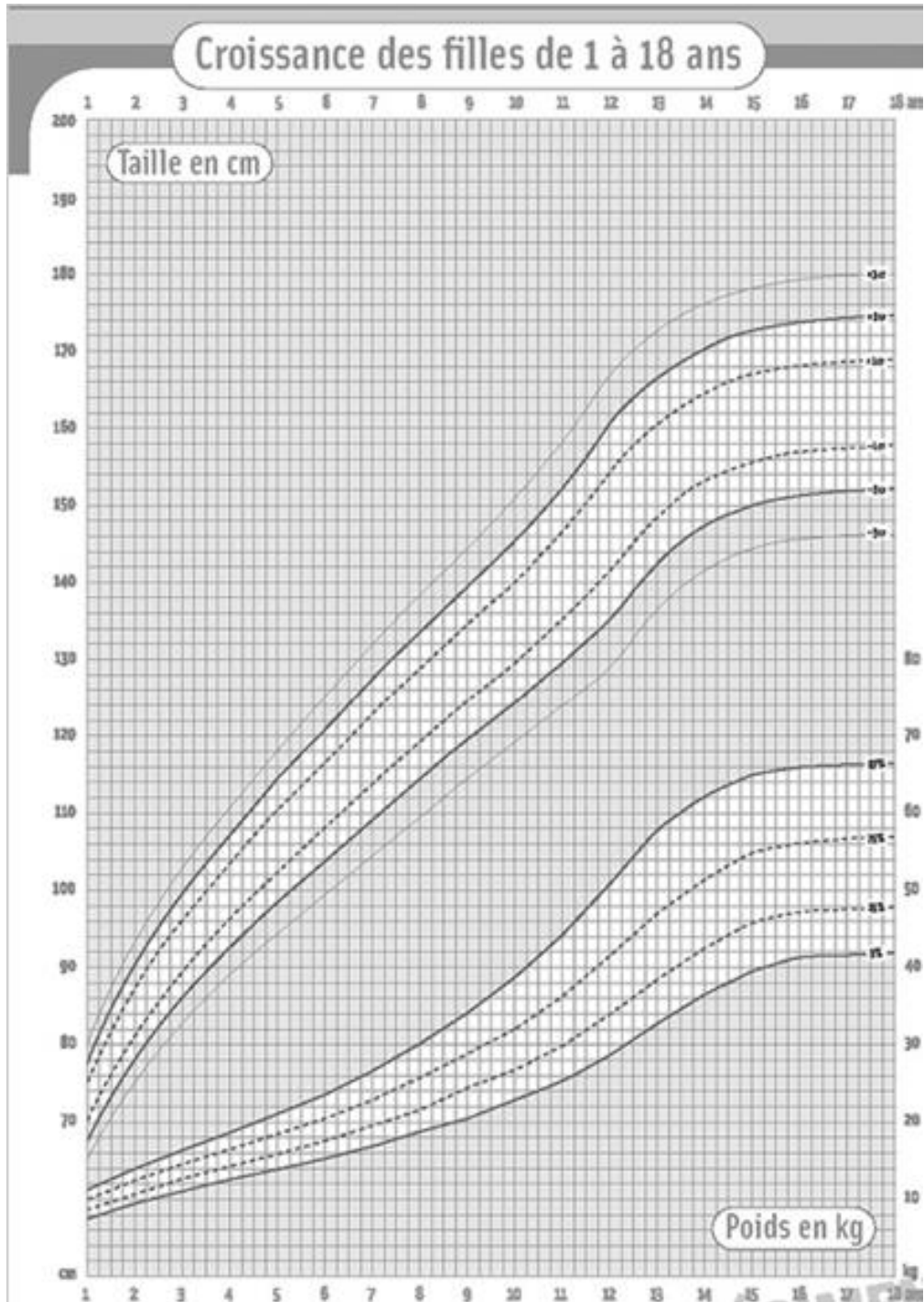
- pedicle screws. *Spine*. 15 janv 2011;36(2):E95-104.
68. Salmingo RA, Tadano S, Fujisaki K, Abe Y, Ito M. Relationship of forces acting on implant rods and degree of scoliosis correction. *Clin Biomech Bristol Avon*. févr 2013;28(2):122-8.
69. Dick JC, Bourgeault CA. Notch sensitivity of titanium alloy, commercially pure titanium, and stainless steel spinal implants. *Spine*. 1 août 2001;26(15):1668-72.
70. Lindsey C, Deviren V, Xu Z, Yeh R-F, Puttlitz CM. The effects of rod contouring on spinal construct fatigue strength. *Spine*. 1 juill 2006;31(15):1680-7.
71. Yamanaka K, Mori M, Yamazaki K, Kumagai R, Doita M, Chiba A. Analysis of the Fracture Mechanism of Ti-6Al-4V Alloy Rods That Failed Clinically After Spinal Instrumentation Surgery. *Spine*. 1 juill 2015;40(13):E767-773.
72. Serhan H, Mhatre D, Newton P, Giorgio P, Sturm P. Would CoCr rods provide better correctional forces than stainless steel or titanium for rigid scoliosis curves? *J Spinal Disord Tech*. avr 2013;26(2):E70-74.

ANNEXES

ANNEXE 1 : COURBE DE CROISSANCE DU GARÇON



ANNEXE 2 : COURBE DE CROISSANCE DE LA FILLE



AUTEUR : Nom : Baudoux

Prénom : Matthieu

Date de Soutenance : 19 Juin 2017

Titre de la Thèse : Analyse des fractures de tiges dans scolioses de l'enfant traité par arthrodèse vertébrale postérieure

Thèse - Médecine - Lille 2017

Cadre de classement : Chirurgie pédiatrique

DES + spécialité : DES Chirurgie générale, DESC Chirurgie pédiatrique

Mots-clés : fracture de tige, scoliose, arthrodèse vertébrale postérieure

Résumé :

Contexte : A notre connaissance, il n'y a pas eu d'études publiées sur les fractures de tige dans les scolioses pédiatriques traitées par arthrodèses vertébrales postérieures.

Le but de cette étude est d'analyser les facteurs de risques cliniques et radiologiques de survenue de fractures de tige après arthrodèse vertébrale postérieure chez les enfants atteints de scolioses.

Méthode : Nous avons revus 472 patients avec un diagnostic de scoliose et ayant bénéficiés dans le service de chirurgie pédiatrique de Jeanne de Flandres à Lille d'une arthrodèse vertébrale postérieure avec plus de 4 niveaux de fusion. Sur ces 472 patients, 266 eurent un suivi d'au moins 2ans entre Juillet 2000 et Février 2014.

Parmi ces patients 165 garçons et 307 filles furent inclus avec un âge moyen de 15.1 ans lors de l'intervention.

60% présentaient une scoliose idiopathique, 40% une cause secondaire.

Résultats : Sur 266 patients avec un suivi supérieur à 2ans, 18 présentèrent une fracture de tige (6.8%), pour une période moyenne de survenue d'environ 4.1ans.

Les résultats montrent que le sexe, les scolioses autres que idiopathique, l'importance de la cyphose thoracique préopératoire, l'utilisation de vis sacrées, le nombre de vertèbres arthrodésées et une longueur de tige importante sont des facteurs de risque significatifs pour les fractures de tige.

Conclusion : La correction du plan sagittal est le temps opératoire qui nécessite le plus de précaution pour éviter une fracture de tige dans les suites. Pour tout patient présentant des facteurs de risque, des tiges rigides et des techniques fragilisant au minimum la tige sont les meilleures garanties pour l'obtention d'un montage solide et pérenne.

Composition du Jury :

Président : Pr Bernard HERBAUX

Assesseurs : Pr Henri Migaud, Dr Eric Nectoux, Dr Emmanuel UCLA, Dr Damien FRON

