



**HAL**  
open science

# Analyse de la dérotation vertébrale apicale et de la correction des scoliozes idiopathiques de l'adolescent instrumentées par bandes polyester sous lamaires

Alexis Tallineau

► **To cite this version:**

Alexis Tallineau. Analyse de la dérotation vertébrale apicale et de la correction des scoliozes idiopathiques de l'adolescent instrumentées par bandes polyester sous lamaires. Chirurgie. 2021. dumas-03434271

**HAL Id: dumas-03434271**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03434271v1>**

Submitted on 18 Nov 2021

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

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



Université de Picardie Jules Verne

Faculté de médecine d'Amiens

Numéro de thèse : 2021 - 119

THESE POUR LE DOCTORAT DE MEDECINE (DIPLOME D'ETAT)

SPECIALITE : CHIRURGIE INFANTILE

Analyse de la dérotation vertébrale apicale et de la correction  
des scolioses idiopathiques de l'adolescent instrumentées par  
bandes polyester sous lamaires

Présentée et soutenue publiquement le vendredi 17 septembre 2021

Par Monsieur Alexis TALLINEAU

Né le 23/04/1992

Sous la direction et la présidence de Monsieur le Professeur Richard GOURON

Membres du Jury :

Monsieur le Professeur Michel LEFRANC

Madame le Docteur Marie-Christine PLANCQ

Monsieur le Docteur François DEROUSSEN

## DEDICACES

A mon Maître, juge, président et directeur de Jury

Monsieur le Professeur Richard GOURON

Professeur des Universités- Praticien Hospitalier

Chef de service de Chirurgie de l'Enfant

(Chirurgie infantile)

Vous me faites honneur à juger et présider cette thèse.

Je vous remercie pour vos enseignements passés, présents et futurs. Pour transmettre votre passion à tout moment que ce soit pour la chirurgie de rachis, du membre inférieur ou cancérologique. C'est avec beaucoup de reconnaissance que j'apprends votre savoir-faire chirurgical.

Je vous suis très reconnaissant pour votre accueil dans ce service de chirurgie orthopédique pédiatrique, pour votre bienveillance et votre disponibilité tant sur le plan chirurgical qu'humain. C'est un grand plaisir d'être votre élève.

Au plaisir de continuer à « sake eddins » en devenant un peu moins le tchiot du service.

A mon Maître et juge de thèse

Monsieur le Professeur Michel LEFRANC

Professeur des Universités- Praticien Hospitalier

(Neurochirurgie)

Directeur du GRECO (groupement de recherche et d'études en chirurgie robotisée)  
UPJV

Merci de faire partie de ce jury de thèse.

Je suis très admiratif de votre passion pour la chirurgie robotisée que vous arrivez à transmettre dans notre service sur le plan local et à travers le GRECO sur le plan national.

A ma Maîtresse et juge de thèse

Madame le Docteur Marie-Christine PLANCQ

Praticien Hospitalier

(Chirurgie infantile)

Vous me faites un grand honneur d'une part de faire partie de mon jury de thèse mais surtout de m'avoir pris sous votre aile comme apprenti tant en orthopédie pédiatrique qu'en plastique pédiatrique. C'est en grande partie grâce à vos enseignements que je trouve une double passion dans la chirurgie pédiatrique. Votre présence enchante tous les internes passant dans ce service.

Merci pour vos enseignements, votre patience à tout moment de la journée.

« On n'accorde jamais trop d'importance au choix de ses chaussures. Beaucoup de femmes pensent que ce n'est pas important alors qu'on reconnaît vraiment l'élégance d'une femme à ce qu'elle porte à ses pieds » Christian Dior

Vos chaussures ne font que mettre en avant l'élégance morale dont vous êtes la traduction physique.

A mon Maître et juge de thèse

Monsieur le Docteur François DEROUSSEN

Praticien Hospitalier

(Chirurgie infantile)

Vous me faites honneur à participer à mon jury de thèse.

J'apprends beaucoup grâce à vous, surtout à bien champer avec les coins et à être très fier de mon travail tout en gardant une certaine modestie : « il y a plusieurs techniques, la mienne c'est la mieux ».

Je suis admiratif de votre patience avec les patients atteints de pathologies lourdes, parfois oubliés de la société mais qui grâce à vous, réussissent à obtenir un confort de vie.

Votre rigueur me permet de canaliser ma folie intérieure.

## REMERCIEMENTS

A ma mère, de m'avoir accompagné dans un parcours semé d'embûches, j'espère te rendre aussi fier que si j'avais fait avocat ou ingénieur. Je te promets d'essayer de t'appeler plus. J'espère que tu es aussi fière de mon parcours et de ce jour que je suis heureux de t'appeler mama.

A mon père que j'ai suivi sur la voie de l'orthopédie mais du côté pédiatrique, j'espère que nous nous retrouverons bientôt au bloc ensemble, comme tu m'y as introduit depuis la 2<sup>e</sup> année de médecine ; je suis heureux de te voir épanoui dans tes nouveaux projets perso et professionnels, à Mayotte ou autre part.

A mon Gabidou, pour cette fratrie tellement belle, je t'aime.

A Christian.

A Zeinabou et à sa famille pour tout ce que vous avez pu faire pour Gabriel et moi dans notre enfance et à ce jour. Vous nous avez accompagnés pour nous former tel que nous sommes. Merci beaucoup du fond de mon cœur.

Al tio, Françoise, Javier y Ariel por ser los mejores primos del mundo. Nos tememos que ver mas seguido. A este viaje primordial. A Morel y los dos nenitos.

A la famille du côté Tallineau et en particulier à Dominique, Michele, Jean, Antoine et Julien...

A la team de la P1 avec Rego et Pauline.

A toutes ses belles rencontres à Bichat. A cette Faluche de Bichat qui m'a accompagné à tous moments dans ces années d'externat et pré externat. A tous ces balais qui n'ont reculé devant rien. En particulier à Flofi, Marine, JB, pti lu, Soyer, Dumdum, Clochi, Romanette, kakine, stimu, lolo, JE, bautrau, gab, Aram, lio, mata, Romain. A mes fillots : Garance, Kekette, Illies, SV et gabidou. A Boutinaud et ces sessions surf.

Au club des bogoss fan de Gabin : Stan, Caro, Popi, Helene, Violette et Garance.

A Thomas, Bautrau, Alex et surtout Marine.

A Gabin, Hugo et aux petits de flofi et a ceux qui arrivent.

A Wendie.

A Celine pour ton implication universitaire et merci de nous laisser opérer. En espérant continuer à en apprendre plus sur les malformations congénitales.

A Elo et Simon pour m'avoir accueilli dans cet internat, m'avoir lâché mes premiers petits blocs, m'avoir épaulé sur les premières gardes tant sur le plan des connaissances orthopédiques que sur vos qualités humaines. Au « je ne suis pas radiologue » d'Elo et à cette photo de Saint Sebastien de Rattier qui a duré à un bon moment en salle de staff.

Merci à Philippe pour ton humour constant et Nassima pour ta gentillesse sans failles quand le stage ne l'était pas forcément. A Mounia et Armin.

A Pascual pour ce Tallinette qui reste encore, merci... A Barbichette pour ces incisions en quartier de pastèque et ton amour maraicher.

A Berry, aka le moelleux, pour ses « Oh non !! » aux fléchettes, son SEUL pantalon de cuistot de self.

A Mr. Laya pour m'avoir appris la mauvaise fois, pour votre rire et les chocolats chauds en consultation. A Matthieu pour ton humour, ta passion pour la chirurgie et les apremis aux darts. A Bachar pour ta patience et ta bienveillance. A Elias pour cet anniversaire surprise et ces bonnes journées sur les voies antérieures. Merci à l'équipe du B6.

Merci aux rescapés de St Quentin. On a pu décaler les salles de sport et le meph' à l'internat ! A toutes ces soirées, aux murs taggués de charbon, aux séances de crossfit, Yoga. A Amélie, JB, Benji, Bryan, Lucie, Quentin, Marco, Thomas et Charlotte. A Zazou, hâte de te revoir !!!

Merci à Ambre pour tous ces gros fou rires partagés et à venir, Octave pour tes courriers de consultation de 10Km, à Pauline pour ton expérience. A PAG pour mon premier lambeau perforant. Au Pr. Sinna pour votre passion pour créer des gros chibres. A la team de plastique : Roro, Max, India, Guillaume, Sarah, Abeer (Bvlgari)

A Nizar pour être un model humain de gentillesse ; présent à tout moment, passionné, didactique, j'espère te le rendre assez pour mériter ton dévouement envers les internes et surtout les patients, c'est avec beaucoup de fierté que je fais partie de tes élèves et que je te compte parmi mes maîtres.

A Solal et Boro pour leurs apprentissages de la chirurgie du membre supérieur qu'ils ont réussi à me partager avec beaucoup d'enthousiasme, merci de m'avoir lâché tous ses blocs d'urgence malgré vos premières années de clinicat. Merci à Mirdad de m'avoir permis de regarder des



arthro d'épaule. Merci à Nicolas pour ton humeur et de m'avoir permis de maintenir la rotation du poignet. Merci aux IADEs (Dona++) et à quelques IBODEs (Justine, bene brune, Martine, Elise, Chloé) et surtout pas merci au reste de l'équipe du bloc.

A Emile et Sam pour votre bataille du plus beau plâtre jaune, vous feriez de bons plâtriers !! A Noémie pour ta douceur ; à Charlène, la meilleure FFI qui soit, courage pour tes futures années chez Pr. Regimbeau.

A Yazeeeeeed, merci pour ta joie de vivre, un vrai plaisir de passer du temps avec toi et de travailler avec toi ! A Benoit pour avoir été mon premier co interne de spécialité, tu ne t'en rends peut-être pas compte mais tu m'as beaucoup appris sur l'orthopédie pédiatrique, la progressive a été exponentielle grâce à toi. A Riadh et tes blagues foireuses, acolytes de délires et de travail de thèse.

A mes deux meilleurs potes Amiénois, je vous aime :

A Basile, mon pote danseur. Charmeur par tes vers, tu as conquis mon amour. Merci de faire partager ta passion du swing et de permettre à tes proches de s'ouvrir à de nouvelles expériences. Très fier de toi pour ton changement d'internat, tu t'es accroché et tu as obtenu ce qui va te permettre de vivre heureux !

A Ismaël, déjà proches à Saint Quentin, cette coloc nous a soudés. A toutes ces séances de sport, ces soirées en duo à l'appart devant la Xbox ou avec les potos de St Q. A cette soirée de Blitz... A cette envie permanente de profiter de tous les moments de la vie. Merci de faire partager ta joie de vie !

A Juliette, la plus belle rencontre de cette année. Le début d'une belle histoire, dont l'avenir est plus que prometteur. A ces futures petites attentions, voyages, expériences uniques et plus encore 😊 !

## ABBREVIATIONS

AIS : Adolescent idiopathic scoliosis

AVP : arthrodeèse par voie postérieure

CHU: Centre hospitalo-universitaire

DTT : dispositifs de traction transversale

VBT: Vertébral Body Tethering

PJK: Cyphose Jonctionnelle proximale/ Proximal Junction Kyphosis

PJF : Proximal Junction Failure

LL: Lordose lombaire

## SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| DEDICACES.....                           | 2  |
| REMERCIEMENTS .....                      | 6  |
| ABBREVIATIONS.....                       | 9  |
| INTRODUCTION.....                        | 11 |
| MATERIEL ET METHODE .....                | 12 |
| PATIENTS .....                           | 12 |
| TECHNIQUE OPERATOIRE .....               | 12 |
| DONNEES CLINIQUES .....                  | 15 |
| DONNEES RADIOGRAPHIQUES.....             | 16 |
| ANALYSE STATISTIQUE .....                | 17 |
| RESULTATS .....                          | 18 |
| ANALYSE DE LA DERORATION VERTEBRALE..... | 19 |
| ANALYSE DES COURBURES .....              | 19 |
| ANALYSE DES COMPLICATIONS.....           | 20 |
| DISCUSSION .....                         | 21 |
| CONCLUSION .....                         | 25 |
| REFERENCES.....                          | 26 |
| RESUME.....                              | 31 |

## INTRODUCTION

La scoliose idiopathique est une pathologie touchant 0,47 à 5,2%<sup>1,2</sup> de la population mondiale dont la cause n'est pas bien définie à ce jour. Parmi les explications scientifiques, nous retrouvons des critères génétiques<sup>3-5</sup>, biochimiques<sup>6,7</sup>, morphologiques<sup>8</sup>. Les complications à l'adolescence sont surtout esthétiques avec la gibbosité, l'asymétrie des épaules, l'asymétrie des plis de la taille. Dans un deuxième temps, souvent plutôt à l'âge adulte quand les scolioses évoluent défavorablement, apparaît un retentissement respiratoire avec un syndrome restrictif<sup>9</sup>, des douleurs d'arthropathie précoce et une diminution de la qualité de vie<sup>10</sup>.

Dans un premier temps, le traitement est orthopédique<sup>11,12</sup> avec de la kinésithérapie, des corsets et lorsque que cela est nécessaire une chirurgie. Le geste opératoire est dans la plupart des cas une correction fusion par voie postérieure dite arthrodèse par voie postérieure (AVP). La technique de réduction de la scoliose et le matériel utilisé est un enjeu majeur de la bonne prise en charge de la scoliose. Le but de la chirurgie étant dans un premier temps de restituer une courbure dans les trois plans de l'espace (axial, sagittal et frontal), de restituer une bonne symétrie globale du corps et d'éviter les complications à venir. Plusieurs types d'instrumentations peuvent être utilisées comme le montage par vis exclusives (« all-screw »), par crochets uniquement, par montage hybride vis-crochets, par montage hybride vis-bandes sous lamaires-crochets pour les arthrodèses postérieures. D'autres techniques utilisées par différents abord peuvent être utilisées à savoir l'arthrodèse par voie antérieure et plus récemment le Vertébral Body Tethering (VBT)<sup>13</sup>.

La dérotation vertébrale est un enjeu essentiel car elle est le reflet de la correction tridimensionnelle de la scoliose<sup>14-17</sup>. Les montages « all-screw » sont largement étudiés dans la littérature<sup>18-21</sup>. Dans cette étude nous étudions l'évolution des scolioses opérées d'une arthrodèse vertébrale postérieure par un montage hybride qui se compose d'une fixation proximale par des crochets sus lamaires et bandes sous lamaires, des bandes sous lamaires de dérotation et une fixation distale par vis pédiculaires. La correction axiale de ce montage est rarement étudiée dans la littérature<sup>22,23</sup>. L'objectif principal est de montrer que la technique utilisée permet une bonne dérotation vertébrale en post opératoire immédiat et à 1 an post opératoire. Les objectifs secondaires sont l'étude de la variation de l'angle de Cobb, de l'équilibre sagittal et des complications notamment la Cyphose Jonctionnelle Proximale (Proximal Junction Kyphosis, PJK).

## MATERIEL ET METHODE

Il s'agit d'une étude de cohorte rétrospective, unicentrique au centre hospitalier universitaire (CHU) Amiens-Picardie de données cliniques et radiographiques.

### PATIENTS

Nous avons collecté les données à partir du logiciel DxCare® (Dedalus®, Le Plessis-Robinson, France) pour une population opérée entre juillet 2016 et juin 2020. Les critères d'inclusions étaient : des patients âgés entre 13 et 21 ans au jour du geste chirurgical, être atteint d'une scoliose idiopathique évolutive avec indication chirurgicale (Cobb thoracique  $>45^\circ$ , Cobb lombaire  $>35^\circ$ ) et avoir été opéré par la technique hybride vis distales, bande sub-lamaire, crochets sus-lamaire. Les critères d'exclusion sont : scoliose non idiopathique ou le doute sur la présence d'une pathologie associée pouvant rentrer dans une pathologie syndromique, les arthrodèses par voie antérieure, cause tumorale, cause infectieuse.

### TECHNIQUE OPERATOIRE

Toutes les chirurgies ont été réalisées par les deux chirurgiens pédiatriques spécialistes du rachis du CHU Amiens Picardie. Le bilan radiographique comprenait un EOS® classique, des clichés réalisés en bending et un test d'élongation<sup>24</sup>. Le système EOS® produit des clichés stéréo-radiographiques basse dose du corps entier du patient en position debout ou assise. Il s'agit d'un dispositif bi-plan qui repose sur le principe de deux faisceaux de rayons X perpendiculaires se déplaçant verticalement et effectuant un balayage du patient de la tête au pied du patient. En quelques secondes, l'examen EOS réalise deux clichés face-profil simultanés sans agrandissement ni assemblage. Grâce aux 2 clichés du corps entier, il est possible de créer un modèle personnalisé 3D.

Le choix des niveaux d'arthrodèse était réalisée selon les mêmes critères<sup>25,26</sup>. Le choix de la vertèbre la plus haute instrumentée était choisie sur EOS avec clichés de face et de profil en prenant en compte la cyphose thoracique et les paramètres pelviens. La vertèbre la plus basse instrumentée était choisie en fonction de la « last touch vertebrae »<sup>25</sup> ainsi que de l'ouverture des disques intervertébraux sur les bending selon les critères de Lenke<sup>27</sup>.

La voie d'abord utilisée était une voie d'abord postérieure. La dissection était soignée jusqu'aux apophyses épineuses puis extra musculaire en longeant les reliefs osseux. Les apophyses épineuses étaient reséquées pour servir d'unique greffon pour l'arthrodèse. Des vis pédiculaires de diamètres 6,5mm monoaxiales étaient introduites dans un premier temps pour établir la fixation distale après passage intra pédiculaire avec guidage par Pedigard®<sup>28</sup> (SpineGuard, Vincennes, France). Les ligaments jaunes étaient ensuite retirés par la pince Kerisson. Les crochets sus-lamaires étaient ensuite introduits de manière bilatérale fixés à des tiges reliées à des bandes sous-lamaires de la vertèbre inférieure pour former une fixation proximale autostable (Jazz Claws, Implanet, Bordeaux, France). Des bandes sous-lamaires (Jazz, Implanet, Bordeaux, France) sont ensuite introduites dans tous les espaces dans la concavité et sur deux à trois niveaux de l'apex de la courbure dans la convexité selon le planning pré opératoire. Une tige en titane diamètre 6mm, cintrée afin de donner de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique, était introduite dans un premier temps du côté de la concavité dans les vis distales puis par dérotation fixée sur la pince autostable proximale. Le même protocole était réalisé ensuite sur le côté convexe. Chaque bande était connectée à un tendeur après fixation proximale et distale des tiges (Fig. 1) . De la distraction ou compression peut être réalisée sur les tiges si besoin. Un montage en cadre était mis en place par des dispositifs de traction transversale (DTT). Les tendeurs étaient alors mis en tension de sorte à réaliser une dérotation vertébrale et finaliser la correction du plan frontal en plusieurs temps, d'abord concave puis convexe puis encore concave (Fig.2)

La fermeture était réalisée plan par plan, un redon était mis en place dans l'espace sous cutané avant la fermeture par surjet intradermique par un fil résorbable monofilament. (Fig. 3 et Fig. 4).

Une surveillance neurologique par potentiels évoqués somesthésiques<sup>29</sup> et potentiels trans crâniens était effectuée pendant toute la durée de l'intervention.



Figure 1 : : Instrumentation en place avec tendeurs sur bandes polyester

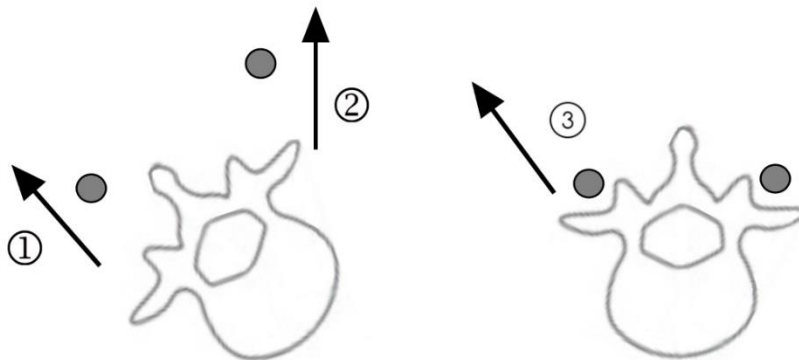


Figure 2 : dérotation vertébrale après mise en place des tiges. Etape (1) : dérotation par mise en tension des bandes polyester sur tiges dans la concavité. Etape (2) : translation par mise en tension des bandes polyester sur tiges dans la convexité. Etape (3) : dérotation finale par nouvelle tension des bandes polyester dans la concavité.



*Figure 3 : radiographie de face post opératoire*



*Figure 4 : radiographie de profil post opératoire*

## DONNEES CLINIQUES

Pour chaque patient, des données démographiques et cliniques à savoir le sexe, l'âge de la chirurgie, les antécédents, les courriers de consultation pré et post opératoire de suivi, les comptes rendus opératoires ont été recueillis.



## DONNEES RADIOGRAPHIQUES

Toutes les radiographies ont été réalisées grâce au système EOS® (Fig.5) (EOSedge™, Paris, France) et interprétées grâce au logiciel SterEOS® (EOSedge™, Paris, France) par un seul opérateur. La rotation (Fig.6) de la vertèbre apicale a été analysée en pré opératoire, post opératoire immédiat et à 1 an post opératoire. Cette dernière était définie comme la vertèbre la plus rotée de la courbure<sup>30,31</sup>. La scoliose était définie comme existante si l'angle de Cobb >10°. L'angle de Cobb (Fig. 7) était la mesure de l'angle entre le plateau supérieur de la vertèbre supérieure la plus inclinée sur l'horizontal et le plateau inférieur de la vertèbre inférieure la plus inclinée sur l'horizontal. La cyphose sagittale (Fig. 8) était définie comme la mesure de l'angle entre le plateau supérieur de D1 et le plateau inférieur de D12. L'angle entre le plateau inférieur de la vertèbre la plus haute instrumentée et le plateau supérieur de deux vertèbres au-dessus de cette dernière était mesuré. Il existait une PJK si cet angle était >10° et si ce même angle était >10° au-dessus de la mesure pré opératoire. La PJF (Proximal Junction Failure) était définie comme défaillance de la fixation proximale. La lordose lombaire L5-S1 était définie comme l'angle entre la tangente au bord supérieur du corps de L1 et au bord supérieur de S1. L'angle de Cobb, cyphose sagittale, lordose lombaire, PJK ont été analysés en pré opératoire, post opératoire immédiat et au plus long recul présent au moment de l'étude. Les scolioses ont été classées selon la classification internationale Lenke<sup>32</sup>. Pour l'étude, elle a été utilisée de manière simplifiée en ne surclassant pas en A, B ou C.

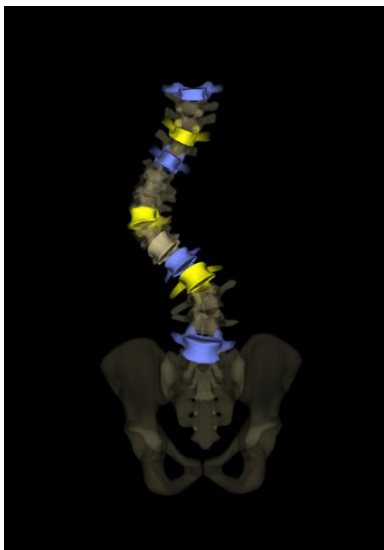


Figure 5 : représentation 3D EOS

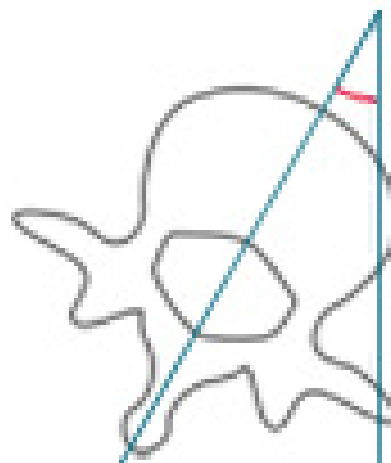


Figure 6 : angle de rotation vertébrale

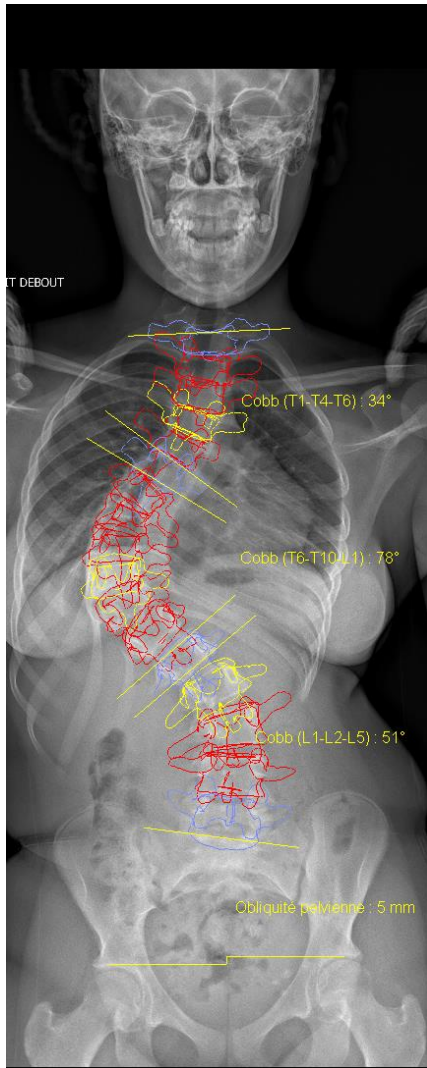


Figure 7 : angle de Cobb sur EOS pré opératoire

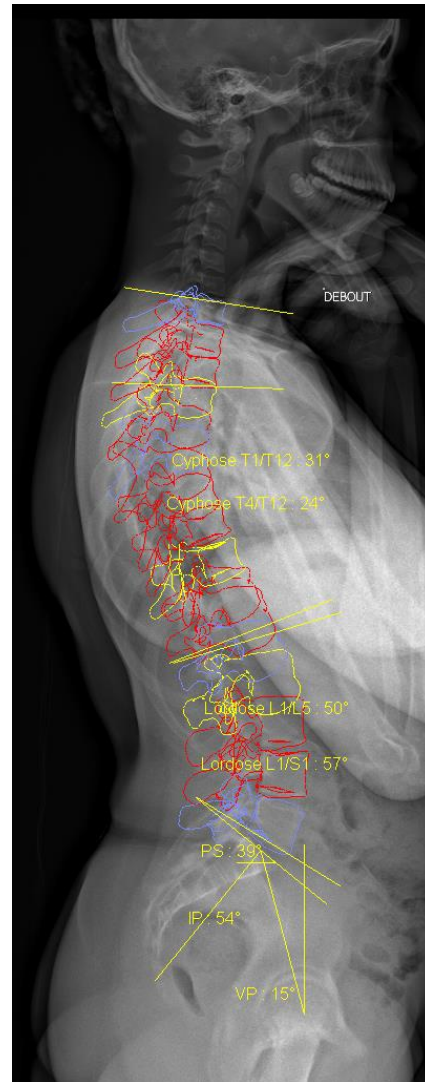


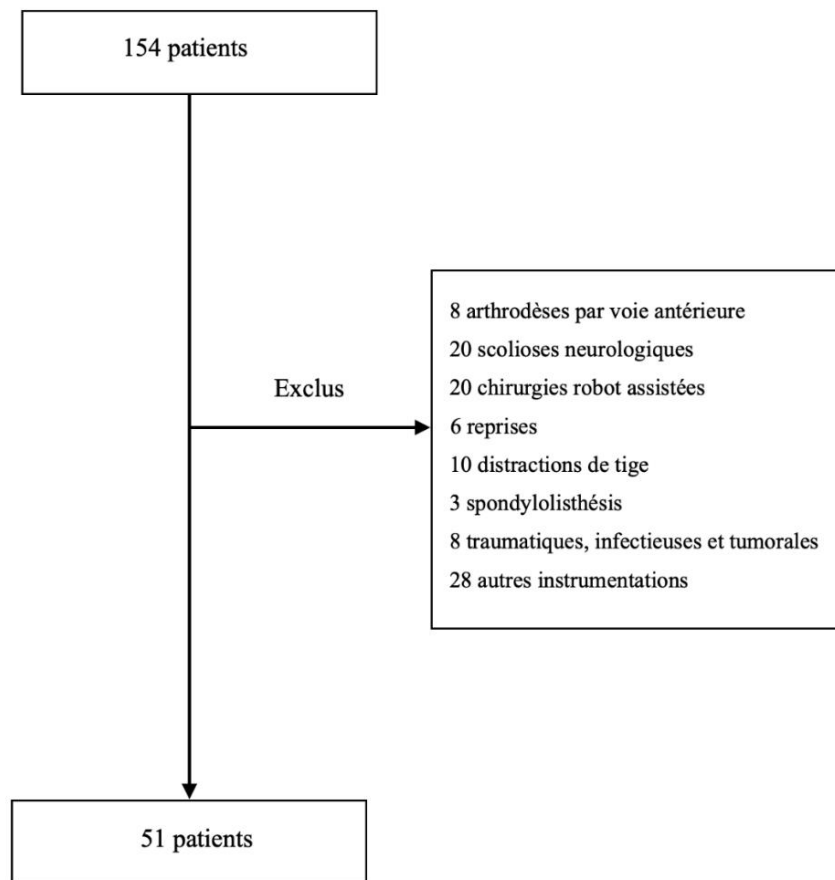
Figure 8 : données sagittales sur EOS pré opératoire

## ANALYSE STATISTIQUE

Les données sont présentées sous forme de moyenne, de maxima, de minima, intervalle de confiance et d'écart-type. Pour les comparaisons de moyennes, un test-T de Student était utilisé lorsque la répartition des données suivait une loi normale. L'ensemble des tests statistiques était réalisé via le logiciel R version 4.0.2 pour Mac OS (<http://biostatgv.sentiweb.fr/>).

Un degré de significativité de 5% était retenu pour le modèle final. Une valeur de  $p < 0,05$  était considérée comme statistiquement significative pour un intervalle de confiance à 95%.

## RESULTATS



*Figure 9 : Flow chart*

Nous avons recruté 51 patients (Fig.9) dont 40 filles (78%) et 11 garçons (22%). L'âge moyen le jour de l'opération est de 15,1 ans (de 13 à 20 ans avec un écart type de 1,9) et la durée moyenne de recul est de 2,8 années (minimum 1 an, maximum 5 ans). Le nombre de vertèbres fusionnées est en moyenne de 13,3.

Nous avons retrouvé 32 Lenke 1 (63%), 3 Lenke 2, 14 Lenke 3 (27%), 0 Lenke 4, 1 Lenke 5, 1 Lenke 6.

## ANALYSE DE LA DERORATION VERTEBRALE

Les données liées à la rotation vertébrale sont présentées dans le tableau 1.

*Tableau 1 : Rotation 1 : Rotation de la vertébrale apicale de la plus grande courbure ; Rotation 2 : Rotation de la vertébrale apicale de la contre courbure ; pre op : pré opératoire ; post op imm : post opératoire immédiat ; post op max : post opératoire au plus grand recul*

|            | Moyenne des valeurs |                 |                 | p-Values    |             |
|------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
|            | Pre op (°)          | Post op imm (°) | Post op max (°) | Post op imm | Post op max |
| Rotation 1 | 19.5(2.9-46.6)      | 4.8 (0-20.5)    | 5.6(0.2-20.2)   | <0.0001     | <0.0001     |
| Rotation 2 | 25(1-92)            | 7.3(0.1-24.8)   | 5.9(0-18.7)     | 0.0012      | 0.0014      |

Le pourcentage de dérotation de la vertèbre apicale de la courbure principale est de 75,7% en post opératoire immédiat et la perte de correction de la rotation est de moins de 1° à 1 an de manière non significative ( $p>0,05$ ). La dérotation de la contre courbure est de 70,7% sans variation significative à 1 an.

## ANALYSE DES COURBURES

L'ensemble des données liées aux courbures vertébrales dans le plan sagittal et coronal sont présentées dans le tableau 2.

La correction de l'angle de Cobb de la grande courbure post opératoire est de 59,3% par rapport au pré opératoire. Une perte de correction d'environ 5° non significative est notée entre la valeur post opératoire immédiate et au plus grand recul.

La contre courbure quant à elle, se corrige de 54.2% entre les valeurs pré et post opératoire immédiates sans perte de correction significative au plus long recul.

Tableau 2 : Cobb 1 : angle de Cobb de la plus grande courbure ; Cobb 2 : angle de Cobb de la contre courbure ; Sagittal prox : angle sagittal proximal à la recherche de PJK ; pre op : pré opératoire ; post op imm : post opératoire immédiat ; post op max : post opératoire au plus grand recul

|                   | Moyenne des valeurs |                 |                 | p-Values    |             |
|-------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
|                   | Pre op (°)          | Post op imm (°) | Post op max (°) | Post op imm | Post op max |
| Cobb 1            | 62.9(42-110)        | 25.6(11-62)     | 31(16-62)       | <0.0001     | <0.0001     |
| Cobb 2            | 56.8(41-94)         | 26(10-57)       | 27.5(2-60)      | <0.0001     | <0.0001     |
| Sagittal prox     | 5.4 (0-19)          | 9.5(0-32)       | 9.2(1-24)       | 0.0007      | 0.0006      |
| Cyphose sagittale | 28.6(5-48)          | 26.8(7-50)      | 38.4(17-70)     | 0.011       | <0.0001     |
| Lordose lombaire  | 56(23.4-88.5)       | 42.9(18.2-70.7) | 50(22.6-79.3)   | <0.0001     | <0.0001     |

L'analyse de la cyphose sagittale ne montre pas de différence significative en post opératoire immédiat mais une augmentation de presque 12° de variation au dernier recul.

La lordose lombaire (LL) connaît une diminution significative de 13° en post opératoire immédiat. Cette mesure varie de manière significative au cours du suivi avec une augmentation de 7° en moyenne.

## ANALYSE DES COMPLICATIONS

Les complications sont présentées dans le tableau 3.

Les reprises chirurgicales ont été secondaires à un sepsis (1 cas), à une recoupe de tiges extériorisées (1 cas), à deux PJ et à un dessertissage d'écrou de vis distale (1 cas). Les anomalies de cicatrices sont : 3 cicatrices qualifiées de larges, 1 douloureuse et 2 chéloïdes.

Tableau 3: résumé des complications post opératoires

|                        | Nombre | Pourcentage |
|------------------------|--------|-------------|
| PJK                    | 5      | 9.8         |
| Anomalie cicatricielle | 6      | 12          |
| Reprise chirurgicale   | 5      | 10          |
| PJF                    | 4      | 8           |
| Douleur                | 17     | 33          |

Les douleurs de type neuropathique (10/17) n'ont entraîné des douleurs chroniques que dans un seul cas (2% des opérés). Les autres ont régressé sous Gabapentine ou spontanément dans les 3 mois post opératoire.

## DISCUSSION

Il n'y a ce jour pas d'étude décrivant les rotations de la vertèbre apicale lors du suivi post opératoire pour des montages hybrides tels que celui que nous utilisons. Peu d'études ont été publiées à ce jour avant la nôtre sur EOS.

En 2017, Kato et al.<sup>18</sup> étudient la rotation de la vertèbre apicale en utilisant la machine EOS®. Cette étude incluant 55 patients confirme la correction de la rotation post arthrodèse vertébrale postérieure avec une moyenne pré opératoire de 19° et une moyenne post opératoire de 9°. Le suivi post opératoire montre une perte de correction de 2° en moyenne. Il est important de noter que cette étude n'est pas homogène car elle mélange une population de 51 patients traités en « all-screw » et 4 patients en montage hybride avec crochets. Notre étude montre la même moyenne de rotation de la vertèbre apicale en pré opératoire mais un meilleur gain en post opératoire immédiat de 5° de plus, ainsi qu'une meilleure stabilité dans la correction rotationnelle car la perte est de 1° uniquement. Leur conclusion affirme qu'il y a un effet majeur de la correction en utilisant un montage « all-screw » versus hybride. Cette différence peut être due aussi à un biais de sélection car les courbures du montages hybrides étaient plus sévères mais aussi à un biais de comparaison et un manque de puissance. En 2017, Jankowski et al.<sup>19</sup> étudient la relation entre la rotation vertébrale et rotation du tronc. La rotation de la vertèbre apicale a été calculée avec le logiciel SterEOS chez 56 patients opérés par AVP en montage

« all screw ». La rotation en pré opératoire montre une moyenne de 13° en thoracique. Les résultats post opératoire montrent une rotation post opératoire à 10 mois de moyenne de 4° en thoracique soit une valeur équivalente à celle retrouvée dans notre étude. Courvoisier et al.<sup>20</sup> a publié une étude sur des fixation postérieures « all-screw » chez 40 filles Lenke 1, 2 et 5. L'étude de la rotation de la vertèbre apicale montre une amélioration significative de 21 à 13° en post opératoire en utilisant le logiciel SterEOS®. Le suivi post opératoire s'arrête à J10 ce qui rend difficile l'appréciation de la potentielle perte de dérotation. Cui et al.<sup>21</sup> décrivent la rotation relative de la vertèbre apicale par rapport à T5 en pré opératoire, post opératoire immédiat et à 2 ans post opératoire d'une arthrodèse par voie postérieure en montage « all-screw » sur des imageries scanographiques. Respectivement, les moyennes retrouvées sont 28,5° ; 15,8° ; 18,5° soit 40% de correction de la rotation en post opératoire et 1,7° de perte de correction. La perte de correction est équivalente à celle retrouvée dans notre étude. Les rotations et le pourcentage de correction sont des valeurs de comparaison plus difficiles car les références de mesures ne sont pas les mêmes. Il est cependant important de noter que le suivi est réalisé par scanner alors que celui de notre étude par EOS, l'impact sur l'irradiation d'organe n'étant pas négligeable<sup>28</sup>. En 2014, Hirsch et al.<sup>22</sup> comparent l'utilisation de bandes sous-lamaires et bandes sous-transversaires pour des montages avec fixation proximale par crochets sus et sous lamaires proximales et vis distales. Cette étude retrouve une correction de 66% pour les bandes sous-lamaires contre 56% pour les sous-transversaires. Cette différence est non significative. Cependant les bandes sous-transversaires ne conservent pas la dérotation dans le temps car la correction passe de 56% à 40% au dernier recul contre une dérotation égale pour les sous-lamaires. Ilharreborde et al.<sup>33</sup> ont calculé la rotation vertébrale chez 24 patients opérés par montage « all screw » et hybride vis pédiculaires distales, bandes sous-lamaires et fixation proximale par crochets sus et sous-lamaires trouvant une dérotation de 50% sur le suivi cependant, les données des deux instrumentations ne sont pas séparées. Silvestre et al.<sup>34</sup> utilise la technique de la « direct vertebral rotation » qui consiste à utiliser une ancillaire de dérotation directement sur les tiges dans des instrumentations « all screw ». Il retrouve dans l'étude une dérotation au cours du suivi de 61% sur 32 patients classés Lenke type 1 et 2.

Notre étude a permis de calculer les rotations vertébrales grâce au système EOS®. D'autres méthodes pour calculer la rotation vertébrale sont utilisées<sup>17,35</sup> sur radiographie cependant leur utilisation est très difficile car l'accès aux pédicules est limitée. Le système utilisé dans notre étude permet de limiter l'accès difficile aux pédicules en ajustant la rotation avec les corps vertébraux, les apophyses de face comme de profil. Le calcul rotationnel sur scanner<sup>21</sup> permet

des calculs plus précis au prix d'une irradiation trop grande<sup>36</sup>. Le tableau 4 résume les données retrouvées dans la littérature.

Tableau 4: résumé des études calculant les rotations vertébrales

| Auteur                            | Instrumentation   | Rotation pré opératoire (min-max) | Rotation post opératoire (min-max) | Pourcentage de dérotation |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Kato et al. <sup>18</sup>         | « all-screw »   | 19° (5-33)                        | 11° (0-25)                         | 42%                       |
| Jankowski et al. <sup>19</sup>    | « all-screw »   | 13° (7-19)                        | 4° (0-8)                           | 69%                       |
| Cui et al. <sup>21</sup>          | « all-screw »   | 28.5° (20-37)                     | 18.5° (10-27)                      | 35%                       |
| Courvoisier et al. <sup>20</sup>  | « all-screw »   | 21° (8-37)                        | 13° (0-27)                         | 38%                       |
| Ilharreborde et al. <sup>33</sup> | « all-screw »   | 20° (13-27)                       | 10° (5-15)                         | 50%                       |
| Ilharreborde et al. <sup>33</sup> | Hybride : crochet sus et sous lammaire-vis et bandes sous lammaires     |                                   |                                    |                           |
| Hirsch et al. <sup>22</sup>       | Hybride : crochet sus et sous lammaire-vis et bandes sous lammaires     | 23.2° (23-33)                     | NA                                 | 66%                       |
| Hirsch et al. <sup>22</sup>       | Hybride : crochet sus et sous lammaire-vis et bandes transversaires     | 10.8° (4-17)                      | NA                                 | 40%                       |
| Di Silvestre et al. <sup>34</sup> | « direct vertebral rotation » avec « all screw »                        | 27.5° (22-31)                     | 10.2° (8-13)                       | 61%                       |
| Notre série                       | Hybride : crochets sus lammaire, bande sous lammaires, vis pédiculaires | 19.5° (3-47)                      | 5.6° (0-20)                        | 71%                       |



L'instrumentation réalisée dans l'étude que nous avons menée permet donc une très bonne dérotation vertébrale durable dans le temps.

Certaines équipes proposent des montages hybrides avec une fixation proximale différente comme le montrent Simon et al.<sup>37</sup> qui instrumentent par des fixations par crochets sus et sous-lamaires. Dans cette étude, la variation de l'angle de Cobb en post opératoire immédiat était de 67% (p value <0.05) avec une augmentation de 2° sur le dernier contrôle radiographique. Soit une correction de l'angle de Cobb inférieure à celle de notre étude mais moins de perte de correction dans le suivi. Il est important cependant de noter que leur étude ne comprenait que des patients lenke 1 (84%) et lenke 2. Sale de Gauzy et al.<sup>38</sup> ont réalisé une étude sur le montage hybride par crochets sus et sous-lamaire montrant une réduction post opératoire de l'angle de Cobb de 73% avec une augmentation de 3° à 2 ans. Leur effectif était plus réduit que le nôtre avec 29 patients cependant leur étude était prospective. Zaher et al.<sup>39</sup> a évalué une instrumentation avec fixation proximale sus et sous-lamaires associées à des bandes en polyesters transversaires. L'angle de Cobb était corrigé de 63%. L'étude de Courvoisier<sup>20</sup> montre des résultats de la variation de l'angle de Cobb de 65%.

L'instrumentation réalisée dans l'étude que nous avons menée permet donc une très bonne correction de l'angle de Cobb comparable à la littérature scientifique.

Il est intéressant d'évaluer enfin le taux de PJK dans la chirurgie de la scoliose car si elle est dans certains cas asymptomatique<sup>40</sup>, la reprise chirurgicale peut être nécessaire. L'étude de Glattes et al.<sup>41</sup> en 2005 sur des montages segmentaires par crochets sus et sous-lamaires chez des adultes montre un taux de PJK à 29%, Yagi et al.<sup>40</sup> retrouve 22% de PJK dans une population adulte traitée par montage de crochets sus et sous-lamaires segmentaires et vis distale. Dans une population de patients avec scoliose idiopathique, Battista et al.<sup>42</sup> trouve un taux de 5% de PJK sur 17 patients avec des bandes transversaires et fixation proximale et distale par vis. Yongjung et al.<sup>43</sup> réalisent une étude unicentrique sur 410 patients comparant le taux de PJK entre les montages « all-screw », hybrides (crochets sus et sous-lamaires proximaux et vis pédiculaires distales) et montage crochets uniquement. Le pourcentage global de PJK est de 27% sans différence significative entre « all screw » et le montage hybride probablement dû à un manque de puissance qui laisse penser que le montage rigide « all-screw » entraîne plus de PJK. Les travaux de Melvin et al.<sup>44</sup> renforcent l'idée de l'étude précédente en montrant le taux de PJK statistiquement plus élevé dans les montages « all-screw » avec un taux de PJK de plus

de 8% contre 0 à 6% pour les autres types de montages hybrides ou crochets. Simon et al.<sup>37</sup> sur montage hybride retrouvent 10% de PJK pour une population adolescente traitée par instrumentation hybride avec crochets sus et sous-lamaïres proximaux autostables. L'étude de Pahys et al.<sup>45</sup> compare les PJK sur deux groupes : un groupe « all screw » et un groupe utilisant des crochets en fixation proximale. Elle ne retrouve pas de différence significative mais la définition de la PJK est celui d'un angle  $>15^\circ$ .

Dans notre étude, le pourcentage de PJK est de 10%. Le taux de PJK est donc dans la norme si on compare la littérature qui retrouve entre 0 à 29% de PJK ce qui semble être un bon résultat et vise à encourager ce type d'instrumentation.

Notre étude comprend des limites à savoir le fait qu'elle est unicentrique donc entraîne un biais lié à l'effet centre. D'autre part elle est non comparative. Le total des patients permet de regrouper 51 patients alors que certaines études en regroupent près de 400. Cependant, le groupe présenté est homogène dans le type de montage utilisé à l'inverse de la plupart des études qui mélangent différents types de montages.

L'intervention d'un unique investigateur pour la collecte des données, le calcul et l'interprétation sur le logiciel SterEOS<sup>33</sup> est une des principales forces de l'étude. Il nous semble important à ce jour, de privilégier une imagerie de basse dose d'irradiation<sup>46</sup>.

## CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons étudié une cohorte de 51 patients adolescents atteints de scoliose idiopathique suivi au minimum 1 an en post opératoire sur un plan radio-clinique. L'hypothèse principale était de montrer que les patients opérés selon une technique d'arthrodèse vertébrale postérieure par un montage hybride, comprenant des vis pédiculaires comme fixation distale, bandes de dérotation sous-lamaïres et crochets sus-lamaïre en fixation proximale, permettait une dérotation de la vertèbre apicale stable dans le temps. Les critères de jugements secondaires étaient l'obtention d'une réduction de l'angle de Cobb durable dans le temps et l'absence de sur incidence de PJK. A l'issue de l'étude, l'hypothèse principale est vérifiée en post opératoire immédiat et au plus long recul. Les hypothèses secondaires sont aussi vérifiées. Il pourrait être intéressant d'envisager une étude multicentrique pour comparer deux cohortes de patients opérés par instrumentation par « all screw » versus instrumentation hybride tel que réalisé dans cette étude.

## REFERENCES

- [1] **Trobisch P, Suess O, Schwab F.** Idiopathic scoliosis. *Dtsch Arztebl Int* 2010;107:875–83.
- [2] **Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R.** Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop* 2013;7:3–9.
- [3] **Lin M, Zhao S, Liu G, Huang Y, Yu C, Zhao Y, et al.** Identification of novel FBN1 variations implicated in congenital scoliosis. *J Hum Genet* 2020;65:221–30.
- [4] **Nowak R, Kwiecien M, Tkacz M, Mazurek U.** Transforming growth factor-beta (TGF- $\beta$ ) signaling in paravertebral muscles in juvenile and adolescent idiopathic scoliosis. *Biomed Res Int* 2014.
- [5] **Sadler B, Haller G, Antunes L, Bledsoe X, Morcuende JA, Giampietro P, et al.** Distal chromosome 16p11.2 duplications containing SH2B1 in patients with scoliosis. *J Med Genet* 2019;56:427–33.
- [6] **Sales de Gauzy J, Gennero I, Delrous O, Salles J-P, Lepage B, Accadbled F.** Fasting total ghrelin levels are increased in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis* 2015;10:33.
- [7] **Liu H, Liu Z, Man C, Guo J, Han X, Hu Z, et al.** The effect of exogenous melatonin on reducing scoliotic curvature and improving bone quality in melatonin-deficient C57BL/6J mice. *Sci Rep* 2019;9:6202.
- [8] **Antoniadou N, Hatzitaki V, Stavridis SI, Samoladas E.** Verticality perception reveals a vestibular deficit in adolescents with idiopathic scoliosis. *Exp Brain Res* 2018;236:1725–34.
- [9] **Koumbourlis AC.** Scoliosis and the respiratory system. *Paediatric Respiratory Reviews* 2006;7:152–60.
- [10] **Diarbakerli E, Grauers A, Danielsson A, Abbott A, Gerdhem P.** Quality of Life in Males and Females With Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2019;44:404–10.
- [11] **Lechevallier J, Leroux J, Amara SA.** Scoliose idiopathique de l'enfant et de l'adolescent. Sauramps Medical. 2012.

- [12] **Accadbled, Sales de Gauzy**, Scoliose idiopathique, , Sauramps Médical, 2016.
- [13] **Baroncini A, Trobisch PD, Birkenmaier C, Da Paz S, Migliorini F**. Radiographic Results after Vertebral Body Tethering. *Z Orthop Unfall* 2021.
- [14] **Dubousset J**. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. *The Pediatric Spine : Principles and Practice*. 1994.
- [15] **Deacon P, Archer IA, Dickson RA**. The anatomy of spinal deformity: a biomechanical analysis. *Orthopedics* 1987;10:897–903.
- [16] **Dickson RA**. The aetiology of spinal deformities. *Lancet* 1988;1:1151–5.
- [17] **Nash CL, Moe JH**. A study of vertebral rotation. *J Bone Joint Surg Am* 1969;51:223–9.
- [18] **Kato S, Debaud C, Zeller RD**. Three-dimensional EOS Analysis of Apical Vertebral Rotation in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2017;37:e543–7.
- [19] **Jankowski PP, Yaszay B, Cidambi KR, Bartley CE, Bastrom TP, Newton PO**. The Relationship Between Apical Vertebral Rotation and Truncal Rotation in Adolescent Idiopathic Scoliosis Using 3D Reconstructions. *Spine Deformity* 2018;6:213–9.
- [20] **Courvoisier A, Garin C, Vialle R, Kohler R**. The change on vertebral axial rotation after posterior instrumentation of idiopathic scoliosis. *Childs Nerv Syst* 2015;31:2325–31.
- [21] **Cui G, Watanabe K, Nishiwaki Y, Hosogane N, Tsuji T, Ishii K, et al**. Loss of apical vertebral derotation in adolescent idiopathic scoliosis: 2-year follow-up using multi-planar reconstruction computed tomography. *Eur Spine J* 2012;21:1111–20.
- [22] **Hirsch C, Ilharreborde B, Fournier J, Mazda K, Bonnard C**. Adolescent idiopathic scoliosis correction achieved by posteromedial translation using polyester bands: A comparative study of subtransverse process versus sublaminar fixation. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100:791–5.
- [23] **Ilharreborde B, Sebag G, Skalli W, Mazda K**. Adolescent idiopathic scoliosis treated with posteromedial translation: radiologic evaluation with a 3D low-dose system. *Eur Spine J* 2013;22:2382–91.

- [24] **Kong Q-J, Sun X-F, Wang Y, Sun J-C, Chen Z-Q, Yang Y, et al.** Evaluating the Rotation Correction of the Main Thoracic Curve in Severe Adolescent Idiopathic Scoliosis: Bending and Traction vs. Fulcrum - A Preliminary Report. *Med Sci Monit* 2017;23:4981–8.
- [25] **Ohrt-Nissen S, Luk KDK, Samartzis D, Cheung JPY.** Selection of the lowest instrumented vertebra in main thoracic adolescent idiopathic scoliosis: Is it safe to fuse shorter than the last touched vertebra? *Eur Spine J* 2020;29:2018–24.
- [26] **Trobisch PD, Ducoffe AR, Lonner BS, Errico TJ.** Choosing Fusion Levels in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2013;21:519–28.
- [27] **Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al.** Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83:1169–81.
- [28] **Chaput CD, George K, Samdani AF, Williams JI, Gaughan J, Betz RR.** Reduction in radiation (fluoroscopy) while maintaining safe placement of pedicle screws during lumbar spine fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:E1305-1309.
- [29] **Cheliout-Hérait F, Daunois O, Pouliquen J, de Lattre J.** Intérêt des potentiels évoqués somesthésiques dans la surveillance de la chirurgie du rachis chez l'enfant et l'adolescent : à propos de 110 cas. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* 1993;23:163–78.
- [30] **József K, Schlégl ÁT, Burkus M, Márkus I, O'Sullivan I, Than P, et al.** Maximal Axial Vertebral Rotation in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Is the Apical Vertebra the Most Rotated? *Global Spine J* 2020.
- [31] **Brink RC, Homans JF, Schlösser TPC, van Stralen M, Vincken KL, Shi L, et al.** CT-based study of vertebral and intravertebral rotation in right thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2019;28:3044–52.
- [32] **Lenke LG.** The Lenke Classification System of Operative Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Neurosurgery Clinics of North America* 2007;18:199–206.

- [33] **Ilharreborde B, Steffen JS, Nectoux E, Vital JM, Mazda K, Skalli W, et al.** Angle Measurement Reproducibility Using EOS Three-Dimensional Reconstructions in Adolescent Idiopathic Scoliosis Treated by Posterior Instrumentation. *Spine* 2011;36:E1306.
- [34] **Di Silvestre M, Lolli F, Bakaloudis G, Maredi E, Vommaro F, Pastorelli F.** Apical vertebral derotation in the posterior treatment of adolescent idiopathic scoliosis: myth or reality? *Eur Spine J* 2013;22:313–23.
- [35] **Weiss HR.** Measurement of vertebral rotation: Perdriolle versus Raimondi. *Eur Spine J* 1995;4:34–8.
- [36] **Albano D, Loria A, Fanciullo C, Bruno A, Messina C, del Vecchio A, et al.** Diagnostic Performance and Radiation Dose of the EOS System to Image Enchondromatosis: A Phantom Study. *Applied Sciences* 2020;10:8941.
- [37] **Simon AL, Ferrero E, Mazda K, Ilharreborde B.** Bivertebral autostable claws for the proximal fixation in thoracic adolescent idiopathic scoliosis surgery. *Spine Deform* 2020;8:77–84.
- [38] **Sale de Gauzy J, Jouve J-L, Accadbled F, Blondel B, Bollini G.** Use of the Universal Clamp in adolescent idiopathic scoliosis for deformity correction and as an adjunct to fusion: 2-year follow-up. *J Child Orthop* 2011;5:273–82.
- [39] **Zaher A, El Youssef K, Decourtivron B, Bergerault F, Bonnard C, Odent T.** Efficacy of polyester bands placed under the transverse vertebral process for the correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2021.
- [40] **Yagi M, King AB, Boachie-Adjei O.** Incidence, risk factors, and natural course of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis. Minimum 5 years of follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:1479–89.
- [41] **Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, Kim YJ, Rinella A, Edwards CI.** Proximal Junctional Kyphosis in Adult Spinal Deformity Following Long Instrumented Posterior Spinal Fusion: Incidence, Outcomes, and Risk Factor Analysis. *Spine* 2005;30:1643–9.

- [42] **Battista C, Wild C, Kreul S, Albert M.** Prevention of Proximal Junctional Kyphosis & Failure Using Sublaminar Bands in a Hybrid Construct in Pediatric Kyphosis Deformity. *Int J Spine Surg* 2018;12:644–9.
- [43] **Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim J, Cho SK, Cheh G, et al.** Proximal Junctional Kyphosis in Adolescent Idiopathic Scoliosis After 3 Different Types of Posterior Segmental Spinal Instrumentation and Fusions: Incidence and Risk Factor Analysis of 410 Cases. *Spine* 2007;32:2731–8.
- [44] **Helgeson MD, Shah SA, Newton PO, Clements DH, Betz RR, Marks MC, et al.** Evaluation of Proximal Junctional Kyphosis in Adolescent Idiopathic Scoliosis Following Pedicle Screw, Hook, or Hybrid Instrumentation: *Spine* 2010;35:177–81.
- [45] **Pahys JM, Vivas AC, Samdani AF, Cunn G, Betz RR, Newton PO, et al.** Assessment of Proximal Junctional Kyphosis and Shoulder Balance With Proximal Screws versus Hooks in Posterior Spinal Fusion for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2018;43:E1322–8.
- [46] **Deschênes S, Charron G, Beaudoin G, Labelle H, Dubois J, Miron M-C, et al.** Diagnostic Imaging of Spinal Deformities: Reducing Patients Radiation Dose With a New Slot-Scanning X-ray Imager. *Spine* 2010;35:989–94.

## RESUME

**Design de l'étude** : unicentrique retrospective

**Objectifs** : rapporter les données clinico-radiographiques sur la rotation de la ou des vertèbres apicales, de l'angle de Cobb des déformations scoliotiques et d'analyser les complications au plus long recul.

**Patients** : population adolescente opérée entre Juillet 2016 et juin 2020 d'une arthrodèse vertébrale postérieure hybride pour scoliose idiopathique.

**Méthode** : Chaque patient à un recul minimum de 1 an avec un suivi clinique et radiographique par EOS. Les données radiographiques ont été étudiées en pré opératoire, post opératoire immédiat et à 1 an post opératoire pour le calcul de la rotation de la vertèbre apicale. L'angle de Cobb et la cyphose jonctionnelle proximale ont été calculé au plus long recul. Le montage réalisé est une technique d'arthrodèse vertébrale postérieure hybride, comprenant des vis pédiculaires comme fixation distale, bandes polyester de dérotation sous lamaires et crochets sus lamaire en fixation proximale.

**Résultats** : Nous avons recruté 51 patients dont 40 filles (78%) et 11 garçons (22%) et la durée moyenne de suivi est de 2,8 années (jusqu'à 5 ans). Le pourcentage de dérotation de la vertèbre apicale de la courbure principale est de 75,7% en post opératoire immédiat et la perte de correction de la rotation est de moins de 1° à 1 an ( $p>0,05$ ). Le pourcentage de correction de l'angle de Cobb de la grande courbure post opératoire est de 59,3% stable dans le suivi. Le taux de PJK est de 10%.

**Conclusion** : Le montage hybride réalisé dans cette étude permet une très bonne dérotation de la vertèbre apicale, une correction de l'angle de Cobb durable dans le temps et un taux de complication très satisfaisant.

**Mots clefs** : scoliose idiopathique adolescent ; dérotation vertébrale ; crochet sus lamaire ; bande polyester sous lamaire ; PJK

### Abstract

**Study design**: Retrospective monocentric study.

**Objectives**: To report radiologic and clinical outcomes of Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) patients. Apical vertebrae rotation, Cobb angle and surgical complications.

**Patients**: Adolescents operated between July 2016 and June 2020 using hybrid posterior vertebral arthrodesis.

**Method**: Each patient had a minimum of 1-year clinical and radiological with EOS method follow-up. Radiological data was reported pre-operative, post-operative and 1-year post-operative for rotation analysis. Cobb's angle and sagittal data was up to maximum follow-up. The arthrodesis used claws and sub laminar bands for the upper instrumentation, sub laminar polyester bands for derotation and pedicle screw for the lower part.

**Results**: We recruited 51 patients including 40 girls (78%) and 11 boys (22%) with an average of 2,8 years follow-up (up to 5 years). Derotation percentage of the major curve apical vertebrae was 75,7% for the post-operative data losing 1° 1 year after ( $p>0,05$ ). The correction percentage of post-operative Cobb angle of the major curve was 59,3% with no significant modification during follow-up. Proximal junction kyphosis (PJK) rate was 10%.

**Conclusion**: The hybrid method used in the study allows a very good apical vertebral derotation, correction of Cobb's angle and fair complication rate.

**Key words**: adolescent idiopathic scoliosis; vertebral derotation; sus laminar hook; sub laminar polyester band; PJK