

**UNIVERSITE DE BLIDA
SAAD DAHLEB
FACULTE DE MEDECINE**

THESE

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT EN
SCIENCES MEDICALES**

Évaluation de la distraction progressive à tige unique «H3S2» dans le traitement des scolioses évolutives de l'enfant

Présentée et soutenue publiquement par :

Dr BENZEMRANE Mohamed Amine

Maitre assistant en Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Service de Chirurgie Orthopédique « B », CHU de Douéra, Alger.

Directeur de thèse : Professeur MEKHALDI Ahmed

Président du jury : Professeur SAIGHI BOUAOUINA Abdelatif

Membres du jury : Professeur BENBAKOUICHE Rachid

Professeur HAMDAOUI Taher

Professeur KACED Houria

Année 2017

Remerciements

A mon maître et Directeur de thèse, Monsieur le Professeur Ahmed Mekhaldi

*Je vous témoigne ma profonde gratitude pour l'aide bienveillante que vous m'avez apportée tout au long de ma formation, et pour la confiance que vous m'avez témoignée dans mon travail de tous les jours.
Veuillez recevoir l'expression de mon profond respect.*

Au président du jury, Monsieur le Professeur Abdelatif Saighi Bouaouina

Votre connaissance de la chirurgie infantile et particulièrement de la chirurgie rachidienne a été précieuse, votre exigence et votre souci du détail m'ont incité à approfondir ma réflexion. Je vous remercie de m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse, j'en suis touché et reconnaissant.

A Monsieur le Professeur Rachid Benbakouche

Je vous remercie pour votre aide et votre soutien. Vous me faites l'honneur de juger mon travail. Veuillez recevoir l'expression de ma grande admiration et de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Taher Hamdaoui

Vous avez si gentiment et spontanément accepté de participer au jury. Pour votre disponibilité et votre écoute, veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements et de ma profonde gratitude.

A Madame le Professeur Houria Kaced

Je vous remercie pour l'intérêt que vous avez immédiatement porté au sujet. Vous êtes la seule « non orthopédiste » de ce jury, votre expérience et votre point de vue de rééducateur ont permis d'apporter un angle de vue différent et très enrichissant sur ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur Lotfi Miladi

Pendant les 12 mois que j'ai passés à vos côtés, j'ai bien profité de vos connaissances, j'admire votre intérêt pour la scoliose, vos idées toujours nouvelles, et votre souci de faire progresser la chirurgie rachidienne. Pour mon travail, vous avez mis à ma disposition vos dossiers et votre savoir. Soyez assuré de ma profonde gratitude.

A Monsieur le Professeur Abdelatif Bensenouci

Chef de service de pédiatrie du CHU de Beni-Messous. Pour votre encouragement et vos précieux conseils dans la rédaction de ma thèse, veuillez accepter mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Abderrezak Bouamra

Médecin épidémiologiste au Centre Hospitalo-Universitaire Frantz Fanon, de Blida. Je te remercie pour le temps que tu m'as accordé ainsi que ton aide précieuse dans la démarche méthodologique et l'analyse des résultats.

Merci

A tous mes aînés, en particulier Dr Kerri pour ses encouragements, ainsi que Dr Djoghri qui a su me transmettre l'amour du métier durant la période de mon résidanat.

A tous les chirurgiens du service de chirurgie orthopédique « B », que je considère comme une deuxième famille, et avec qui je passe la plus grande partie de mon temps.

A tous les médecins réanimateurs pour leur disponibilité, et leur contribution.

A tous le personnel paramédical du bloc opératoire et spécialement ceux du service d'hospitalisation femmes-enfants, à leur tête Assia Bouchama.

A mes parents, votre amour et votre soutien indéfectibles me rassurent, vous m'avez permis d'arriver là où j'en suis. J'espère que vous êtes fiers de moi comme je le suis de vous.

A ma femme Meriem, à mes enfants Nazim et Yanis, merci pour votre patience, votre compréhension et vos encouragements.

A toute ma famille, ma belle famille et mes amis pour vos encouragements et votre soutien.

SOMMAIRE

Chapitre I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

1. Introduction.....	12
2. Définition	12
3. Etiopathogénie-Epidémiologie	13
3.1. Scoliose idiopathique	13
3.1.1. Répartition selon l'âge	14
3.1.1.1. Scolioses infantiles	14
3.1.1.2. Scolioses juvéniles	15
3.1.1.3. Scolioses de l'adolescent	15
3.1.2. Pathogénie	15
3.1.2.1. Facteurs génétiques	15
3.1.2.2. Rôle de la station érigée	16
3.1.2.3. Rôle de la mélatonine	16
3.1.2.4. Facteur neurologique	16
3.1.2.5. Hormone et croissance	16
3.2. Scolioses dites secondaires	17
4. Anatomie pathologie.....	18
4.1. Déformation de la vertèbre dans les scolioses idiopathiques	18
4.2. Déformation de la vertèbre dans les scolioses congénitales	19
4.3. Déformation du thorax	20
5. Biomécanique de la scoliose.....	21
6. Développement normal du rachis et du thorax	23
7. Evolution de la scoliose idiopathique en période de croissance	26
7.1. Evolution linéaire	26
7.2. Caractéristiques de l'évolutivité pubertaire	28
8. Examen clinique	29
8.1. Interrogatoire	29
8.2. Examen physique	29
8.2.1. Examen debout	29
8.2.2. Examen assis	31
8.2.3. Examen couché	31
9. Enquête étiologique	32
10. Etude de la croissance	34
11. Imagerie des scolioses en période de croissance	35
11.1. Radiographie	36
11.1.1. Cliché de face	36

11.1.1.1. Evaluation des courbures	36
11.1.1.2. Siège des courbures	37
11.1.1.3. Rotation des corps vertébraux	37
11.1.2. Cliché de profil	39
11.1.3. Bilan pré thérapeutique	40
11.2. Tomodensitométrie	41
11.3. Imagerie par résonance magnétique	41
12. Traitement	43
12.1. Traitement orthopédique	43
12.1.1. Objectifs.....	43
12.1.2. Méthodes.....	43
12.1.3. Indications et limites.....	45
12.1.4. Tractions.....	45
12.2. Traitement chirurgical	48
12.2.1. Introduction	48
12.2.2. Techniques chirurgicales basées sur la distraction	50
12.2.2.1. Tiges de croissance	51
12.2.2.1.1. Historique et évolution des idées	51
12.2.2.1.2. Tige de croissance unique	53
12.2.2.1.3. Double tige de croissance	59
12.2.2.1.4. Complications des tiges de croissance	61
a- Complications neurologiques	61
b- Complications cutanées et infectieuses	62
c- Complications mécaniques	62
12.2.2.2. Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib	64
12.2.2.3. Tige de croissance hybride	67
12.2.2.4. Tige de croissance électro- magnétique	68
12.2.2.5. Arthrodeèse définitive après distraction	70
12.2.3. Guides de croissance	70
12.2.3.1. Le Luque trolley	71
12.2.3.2. Le Shilla	73
12.2.4. Techniques chirurgicales basées sur la compression de la convexité...74	
12.2.4.1. Hémi-épiphysoïdèse	75
12.2.4.2. Agrafes antérieures à mémoire de forme	75
12.2.4.3. Attache vertébrale antérolatérale	77
13. Conclusion	78

Chapitre II : NOTRE ETUDE

1. Introduction	80
-----------------------	----

2. Objectifs	81
2.1. Objectif principal	81
2.1. Objectifs secondaires	81
3. Matériels et méthodes	82
3.1. Type d'étude	82
3.2. Critères d'inclusion	82
3.3. Critères d'exclusion	82
3.4. Recrutement des patients	82
3.5. Méthodes	83
3.5.1. Intervention chirurgicale de pose	83
3.5.1.1. Traction préopératoire	84
3.5.1.2. Positionnement du patient	84
3.5.1.3. Technique chirurgicale	85
3.5.1.4. Soins postopératoires	90
3.5.2. Gestes associés	90
3.5.3. Interventions d'allongement	91
3.5.4. Paramètres de suivi et d'évaluation	93

Chapitre III : RESULTATS

1. Répartition selon le sexe	96
2. Répartition selon l'âge	96
3. Répartition du sexe selon l'âge	97
4. Répartition selon l'étiologie	98
5. Répartition du sexe selon l'étiologie	99
6. Répartition selon le siège de la courbure	101
7. Répartition du côté de la courbure selon son siège.	102
8. Intervention de pose de la tige « H3S2 ».....	103
8.1. Traction préopératoire	103
8.2. Durée d'intervention	104
8.3. Durée d'hospitalisation	104
9. Epiphysiodèse convexe	105
10. Cyphose thoracique	107
11. Angle de Cobb initial	108
12. Angle de Cobb après la pose de la tige	109
13. Influence de l'épiphysiodèse sur le gain après la pose	110
14. Allongements de tige	111
14.1. Nombre d'allongements	111
14.2. Délais entre les allongements	111
14.3. Durée d'hospitalisation pour un allongement	112
14.4. Influence de l'allongement sur l'angle de Cobb	112
15. Angle de Cobb au dernier recul	114
15.1. Gain en fonction de l'étape du traitement	114

15.2.	Influence de l'épiphysiodèse sur le gain	116
15.3.	Influence des allongements sur le gain	117
15.4.	Influence de l'étiologie sur le gain	119
16.	Croissance vertébrale	121
16.1.	Influence de l'épiphysiodèse sur la croissance vertébrale	121
16.2.	Influence de l'étiologie sur la croissance vertébrale	121
17.	Complications	122
17.1.	Complications neurologiques	123
17.2.	Complications cutanées et infectieuses	123
17.3.	Fracture de tige	124
17.4.	Désamarrage des crochets	126
17.5.	Balayage des vis pédiculaires	127
17.6.	Cyphose jonctionnelle proximale	127
17.7.	Influence de l'étiologie sur la survenue de complications	128
17.8.	Influence de l'épiphysiodèse sur la survenue de complications.... ..	129
17.9.	Influence de la cyphose thoracique sur la survenue de complications ...	129
17.10.	Influence de la durée de traitement sur la survenue des Complications	130
18.	Conclusion	132

Chapitre IV : DISCUSSION

1.	Déformation vertébrale	134
2.	Croissance vertébrale	137
3.	Facteurs influençant le résultat	139
3.1.	Hémi-épiphysiodèse convexe	139
3.2.	Etiologie	140
4.	Complications	140
4.1.	Complications générales	141
4.2.	Complications cutanées et infectieuses	142
4.3.	Complications mécaniques	143
4.3.1.	Désamarrage de crochets	143
4.3.2.	Balayage des vis pédiculaires	144
4.3.3.	Fracture de tige	144
4.3.4.	Cyphose jonctionnelle proximale	146
5.	Choix du montage.....	146

Chapitre V : RECOMMANDATIONS

Chapitre VI : CONCLUSION

Cas cliniques	152
Annexes	164
Bibliographie	170

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition des scolioses en fonction de l'âge de découverte.....	14
Figure 2 : Déformation vertébrale dans la scoliose idiopathique.....	19
Figure 3 : Principales malformations vertébrales congénitales	20
Figure 4 : Déformation thoracique dans la scoliose	21
Figure 5 : Multiplication alvéolaire et volume thoracique en fonction de l'âge.....	24
Figure 6 : Diagramme de Duval-Beaupère.....	27
Figure 7 : Examen du sujet scoliotique	30
Figure 8 : La gibbosité	30
Figure 9 : Scoliomètre	31
Figure 10 : Scoliose thoracique sur neurofibromatose	33
Figure 11 : Scoliose secondaire à une malformation médullaire	33
Figure 12 : Test de Risser	34
Figure 13 : Mesure de l'amplitude de la courbure selon la méthode de Cobb.....	36
Figure 14 : Classification de King.....	37
Figure 15 : Méthode de Cobb.....	38
Figure 16 : Méthode de Nash et Moe.....	38
Figure 17 : Méthode de Perdriolle.....	39
Figure 18 : Equilibre sagittal du rachis.....	40
Figure 19 : Réalisation d'un plâtre EDF sur cadre de Cotrel.....	44
Figure 20 : Différents types de corset.....	44
Figure 21 : Traction préopératoire au lit du patient.....	46
Figure 22 : Halo-suspension	47
Figure 23 : Autres méthodes de préparation.....	47
Figure 24 : Implants de Harrington.....	51
Figure 25 : Différents types de montage à tige de croissance unique.....	54
Figure 26 : Représentation schématique du montage à tige de croissance unique selon Farooq.....	56
Figure 27 : Représentation schématique du montage « H3S2 ».....	57

Figure 28 : Position de la tige après la pose	59
Figure 29 : Différents types de montage à double tige de croissance.....	60
Figure 30 : Scoliose neurologique traitée par une double tige de croissance à fixation pelvienne.....	60
Figure 31 : Fractures des 02 tiges siégeant près des dominos.....	63
Figure 32 : Désamarrage de crochets	63
Figure 33 : Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib «VEPTR®».....	65
Figure 34 : Thoracotomie transversale d'ouverture et correction de la scoliose par le VEPTR®	65
Figure 35 : Distraction par un montage hybride.....	68
Figure 36 : Scoliose thoraco -lombaire droite traitée par tiges électromagnétiques	69
Figure 37 : Tiges magnétiques type « Magec® ».....	69
Figure 38 : Montage moderne de Luque Trolley.....	72
Figure 39 : Scoliose dorsale idiopathique traitée par la technique de Shilla.....	74
Figure 40 : Scoliose dorsale droite traitée par les agrafes à mémoire de forme.....	76
Figure 41 : Scoliose dorsale traitée par les attaches antérolatérales	77
Figure 42 : Positionnement idéal de la tige.....	83
Figure 43 : Installation du patient.....	85
Figure 44 : Ancrage distal.....	85
Figure 45 : Ancrage proximal.....	86
Figure 46 : Montage « H3S2 ».....	88
Figure 47 : Différents temps de la pose du montage.....	89
Figure 48 : Installation en décubitus latéral pour thoracotomie.....	90
Figure 49 : Thoracotomie et épiphysiodèse antérieure.....	91
Figure 50 : Allongement.....	92
Figure 51 : Répartition selon le sexe.....	96
Figure 52 : Répartition des patients selon l'âge.....	97
Figure 53 : Répartition du sexe selon l'âge.....	98
Figure 54 : Répartition du sexe selon l'étiologie.....	101
Figure 55 : Répartition selon le siège de la courbure.....	102
Figure 56 : Répartition selon l'épiphysiodèse.....	105

Figure 57 : Angle de Cobb moyen avant et après la pose selon l'étiologie.....	108
Figure 58 : Influence de l'épiphyse sur le gain après la pose.....	110
Figure 59 : Evolution de l'angle de Cobb au cours des allongements.....	113
Figure 60 : Influence de l'épiphyse sur l'angle de Cobb final.....	117
Figure 61 : Angle de Cobb selon les étapes du traitement.....	118
Figure 62 : Gain en pourcentage en fonction de l'étiologie.....	120
Figure 63 : Infection profonde au niveau du site d'ancrage distal.....	123
Figure 64 : Fracture de tige.....	124
Figure 65 : Désamarrage des crochets.....	126
Figure 66 : Balayage des vis pédiculaires.....	127
Figure 67 : Influence de la durée du traitement sur la survenue de complications.....	131

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales étiologies des scolioses secondaires.....	18
Tableau 2 : Évolution des distances T1-T12, L1-L5 et T1-S1 pendant la croissance selon Dimeglio.....	25
Tableau 3 : Classification des techniques préservant la croissance selon Skaggs et All...	50
Tableau 4 : Répartition du sexe selon l'étiologie.....	99
Tableau 5 : Répartition des différents syndromes selon le sexe.....	100
Tableau 6 : Répartition des scolioses thoraciques et thoraco-lombaires selon le côté de la courbure.....	103
Tableau 7 : Répartition des scolioses doubles majeures selon le côté des courbures.....	103
Tableau 8 : Répartition des patients selon le type de traction réalisée.....	104
Tableau 9 : Epiphysiodèse convexe en fonction de l'étiologie.....	106
Tableau 10 : Correction du profil sagittal.....	107
Tableau 11 : Gain après la pose en fonction de l'étiologie.....	109
Tableau 12 : Influence de l'épiphysiodèse sur le gain après la pose.....	110
Tableau 13 : Répartition des patients selon le nombre d'allongements effectués.....	111
Tableau 14 : Répartition des distractions selon le délai entre les allongements.....	111
Tableau 15 : Influence des retentions sur l'angle de Cobb.....	112
Tableau 16 : Analyse des données et comparaison des différents groupes de patients...	115
Tableau 17 : Influence de l'épiphysiodèse sur gain final.....	116
Tableau 18 : Influence des retentions sur le gain final.....	118
Tableau 19 : Influence de l'étiologie sur le gain final.....	119
Tableau 20 : Influence de l'épiphysiodèse sur la croissance vertébrale.....	121
Tableau 21 : Influence de l'étiologie sur la croissance vertébrale.....	122
Tableau 22 : Types et nombre de complications.....	122
Tableau 23 : Nombre de complications par patient.....	123
Tableau 24 : Répartition des patients selon le nombre de fractures de tige survenues...	125
Tableau 25 : Répartition des complications en fonction de l'étiologie.....	128

Tableau 26 : Influence de l'épiphysothèse sur la survenue de complications liée à l'implant.....	129
Tableau 27 : Répartition des complications mécaniques en fonction de la cyphose thoracique.....	130
Tableau 28 : Tableau de comparaison des résultats avec d'autres études.....	135

LISTE DES ABREVIATIONS

EDF : Plâtre Extension Dérotation Flexion

EOS : Early Onset Scoliosis

EFR : Exploration Fonctionnelle Respiratoire

MCGR : Magnetically controlled growing rods

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

TIS : Syndrome d'insuffisance Thoracique

VEPTR : Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'étude

Annexe 2 : Stades de maturation sexuelles selon Tanner

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

1. INTRODUCTION

La scoliose constitue un véritable problème de santé publique, c'est une pathologie lourde, contraignante, et posant de réels problèmes socio-économiques.

La scoliose grave à début précoce « EOS : Early Onset Scoliosis dans la littérature anglo-saxonne » est une déformation qui apparaît avant l'âge de 10 ans ^[1,2], elle représente une entité particulière qui mérite d'être étudiée à part, car survenant chez des enfants en pleine période de croissance, et par conséquent potentiellement évolutive. Il est vrai que les modalités évolutives de ces scolioses varient d'une forme à l'autre et selon les étiologies qui sont multiples, idiopathiques (infantiles ou juvéniles), malformatives, neuromusculaires ou syndromiques. Mais quelles que soient leurs origines, ces déformations peuvent retentir sévèrement sur le développement pulmonaire et diminuer ainsi l'espérance de vie de façon significative comparativement aux scolioses de l'adolescent ^[3].

Les scolioses évolutives chez l'enfant posent un véritable problème de difficulté thérapeutique, car malgré un traitement orthopédique bien conduit, un certain nombre de ces déformations continuent à s'aggraver. Même le traitement chirurgical dans ce type de scoliose, n'est pas couronné du succès escompté dans un bon nombre de cas, et surtout présente des complications mécaniques non négligeables. Pour toutes ces raisons, le problème de prise en charge des scolioses évolutives chez l'enfant reste toujours posé : Que faire avant l'âge de l'arthrodèse devant une scoliose en train de s'aggraver ?

Pour palier à ce problème, des techniques récentes qui préservent la croissance, se sont développées ces dernières années, et essayent de s'imposer comme une alternative à la fusion rachidienne précoce. Nous allons dans ce travail, évaluer une de ces méthodes chirurgicales basées sur la distraction.

2. DEFINITION

La scoliose est une déformation rachidienne tridimensionnelle avec une déviation latérale des vertèbres dans le plan frontal accompagnée d'une rotation vertébrale dans le plan horizontal et souvent d'une modification des courbures physiologiques dans le plan sagittal.

La scoliose peut être fonctionnelle ou structurale :

La scoliose fonctionnelle est transitoire et spontanément corrigible en position couchée, symétrique car elle représente une perturbation fonctionnelle de l'alignement vertébral en position debout, sans aucune modification de l'anatomie des vertèbres et des disques. Les causes les plus courantes de la scoliose fonctionnelle sont les inégalités de longueur des membres inférieurs, la mauvaise attitude posturale, les paralysies et les rétractions musculaires asymétriques, les contractures antalgiques, les raideurs ou les attitudes vicieuses de hanche, l'attitude pithiatique. Elle n'évolue jamais en une déviation irréductible, sauf pour les attitudes secondaires à une paralysie asymétrique des muscles du tronc (type poliomyélite) qui s'aggravent et deviennent structurales avec la croissance.

La scoliose structurale, se définit comme un désordre anatomique sur un secteur plus ou moins étendu de la colonne, organisée dans la structure même des vertèbres et des disques, à la différence de l'attitude scoliotique qui elle, ne s'accompagne d'aucun désordre anatomique, de ce fait entièrement réductible ^[4].

3. ETIOPATHOGENIE ET EPIDEMIOLOGIE

On distingue selon l'étiologie deux types de scolioses :

- La scoliose idiopathique
- Les scolioses secondaires

3.1. Scoliose idiopathique

La scoliose idiopathique est une déformation structurale apparaissant et évoluant pendant la période de croissance chez des enfants en parfaite santé, donc sans relation avec tout autre processus pathologique décelable ^[5].

Il s'agit de loin de la cause la plus fréquente (75 % des scolioses), son incidence varie entre 0,2 à 6% de la population ^[6], affectant plus particulièrement les filles (sexe ratio étant de 4 à 8 filles pour 1 garçon), ce diagnostic ne peut être porté qu'après avoir éliminé formellement toute autre cause secondaire ^[7].

Dans une étude épidémiologique menée par Kaced ^[8] à la ville d'Alger, la prévalence de la scoliose était de 2,43%, alors que celle de la scoliose idiopathique était de 2,38% (3,17% de filles, 1,62% de garçons, $p = 0,001$). L'âge moyen de ces enfants était de 12,2 ans, et 20% avaient moins de 9 ans.

3.1.1. Répartition des scolioses idiopathiques selon l'âge

Il existe différents types ^[9] (Figure 1) :

- Scoliose infantile
- Scoliose juvénile
- Scoliose de l'adolescent

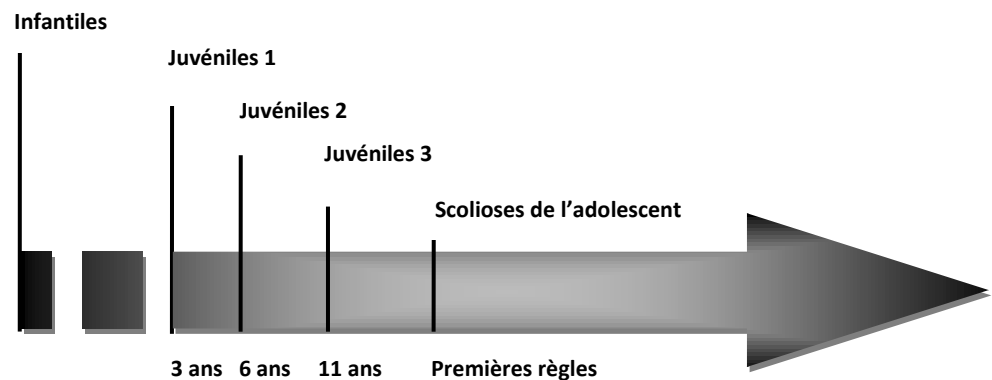


Figure 1 : Répartition des courbures scoliotiques en fonction de l'âge de découverte d'après Cotrel [9].

3.1.1.1. Scolioses infantiles

Elles apparaissent durant les 3 premières années de la vie, sans étiologie évidente, l'une des caractéristiques les plus remarquables de ces scolioses est la possibilité pour certaines d'évoluer spontanément vers la guérison, et pour d'autres de s'aggraver considérablement.

Concernant les scolioses spontanément résolutive, elles apparaissent habituellement dans la première année de la vie, avec une légère prédominance masculine, la courbure est le plus souvent thoracique gauche. Elles disparaissent spontanément en

1 ou 2 ans dans la majorité des cas, plus rarement la déformation est résolutive plus tardivement à l'âge de 7 ou 8 ans ^[10].

Les courbures évolutives touchent essentiellement les garçons, on distingue alors les scolioses infantiles évolutives « bénignes » qui, évoluent peu entre 4 et 10 ans, reprennent une évolutivité considérable à la puberté, et les scolioses infantiles évolutives « maligne » qui évoluent sévèrement à un rythme rapide, durant toute la période de croissance de l'enfant et pouvant aboutir à des complications cardio-respiratoires, en rapport avec une insuffisance de développement de la cage thoracique, due à la verticalisation des côtes du côté convexe de la courbure, et l'horizontalisation et le pincement de celles-ci du côté concave.

3.1.1.2. Scolioses juvéniles

Elles surviennent entre l'âge de 3 ans et la puberté, touchent avec prédilection l'étage thoracique et présentent le plus souvent une convexité droite. L'évolution est variable, très rares sont les scolioses résolutive, certaines ont une évolution modérée alors que d'autres sont de mauvais pronostic car présentant un fort potentiel évolutif. La période pubertaire doit être considérée comme une période particulièrement dangereuse, d'où la nécessité d'une surveillance régulière et prolongée.

3.1.1.3. Scolioses de l'adolescent

Apparaissent entre la puberté et la fin de la maturité osseuse.

3.1.2 Pathogénie

Malgré les nombreuses études publiées ^[11,12], la pathogénie de l'affection reste mal comprise. De nombreuses hypothèses pathogéniques ont été avancées, mais malgré l'existence de nombreuses études, aucune de ces hypothèses ne fait l'unanimité et la controverse persiste. L'origine semble multifactorielle, les différents facteurs incriminés dans la genèse de la scoliose idiopathique sont les suivants :

3.1.2.1. Facteurs génétiques :

La fréquence des scolioses familiales conforte cette hypothèse, certaines études ont rapporté une incidence multipliée par 7, et le risque d'observer deux scolioses chez

des jumeaux monozygotes est situé entre 73% et 92% ^[13,14]. Il semble exister également des facteurs liés au sexe, car la scoliose idiopathique est beaucoup plus fréquente chez le sexe féminin.

3.1.2.2. Rôle de la station érigée :

Les déformations scoliotiques n'ont jamais été observées chez un autre vertébré que l'homme, seule espèce se déplaçant véritablement en position debout avec un centre de gravité du tronc se projetant au dessus du pelvis. En position debout il s'exerce chez l'homme des forces de cisaillement dirigées vers l'arrière, pour lesquelles les vertèbres ne semblent pas bien adaptées ; ces forces induiraient donc une instabilité rotatoire ^[15].

3.1.2.3. Rôle de la mélatonine :

En 1959, Thillard a démontré avec ses expériences réalisées sur des poules, que la destruction de la glande pinéale entraînait une scoliose ^[16]. Dubousset et Machida ont ensuite confirmé ces conclusions et montré que la réimplantation de la glande pinéale dans un muscle avait, chez les poules pinéalectomisées, un effet protecteur sur la survenue de la scoliose ^[17].

La mélatonine, neurohormone produite par l'épiphyse agissant sur les voies de la proprioception au niveau du thalamus et du tronc cérébral, est encore actuellement à la base de nombreux travaux de recherche. Les mêmes auteurs ont montré que les adolescents présentant une scoliose évolutive avaient un taux de mélatonine significativement plus bas que celui des adolescents avec scoliose stabilisée et celui de la population témoin sans scoliose.

3.1.2.4. Facteur neurologique

L'origine neurologique a été évoquée dans les scolioses idiopathiques de l'adolescent, en effet, des anomalies de la proprioception, du contrôle postural, de la fonction vestibulaire, et de l'activité électro-encéphalographique ont été rapportées ^[18,19].

3.1.2.5. Hormone et croissance

De nombreuses études anthropométriques ont montré que la taille des enfants atteints de scoliose idiopathique est habituellement plus grande que la taille des enfants sains du même âge.

Une asymétrie de croissance vertébrale a été évoquée comme facteur étiologique. En effet, Wang a récemment démontré qu'il existait une différence de cinétique entre la croissance du côté concave et celle du côté convexe ^[20], toutefois il est difficile de savoir s'il s'agit de la cause des troubles, ou plutôt d'une conséquence des effets biomécaniques des lois de Hueter et Volkmann ^[21], en effet selon ces dernières, un cartilage de croissance soumis à des forces compressives voit sa vitesse de croissance diminuer, tandis qu'un cartilage soumis à des forces de distraction la voit au contraire augmenter.

3.2. Les scolioses dites secondaires

Les scolioses secondaires sont dues à une pathologie malformative, neurologique, tumorale ou infectieuse, de nombreuses maladies peuvent être reconnues responsables de la scoliose (Tableau 1) :

- Les malformations vertébrales congénitales (défaut de développement de segmentation, de fusion).
- Les troubles du système nerveux central, parmi lesquelles on distingue les lésions médullaires (syringomyélie, malformation de Chiari, myéломéningocèle), l'infirmité motrice cérébrale, les pathologies dégénératives du système nerveux central.
- Les maladies musculaires comme l'arthrogrypose et la dystrophie musculaire type Duchenne.
- Les désordres mésenchymateux : neurofibromatose de Von Recklinghausen ^[22], syndrome de Marfan, syndrome de Ehlers-Danlos.
- Les maladies métaboliques : rachitisme, ostéogenèse imparfaite, homocystinurie, maladie de Gaucher....
- Les ostéochondrodysplasies : mucopoly-saccharidoses, nanisme dystrophique, dysplasie spondylo-épiphysaire.
- Maladies infectieuses paralysantes comme la poliomyélite.
- Les tumeurs médullaires et vertébrales.

Tableau 1 : Principales étiologies des scolioses secondaires ^[23]

<p><u>Scolioses congénitales par malformation vertébrale</u></p> <p>Les hémivertèbres, les vertèbres binucléées, les barres.</p> <p><u>Scolioses neuromusculaires</u></p> <p>Atteintes du motoneurone supérieur :</p> <ul style="list-style-type: none">- Infirmité motrice cérébrale (IMC)- Neuropathies sensitivomotrices (maladie de Friedreich, syndrome de Charcot-Marie-Tooth)- Syringomyélie et tumeurs médullaires- Traumatisme médullaire <p>Atteinte du motoneurone inférieur :</p> <ul style="list-style-type: none">- Poliomyélite et autres myélites virales- Amyotrophies spinales- Myéломéningocèle <p>Atteinte du muscle</p> <ul style="list-style-type: none">- Dystrophies musculaires- Arthrogryposes <p><u>Scolioses des maladies génétiques</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Neurofibromatose de Von Recklinghausen- Maladie de Marfan et syndrome d'Ehlers-Danlos- Ostéogénèse imparfaite et autres maladies osseuses constitutionnelles <p><u>Scolioses tumorales</u></p> <p>Tumeurs osseuses vertébrales primitives et secondaires</p>

4. ANATOMIE PATHOLOGIE

4.1. Déformation de la vertèbre dans les scolioses idiopathiques

Dans la scoliose, les vertèbres sont déformées et déplacées dans les trois plans de l'espace les unes par rapport aux autres. La vertèbre apicale est la vertèbre la plus déformée de la colonne vertébrale, c'est à son niveau que les lésions anatomopathologiques sont les plus prononcées. Sur le plan coronal, les plateaux vertébraux perdent leur parallélisme et le corps vertébral prend un aspect cunéiforme, affaissé du côté concave. Sur le plan sagittal, il est plus haut en avant qu'en arrière (Figure 2).

Au niveau de l'arc postérieur, le pédicule du côté de la concavité est court et de petit diamètre, alors que celui de la convexité est long et de plus grand diamètre. Les articulations inter-apophysaires postérieures concaves s'épaississent et se densifient tout en perdant de la hauteur tandis que les articulations inter-apophysaires postérieures convexes s'amincissent et gagnent en hauteur. Le processus transverse convexe s'oriente vers l'arrière et l'apophyse épineuse se déforme vers la convexité. Ces deux apophyses se rapprochent l'une de l'autre et rétrécissent la gouttière paravertébrale convexe. Le canal rachidien est lui aussi déformé, il est plus large du côté convexe que du côté concave.

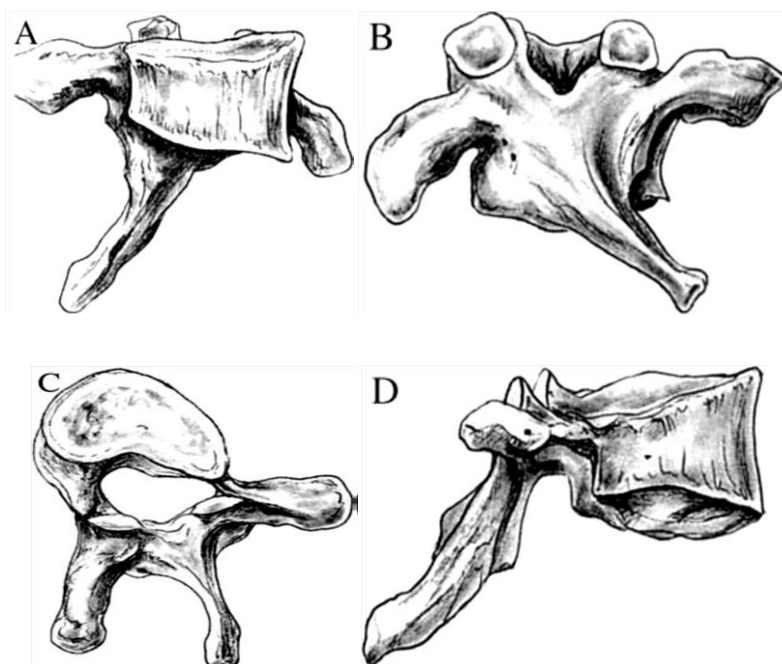


Figure 2 : Déformation d'une vertèbre apicale thoracique [7].
A- vue antérieure
B- Vue postérieure
C- vue apicale
D- vue de profil

4.2. Déformation de la vertèbre dans les scolioses congénitales

Il existe plusieurs types de malformations vertébrales, ces dernières sont classées en deux groupes : les défauts de formation et les défauts de segmentation (Figure 3).

A- Défauts de formation vertébrale :

- Absence totale de vertèbre (agénésie).
- Hémivertèbre : se définit par la présence que d'un seul hémicorps, prenant une forme triangulaire.
- Vertèbre cunéiforme : en rapport avec une hypoplasie corporelle segmentaire, latérale, antérieure ou mixte.

- Vertèbre binucléée (dite en aile de papillon) : le corps vertébral se réduit à deux noyaux d'ossification séparés par un espace vertical et clair à la radiologie. Cet espace est comblé par du tissu cartilagineux et/ou fibreux. Ce somatoschisis antérieur doit bien sûr faire penser à un possible canal neuro-entoblastique ou à une méningocèle antérieure.
- Défaut de formation de l'arc postérieur

B- Défauts de segmentation vertébrale :

Ils peuvent intéresser n'importe quelle partie de la vertèbre, le corps vertébral et/ou l'arc postérieur. Ils peuvent être symétriques ou asymétriques. Il s'agit principalement de :

- Bloc corporel antérieur, postérieur (symétrique ou asymétrique).
- Barres latérales ou postérolatérales.

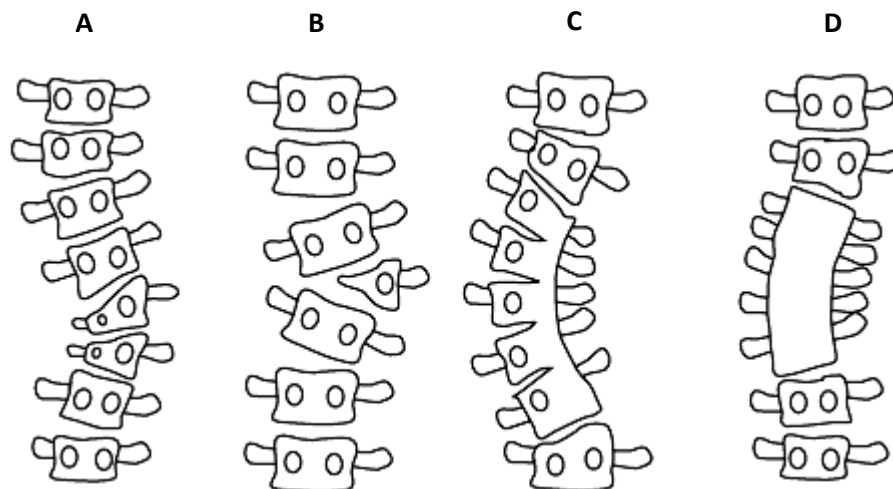


Figure 3 : Les principales malformations vertébrales des scolioses congénitales [23].
A -Vertèbre cunéiforme, B -Hémivertèbre , C -Barre inter-pédiculaire, D -Bloc vertébral complet

4.3. Déformation du thorax

La rotation vertébrale au niveau thoracique entraîne avec elle les côtes. En effet, du côté convexe, les côtes sont repoussées vers l'arrière et leurs arcs postérieurs produisent une gibbosité, elles se verticalisent et s'écartent les unes des autres. A l'inverse, les côtes concaves s'horizontalisent, se resserrent, et sont entraînées en avant.

Cette déformation costale asymétrique est à l'origine d'une déformation thoracique pouvant diminuer l'espace d'expansion thoracique et emprisonner le poumon, en particulier en cas de lordose associée (Figure 4).

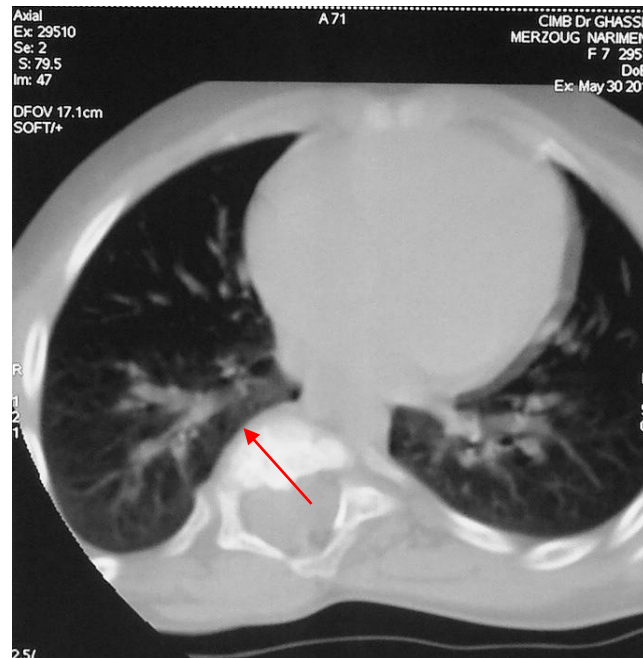


Figure 4 : Déformation thoracique en rapport avec une scoliose dorsale, avec un début de compression pulmonaire par le corps vertébral. [Collection personnelle]

5. BIOMECANIQUE DE LA SCOLIOSE

La colonne vertébrale est en évolution permanente de la naissance à la mort. Une période est particulièrement critique en ce qui concerne les déformations vertébrales : c'est la période de croissance. Durant cette période la colonne vertébrale essaye de s'adapter de telle sorte que la tête se projette le plus possible sur le centre de gravité. En effet, La torsion scoliotique est entourée de contre-torsion scoliotique primaire ou de compensation secondaire adaptative pour rétablir l'équilibre, car l'axe de gravité de l'individu vise le meilleur alignement possible de la tête et du bassin pour respecter la loi d'économie posturale ^[24].

La zone apicale présente le maximum de déformation et de déplacement, elle est la plus rigide. Quelque soit son origine, une fois que la scoliose est enclenchée, les éléments anatomiques perturbés du fait de leur fonctionnement asymétrique participent à leur niveau à l'aggravation du processus, car la croissance enchondrale est modulée par des facteurs mécaniques : l'hyper pression freine la croissance alors qu'une diminution des contraintes la stimule. C'est la loi de Hueter-Volkman ^[21]. Cette asymétrie de croissance se traduit radiologiquement par une cunéiformisation dans le plan frontal avec diminution de la hauteur au niveau de la concavité, une augmentation au niveau de la convexité, et une rotation dans le plan horizontal.

L'asymétrie de croissance concerne également le disque intervertébral et Perdriolle ^[25] avait mis en évidence des modifications pouvant correspondre à un déplacement du nucléus dans les scolioses infantiles.

Ces déformations osseuses et discales accentuent la courbure scoliotique et éloignent le corps vertébral apical de la ligne de gravité. Pour équilibrer le rachis, la musculature de la convexité se développe et accentue encore les contraintes sur la vertèbre apicale, et au niveau de la concavité le raccourcissement des structures musculo-ligamentaires réalise un véritable frein qui expliquerait en partie les corrections partielles obtenues après traitement (orthopédique ou chirurgical).

Un effet important de la rotation est que les corps vertébraux ne se situent plus dans un plan sagittal, mais dans un plan intermédiaire oblique ou plan d'élection.

Lors du mouvement de flexion du tronc en avant, les vertèbres sans rotation se fléchissent dans un plan sagittal strict, tandis que les vertèbres présentant une rotation vont également présenter un mouvement d'inflexion latérale.

Un autre effet important de la rotation est l'altération de la dynamique respiratoire. Lorsqu'il existe une scoliose, pendant l'inspiration, le diamètre sagittal du thorax augmente, mais le diamètre transversal ne change pas. Le mouvement costal ne peut se réaliser normalement ni dans la concavité parce que les côtes sont trop horizontales, ni dans la convexité parce qu'elles sont trop verticales. Les mouvements du thorax n'augmentent que peu son volume et cette absence d'expansion thoracique se traduit par un syndrome respiratoire restrictif.

6. DEVELOPPEMENT NORMAL DU RACHIS ET DU THORAX

Comprendre la croissance normale du rachis et du thorax est impératif pour comprendre le processus de décision dans la prise en charge chirurgicale des déformations rachidiennes sévères chez le jeune enfant.

Le développement prénatal de la colonne vertébrale, est le résultat d'un processus complexe du développement segmentaire et résultant de la différenciation dans la formation de chaque vertèbre. Avec un minimum de 3 zones de croissance par vertèbre, il y a au moins 100 plaques de croissance dans la colonne vertébrale qui contribuent à la morphologie finale du rachis de l'adulte. Ce processus complexe du développement segmentaire offre un potentiel d'erreurs du développement, produisant une variété infinie d'altérations de croissance et de difformité.

Une quatrième dimension de la croissance spinale est le thorax. La distorsion thoracique est secondaire à la déformation rachidienne, et peut être à l'origine d'une altération de la croissance pulmonaire et de la fonction respiratoire.

L'impact de la scoliose sur la fonction pulmonaire est principalement biomécanique, elle détériore la souplesse de la cage thoracique, diminue le volume du thorax, et réduit la compliance ^[26]. Il a été également démontré que la plus grande partie de la croissance et de la multiplication alvéolaire, se produit jusqu'à l'âge approximatif de 8 ans, après quoi il n'ya plus de création de nouvelles alvéoles, ces dernières augmentent seulement en volume (Figure 5). Par conséquent toute réduction du volume thoracique, peut nuire au développement en nombre puis à la croissance alvéolaire ^[3].

Dans les scolioses à début précoce (Early Onset Scoliosis) qui apparaissent avant l'âge de 5 ans, Pehrsson et ses collègues ^[27] ont rapporté dans une étude d'un groupe de patients qui présentent des scolioses non opérées, qu'il y avait un risque significativement accru de mortalité chez les patients qui ont des scolioses infantiles ($P < 0.0001$) que juvéniles ($P < 0.01$), alors qu'il est nul chez les patients présentant des scolioses de l'adolescent.

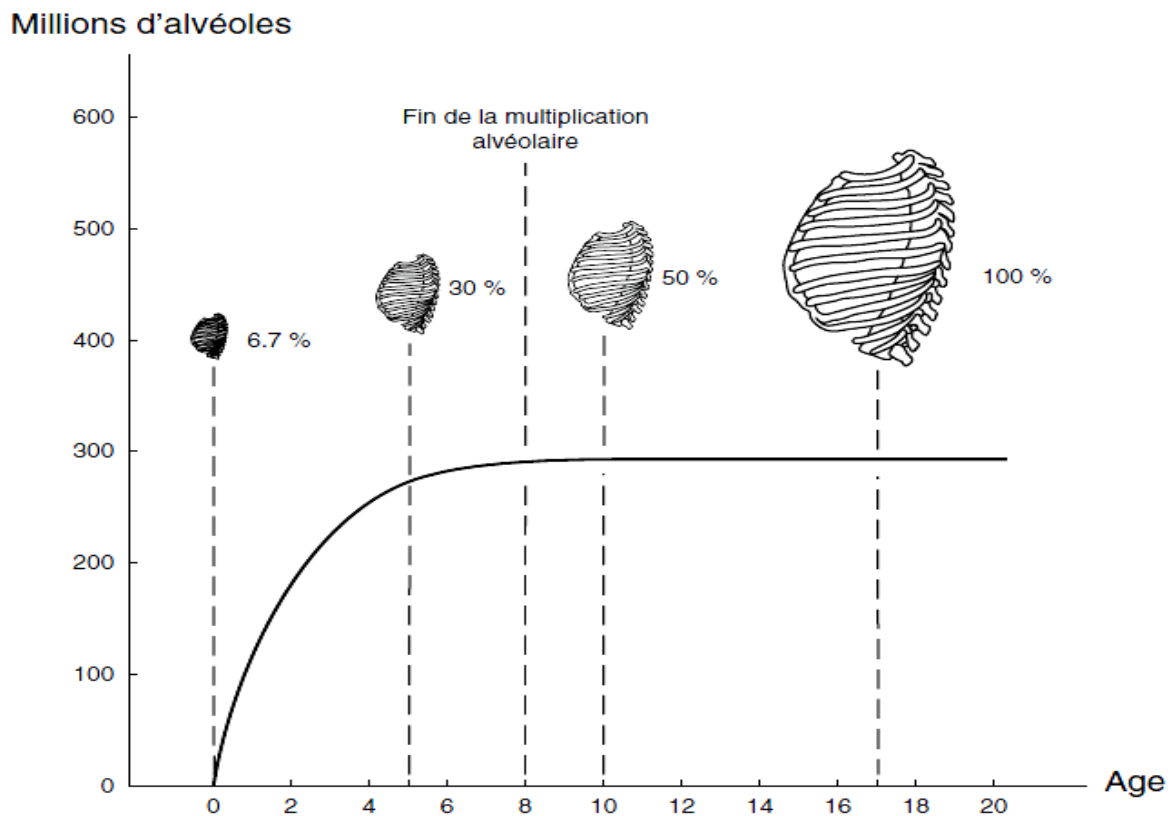


Figure 5 : Multiplication alvéolaire et volume thoracique en fonction de l'âge, d'après Campbell [3]

On pense que ce risque accru de décès est dû à une insuffisance respiratoire. Par conséquent, toute prise en charge thérapeutique d'une déformation sévère doit considérer l'effet que pourrait avoir ce traitement sur la croissance, la forme du thorax et ses conséquences sur la fonction pulmonaire.

La vitesse de croissance rachidienne varie selon l'âge, il y a une phase de croissance rachidienne rapide allant de la naissance à l'âge de 5 ans, et une phase lente entre 5 et 10 ans, qui est suivie par une période de croissance rapide jusqu'à l'achèvement de la puberté (14,5 chez la fille et 16,5 chez le garçon).

A la naissance le rachis dorsal fait 11 cm de longueur en moyenne, il atteint 28 cm environ chez l'homme et 26 cm chez la femme à la fin de la maturation squelettique. Le rachis lombaire mesure 7 cm en moyenne à la naissance et croit pour atteindre 16 cm en moyenne chez l'homme et 15.5 chez la femme ^[28] (Tableau 2).

Tableau 2 : Évolution des distances T1-T12, L1-L5 et T1-S1 pendant la croissance selon Dimeglio ^[28]. (Les mesures sont faites du plateau supérieur au plateau inférieur des vertèbres considérées)

	Naissance	De 0 à 5 ans	5 ans	De 5 à 10 ans	10 ans	Pendant la puberté	À maturité
T1-T12	11–12 cm	+1,3 cm/an	18–19 cm	+0,7 cm/an	22 cm	+1,1 cm/an	26–28 cm
L1-L5	7 cm	+0,7 cm/an	10,5	+0,4 cm/an	12,5	+0,7 cm/an	16 cm
T1-S1	20 cm	+2 cm/an	30	+1 cm/an	35	+1,8 cm/an	43–45 cm

Le rapport entre la croissance et la fonction respiratoire, bien énoncé par Dimeglio ^[28], est remis en exergue par le travail de Karol ^[29], qui montre une corrélation directe entre les résultats de l'épreuve fonctionnelle respiratoire (EFR) et la hauteur du segment T1-T12, mesurée sur des patients arrivés à maturité et opérés dans leur enfance de scoliose malformative. La capacité vitale diminue de plus de 50 % si une fusion vertébrale de plus de 60 % du rachis thoracique est réalisée avant l'âge de 8 ans.

En effet, la fusion rachidienne précoce stoppe la croissance longitudinale du rachis. Dimeglio et Bonnel ont publié une table qui prédit l'effet global de la fusion précoce sur la taille assise définitive, en se basant sur l'âge de la fusion. Par exemple, chaque vertèbre thoracique contribue de 2,5% à la taille assise globale à la maturation du squelette. A partir de ces données, le chirurgien peut calculer la résultante de l'effet de la fusion en se basant sur le nombre de vertèbres à fusionner et l'âge de l'enfant.

Ces données sont importantes dans la prise de décision concernant les procédures qui épargnent la croissance, comparées à la perte finale de la taille assise avec une procédure de fusion définitive.

7. ÉVOLUTION DE LA SCOLIOSE IDIOPATHIQUE EN PERIODE DE CROISSANCE

Évaluer le pronostic d'une scoliose au moment de sa découverte n'est en général pas très facile. Il est basé sur une bonne connaissance de l'histoire naturelle des scolioses idiopathiques. Les nombreux travaux ayant permis de mieux la connaître sont passés en revue, mais malgré cette meilleure connaissance, le pronostic d'évolutivité reste un pari dans lequel de nombreux facteurs entrent en jeu. Ils seront étudiés et leur importance respective discutée. Ce sont eux qui permettront au mieux de se faire une idée du génie évolutif de cette affection encore bien mystérieuse.

Malgré le caractère tridimensionnel de la scoliose, c'est encore l'angle de Cobb qui reste le « gold standard » pour en apprécier la gravité et l'évolutivité durant la période de croissance

7.1. Évolution linéaire (Figure 6)

Depuis les travaux de madame Duval-Beaupère ^[30], on sait que l'histoire naturelle des scolioses idiopathiques répond à des règles bien définies d'évolution linéaire de l'angle de Cobb dans le plan frontal, avec trois périodes successives :

La première, dite pré-pubertaire, s'étendant de la naissance au début de la puberté, est caractérisée par une aggravation angulaire annuelle dessinant une pente P1.

La seconde, dite pubertaire, plus courte mais de pente P2, beaucoup plus abrupte, (4 à 8 fois plus grande que P1), débute en même temps que les premiers signes pubertaires au point P (premiers poils pubiens, augmentation du volume des testicules, saillie du mamelon, et la fermeture du cartilage en Y sur la radiographie du bassin), s'étend au-delà du pic de vélocité de croissance et de la date d'apparition des premières règles pour finir à la maturation osseuse, la fin de la croissance du rachis étant annoncée pour Duval par le début de la soudure de l'apophyse iliaque (point R, test de Risser positif ou Risser 4 des auteurs français).

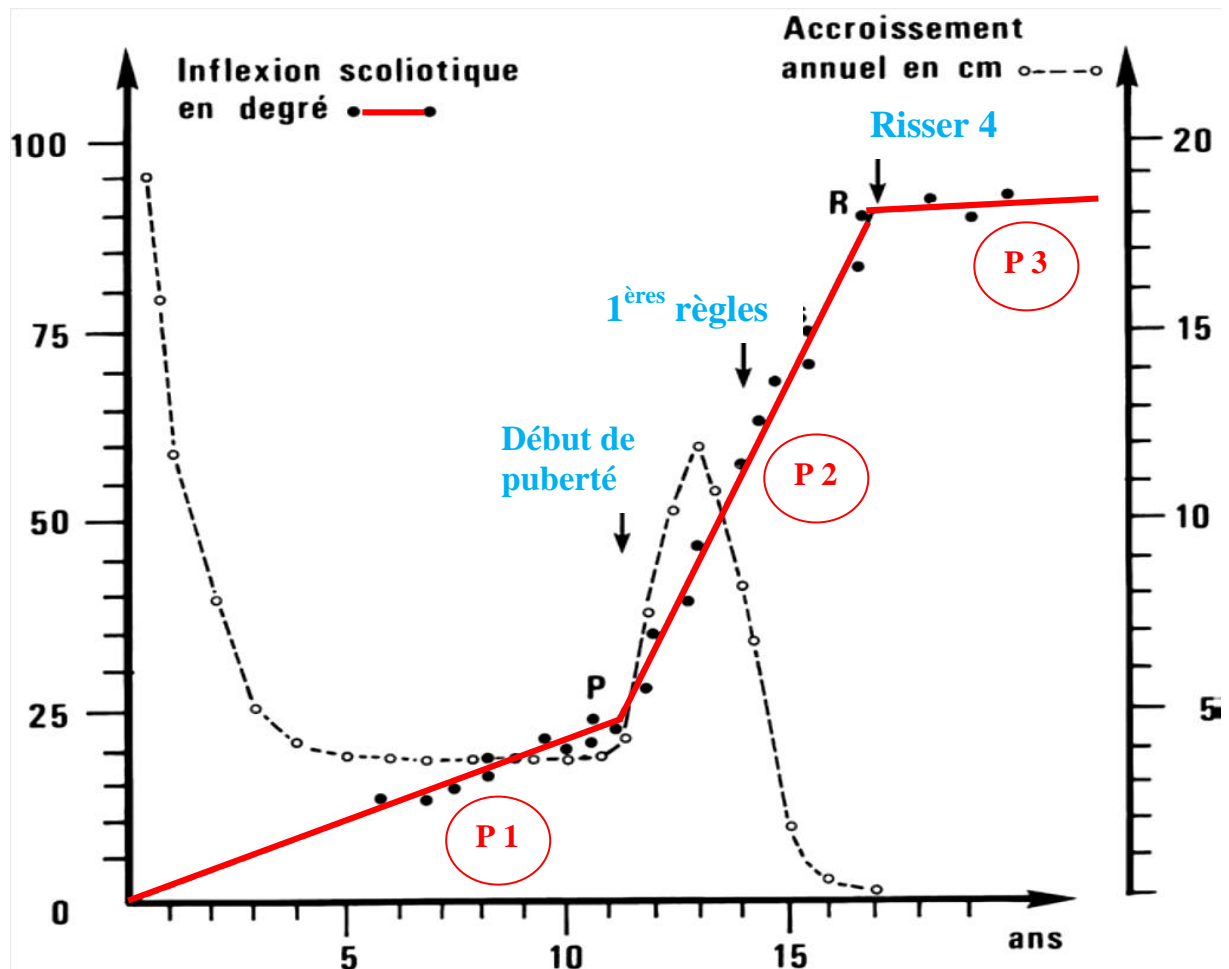


Figure 6 : Evolution de la scoliose et de la croissance. Diagramme de Duval-Beaupère [30].

Le point P marque le début de la puberté et le changement de la cinétique d'évolution de la courbure scoliose, c'est le démarrage du pic de croissance pubertaire, mais l'aggravation de la scoliose poursuit son évolution linéaire alors que la vélocité de croissance diminue. Après le pic de croissance pubertaire, la cinétique reste rapide jusqu'à Risser 4.

Une troisième période dite de maturité, la pente P3 est à peu près horizontale, l'aggravation progressive à l'âge adulte est maintenant bien admise.

Dans les travaux de Duval-Beaupère, le rapport entre l'aggravation angulaire d'une scoliose (en trait plein) et la vitesse de croissance du segment supérieur (en trait discontinu) est bien établi. On notera que l'accentuation de la pente scoliose se situe en même temps que l'accélération de la croissance au tout début de la puberté et que l'aggravation de la courbure se poursuit sur le même rythme jusqu'en fin de croissance rachidienne.

7.2. Caractéristiques de l'évolutivité pubertaire ^[30]

Elles sont connues comme les lois de Duval-Beaupère. Tout d'abord, il apparaît que plus la pente p1 est élevée et plus p2 le sera aussi, avec un coefficient multiplicateur de 4, 6 et même 8 pour certaines scolioses, en particulier celles des garçons. Ensuite, on peut noter que plus P est précoce et plus l'évolution pubertaire sera prolongée. On peut retenir comme facteurs influant sur le caractère stable ou évolutif de la déformation :

- la maturation du sujet lors de la première constatation de la scoliose. Toutes les études mettent en évidence une nette décroissance de la fréquence des scolioses évolutives avec l'augmentation de l'âge de la première constatation de la déformation. Schématiquement 60 à 90 % des scolioses juvéniles 1 et 2 sont évolutives. De 11 ans à la fin de la croissance, le pourcentage diminue régulièrement et on peut retenir que seulement 10 à 20 % des scolioses constatées après le stade de Risser 2 sont évolutives ;
- l'angulation de la scoliose au moment du diagnostic. Stagnara ^[31] considérait que le cap des 30° était décisif, puisqu'en deçà de cette valeur, 50 % seulement des scolioses seraient évolutives avant la puberté, et que 90 % seraient stabilisées après la poussée pubertaire, alors qu'au-delà de 30°, toutes les scolioses seraient évolutives ;
- la topographie de la scoliose : Toutes les formes topographiques partagent le même risque, hormis les lombaires qui semblent moins souvent évolutives ;
- l'importance de la rotation vertébrale a une valeur pronostique discutée ;
- le sexe du sujet et les antécédents familiaux de scoliose ne semblent pas modifier l'évolutivité d'une courbure, même si la fréquence des scolioses elles-mêmes est très influencée par ce facteur.

Si ces règles générales ne sont modifiées que peu par la topographie des courbures ou le sexe du patient, il faut reconnaître que quelques évolutions ne répondant pas aux lois de Duval Beaupère, en particulier pour les courbures infantiles détectées précocement qui peuvent régresser ou, à l'opposé, s'aggraver de façon très importante mais sans renforcement pubertaire ^[32,33].

8. EXAMEN CLINIQUE

L'examen clinique doit être effectué de façon méthodique et soignée car il sera la base du suivi et d'éventuelles décisions thérapeutiques. L'examen du tronc permet de poser le diagnostic. L'examen général est obligatoire à la recherche d'une éventuelle étiologie. L'appréciation de la croissance et de la maturation osseuse permet d'évaluer le risque évolutif de la déformation.

8.1. Interrogatoire

L'interrogatoire du patient et de sa famille est fondamental et cherche à préciser :

- l'existence d'autres cas de scoliose dans la famille ;
- les antécédents personnels et le développement psychomoteur depuis la naissance ;
- la date et les circonstances de découverte de la déformation rachidienne ;
- le retentissement sur le plan respiratoire et psychologique ;
- les radiographies antérieures et les traitements déjà suivis.

8.2. Examen physique

Il faut procéder de manière méthodique et logique, l'examen est réalisé sur un enfant déshabillé en position debout, assis puis couché.

8.2.1. Examen debout (Figure7)

Toute inégalité de longueur des membres inférieurs doit être compensée au préalable. L'examen de dos, le test au fil à plomb permet d'apprécier l'équilibre global du tronc, le fil est positionné en regard de l'apophyse épineuse de C7, on recherche un éventuel déséquilibre ou gîte frontale du tronc par la distance qui sépare le fil à plomb du pli interfessier. L'équilibre global du tronc ne préjuge pas de la présence d'éventuelles courbures, un rachis peut être parfaitement équilibré avec deux véritables courbures structurales, ou avec une simple courbure et une contre courbure de compensation (non structurale).

La ligne des épaules peut rester d'aplomb ou être oblique (signe de lucarne), une asymétrie du pli de la taille traduit une déviation de la colonne.

Sur le plan sagittal, on apprécie l'aspect du dos de manière subjective (dos plat, dos creux, hypercyphose thoracique etc ...).



Figure 7 : Examen du sujet scoliotique debout : déséquilibre du tronc, asymétrie des plis de la taille, dénivellation des épaules. [Collection personnelle]

La flexion antérieure du tronc, les deux mains paume contre paume, les membres inférieurs étant en extension; permet de mesurer un élément essentiel de la scoliose : la gibbosité (Figure 8), c'est un signe pathognomonique, elle est secondaire à l'asymétrie des éléments paravertébraux des deux côtés de la ligne médiane, secondaire à la rotation des corps vertébraux.

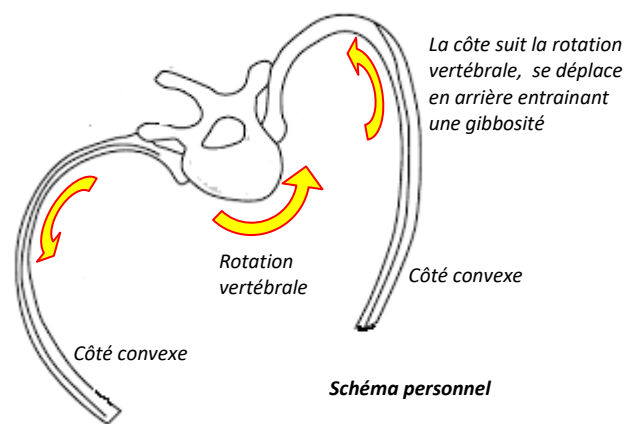


Figure 8 : la gibbosité résulte d'une plicature costale secondaire à la rotation vertébrale, bien révélée par la flexion antérieure du tronc [Collection personnelle].

À rotation égale, la gibbosité est plus marquée à l'étage dorsal qu'à l'étage lombaire, car les côtes entraînées par la rotation vertébrale créent une surélévation plus importante que les apophyses transverses.

Elle se mesure à l'aide d'un niveau à bulle ou « scoliomètre », en évaluant la différence d'altitude entre le point le plus saillant de la gibbosité et le point symétrique par rapport à la ligne médiane (Figure 9).



Figure 9 : Scoliometre [33].

Parfois, surtout chez les petits enfants, il est difficile d'obtenir une telle mesure, dans ces conditions, on peut alors asseoir l'enfant sur la table d'examen, jambes pendantes, et le faire pencher en avant, ce qui fait apparaître progressivement la ou les gibbosités. Cette manière de faire supprime d'ailleurs toute ambiguïté avec une attitude scoliotique.

L'examen dynamique évalue la souplesse du rachis (en flexion extension, inclinaison et rotation) et la réductibilité des courbures en cherchant à soulever partiellement le malade par la tête.

8.2.2. Examen assis

On recherchera dans cette position (assis standard et assis tête penchée en avant) une éventuelle irrégularité de la cyphose traduisant une raideur.

8.2.3. Examen couché

Enfin en position ventrale on vérifiera la réductibilité des courbures, la persistance d'une gibbosité, la symétrie pelvienne et chez l'enfant jeune la symétrie du tonus postural.

9. ENQUETE ETIOLOGIQUE

Après avoir affirmé le caractère structural de la scoliose, et même si 70 à 80% de celle-ci sont idiopathiques, il est essentiel d'éliminer l'hypothèse d'une déviation secondaire à une autre pathologie, par un interrogatoire et un bon examen clinique en particulier neurologique.

L'interrogatoire recherche des cas de scoliose dans la famille, une notion de consanguinité, de maladie génétique ou neurologique, il précise les circonstances de l'accouchement et un éventuel signe de souffrance fœtale, et s'informe sur le développement psychomoteur, le niveau scolaire et l'allure de la croissance statur pondérale. L'existence de douleurs rachidiennes persistantes doit systématiquement faire rechercher une cause secondaire de la scoliose (inflammatoire, tumorale ou dystrophique).

L'examen clinique général est impératif à la recherche d'éléments d'orientations étiologiques. En effet, L'examen de l'élasticité cutanée et la recherche d'une laxité ligamentaire font partie du bilan étiologique des scolioses. Ainsi, les maladies de Marfan ou d'Ehlers-Danlos s'accompagnent de scolioses quelques fois révélatrices de l'affection et il convient d'entreprendre les bilans appropriés, en particulier cardiaque et ophtalmologique. L'existence de multiples tâches « café au lait » peut faire évoquer une neurofibromatose de Von Recklinghausen (Figure 10) et la présence d'une anomalie de la ligne médiane à type de pilosité anormale (Figure 11), angiome ou lipome de la région sacrée fait suspecter une malformation vertébro-médullaire sous-jacente (dysraphisme spinal).

L'examen neurologique doit être complet, en étudiant la sensibilité, la motricité et les réflexes cutanés abdominaux, et ostéotendineux sur les quatre membres afin de ne pas passer à côté d'une cause neurologique occulte (syringomyélie, malformation d'Arnold Chiari).



Figure 10 : Scoliose thoracique secondaire à une neurofibromatose de Von Recklinghausen dont témoignent les multiples taches café au lait sur la peau [Collection personnelle].

Les examens complémentaires sont d'une importance capitale dans le diagnostic étiologique d'une scoliose secondaire en particulier congénitale. Même si les radiographies montrent les malformations vertébrales, elles sont souvent complétées par une tomodensitométrie. Devant toute anomalie neurologique, l'imagerie par résonance magnétique est obligatoire, elle permet de diagnostiquer une diastématomyélie, une syringomyélie, ou une malformation d'Arnold Chiari.

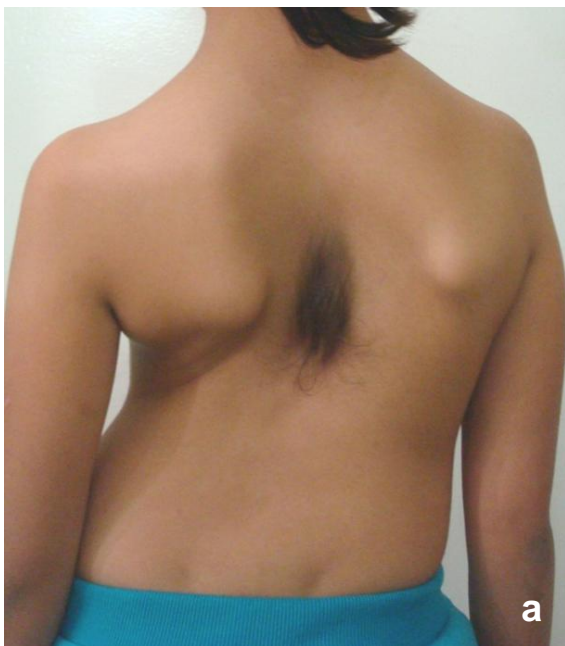
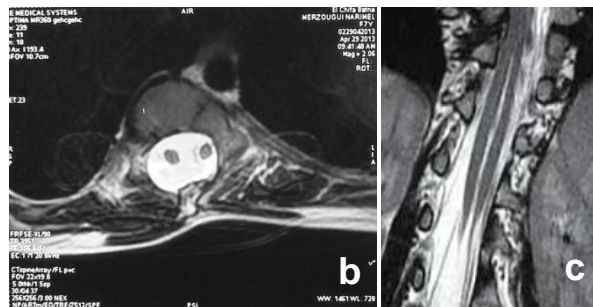


Figure 11 : Scoliose thoracique secondaire à une malformation médullaire, (a) pilosité anormale sur la ligne médiane du dos, (b) et (c) IRM : coupes axiale et sagittale montre une diastématomyélie [Collection personnelle].



10. ETUDE DE LA CROISSANCE

Pour apprécier le niveau de maturation, qui est un élément essentiel du pronostic évolutif, certains points doivent être précisés :

- La taille debout et la taille assise, pour établir une courbe de croissance.
- La maturation sexuelle est appréciée selon la classification internationale de Tanner ^[34]. Le début de la période pubertaire est marqué, chez le garçon par l'augmentation du volume des testicules ainsi que l'apparition des premiers poils pubiens, et chez la fille par l'augmentation du volume des seins, ce qui correspond à 11 ans d'âge osseux chez la fille et à 13 ans chez le garçon. L'apparition des premières règles chez la fille est une étape importante, mais qui ne correspond pas à la fin de la croissance, laquelle peut se poursuivre encore deux années.
- Evaluation de l'âge osseux sur le poignet selon la méthode de Greulich et Pyle, et en analysant l'ossification des crêtes iliaques sur une radiographie de face du bassin, selon le test de Risser (Figure 12).

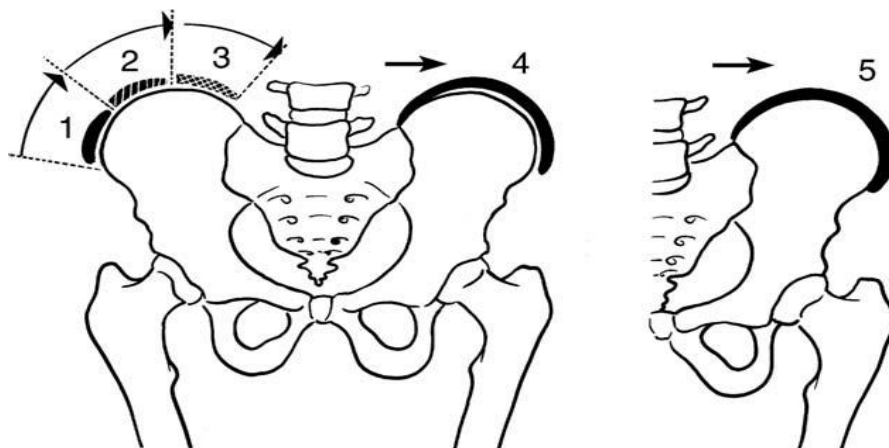


Figure 12 : Test de Risser [7]. Il est basé sur la progression de l'ossification de la crête iliaque. Cette ossification débute à l'épine iliaque antérosupérieure puis elle progresse vers l'arrière. La crête est schématiquement divisée en trois tiers pour définir les stades suivants :

Risser 0 : absence d'ossification

Risser 1 : ossification du premier tiers

Risser 2 : ossification des deux premiers tiers

Risser 3 : ossification sur toute la longueur de la crête iliaque

Risser 4 : début d'ossification de la physe

Risser 5 : ossification complète de la physe

L'ossification complète de ce cartilage de croissance qui commence à la partie postérieure de la crête iliaque signe la fin de la croissance du rachis.

Durant la puberté, la croissance n'est pas constante. Elle comprend deux phases : une première phase de croissance rapide, qui dure environ deux ans, de 11 à 13 ans chez la fille et de 13 à 15 ans chez le garçon, et une seconde phase qui succède à la première, où la vitesse de croissance ralentit.

Durant la puberté, la croissance est beaucoup plus forte sur le tronc que sur les membres inférieurs. En effet quand la puberté s'amorce, la vitesse de croissance annuelle s'inverse sur les segments : deux tiers pour la croissance du tronc, un tiers pour les membres inférieurs. Un garçon de 10 ans va encore grandir au total de 38 centimètres, dont 20 centimètres pour le tronc et 18 centimètres pour les membres inférieurs.

À partir de 13 ans d'âge osseux chez la fille, et de 15 ans chez le garçon, la croissance des membres inférieurs s'effondre, tout le reste de croissance (environ 5 à 6 cm) se fait au niveau du tronc, c'est à cet âge qu'apparaissent, sur la crête iliaque, les premiers noyaux d'ossification, c'est le stade 1 de Risser.

11. IMAGERIE DES SCOLIOSES EN PERIODE DE CROISSANCE

L'imagerie a une place importante pour confirmer le diagnostic et rechercher une étiologie, en permettant la distinction entre les scolioses idiopathiques et les scolioses secondaires. Le diagnostic de la scoliose se fait sur les clichés standards, même si quelques étiologies peuvent être vues sur ces clichés, la recherche d'une étiologie nécessite souvent d'autres explorations radiologiques telles que la scintigraphie, le scanner ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM).

Par ailleurs, l'imagerie permet de décider d'une thérapeutique, de suivre l'évolution de la scoliose et d'évaluer l'efficacité du traitement. Là encore, les clichés standard sont les plus importants.

11.2. Radiographie

11.2.1. Cliché de face

En position debout, en corrigeant une éventuelle inégalité de longueur des membres inférieurs, le cliché doit prendre de la base du crâne au coccyx en hauteur et les ailes iliaques en largeur, sur une grande cassette de 30 x 90 cm.

11.2.1.1. Évaluation des courbures

Le côté est défini par la convexité.

La vertèbre sommet (VS) est la vertèbre la plus horizontale et qui a le maximum de rotation.

Les vertèbres limites sont celles qui sont les plus inclinées par rapport à l'horizontale.

Les vertèbres neutres sont celles qui ont le minimum de rotation.

L'amplitude de la courbure (Figure 13) est le plus souvent évaluée par la mesure de l'angle de Cobb [35]. C'est l'angle formé par la droite passant, du côté de la concavité, par le plateau supérieur de la vertèbre limite supérieure et la droite passant par le plateau inférieur de la vertèbre limite inférieure. La surveillance de l'évolutivité d'une courbure, impose des mesures répétées de l'angle de Cobb, et doivent surtout être réalisées à partir des même repères, afin d'être comparables.

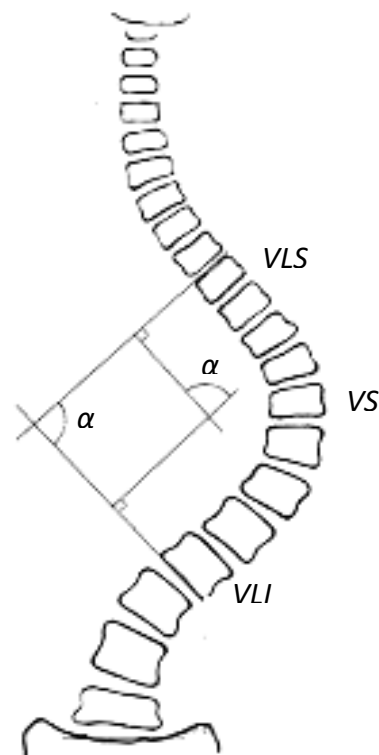


Figure 13 : Mesure de l'amplitude de la courbure selon la méthode de Cobb [35].

(VS) : vertèbre sommet est T10.

(VLS-VLI) : vertèbres limites supérieure et inférieure sont T6 et L2 respectivement.

(α) : angle de Cobb.

[Schéma personnel]

11.2.1.2. Siège des courbures

On distingue selon la topographie des courbures plusieurs types (Figure 14) :

- **Scoliose cervico-thoracique** : vertèbre sommet entre C7 et T1.
- **Scoliose thoracique** : vertèbre sommet entre T2 et T11.
- **Scoliose thoracolombaire** : vertèbre sommet est T12 ou L1.
- **Scoliose lombaire** : vertèbre sommet est entre L2 et L4.
- **Scoliose double majeure thoracique et lombaire**
- **Scoliose double thoracique**

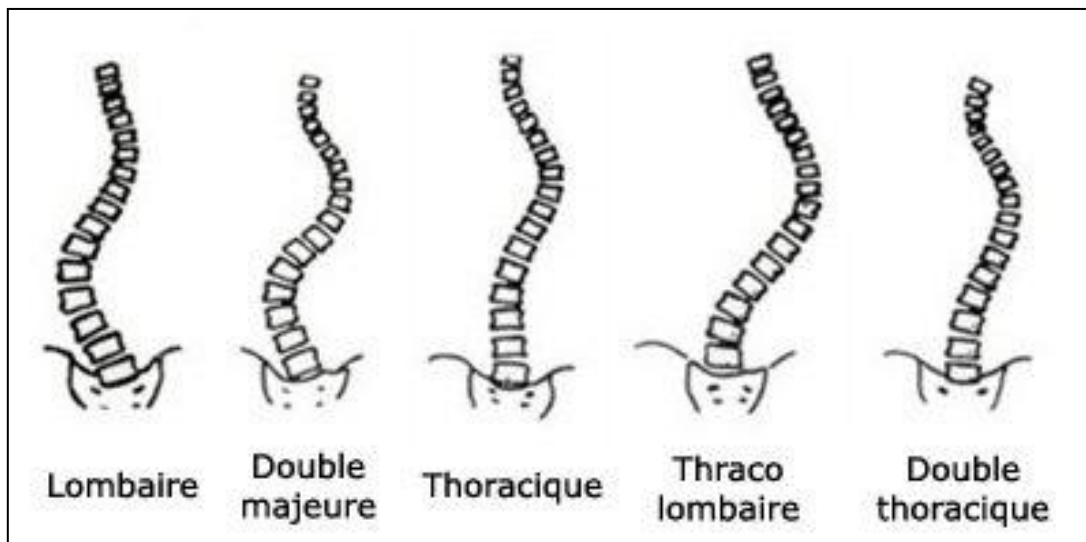


Figure 14 : Différents types de scolioses selon le siège (Classification de King) [38].

11.2.1.3. La rotation des corps vertébraux

La rotation vertébrale peut être évaluée par plusieurs méthodes, au niveau de la vertèbre sommet.

Méthode de Cobb : la vertèbre est divisée en six parts égales, plus la rotation est importante, plus l'épineuse se rapproche du bord concave. La rotation est ainsi cotée de 1 à 4 croix ^[35] (Figure 15).

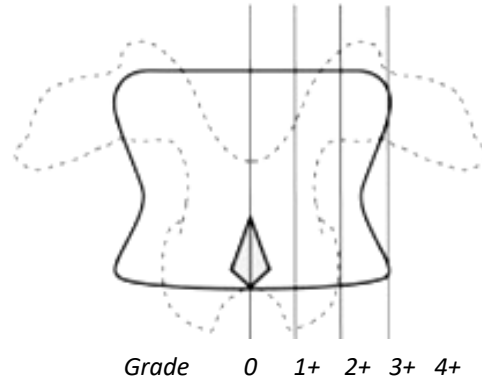


Figure 15 : Mesure de la rotation vertébrale selon la méthode de Cobb [35] : La vertèbre est divisée en 6, la projection de l'épineuse sur la vertèbre détermine le degré de rotation.

Méthode de Nash et Moe : la vertèbre sommet est également divisée en 6 parts égales, l'éloignement de la projection du pédicule convexe par rapport au bord convexe de la vertèbre est le témoin de la rotation ^[36] (Figure 16).



Figure 16 : Mesure de la rotation vertébrale d'après Nash et Moe [36] :

- Grade 0 : Pédicules symétriques, absence de rotation.
- Grade I : Déplacement du pédicule convexe par rapport au bord latéral du corps vertébral.
- Grade II : Le pédicule convexe se projette dans le second tiers du corps vertébral.
- Grade III : Le pédicule convexe se projette dans le troisième tiers, près du milieu du corps vertébral.
- Grade IV : Le pédicule franchi la ligne médiane.

Méthode de Perdriolle Elle permet de quantifier cette rotation en degrés, grâce à une règle en plastique appelée : torsiomètre ^[25] (Figure 17).

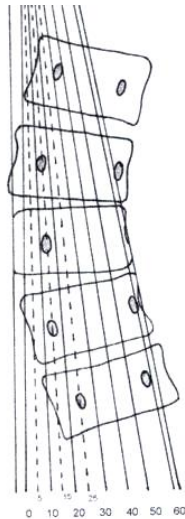


Figure 17 : Mesure de la rotation vertébrale d'après Perdriolle [25] en utilisant un torsiomètre :

La technique consiste à tracer la droite passant par le plus grand diamètre du pédicule convexe. La superposition de la réglette transparente, positionnée en tenant compte des deux point A et A' matérialisant les bords latéraux de la vertèbre, permet une lecture directe de la rotation pédiculaire sur l'échelle graduée.

11.2.2. Cliché de profil

En position debout, bras à l'horizontale, en prenant la totalité de la colonne vertébrale, les mastoïdes et les conduits auditifs externes doivent être visibles, et les têtes fémorales superposées du mieux possible.

Il permet d'apprécier l'équilibre sagittal du rachis, la verticale abaissée du conduit auditif externe, chez un individu normal en station debout, passe par le corps vertébral de C6, de L3, et par le milieu du plateau sacré ^[24] (Figure 18).

La cyphose dorsale est mesurée par l'angle formé par l'intersection de la tangente au plateau supérieur de la première vertèbre thoracique visible T4 et la tangente au plateau inférieur de T12. La lordose lombaire est mesurée par l'angle formé par l'intersection de la tangente au plateau supérieur de L1 et la tangente au plateau inférieur de L5.



Figure 18 : Radiographie de profil du rachis en station debout, la ligne verticale abaissée du COE passe par C6, L3, et le milieu du plateau sacré. [Collection personnelle]

11.2.3. Bilan pré thérapeutique

Les clichés standards de face et de profil peuvent être complétés par des clichés en inclinaison latérale « bending », afin d'apprécier la réductibilité des courbures et la dérotation éventuelle avant un traitement chirurgical.

Ces clichés en inclinaison permettent, en apportant des précisions sur le comportement discal, de déterminer à quel niveau placer le matériel. Ils sont réalisés en position couchée, en décubitus dorsal.

La réductibilité d'une courbure droite s'évalue en inclinaison droite, celle d'une courbure gauche en inclinaison gauche. Ainsi, une courbure est dite « souple » si sa réductibilité atteint ou dépasse 50 % de sa valeur initiale, et une courbure est dite «raide » si sa réductibilité ne dépasse pas 30 %.

On peut également effectuer des clichés en traction, qui permettent d'évaluer le degré et l'endroit de réduction de la courbure. L'inconvénient de ces clichés est la sous-estimation de la correction nécessaire, avec un risque de pose du matériel au mauvais endroit.

Dans les cyphoses importantes, on peut faire des clichés avec un billot sous le dos, afin d'apprécier la réductibilité de la cyphose.

Ces incidences particulières nécessitent la collaboration du chirurgien et du radiologue.

11.3. Tomodensitométrie

Elle n'est pas systématique et sa prescription doit toujours tenir compte du risque d'irradiation. C'est sûrement la méthode la plus précise pour apprécier la rotation et la déformation des vertèbres sommets, mais son utilisation n'est pas justifiée dans cette indication, vu l'importance de la dose de rayons supplémentaire délivrée ^[37].

Le scanner est indiqué dans les situations suivantes ^[38] :

- scoliose douloureuse et lésion en radiologie standard ou niveau lésionnel en scintigraphie (ostéome ostéoïde, kyste anévrisimal, ostéoblastome, spondylolisthésis...);
- bilan préchirurgical de malformations congénitales complexes ;
- analyse des pièces osseuses sur lesquelles doit être implanté le matériel chirurgical, en particulier dans les dysplasies osseuses ;
- évaluation du retentissement de la scoliose sur l'arbre trachéo-bronchique. Certaines scolioses avec cyphose ou lordose importante (le plus souvent non idiopathiques) entraînent une telle déformation de la cage thoracique que la trachée et les bronches souches sont déplacées et peuvent être comprimées par les corps vertébraux ;
- évaluation postopératoire : recherche de complications post-chirurgicales.

L'acquisition est hélicoïdale. On réalise des reconstructions 2D et 3D.

11.4. Imagerie par résonance magnétique (IRM)

L'IRM n'est pas systématique, mais c'est le meilleur examen pour analyser la moelle.

Les indications formelles de l'IRM sont :

- les scolioses neurologiques : scoliose douloureuse (IRM à la place de la scintigraphie), suspicion de tumeur intracanaulaire ou paravertébrale, signes neurologiques, abolition uni- ou bilatérale des réflexes cutanés abdominaux ou anomalie cutanée de la ligne médiane.

- les scolioses malformatives ;
- les scolioses inhabituelles : l'existence de trois courbures ou plus, courbure thoracique gauche ou lombaire droite, courbure cervicale.

Dans l'état actuel de nos connaissances, l'IRM n'est pas un examen systématique devant une scoliose d'aspect idiopathique, même en cas d'indication chirurgicale.

Son but principal est de visualiser la totalité de l'axe médullaire incluant la charnière cervico-occipitale, à la recherche d'une malformation de Chiari 1, une syringomyélie, une attache basse de moelle, une tumeur ou autre anomalie médullaire.

12. TRAITEMENT

12.2. TRAITEMENT ORTHOPEDIQUE

Le traitement orthopédique a été utilisé pour le traitement des scolioses bien avant le développement de l'instrumentation vertébrale. Pour les scolioses syndromiques et idiopathiques, ce traitement garde tout son intérêt et l'investissement qui lui est consacré devrait être proportionnel au pronostic évolutif des scolioses précoces et en particulier des scolioses infantiles ^[39,40].

12.2.1. Objectifs

L'objectif principal de ce traitement est de préserver une fonction respiratoire satisfaisante et de corriger la déformation scoliotique, ou tout au moins empêcher son aggravation. En effet, la stabilisation de la déformation ne devrait plus être considérée comme un échec du traitement orthopédique, car ce dernier permet de retarder l'échéance d'une éventuelle chirurgie.

12.2.2. Méthodes

L'usage du plâtre d'élongation-dérotation (EDF) reste le meilleur moyen de corriger progressivement une scoliose infantile évolutive ^[41]. Ce traitement permet d'enrayer le cercle vicieux d'auto-aggravation de la scoliose (loi de Hueter-Volkman) pour mettre la colonne vertébrale dans des conditions mécaniques qui peuvent parfois permettre une évolution spontanément favorable, par le remodelage osseux sous l'effet des contraintes en tension qui entraînent une accélération de la croissance au niveau de la région concave de la déformation, c'est la loi de Frost. Baulesh ^[42] a observé un maintien de la croissance longitudinale thoracique normale pendant le traitement par plâtre, ainsi qu'un effet positif sur la fonction pulmonaire. Les plâtres (Figure 19) sont le plus souvent réalisés sous anesthésie générale en utilisant le cadre de « Cotrel », cette table permet l'application d'une prudente distraction cranio-caudale, elle soutient la tête, les bras et les jambes, mais laisse le thorax exposé afin de faciliter l'application du plâtre. La correction par forces transversales est réalisée à l'aide de bandes de toile amarrées aux barres longitudinales du cadre, dont la mise en tension est assurée par la rotation des barres munies d'un dispositif à cliquet. Le placement des bandes, variable selon les courbures à traiter, est déterminé pour exercer

un appui postérolatéral en regard du sommet des courbures, complété par des contre-appuis au niveau des vertèbres limites. La mise en tension des différentes bandes permet de doser les trois composantes de leur action : translation latérale, dérotation et contrôle de l'équilibre sagittal.

Ces gestes imposent la réalisation préalable d'une IRM pour éliminer une anomalie sur l'axe cérébro-médullaire. Les plâtres sont largement fenêtrés et renouvelés tous les 2 mois jusqu'à obtention de la meilleure correction, puis relayés par un corset. Ce traitement lourd mérite l'investissement d'une équipe dédiée, celui de l'enfant et de sa famille pour espérer éviter une aggravation, synonyme de chirurgie à moyen terme.



Figure 19 : Réalisation d'un plâtre EDF sur cadre de Cotrel. [Collection personnelle]

Plusieurs types de corsets sont utilisés (Milwaukee, chèneau ou polyvalve, etc.....). Le choix de celui-ci ne fait pas l'unanimité, il dépend étroitement de l'expérience personnelle du médecin ou celle de l'équipe médicale (Figure 20). Le corset de Milwaukee longtemps considéré comme le traitement de référence chez les jeunes patients, ne permet pas de stabiliser toutes les scolioses et sa tolérance est médiocre.

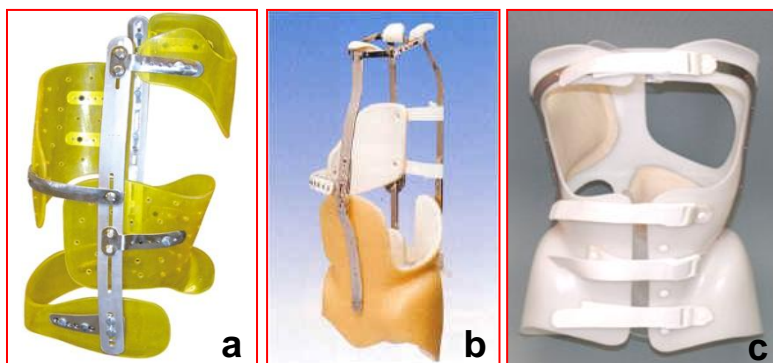


Figure 20 : Types de Corsets
a- Polyvalve
b- Milwaukee
c- Chèneau

Il est aujourd'hui tout à fait possible d'avoir recours à des corsets plus efficaces, au premier rang desquels le corset polyvalve, qui apporte la modularité indispensable pour s'adapter à la croissance sans entraver le développement de la cage thoracique.

12.2.3. Indications et limites

Même si la scoliose idiopathique reste la meilleure indication pour un traitement orthopédique, certaines formes échappent à son contrôle.

Les limites du traitement orthopédique sont bien connues concernant les scolioses neuromusculaires et malformatives. Pour les premières, le traitement n'a que peu d'influence sur l'évolution de la scoliose mais il est souvent nécessaire pour maintenir aux patients une station assise satisfaisante en cas d'importante hypotonie et une ampliation respiratoire efficace. Le corset Garchois^[43] reste le traitement de choix dès le jeune âge. Si les corsets n'ont aucun effet sur l'évolutivité d'une malformation rachidienne, ils peuvent être utiles pour contenir les contre-courbures qui évoluent parfois de façon autonome.

En dépit des résultats positifs obtenus grâce à cette technique conservatrice, le traitement orthopédique n'est pas sans risques^[44,45]. Cependant, le taux de complications est nettement inférieur à celui du traitement chirurgical^[46]. Ce traitement peut également être mal toléré chez les enfants avec une fonction pulmonaire médiocre^[47].

12.2.4. Tractions

Avant de procéder à des techniques chirurgicales préservant la croissance, une mention spéciale est faite à la traction préopératoire avec halo, une technique qui est utilisée occasionnellement avant l'instrumentation dans les courbures très sévères, dans le but de réduire les risques neurologiques, de parvenir à une meilleure correction et d'améliorer la fonction respiratoire avant la chirurgie^[48]. La force de traction ainsi appliquée entraînera non seulement une élongation mais aussi une détorsion automatique des cyphoscolioses. Des publications récentes ont décrit l'utilisation de la traction dans les EOS avant la chirurgie préservant la croissance, dans les courbures supérieures à 80° et en cas d'une cyphose associée^[49].

Il existe plusieurs types de traction :

La traction bipolaire : Elle est appliquée sur un enfant en position couchée, grâce à un halo crânien et une traction collée aux deux membres inférieurs. Cette méthode est de moins en moins utilisée en raison du décubitus dorsal qui est parfois très mal supporté, on lui préfère le halo-suspension (Figure 21).



Figure 21 : Traction préopératoire cranio-caudale au lit du patient. [Collection personnelle]

Le halo-suspension : Le sujet est assis dans un fauteuil roulant équipé d'une potence avec des poulies (Figure 22). La traction est ainsi exercée sur le halo par un contrepoids accroché derrière le fauteuil. De même, les sujets présentant des possibilités de marche autonome peuvent être installés dans un cadre de marche avec un système de traction. Cette méthode a l'avantage de la verticalisation avec son effet bénéfique pour la respiration et l'absence d'ostéoporose.

Le halo-pelvien : Ce système rigide permet de contrôler parfaitement la progression de la correction par l'application strictement unidirectionnelle des forces de correction (Figure 23 b). En revanche, la tension qui s'exerce au niveau du rachis cervical peut menacer les nerfs crâniens en raison du risque d'élongation.



Figure 22 : le Halo-suspension
[Avec l'aimable autorisation du Dr L. Miladi]



Figure 23 : Autres méthodes de préparation
(a)- Plâtre de Stagnara
(b)- Fixateur Halo-pelvien
[Avec l'aimable autorisation du Dr L. Miladi]

Le plâtre de détraction : Ce système de préparation préopératoire est basé sur la technique du plâtre de détraction de Stagnara (Figure 23 a). Cet appareil plâtré composé d'une pièce pelvienne et d'une pièce occipito-mentonnière permet un dosage régulier de l'élongation tout en conservant une liberté relative des mouvements cervicaux, protégeant ainsi le rachis cervical. Chez le jeune enfant, cet appareil plâtré est confectionné sous anesthésie générale. La détraction est ensuite réalisée par deux vis à pas inversés (1 tour par jour en moyenne).

Quelque soit la méthode de traction utilisée, une IRM médullaire est recommandée, de même qu'une surveillance neurologique quotidienne. Afin d'éviter le décrochage des pointeaux, ces derniers sont resserrés au 3^{ème} jour de traction, et désinfectés régulièrement. Le poids et la durée de la traction sont différents d'une équipe à l'autre.

12.3. TRAITEMENT CHIRURGICAL

12.3.1. Introduction

Le pronostic des enfants atteints de scolioses a été considérablement amélioré grâce aux avancées récentes de la chirurgie et à la compréhension de l'importance de la préservation de l'espace thoracique. Les techniques existantes et le développement de nouvelles méthodes, ont considérablement amélioré la prise en charge de cette pathologie ^[50,51].

Dans cette tranche d'âge, la traditionnelle arthrodèse vertébrale postérieure, avec ou sans instrumentation, devrait être complétée par une arthrodèse antérieure, pour empêcher le phénomène de vilebrequin ^[52,53]. Cette arthrodèse circonférentielle, peut certes arrêter la progression de la courbure, mais empêche en même temps la croissance vertébrale et thoracique future. En outre, des études ont bien montré que la chirurgie de fusion étendue à un âge précoce entrave la fonction respiratoire ^[54].

Cette méthode est donc réservée à la scoliose de l'adolescent ayant terminé sa croissance, et ne devrait plus figurer dans l'arsenal thérapeutique des scolioses évolutives des enfants en pleine croissance, excepté les arthrodèses limitées à l'apex, avec ou sans résection, qui sont possibles dans certaines malformations vertébrales congénitales, quand la déformation est limitée à quelques segments car n'entravant en rien la croissance des autres segments ^[55].

En effet, non traitées, les scolioses progressives à début précoce peuvent conduire à des complications pulmonaires graves, dont le syndrome d'insuffisance thoracique (TIS), qui a été défini par Robert Campbell comme l'incapacité du thorax à maintenir la croissance pulmonaire normale et la fonction respiratoire ^[56]. En outre, la fusion de plusieurs segments de la colonne vertébrale d'un enfant, en particulier dans la région thoracique, peut conduire à un résultat plus grave, en empêchant la croissance normale de la colonne vertébrale et celle du thorax ^[29]. Ces effets néfastes de la fusion précoce sur la fonction pulmonaire ont été démontrés aussi par Vitale et al ^[57].

Une augmentation statistiquement significative du risque de mortalité a également été observée par insuffisance respiratoire chez les enfants atteints de scoliose infantile ou juvénile par rapport à des enfants atteints de scoliose idiopathique de l'adolescent ^[27].

Au cours de ces dernières années, la scoliose à début précoce (EOS) a suscité beaucoup de controverse dans le domaine de la chirurgie orthopédique. L'histoire naturelle défavorable de cette entité, ainsi que les effets défavorables de la fusion rachidienne précoce, ont conduit les chirurgiens qui s'occupent de cette pathologie, à utiliser un arsenal de techniques chirurgicales dans le but de prévenir ou de retarder la fusion rachidienne. Ces techniques respectueuses de la croissance cherchent à contrôler la déformation tout en permettant à la colonne vertébrale et au thorax de poursuivre leur croissance.

Le développement de ces nouvelles techniques et l'apparition de nouveaux implants a entraîné une intégration progressive des enfants dans le domaine de l'instrumentation vertébrale, tout en facilitant aussi la correction des déformations considérables de la colonne vertébrale. Bien que les premiers résultats soient prometteurs, l'absence de résultats à long terme, la difficulté d'établir les indications et contre-indications précises pour chaque méthode et le manque de grandes séries de patients en raison de la relative rareté de cette maladie, nous imposent une certaine prudence dans l'interprétation des résultats.

Le développement récent des techniques préservant la croissance, a fourni aux chirurgiens orthopédistes plusieurs options thérapeutiques (révolutionnaires pour le traitement des scolioses progressives). Néanmoins, la quantité limitée des informations basées sur des données probantes (Evidence-Based Information) sur les EOS, fait que les décisions de traitement reposent en grande partie sur l'expérience clinique et les connaissances de chaque chirurgien. Par conséquent, il existe une variabilité considérable entre les chirurgiens lors de la sélection d'un traitement ou d'un autre. Un travail récent a montré que l'augmentation de l'expérience du chirurgien augmente également l'utilisation de techniques de non-fusion ^[58]. Le choix optimal du traitement est encore plus complexe en raison des différentes causes des EOS.

Skaggs et al.^[59] ont proposé une classification des techniques préservant la croissance selon le mécanisme par lequel ils modulent la croissance vertébrale et celle de la paroi thoracique (Tableau 3). Cette classification comprend des techniques basées soit sur la distraction, soit sur la compression de la convexité ou sur le guidage de la croissance.

Nous allons dans ce chapitre étudier les techniques actuelles préservant la croissance vertébrale dans le traitement des scolioses évolutives chez les enfants.

Tableau 3 : Classification des techniques préservant la croissance selon Skaggs et All ^[59].

La distraction	les Guides de croissance	La Compression de la convexité	Autres
Tige de croissance unique	Luque Trolley®	Agrafes à mémoire	Hémi-épiphysiodèse
Double tige de croissance VEPTR®	Shila®	Attaches antéro-latérales	Distraction costale
Tige de croissance hybride			
Tige magnétique			

12.3.2. Techniques chirurgicales basées sur la distraction

Ces techniques peuvent être une bonne alternative dans les déformations progressives pour lesquelles le traitement orthopédique est contre indiqué ou inefficace. Ces techniques corrigent et maintiennent la correction de la déformation rachidienne par distraction de la colonne vertébrale. Les implants peuvent être fixés sur la colonne vertébrale, sur les cotes ou sur le bassin, en fonction de l'âge du patient, des caractéristiques de la courbure, de l'étiologie et surtout des habitudes du chirurgien.

La fixation proximale au niveau costale est généralement préférée chez les jeunes patients chez qui on tente souvent d'éviter ou de retarder au maximum la fusion rachidienne car la fixation vertébrale est fragile par manque de maturité de la colonne et par crainte des éventuelles complications qui peuvent en découler.

Après la chirurgie de pose, une distraction de la tige est réalisée tous les 6 à 10 mois, afin de maintenir le résultat obtenu lors de la chirurgie initiale et de suivre la croissance vertébrale qui sera évaluée par la mesure de la distance T1-T12 selon les courbes de croissance décrites par Dimeglio (Tableau 2). Cette distance doit dépasser 20 cm à maturité osseuse pour éviter une insuffisance respiratoire grave [29].

Les allongements répétitifs de la tige rendent cette option chirurgicale indésirable pour les enfants ayant une comorbidité importante en raison du risque de développer une complication.

12.3.2.1. Tiges de croissance

12.3.2.1.1. Historique et évolution des idées

Le concept de la distraction a été introduit par Harrington [60] en 1962, en utilisant une longue tige qui contourne la partie déformée de la colonne vertébrale. Ce dispositif est constitué d'une tige en acier inoxydable, fixée à la colonne vertébrale de part et d'autre de la courbure à l'aide de crochets lamaires (Figure 24).

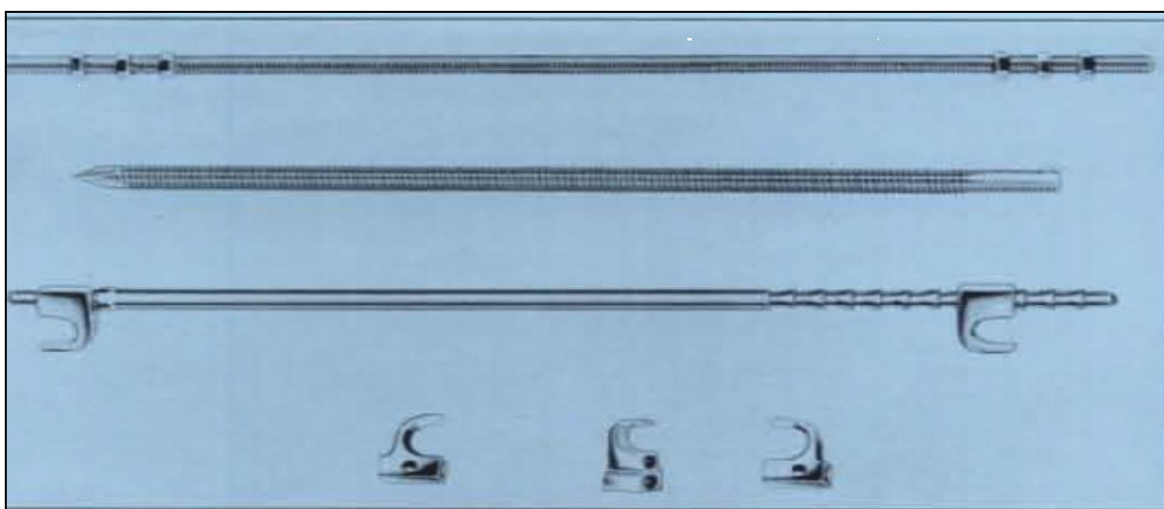


Figure 24 : Les implants de Harrington, Tiges et crochets [60].

Mais cette technique a échoué pour deux raisons principales : la première était due à l'abord en sous périosté du rachis, et la mise à nu de toute la partie concave de la colonne. En effet la présence de la tige au contact du rachis complètement dénudé est à l'origine de fusions partielles spontanées et de cicatrices fibreuses inextensibles des tissus mous. La deuxième raison était liée à la mauvaise qualité de la prise du matériel d'ostéosynthèse sur les vertèbres, source de complications mécaniques telles que les dislocations de crochet et les fractures de tige.

En 1978, Moe ^[61] a modifié la technique de Harrington. Afin de limiter la dissection sous périostée du rachis, l'auteur a décrit une méthode de distraction sans fusion, qui consiste à placer la tige par voie sous cutanée, dans la concavité de la courbure, en abordant le rachis qu'aux deux extrémités du montage. Ses résultats étaient encourageants, mais malgré le port systématique du corset de Milwaukee, le nombre de complications restait assez important, dominé par les fractures de tige et les désamarrages de la prise proximale.

Afin de limiter le risque de désamarrage, Marchetti et Faldini ^[62] ont décrit leur technique de fusion au niveau des sites d'ancrages. L'intervention initiale consiste à provoquer une fusion de deux vertèbres, de chaque côté de la courbure. Six mois plus tard, ces fondations sont utilisées comme des points d'ancrage solides pour le placement des crochets. La tige est ensuite placée après dissection sous périostée au niveau de la concavité.

En 1983, Yves Cotrel et Jean Dubousset ont mis au point un matériel qui a complètement révolutionné l'ostéosynthèse rachidienne vu la solidité de l'ancrage, c'est l'instrumentation de Cotrel-Dubousset « CD ». En effet, l'introduction d'un nouveau type d'ancrage qui agit comme une « griffe », formé par un crochet sous laminaire ou transversaire descendant et un crochet sous laminaire ou pédiculaire ascendant placés à 1 ou 2 segments distalement, a nettement amélioré les résultats ^[63].

Par la suite, différentes techniques de tige de croissance, basées sur le principe de distraction de Harrington ont été décrites dans la littérature, pour traiter les scolioses évolutives chez les enfants. Toutes ces techniques avaient les mêmes objectifs, corriger et prévenir l'aggravation de la courbure scoliotique principale, tout en

permettant la croissance vertébrale et celle du poumon. Néanmoins aucune technique n'a montré une réelle supériorité et le taux de complications reste élevé.

Actuellement, dans la plupart des techniques qui se basent sur la distraction, l'ancrage de l'instrumentation est vertébral au niveau proximal, et vertébral ou pelvien au niveau distal, ce qui évite l'exposition du segment vertébral touché. La croissance se produit à travers ce segment rachidien intermédiaire. La déformation est contrôlée par des procédures d'allongement répétées ce qui permet en même temps, à la colonne de continuer sa croissance.

12.3.2.1.2. Tige de croissance unique

Le montage simple à une seule tige de croissance a été proposé par plusieurs auteurs comme un montage approprié pour les EOS ^[63-67]. La plupart des auteurs utilisent une griffe à crochet, des vis pédiculaires, ou un montage hybride sur deux ou trois niveaux en haut et en bas du montage en tant que points d'ancrage.

Ces zones sont exposées d'une manière sous-périostée, et certains auteurs effectuent une fusion limitée au moment de l'intervention de pose pour tenter de renforcer les points d'ancrage. Les tiges (proximale et distale) sont pré-moulées pour s'adapter au profil sagittal de la colonne, puis coupées de façon à créer un chevauchement de 4 ou 5 cm, ensuite sont fixées sur le matériel d'ancrage respectif, du côté concave de la déformation, et enfin reliées l'une à l'autre par un connecteur de type latéro-latéral ou termino-terminal, à l'endroit où elles se chevauchent (Figure 25 a-b).



Figure 25 : Différents types de montage à tige de croissance unique :

a- 2 tiges reliées par un connecteur latéro-latéral [64].

b- 2 tiges reliées par un connecteur termino-terminal [66].

c- Une seule tige longue avec réserve d'allongement distale [65].

Ces tiges sont placées, soit en intramusculaire (extrapériosté) ou sous-cutané afin de ne pas perturber les éléments postérieurs de la colonne vertébrale, en limitant ainsi le risque d'autofusion de ce segment. Le montage et la colonne vertébrale peuvent alors être allongés à divers intervalles de temps en effectuant des retentions de tiges au niveau du connecteur.

Une autre possibilité consiste à employer une seule tige ^[65,67], cette tige prémoulée est laissée délibérément longue (4 à 5 cm) au-dessous de l'ancrage distal du montage. Cette partie libre de la tige est ensuite utilisée comme une réserve d'allongement pour les distractions périodiques ultérieures.

Une arthrodèse vertébrale postérieure définitive peut être effectuée une fois que le patient aura atteint l'âge adéquat.

Une variété de méthodes a été rapportée dans la littérature, en 2001 Blakemore ^[65] a publié une série de 29 patients, opérés par une longue tige de distraction avec une réserve d'allongement à la partie basse du montage (Figure 25 c), l'ancrage a été

assuré par une griffe de crochets en haut et par un crochet supra-laminaire en bas. Le gain moyen de l'angle de Cobb après chirurgie était de 38°. Même si cette étude est préliminaire car il n'y a que 09 patients qui sont arrivés à l'âge de l'arthrodèse, le résultat est jugé bon malgré les 09 complications survenues au cours du traitement (05 déplacements de crochets et 03 fractures de tige).

Dans une étude rétrospective, J. Mineiro ^[66], a examiné les dossiers cliniques et radiologiques de 11 patients atteints de scoliose évolutive répondant mal au traitement orthopédique, opérés par des tiges de Moe et de Harrington. A une moyenne de 5,1 ans après la chirurgie, la tige de distraction a permis d'arrêter la progression de la courbure chez tous les patients (11), dont 09 ont montré une amélioration supérieure ou égale à 40% de l'amplitude de la courbure d'origine. 08 patients de cette série sont arrivés à l'âge de l'arthrodèse et ont bénéficié d'une arthrodèse vertébrale définitive, ce qui représente 72,7% des cas. Cependant 17 complications ont été rapportées (moyenne de 1,5 par patient), dont 02 déplacements de crochets, 02 infections profondes, et 10 fractures de tige.

En 2010, N. Farooq ^[64] a publié un article dans la revue "Spine", détaillant parfaitement la technique opératoire de la distraction à tige simple, en utilisant 02 tiges qui se chevauchent au milieu (Figure 26). C'est une grande série qui compte 88 patients avec un minimum de 02 ans de suivi post opératoire et une moyenne de 42 mois ; l'allongement de tige a été réalisé à des intervalles de 09 mois en moyenne, l'angle de Cobb moyen qui était de 73° initialement a été amélioré à 44° à la dernière consultation, ce qui signifie une amélioration de 40%. 28 patients ont subi une fusion apicale afin de mieux contrôler la déformation, mais aucune différence significative n'a été observée avec ceux qui ne l'avaient pas subie.

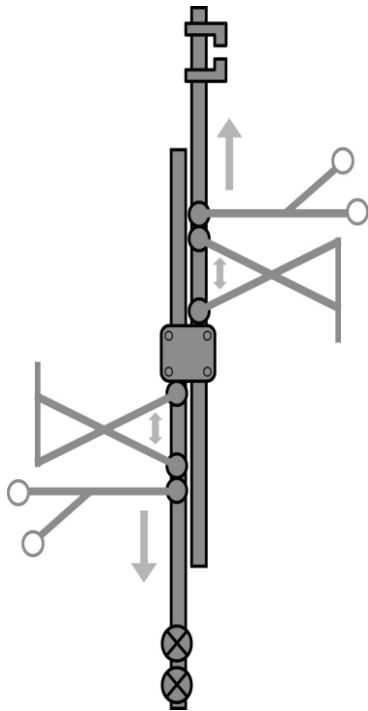


Figure 26 : Une représentation schématique du montage à tige de croissance unique selon Farooq [64]. Les 2 tiges sont connectées par un domino latéro-latéral, le placement du porte-tige et du distracteur est représenté ici, permettant la distraction séparée de chaque tige lors de la procédure d'allongement.

03 infections profondes ayant nécessité l'ablation de tige chez 02 patients, et des infections superficielles chez 08 patients ont été relevées, la plupart de ces problèmes cutanés sont situés en regard des dominos.

Les complications liées aux implants incluent 10 cas de défaillance d'ancrage proximal et 06 intéressant la partie distale ayant nécessité une révision au moment de l'allongement de la tige. Un total de 31 fractures de tige ont été notées, et le siège le plus fréquent de la fracture était au voisinage des points d'ancrage distaux.

L'incidence des fractures était plus élevée dans le groupe de fusion apicale (42%) comparée au groupe non fusionné (35%); selon l'auteur, cela pourrait être le résultat d'une colonne rigide plaçant la tige dans des conditions de stress plus importants et provoquant ainsi sa fracture. Deux patients ont développé une cyphose jonctionnelle proximale qui a nécessité une arthrodèse vertébrale précoce chez l'un, et une réduction-fusion au niveau du site d'ancrage pour le deuxième, afin de poursuivre le protocole de distraction et permettre au rachis de poursuivre sa croissance.

Miladi ^[63] a publié dans un article original, une étude sur un montage appelé « H3S2 », La technique opératoire utilisée consistait à la pose d'une tige unique de

gros calibre (5,5 mm) en percutané, à travers deux petites incisions en regard des points de fixation; la tige étant placée en transmusculaire, d'une incision à l'autre [67].

La fixation proximale est assurée par 3 crochets (2 sus lamaires et 1 pédiculaire), et l'ancrage distal par 2 vis pédiculaires monoaxiales. La tige est laissée volontairement longue de plusieurs centimètres à son extrémité distale, correspondant à la réserve d'allongement (Figure 27). Dans cette étude rétrospective de 23 patients atteints de scoliose évolutive d'étiologies multiples, l'angle de Cobb moyen était de 68°, et le recul moyen de 3,5 ans après la première chirurgie. Ce montage a permis, de maintenir la correction chez 100% des patients, et une correction de 57% de l'amplitude. Pour l'auteur, ce montage est suffisamment solide, pour dispenser les enfants du port d'un corset. En effet, le taux de complications mécaniques était relativement bas comparé aux autres types de montage, et les fractures de tige n'ont été observées que chez 03 patients.

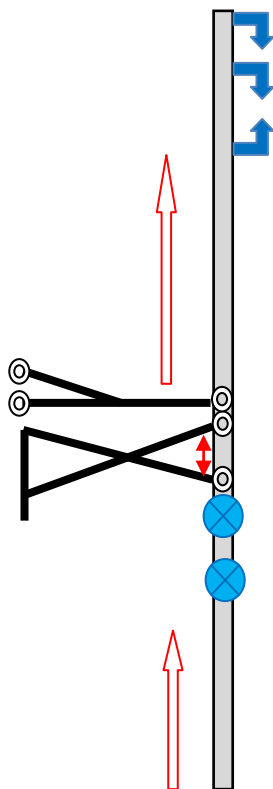


Figure 27 : Une représentation schématique du montage H3S2. L'ancrage proximal est assuré par 3 crochets, l'ancrage distal par 2 vis pédiculaires. Une seule tige est utilisée avec une réserve d'allongement à la partie basse. Le placement du porte-tige et du distracteur est représenté ici, permettant la distraction de la tige lors de la procédure d'allongement. [Schéma personnel]

Biomécanique du montage «H3S2»

Pour que la tige de croissance puisse résister aux contraintes tout au long du traitement, certains principes biomécaniques doivent obligatoirement être respectés :

1- Ancrages solides : L'ancrage au niveau proximal est confié à 3 crochets, les 2 crochets en bas (pédiculaire, sus-lamaire) agissent comme une pince. Cette configuration en griffe s'oppose aux contraintes cyphosantes mieux que les vis pédiculaires, car au niveau du rachis thoracique supérieur, ces forces sont très importantes en particuliers chez les hyper-cyphotiques. Le troisième crochet sus-lamaire supérieur a pour rôle de protéger la prise de la pince en dessous.

L'ancrage distal est assuré par deux vis pédiculaires mono-axiales, le choix de cet implant est expliqué par la qualité de la fixation qui est très solide, empêchant tout mouvement de rotation de la tige. Il est important de bien choisir le niveau des vertèbres à fixer, car ce sont elles qui déterminent l'orientation de la tige.

2- Tige souple : le titane offre une certaine souplesse et légèreté au montage, lutte mieux contre les fractures de fatigue par rapport aux autres matériaux. Dans le montage « H3S2 », la tige ne contient aucun connecteur, car par sa rigidité, ce dernier constitue un point faible et susceptible de provoquer la fracture.

3- Montage stable et équilibré : Il est important que la tige soit la plus verticale possible, car cela augmente sa résistance à la charge (Figure 28). Il a été démontré que la tige en titane de 5,5 mm de diamètre, supporte plus de 62 Kg quand elle est en position verticale.

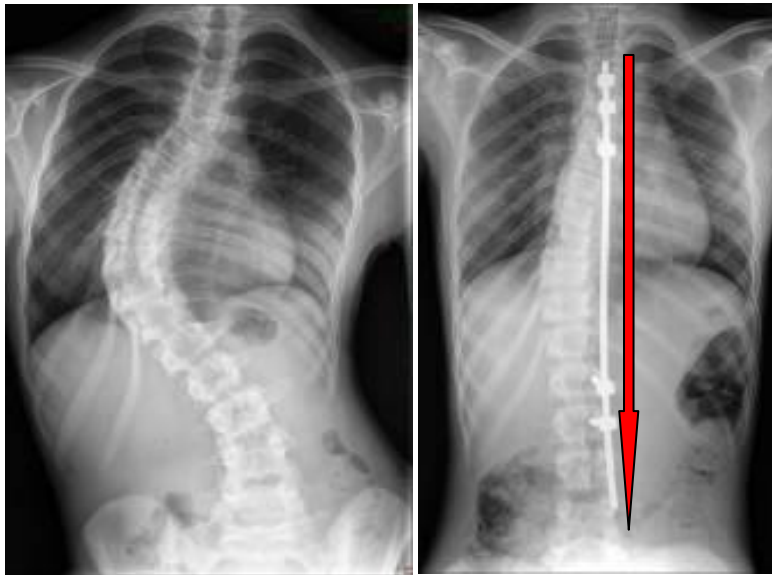


Figure 28 : Radiographies montrant une scoliose thoracique basse avant et après la pose du montage « H3S2 ». Notant la position verticale idéale de la tige [Collection personnelle].

12.3.2.1.3. Double tige de croissance

Les doubles tiges de croissance sont basées sur le même principe, mais elles offrent théoriquement une plus grande stabilité et une meilleure correction de la déformation ^[68,69]. Chaque tige est formée par deux parties qui sont reliées entre elles par un connecteur de type termino-terminal ou latéro-latéral, par lequel la distraction est effectuée. L'ancrage est assuré par des vis pédiculaires ou par des crochets en forme de " pince " et ses points d'ancrage sont parfois arthrodésés (Figure 29).

L'ancrage de l'instrumentation est vertébral au niveau proximal, et vertébral ou pelvien au niveau distal. Concernant la fixation pelvienne, elle est considérée par ses promoteurs comme une fondation solide sur laquelle repose le montage, justifiant ainsi son utilisation chez les patients atteints de scolioses neuromusculaires. Ces mêmes auteurs ont montré une meilleure correction de l'obliquité pelvienne et de la déformation coronale en utilisant le système de double tige avec des vis iliaques (Figure 30), par rapport à d'autres formes de fixation pelvienne ^[70]. Shah ^[71] a rapporté une amélioration du profil sagittal. Dans cette étude, Les tiges ont été allongées chaque 6 à 9 mois environ, indépendamment de la progression de la courbure, de manière à maintenir la correction obtenue.

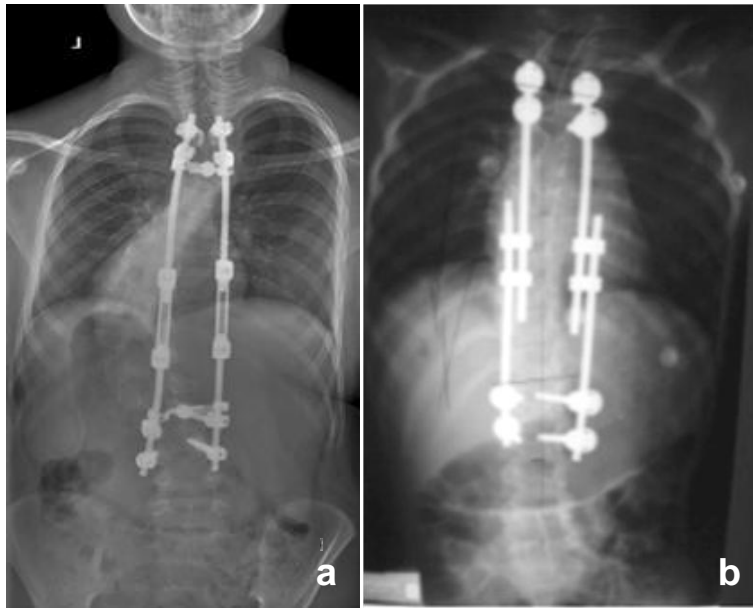


Figure 29 : Différents types de montage à double tige de croissance [68] :
(a) à 2 tiges télescopiques
(b) à 2 tiges reliées par des connecteurs latéro-latéraux.

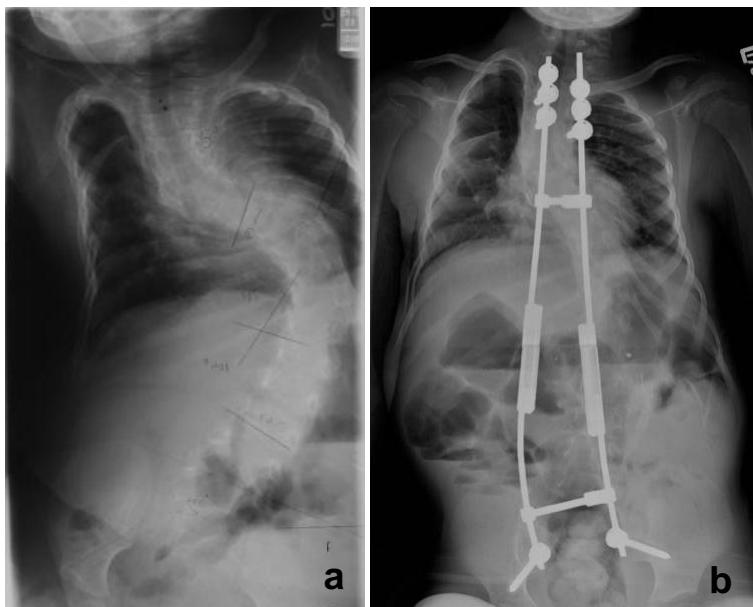


Figure 30 : Scoliose neurologique traitée par une double tige de croissance à fixation pelvienne [70].
(a) Rx de face préopératoire.
(b) Rx de face postopératoire.

Akbarnia ^[68] a publié une des plus grandes séries des doubles tiges de croissance, ces tiges sont reliées entre elles par des barres de liaison transverses (Figure 29, a) afin d'améliorer la stabilité du montage. L'auteur a rapporté une amélioration nette de l'angle moyen de la courbure, qui passe de 82° en préopératoire à 38° après la première chirurgie et à 36° à la fin de la période de suivi. Les distractions ont été effectuées 6,6 fois en moyenne, ce qui a conduit à une augmentation de la distance moyenne T1-S1 de 1,2 cm / an, avec 56% de taux de complications. Akbarnia et al. ^[69] ont suivi ce rapport par une autre étude en 2008 de 13 patients en utilisant la même technique, ces enfants ont tous subi une fusion finale et avaient un recul de

2 ans au minimum. La Correction de la scoliose était similaire au rapport précédent, passant de 81° à 27,7 ° après la fusion finale, tandis que la longueur T1-S1 a augmenté de 24,4 à 29,3 cm, correspondant à une croissance moyenne de 1,46 cm/an. Les auteurs ont également comparé les patients ayant subi des procédures d'allongement tous les 6 mois avec ceux où la période entre les allongements était plus longue, et constaté que les allongements plus fréquents ont entraîné une augmentation du taux de croissance (1,8 vs 1,0 cm / an) et un meilleur contrôle de la déformation (correction de 79% contre 48 %).

12.3.2.1.4. Complications des tiges de croissance

Akbarnia s'est beaucoup investi pour le développement des tiges de croissance qui sont actuellement considérées comme la technique de référence ^[72,73]. Les tiges de croissance répondent à leur objectif de stabilisation de la courbure et de la croissance vertébrale ^[74], mais sont sources de nombreuses complications dont la fréquence, très variable d'une étude à l'autre, augmente proportionnellement avec le nombre de chirurgies réalisées ^[75,76]. Le nombre d'interventions chirurgicales non programmées nécessaires pour traiter ces complications est un bon reflet de leur fréquence et de leur sévérité.

Dans une analyse approfondie des complications de la tige unique et des doubles tiges, Bess ^[77] a montré que 58% des patients ont présenté au moins 01 complication. Néanmoins, il y avait moins de complications avec l'instrumentation à double tige comparée au montage à tige unique.

a- Complications neurologiques

Aucune complication neurologique n'a été rapportée, aussi bien à la pose de la tige que lors des allongements. Le monitoring peropératoire est essentiellement recommandé à l'insertion de la tige, à son remplacement, et au changement d'implants ^[78].

Toutefois, s'il n'y a pas de recommandation concernant la surveillance systématique des allongements, les auteurs s'accordent sur la nécessité de rester prudent et de dépister les patients à risque par la réalisation systématique, en début de prise en charge, d'une IRM médullaire.

b- Complications cutanées et infectieuses

Mackenzie ^[79] rapporte un taux de 6,7 % d'infection chez ses patients, dont 69 % ont imposé une reprise chirurgicale. Les patients avec des tiges implantées en sous-cutané ont présenté plus de complications cutanées. Ces complications sont plus fréquentes lorsque les allongements sont effectués à des intervalles plus rapprochés, tandis que les complications liées aux implants sont plus fréquentes quand les allongements sont effectués à des intervalles plus espacés ^[80].

c- Complications mécaniques

La fracture de tige (Figure 31) est la complication mécanique la plus fréquente, elle se situe le plus souvent près des dominos de connexion ou sur une zone de fort cintrage, notamment en cas d'hypercyphose. Cette fracture est favorisée par un diamètre insuffisant de la tige, et plus fréquente dans les montages à tige unique ^[81].

Le désamarrage des implants survenant le plus souvent à l'extrémité supérieure du montage, est aussi une complication fréquemment rencontrée (Figure 32), il est favorisé par une hypercyphose thoracique ou parfois par une tige pas assez cintrée en cyphose. Cette complication doit être prévenue par une fixation solide, étendue sur deux ou trois vertèbres, et un bon cintrage de la tige. Le renforcement par une greffe locale au niveau du site d'ancrage ne fait pas l'unanimité et l'utilisation du vissage pour la fixation proximale semble être dangereux, car en cas de balayage des vis les complications neurologiques peuvent être redoutables ^[82].

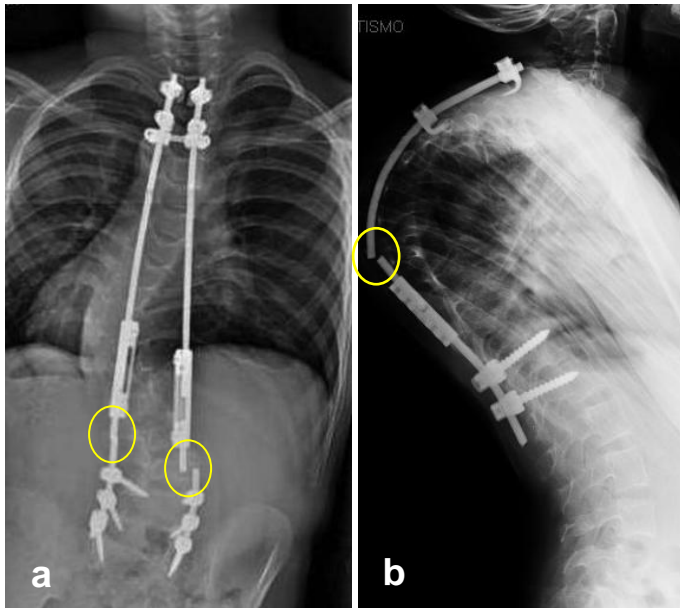


Figure 31 : Fractures de tige. [81]

(a) Fractures de 02 tiges siégeant au dessous des connecteurs.

(b) Fracture de tige siégeant au dessus du connecteur.

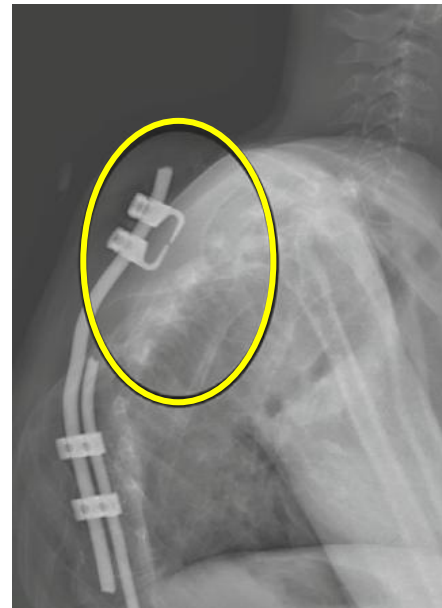


Figure 32 : Désamarrage de crochets [84]. Crochets palpables sous la peau et à distance du rachis sur la radiographie de profil.

L'ancrage inférieur est assuré, chez la majorité des équipes par à un vissage de deux vertèbres adjacentes. Pour le choix du niveau à fixer, les vis doivent être situées de telle sorte que la tige soit le plus parallèle possible aux vertèbres d'appui, de façon à diminuer les contraintes et à éviter un angle figé qui sera un obstacle à la correction progressive lors des distractions successives. Le niveau inférieur se situe en général sur la vertèbre stable, on peut s'aider de clichés préopératoires en traction pour mieux préciser ce niveau. Le rôle protecteur du corset pour diminuer le risque de rupture de tiges ou de faillite des ancrages, n'a pas été démontré.

La cyphose jonctionnelle à l'extrémité supérieure du montage est due à la concentration des contraintes entre le segment rigide instrumenté et le segment souple sus jacent. Il semble que l'utilisation d'une fixation étendue avec des crochets supérieurs descendants ^[63] diminue le risque de cette complication. La préparation par traction préopératoire, est très utile car elle permet de positionner les dispositifs sur une colonne vertébrale la plus équilibrée possible, en se fixant en proximal au dessus du sommet de la cyphose.

La mise en place d'une tige sans fusion peut créer un véritable phénomène de vilebrequin si les allongements ne sont pas assez fréquents ou assez amples ^[83]. La

périodicité idéale d'un allongement est de 6 à 8 mois, selon l'âge du patient et l'évolution de la déformation.

Enfin, la loi du rendement décroissant « law of diminishing returns » semble s'appliquer à tous les types de montage des tiges de croissance. Sankar ^[84] a trouvé que le gain moyen de la longueur T1-S1 dans le premier allongement est de 1,04 cm, et que ce gain diminuait progressivement avec les allongements successifs. le même auteur dans une autre étude multicentrique publiée en 2011 ^[85], portant sur 38 patients de 05 centres différents opérés par la technique de la double tige de croissance, qui avaient un minimum de 2 ans de suivi et au moins trois procédures d'allongement, confirme que les distractions répétées entraînent toujours une augmentation nette de la distance T1-S1. Cependant, ce gain a tendance à diminuer avec le temps et avec les allongements ultérieurs. Ce phénomène peut être dû à une autofusion de la colonne vertébrale secondaire à une immobilisation prolongée par un montage rigide.

12.3.2.2. Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib

Le « vertical expandable prosthetic titanium Rib » ou le VEPTR[®], est un implant de distraction costale (Figure 33), longitudinal à deux parties télescopiques, et fait d'un alliage en titane. Etant un implant de distraction, les allongements répétés sont nécessaires comme pour les tiges de croissance.

Il a été conçu à l'origine par Robert Campbell, afin de traiter les syndromes d'insuffisances de volume thoracique « TIS » liés aux malformations spondylo-costales comme les hypoplasies thoraciques unilatérales, par absence de côtes ou par synostose, du syndrome de VATER, ou les hypoplasies thoraciques bilatérales des syndromes de Jeune et de Jarcho-Levin ^[86]. Avec le temps le VEPTR a vu progressivement ses indications s'élargir pour inclure toutes les étiologies des EOS progressives (congénitales, neuromusculaires et syndromiques, associées ou non à une fusion costale), toujours dans le but d'éviter ou de minimiser l'exposition directe de la colonne vertébrale.

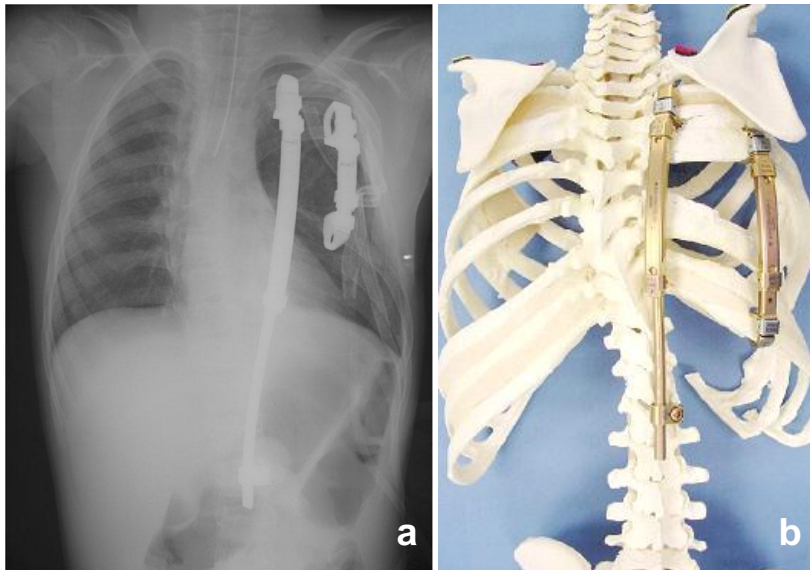


Figure 33 : VEPTR [87]

Rx montrant un montage à deux dispositifs (a), intercostal et costo-vertébral, schématisé sur une maquette (b).

Le VEPTER offre la possibilité d'effectuer différents types de montage, en fonction du diagnostic. Chez les patients présentant une scoliose secondaire à une synostose costale, l'objectif du traitement est d'augmenter au maximum le volume thoracique et de rétablir la symétrie du thorax déformé par une thoracotomie transversale cunéiforme d'ouverture (Figure 34), située du côté de la concavité, soit par une ostéotomie des côtes fusionnées ou par section des muscles intercostaux [87].

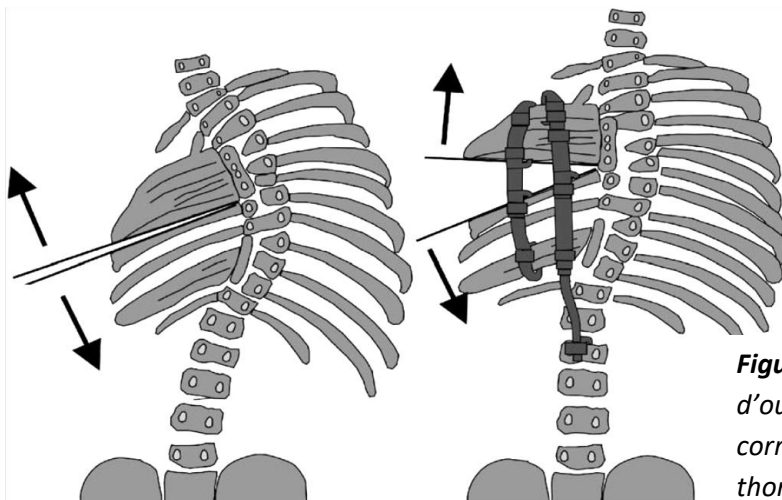


Figure 34 : Thoracotomie transversale d'ouverture dans la concavité et correction de la scoliose par expansion thoracique maintenue par le VEPTER [87].

Le VEPTER est positionné à l'aide d'un système d'ancrage spécifique autour des côtes limites de la malformation pour maintenir ouverte la zone de résection de la synostose et corriger indirectement la scoliose. La stabilisation de la reconstruction

thoracique peut être réalisée par un VEPTR à montage costo-costal, costo-vertébral ou pelvi-costal, qui maintient l'expansion obtenue par la thoracotomie cunéiforme. Les implants doivent être distractés périodiquement tous les 6 mois. Une autre alternative a été décrite, qui consiste à utiliser le VEPTR sans thoracotomie associée, cette option peut être utilisée dans les cas à haut risque de TIS secondaire, comme le cas de la myélordyse, où le TIS se développe en raison de l'effondrement du thorax à l'intérieur de l'abdomen. Dans ce cas la, un montage bilatéral à 02 implants pelvi-costaux (VEPTR en tour Eiffel), permet l'expansion du thorax en utilisant le bassin comme une fondation.

L'étude de Campbell ^[88] portant sur 27 enfants atteints de scoliose congénitale associée à des fusions costales, a objectivé une correction angulaire moyenne passant de 74° à 49°. Le taux de complications était de 193%, la plus fréquente étant la migration proximale asymptomatique de l'implant au niveau des côtes. Par la suite, Hasler ^[89] a examiné des enfants avec EOS non congénitales et a observé une correction de l'angle de Cobb passant de 68° en préopératoire à 54° à la fin de la période de suivi. Le taux de complications était de 100%, représentées principalement par des complications cutanées et par celles liées à l'implant. En comparant le VEPTR à la tige de croissance, Hasler estime que le taux de complications liées au VEPTR était légèrement plus faible, et le contrôle du plan sagittal et de l'obliquité pelvienne aussi bon, mais que la correction de la déformation coronaire était inférieure à la tige de croissance.

Samdani ^[90] a appliqué le VEPTR aux enfants âgés de 10 ans et plus, avec des malformations complexes de la colonne vertébrale, et a obtenu de bons résultats. Il conclue alors que le VEPTR est une alternative raisonnable à une ostéotomie vertébrale, potentiellement risquée pour corriger les déformations et que le taux de complications semble être inversement proportionnel à l'âge des patients. Néanmoins, certains auteurs ont constaté que, malgré la réduction significative de l'angle de Cobb et l'augmentation significative de l'espace disponible pour le poumon, obtenue grâce à l'utilisation du VEPTR, les mesures de la fonction pulmonaire ne montrent pas d'amélioration objective ^[91], alors que d'autres auteurs ont constaté une amélioration de la fonction pulmonaire ^[92].

Sankar ^[78] a mené une étude prospective multicentrique afin d'évaluer le risque neurologique au cours des interventions chirurgicales et de déterminer l'efficacité du monitoring de la moelle épinière, L'auteur a conclu que le neuromonitoring peropératoire a été utile lors de la mise en place du VEPTR, mais qu'il n'était pas nécessaire lors des interventions d'allongement pour les enfants sans antécédents de déficit neurologique lors de la pose.

Hormis le coût élevé du VEPTR, l'utilisation de ce dernier semble être relativement sûre, avec un faible taux de mortalité ^[92,93]. Cependant, comparé aux doubles tiges de croissance, le VEPTR présente un taux plus élevé de complications et une aggravation de la cyphose ^[94].

12.3.2.3. Tige de croissance hybride

Il a été démontré que la procédure de fusion supérieure du thorax au niveau des points de fixation proximale dans les tiges de croissance, a un effet négatif sur la fonction pulmonaire ^[29]. Ainsi, afin d'éviter cette fusion, certains chirurgiens préfèrent les systèmes hybrides dont l'ancrage proximal est situé au niveau des côtes en utilisant des crochets, quant à l'ancrage distal, il peut se situer au niveau vertébral par des vis pédiculaires ou des crochets, ou même au niveau pelvien (Figure 35). Les crochets sont placés sur les côtes à proximité des apophyses transverses, dans l'espace situé entre la colonne vertébrale et l'omoplate ^[95]. L'un des avantages théoriques de ces montages est que la mobilité de l'interface côte-crochet, et celle de l'articulation costo-vertébrale, permet un certain mouvement de la colonne vertébrale, ce qui pourrait réduire le risque d'autofusion.

Dans une étude multicentrique, Skaggs et al ^[96] ont montré que les doubles tiges hybrides de croissance produisent une croissance T1-S1 moyenne de 1,2 cm/an, ce qui est comparable à celle observée avec les doubles tiges de croissance, et supérieure à celle obtenue avec le VEPTR. Dans une étude comparative avec des populations de patients similaires, l'instrumentation hybride présente un taux de complications de 0.86/patient, comparée à 2.3/patient pour les doubles tiges de croissance et à 2.37/patient pour le VEPTR ^[84].

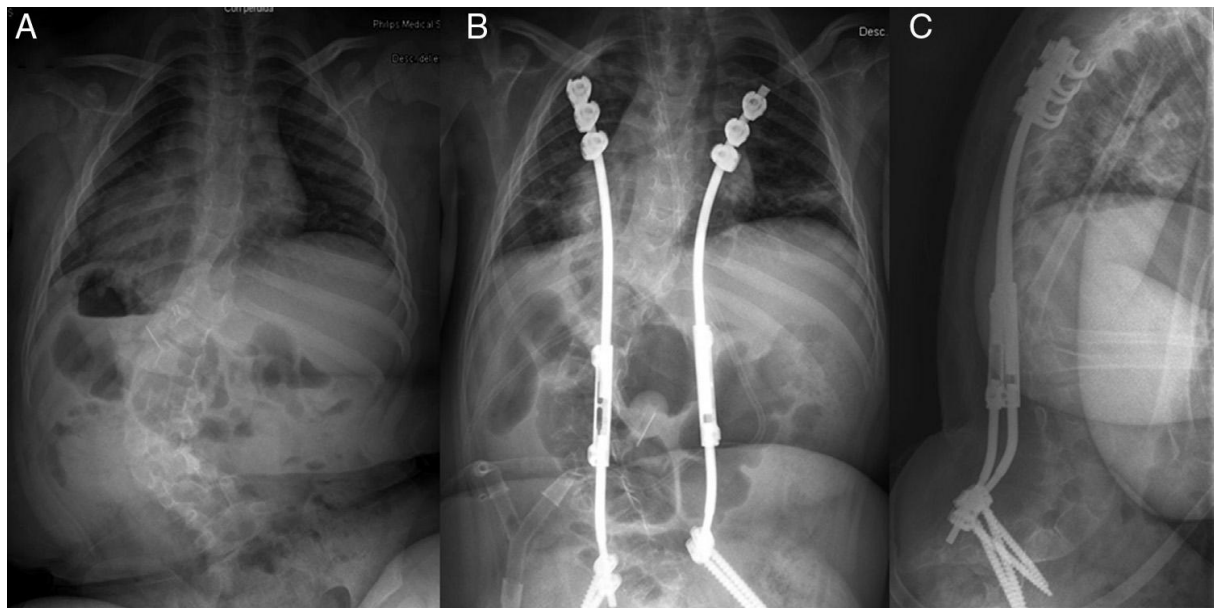


Figure 35 : (A) Radiographie d'une scoliose d'apparition précoce d'origine neuromusculaire chez une fille de 6 ans, avec une courbure thoraco-lombaire gauche de 80°. (B) Distraction par un montage hybride. (C) Le profil sagittal est correctement conservé [96].

12.3.2.4. Tige de croissance électromagnétique

Les tiges électromagnétiques sont comme les tiges de distractions conventionnelles mais munies d'un mécanisme qui permet la distraction de la tige grâce à une télécommande. L'avantage théorique d'un implant rachidien basé sur la distraction, dont les retentions ne nécessitent pas une approche chirurgicale, est la réduction des complications liées à la chirurgie multiple, telles que les infections, les défauts de couverture ; ils peuvent donc être particulièrement intéressants chez les enfants présentant une comorbidité, à cause de laquelle les interventions chirurgicales multiples requises pour la distraction, représentent un risque excessif. En outre, l'application d'une force constante et plus fréquente, suppose une meilleure correction de la déformation et une croissance supérieure.



Figure 36 : scoliose thoraco lombaire droite traitée par tiges magnétiques [98].



Figure 37 : Tiges Magec® [99]

Les résultats préliminaires ^[97-99] étaient très encourageants, car comme les tiges de distraction conventionnelles, il s'agit d'une technique préservant la croissance, efficace et sans danger, associée également à un taux beaucoup plus faible de complications. L'utilisation de deux tiges améliore de manière significative la correction initiale et la croissance rachidienne ^[95].

Le système Magec® (Ellipse Technologies, Inc.), de conception récente, est actuellement en phase d'évaluation (Figures 36,37), jouissant de résultats initiaux plus satisfaisants que le système Phenix® ^[100] qui lui, a souffert de nombreux blocages de son mécanisme interne. Toutefois, le recul est encore faible pour pouvoir juger ce dispositif, qui ne prémunit pas contre le risque d'enraidissement progressif de la colonne vertébrale, car la force de distraction magnétique peut être dépassée par la raideur de la scoliose au bout d'une ou deux années d'utilisation.

Récemment d'autres modèles ont vu le jour et leurs résultats sont très prometteurs.

12.3.2.5. Arthrodèse définitive après tige de croissance

La plupart des auteurs réalisent une fusion rachidienne à la fin du protocole de distraction. Ce geste qui met un terme à la croissance vertébrale, ne doit être envisagé que lorsque la croissance est suffisamment avancée ou que les complications sont trop fréquentes ou trop graves pour poursuivre la technique de distraction.

Cette intervention est difficile du fait de l'enraidissement de la colonne vertébrale et de l'existence de zones d'autofusion du rachis à distance des zones d'ancrage ^[101], pouvant imposer la réalisation d'ostéotomies postérieures.

Flynn et al ^[102] ont récemment rapporté leur expérience sur une série de 99 patients, âgés entre 11 et 13 ans ayant bénéficié d'un programme d'allongement sur une période moyenne de 5 ans. Les constatations peropératoires étaient une exposition difficile, un saignement moyen 3 fois plus abondant qu'une arthrodèse classique, et une fusion spontanée dans 62 % des cas. Les points d'ancrages fusionnés étaient le plus souvent réutilisés en changeant les implants. Le taux de complications neurologiques était de 3 %, avec une évolution favorable dans tous les cas. Du fait de l'enraidissement ou de la fusion complète, le nombre d'implants utilisés était le plus souvent faible et la correction frontale limitée, inférieure à 50 % dans près de 75 % des cas et ce malgré l'utilisation fréquente (24 %) d'ostéotomies. Par ailleurs, ces auteurs ont souligné la difficulté de la correction sagittale sur ces colonnes peu mobiles.

En raison de l'ankylose progressive, certains auteurs retirent les tiges de croissance à la fin du protocole de distraction, sans réaliser d'arthrodèse chez les patients qui présentent un alignement spinal satisfaisant et une hauteur acceptable du tronc ^[103].

12.3.3. Guides de croissance

Il s'agit de dispositifs chirurgicaux qui sont positionnés comme tuteurs le long de la colonne vertébrale pour la redresser. Ils autorisent des mouvements passifs d'allongement afin de grandir progressivement sans interventions chirurgicales, sous l'effet de la croissance.

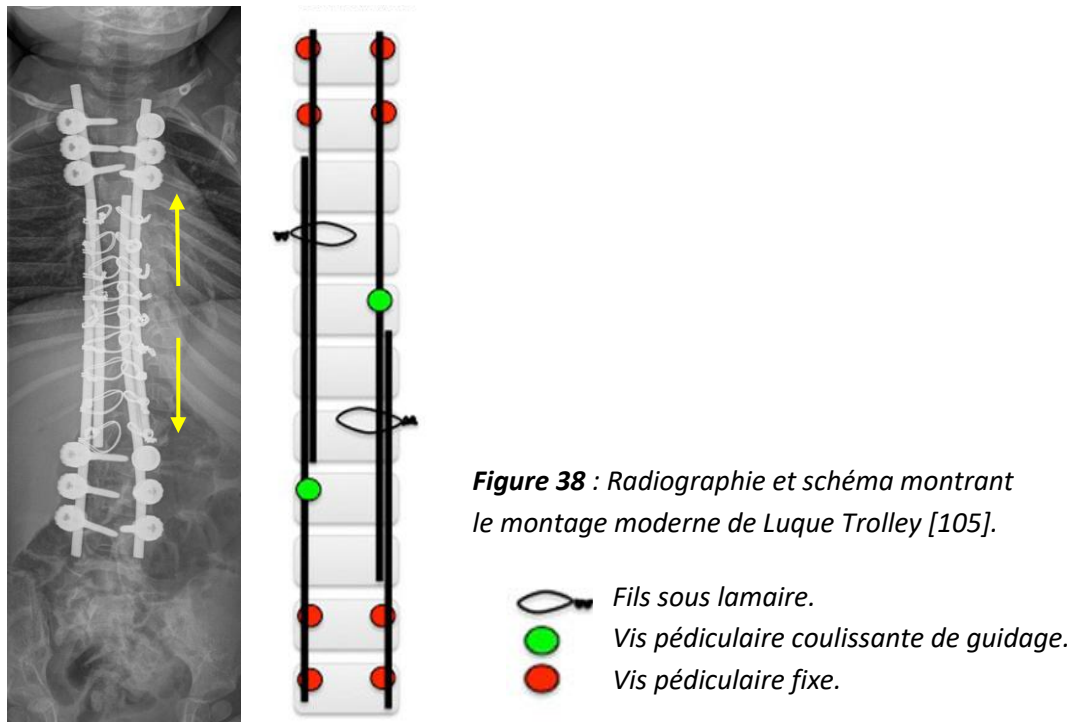
Ces techniques corrigent la déformation rachidienne par la fixation de multiples vertèbres, incluant généralement la vertèbre apicale avec 2 longues tiges. La correction est réalisée par les forces en translation agissant à la fois, au moment de la chirurgie initiale et par la suite grâce à la croissance de la colonne vertébrale guidée par les tiges. Ces méthodes n'emploient pas de points d'ancrage rigides mais des vis coulissantes ou des fils sous lamaires, et par conséquent ne nécessitent pas de distractions répétées.

Comme les autres méthodes de distraction, ces techniques ne peuvent être envisagées que dans les cas de déformations progressives, lorsque le traitement orthopédique a échoué ou est contre-indiqué. Comme elles ne nécessitent pas de multiples distractions, elles semblent être un bon choix chez les enfants présentant une comorbidité médicale importante, évitant ainsi les risques anesthésiques inhérents.

12.3.3.1. Le Luque Trolley

Le Luque Trolley dans sa version basique ^[104], est un montage selon lequel un certain nombre de fils sont placés, après dissection sous-périostée minime, en sous lamaire. Ces fils sont attachés à des tiges classiques, réalisant ainsi une correction primaire de la scoliose au moment de l'intervention chirurgicale. Ce montage permet également à la colonne vertébrale de poursuivre sa croissance longitudinalement grâce au glissement des fils sur les tiges.

Le développement de nouvelles options chirurgicales basées sur la distraction, ainsi que le taux élevé de complications que présentait l'ancienne version du Luque Trolley, a fait que son utilisation est devenue rare. Cependant, le nombre considérable d'interventions chirurgicales d'allongement que requièrent les méthodes de distraction, ainsi que les complications qui y sont associées, a conduit à un nouveau regain d'intérêt au concept de la croissance guidée, et à l'émergence d'une nouvelle version du montage de Luque Trolley ^[105]. Cette technique utilise des ancrages modernes (vis pédiculaires), ainsi qu'un abord chirurgical respectueux des tissus mous. L'insertion des points d'ancrages coulissants est effectuée de façon transmusculaire afin de limiter les risques de fusion spontanée (Figure 38).



Récemment, Mehdian ^[106] a décrit un nouveau montage de Luque trolley qui prend comme assise le pelvis. Ce montage permet une correction segmentaire de la déformation dans les deux plans. Dans cette étude de 16 patients opérés, qui présentent une EOS d'origine neuromusculaire, avec un recul moyen de 3,2 ans, l'auteur rapporte une amélioration substantielle de la courbure, passant d'une valeur moyenne préopératoire de 68,9° à une valeur moyenne de 9,6° en postopératoire, ainsi qu'une réduction de la cyphose qui passe de 62° à 28,5° en moyenne. La croissance moyenne de la colonne était de 1,034 cm/an, correspondant à 79% de la croissance attendue. Parmi les complications observées, on note une infection superficielle et une perte de la fixation distale.

Malgré les résultats assez bons du Luque Trolley, ce montage est peu utilisé, car peu de publications ont été rapportées et ne portant que sur un petit nombre de patients.

12.3.3.2. Le Shilla

Le système de guidage de croissance Shilla, a été développé par Richard Mc Carthy en 2008. La technique consiste à placer deux longues tiges dans des vis pédiculaires sans qu'elles y soient fixées, aux niveaux des deux extrémités, proximale et distale. La croissance est donc possible grâce au glissement de ces vis pédiculaires tout en étant guidées par les tiges. Les 3 ou 4 vertèbres au sommet de la déformation sont fixées par des vis pédiculaires, elles même fixées sur les tiges (Figure 39). Théoriquement, la correction et la stabilisation par arthrodèse du segment apical le plus déformé génère moins de stress sur les points d'ancrage aux extrémités du montage.

Aux deux extrémités du montage, entre 4 et 6 vis pédiculaires coulissantes sont placées. Ces vis sont implantées sous contrôle radioscopique, sans exposition sous-périostée pour réduire le risque d'autofusion au niveau de ces segments. Cette étape peut s'avérer difficile car la mise en place des vis d'ancrage proximal et distal n'est pas guidée par des repères anatomiques. Les tiges sont laissées longues aux extrémités afin de leur permettre de glisser à travers les vis au fur et à mesure que la colonne grandit.

Dans une étude récente, Mc Carthy et Mc Cullough ^[107] ont présenté les résultats d'une étude de 40 patients qui ont bénéficié de cette technique, avec un recul de 5 ans, et ont démontré que le Shilla permet la préservation de la croissance rachidienne tout en contrôlant la déformation et une augmentation de l'espace disponible pour les poumons, tout en nécessitant moins de chirurgie par rapport aux techniques classiques basées sur la distraction. Le taux de complications du Shilla est assez important (73%), ce taux baisse avec l'expérience du chirurgien et la maîtrise de la technique ^[108].

Même si le Shilla semble être particulièrement intéressant pour des scolioses dont la souplesse autorise une réduction suffisante lors de la pose du matériel, cette chirurgie est agressive par l'importance de l'abord, la longueur du temps opératoire (4 h 54 min) et le saignement (425 cc pour McCarthy). Les reprises sont toujours laborieuses à cause de l'importance de la fibrose.

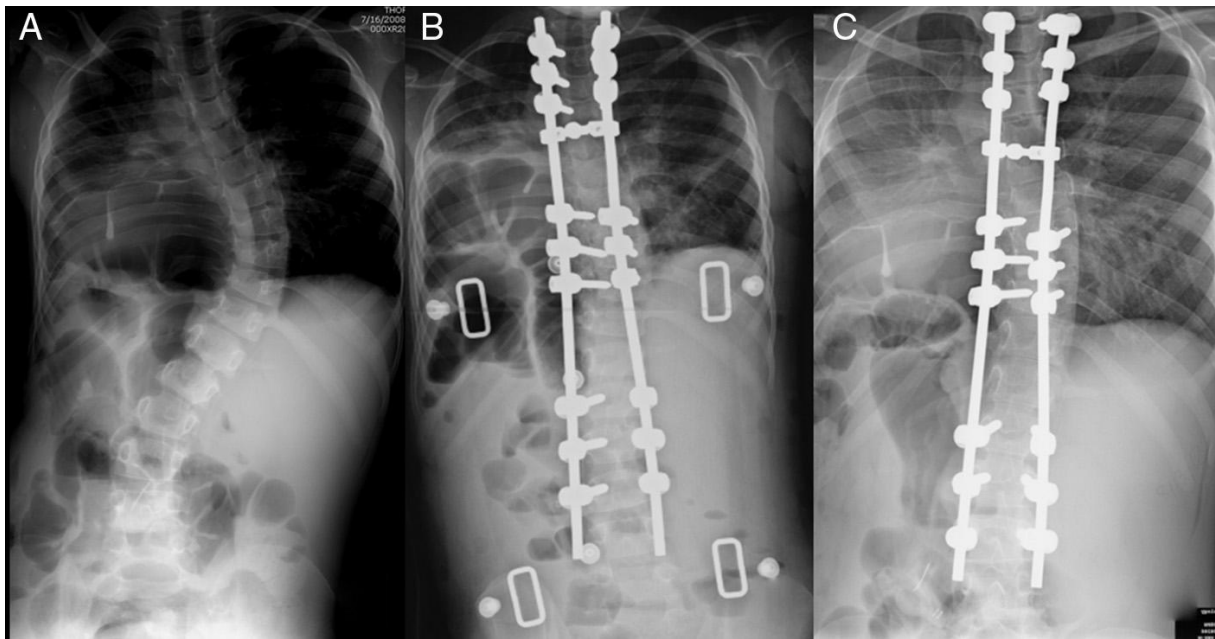


Figure 39 : Scoliose dorsale idiopathique traitée par la technique de Shilla [107].

A-Rx préopératoire.

B-Rx postopératoire après la pose du matériel.

C-Migration des vertèbres limites de la scoliose au fur et à mesure de la croissance grâce au glissement des vis coulissantes sur les tiges.

12.3.4. Techniques chirurgicales basées sur la compression de la convexité

Les systèmes basés sur la compression, corrigent la déformation de la colonne par l'application d'une force de compression sur la convexité de la courbure, ce qui provoque l'inhibition de la croissance dans cette région. Par conséquent, la correction de la scoliose se fait grâce à la croissance de la concavité. Classiquement, l'inhibition de la croissance de la convexité est réalisée par la technique d'hémi-épiphysiodèse à la fois antérieure et postérieure ^[109-111], utilisée principalement pour la scoliose congénitale, mais plus récemment, l'hémi-épiphysiodèse postérieure seule avec des vis pédiculaires ^[112] a suscité beaucoup d'intérêt. D'autres moyens de compression ont aussi été utilisés comme les agrafes à mémoire de forme, et les attaches vertébrales.

12.3.4.1. Hémi-épiphyiodèse de la convexité

L'hémi-épiphyiodèse antérieure consiste à provoquer une fusion apicale au niveau de la convexité, en utilisant le plus souvent une thoracotomie classique comme voie d'abord. Néanmoins la thoracoscopie est de plus en plus pratiquée vu son caractère peu invasif, et ses suites opératoires beaucoup plus simples ^[113].

L'hémi-épiphyiodèse circonférentielle de la convexité est une alternative chirurgicale connue dans le traitement des scolioses congénitales ^[110,111,114]. Cette méthode a l'avantage d'être réalisée en un seul temps ; en revanche, elle a l'inconvénient de nécessiter une double approche (antérieure et postérieure), en plus d'avoir des résultats parfois imprévisibles. L'hémi-épiphyiodèse de la convexité par des vis pédiculaires ^[112] permet d'éviter le temps antérieur ainsi qu'une immobilisation postopératoire. Elle peut être appliquée à partir de l'âge de 15 mois. Elle permet également la correction de la déformation à angle aigu, et la modulation de la croissance qu'elle exerce, peut contribuer ultérieurement à la correction. Actuellement, cette technique est souvent couplée à une autre méthode de distraction.

12.3.4.2. Agrafes antérieures à mémoire de forme

Les agrafes sont positionnées en compression au niveau de la convexité par mini-abord, en pontant le cartilage de croissance pour bloquer de façon réversible la croissance (Figure 40).

Les candidats à cette technique doivent avoir une déformation sensible au traitement par corset. Selon Betz, cette méthode s'adresse aux enfants dont le test de Risser est inférieur ou égale à 1, Les courbures thoraciques et lombaires doivent être inférieures à 45° et flexibles à moins de 20°. La cyphose thoracique ne doit pas dépasser 40° ^[115,116].

Le problème de la perte d'ancrage décrit avec les agrafes vertébrales initiales ^[117], semble avoir été résolu grâce à l'utilisation d'agrafes en Nitinol (alliage de Nickel et de titane). En effet, lorsque ces agrafes sont refroidies, leurs jambes adoptent une

forme rectiligne, mais une fois qu'elles sont dans l'os, réchauffées par la température du corps, elles adoptent une forme en " C " et se stabilisent.



Figure 40 : Scoliose dorsale droite traitée par une technique de compression de la convexité par les agrafes à mémoire de forme [115].

Betz ^[115] a examiné 28 patients avec des courbes entre 20 ° et 45 °, avec un test de Risser de 0 ou 1, opérés en utilisant la technique des agrafes vertébrales en Nitinol. Dans les courbures thoraciques, de ceux qui avaient moins de 35 ° au moment de la pose des agrafes, 78% sont stabilisées ou améliorées. Ce pourcentage d'amélioration baisse à 65% pour les courbures au delà de 35°. La même étude a également rapporté que l'utilisation des agrafes semblait avoir un effet positif sur le profil sagittal des patients présentant une cyphose. Parmi les complications rapportées, on note une rupture d'une hernie diaphragmatique méconnue auparavant, un cas d'hypercorrection de la courbure, une atélectasie pulmonaire et un cas de syndrome de l'artère mésentérique supérieure.

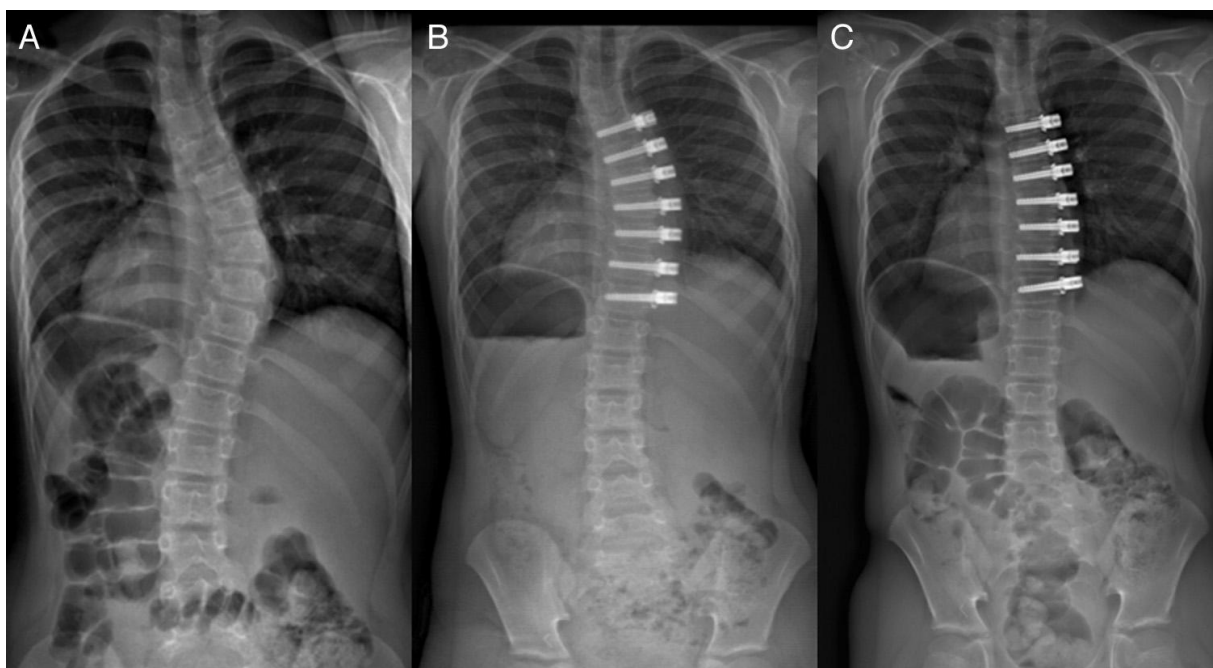
Il semble que ces agrafes soient particulièrement rigides, ce qui fait craindre un enraidissement définitif de la zone instrumentée ^[118] dont l'étendue est étroitement liée à l'efficacité de cette technique.

12.3.4.3. Attache vertébrale antérolatérale

Comme les agrafes, la correction de la courbure se fait par inhibition de la croissance au niveau de la convexité, mais en utilisant un hauban souple entre les points d'ancrage vertébraux. L'attache correspond à un cordon flexible fixé à la partie latérale des différentes vertèbres, typiquement par des vis (Figure 41). Théoriquement, il existe moins de risque de léser les disques intervertébraux par rapport aux dispositifs rigides. Même si le respect des disques a été observé dans les modèles animaux ^[119], la sangle et les agrafes provoquent des changements chimiques, cellulaires et vasculaires au sein des disques et les plateaux vertébraux ^[118], dont les effets ne sont toujours pas bien connus à l'heure actuelle.

Récemment, Braun ^[120] a comparé les agrafes en alliage à mémoire avec l'attache antérolatérale, et a trouvé une meilleure correction initiale et un meilleur contrôle ultérieur de la progression de la courbure avec l'utilisation des attaches.

Figure 41 : (A) radiographie d'un enfant de 10 ans présentant une scoliose idiopathique avec une courbure thoracique droite de 42°. (B) radiographie postopératoire montrant une correction de la courbure à 28°. (C) 18 mois après, la radiographie montre une correction à 14° de la déformation. [120]



13. CONCLUSION

Les scolioses évolutives de l'enfant continuent à poser un sérieux défi pour les chirurgiens de la scoliose, en raison de la nécessité d'agir rapidement. Cette urgence est imposée par le potentiel de morbidité à long terme de cette entité. Le traitement orthopédique garde une place prépondérante dans la prise en charge de ces scolioses. Son usage ne doit pas toujours être considéré comme un échec lorsque l'angle de Cobb continue d'évoluer. Il s'agit encore du traitement qui conserve le meilleur compromis entre tolérance et efficacité. Ces options non chirurgicales, peuvent même être utilisées pour gagner du temps chez les jeunes patients de moins de 5 ans en attendant la chirurgie, si celle-ci est nécessaire.

Les techniques basées sur la distraction à savoir les tiges de croissance et le VEPTR, sont de loin les méthodes les plus utilisées. Elles permettent de préserver la croissance rachidienne, mais nécessitent pour cela des procédures d'allongement multiples et présentent un risque relativement élevé de complications.

Les patients qui ne supporteraient pas des allongements répétés en raison de la comorbidité importante peuvent être candidats à la technique Shilla. La Modulation de la croissance en utilisant des agrafes à mémoire ou des attaches peuvent être utilisées dans les petites courbures des scolioses idiopathiques, même si des travaux supplémentaires sont nécessaires pour définir leurs indications spécifiques.

L'avenir semble se tourner vers des techniques qui ne requièrent pas des interventions multiples, telles que les tiges magnétiques, mais nécessitent pour le moment beaucoup d'améliorations, car leurs complications restent élevées.

La grande hétérogénéité des scolioses, et le faible recul des études actuelles, expliquent la grande part de subjectivité dans les décisions opératoires qui sont peu reproductibles ^[121]. Les années à venir devraient permettre probablement de mieux cerner les indications pour le traitement chirurgical précoce et d'établir des prises en charge consensuelle.

CHAPITRE II : NOTRE ETUDE

1. INTRODUCTION

Le traitement de la scoliose progressive ou sévère chez des enfants au squelette immature est très difficile. Quelle que soit l'étiologie, certaines de ces scolioses évoluent malgré un traitement orthopédique bien conduit vers des déformations d'autant plus importantes qu'elles surviennent à un jeune âge. Les modalités de prise en charge doivent répondre à la nécessité de préserver la fonction pulmonaire, de maintenir la croissance de la colonne vertébrale et du tronc, tout en contrôlant l'alignement spinal.

Chez le jeune enfant, l'arthrodèse vertébrale est une méthode inappropriée ^[52] vu le potentiel de croissance restant qui est assez considérable, ainsi que les effets néfastes de la fusion sur la fonction respiratoire à cet âge ^[54].

Les traitements conservateurs à type d'orthèses et de plâtres ont un rôle important à jouer. Toutefois, ces options ne sont pas toujours efficaces ou appropriées.

Cette contradiction entre la nécessité de corriger la scoliose, et l'impossibilité de réaliser une arthrodèse a conduit à la recherche d'autres alternatives chirurgicales dans le but de stopper la progression de la scoliose et de retarder la fusion rachidienne définitive jusqu'à ce que la croissance vertébrale soit suffisamment avancée.

Actuellement, la chirurgie sans fusion est la méthode la plus courante dans la prise en charge des enfants présentant une scoliose évolutive, qui ne répond pas au traitement orthopédique ^[122-124]. Comme nous avons vu dans le chapitre précédent, plusieurs techniques de distraction sans fusion ont été décrites (tige de croissance unique ou double, tige hybride, Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib, les tiges magnétiques etc.). Cependant, la distraction par tiges de croissance (unique ou double) est devenue la base du traitement de ces patients ^[125,126].

Dans cette étude nous nous intéressons à une technique de distraction par une seule tige appelée « H3S2 », nous décrivons la technique opératoire et les résultats obtenus, tout en les comparant aux autres méthodes chirurgicales de distraction décrites dans la littérature.

2. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

2.1. OBJECTIF PRINCIPAL

Mettre en exergue la place de la chirurgie précoce par tige de distraction, dans le traitement des scolioses évolutives chez l'enfant lorsque le traitement orthopédique est dépassé ou peu efficace, en évaluant l'efficacité de ce montage sur la déformation scoliootique et sur la croissance vertébrale.

2.2. OBJECTIFS SECONDAIRES

- 1- Déterminer les paramètres qui influent sur le résultat.
- 2- Comparer les résultats obtenus ainsi que les complications survenues aux autres types de montage basés sur la distraction.
- 3- Mieux cerner les indications du traitement chirurgical par distraction et les adapter aux conditions parfois défavorables de notre pays.
- 4- Aboutir à des recommandations afin d'améliorer les résultats et réduire le taux de complications.

3. MATERIELS ET METHODES

3.1. Type d'étude

Cette étude descriptive, est à la fois rétrospective et prospective. Entre mai 2007 et octobre 2015, 80 patients atteints de scoliose évolutive ont été opérés par une tige de distraction sans greffe.

Dans la partie rétrospective, nous comptons 50 patients opérés à l'hôpital Saint Vincent De Paul (France), par Dr Lotfi Miladi qui était mon encadreur principal durant mon stage qui a duré 12 mois.

Dans la partie prospective, nous comptons 30 patients, dont 19 opérés à l'hôpital de Douéra, et 11 opérés à l'hôpital de Ain Timouchent.

3.2. Critères d'inclusion

Tous les patients présentant une scoliose ne répondant pas au traitement orthopédique, quelle que soit son étiologie ou son siège, n'ayant pas encore atteint l'âge de l'arthrodèse.

3.3. Critère d'exclusion

- Scolioses chez des enfants de moins de 3 ans.
- Scolioses de l'adolescent avec un test de Risser supérieur ou égal à 2.

3.4. Recrutement des patients

- Centres de rééducation de la région centre (CHU de Douéra, EHS Azur plage, CHU de Benaknoun , EHS de Tixeraine, CHU de Tizi Ouzou).
- Service de pédiatrie Douéra.
- Centres de santé scolaire de la région centre.
- Service de chirurgie infantile, hôpital de Ain Timouchent.
- Hôpital Saint Vincent de Paul (Paris)

3.5. Méthodes

3.5.1. Intervention chirurgicale de pose du matériel

L'intervention chirurgicale utilisée consiste à la mise en place d'une tige en titane, d'un gros calibre (5,5 mm de diamètre), dans la concavité de la courbure scoliothique à travers deux petites voies postérieures. Cette tige est fixée à la colonne vertébrale à deux niveaux, l'ancrage proximal est assuré par 03 crochets, alors que du côté distal 02 vis pédiculaires mono-axiales assurent cette fixation. Ce montage a été décrit par L. Miladi, qui l'a appelé « H3S2 » (3 hooks, 2 screws).

Le choix des sites d'ancrage (proximal et distal) est important. Le chirurgien doit étudier les radiographies initiales de face et de profil de la colonne vertébrale toute entière, en position debout, ainsi que la radiographie de face sous traction, car les sites d'ancrage proximal et distal doivent être choisis de telle sorte que la tige soit aussi verticale que possible, idéalement parallèle à la ligne d'aplomb frontale (Figure 42, a). Dans les scolioses à courbure unique, la position du crochet pédiculaire et de la vis pédiculaire supérieure correspondent généralement aux vertèbres neutres de la courbure scoliothique. La position des crochets proximaux doit également prendre en compte le profil sagittal, et ne doit jamais finir au sommet de la cyphose thoracique (Figure 42, b) au risque de provoquer une cyphose jonctionnelle proximale. Dans les cas de scoliose avec deux courbures structurales, la tige doit traverser la ligne médiane dans la zone de transition entre les deux courbures scoliothiques.

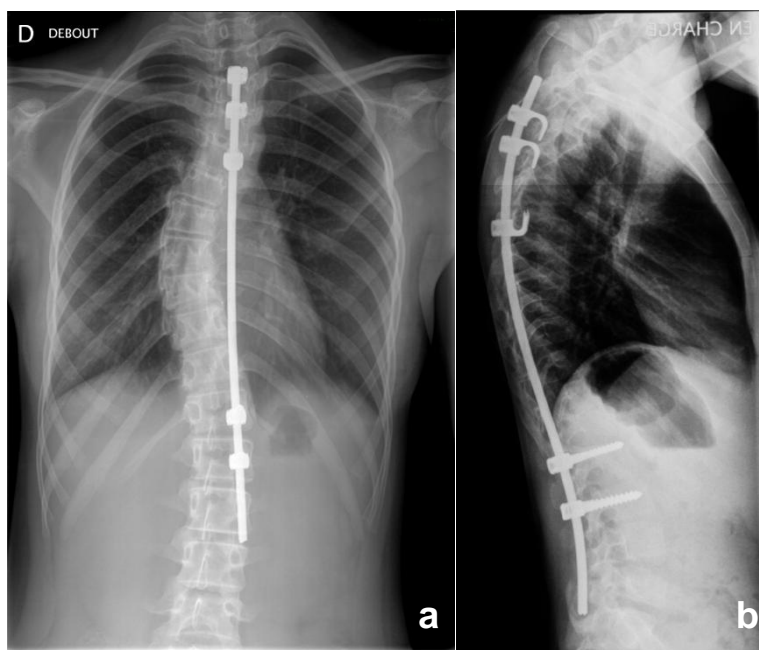


Figure 42 : positionnement idéal de la tige :
 (a)- Rx face : Tige verticale
 (b)- Rx profil : Tige courbée en « S »
 pour recréer les courbures physiologiques.
 [Collection personnelle]

3.5.1.1. Traction préopératoire

Une traction préopératoire a été effectuée chez tous les patients dont l'angle de Cobb de la courbure principale dépassait 60°, ou lorsque la scoliose est jugée rigide. Le but de cette préparation préopératoire est d'assouplir la colonne vertébrale, d'obtenir une correction progressive et graduelle, en cas de déformation scoliothique rigide chez un patient réveillé et ainsi de mettre le matériel dans les meilleures conditions, avec le moins de contraintes possible.

Méthodes de traction : Ce traitement préopératoire dépend de la sévérité et de la rigidité de la courbure. Il a été réalisé par l'une des méthodes suivantes:

- La traction bipolaire au lit du patient : lorsque l'angle de Cobb est supérieur à 60°. Cette traction doit se faire de manière progressive, et le poids total exercé ne doit pas dépasser 50% du poids du corps de l'enfant, la moitié de ce poids est exercé au niveau de la tête, alors que l'autre moitié est répartie équitablement sur les deux membres inférieurs.
- Le plâtre de Stagnara : si l'angle de Cobb est compris entre 80° et 100° sous traction.
- Le fixateur externe halo-pelvien : lorsque l'angle de Cobb est supérieur à 100° sous traction.

3.5.1.2. Positionnement du patient

Le patient est installé en décubitus ventral sur deux billots, thoracique et iliaque. Une traction per-opératoire bipolaire est appliquée pour tous les patients, indépendamment de la sévérité de la scoliose (Figure 43). La surveillance peropératoire de la moelle épinière par neuromonitoring est souhaitable, quand ce matériel est disponible.

Le but de cette traction est de maintenir la correction obtenue par la traction préopératoire, et d'obtenir un équilibre optimal de la colonne vertébrale chez un patient sous anesthésie générale préalablement à l'insertion de la tige de croissance, de sorte que la tige puisse être insérée sans force excessive sur les sites d'ancrage.



Figure 43 : Installation du patient en décubitus ventral sur billots, thoracique et iliaque, sous traction bipolaire [Collection personnelle].

3.5.1.3. Technique chirurgicale

Une fois que le patient est positionné, le repérage des niveaux d'ancrage est effectué grâce à une radiographie de la colonne vertébrale de face. Une courte incision longitudinale postérieure de la peau sur la ligne médiane est réalisée en regard du site d'ancrage distal. La face latérale du muscle para-vertébral est exposée de façon unilatérale du côté de la concavité. Comme pour la voie de Wiltse, une incision longitudinale est faite dans le fascia et le muscle para-spinal, ce dernier est disséqué dans le sens de ses fibres jusqu'aux articulaires postérieures. L'exposition osseuse doit être minimale, afin d'éviter la fusion osseuse, mais suffisante pour pouvoir insérer les vis. A travers cette voie paramédiane, et après la visée pédiculaire des 02 vertèbres à instrumenter, selon le schéma préétabli, deux vis pédiculaires mono-axiales sont insérées (Figure 44).

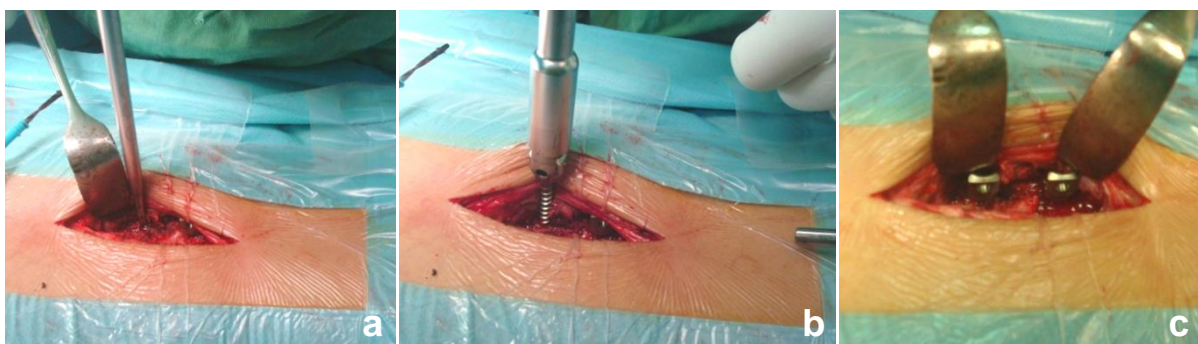


Figure 44 : Ancrage distal [Collection personnelle].

(a) Abord extra-périosté unilatéral du côté de la concavité. Visée pédiculaire des vertèbres choisies pour la fixation distale.

(b) Mise en place des vis pédiculaires monoaxiales sur la même ligne pour faciliter la pose de la tige.

(c) 2 vis pédiculaires en place.

En regard du site d'ancrage proximal, une courte incision cutanée postérieure médiane est réalisée. Les arcs postérieurs des trois vertèbres à instrumenter sont exposés grâce à une dissection musculaire para-spinale unilatérale. Cette dissection est réalisée de façon minimale et extra-périostée tout en préservant le ligament interépineux. Deux crochets supralaminaires et un crochet pédiculaire sont ensuite placés en forme de griffe (Figure 45). L'insertion des crochets supralaminaires est minutieusement effectuée sans ouvrir le canal rachidien, à l'aide du poussoir de crochet, la lame du crochet est insérée à travers le ligament jaune, tout en s'assurant que les deux crochets sont en contact étroit avec la lame. Il faut noter qu'aucune greffe osseuse n'a été utilisée, aussi bien à la partie proximale que distale des sites d'ancrage.

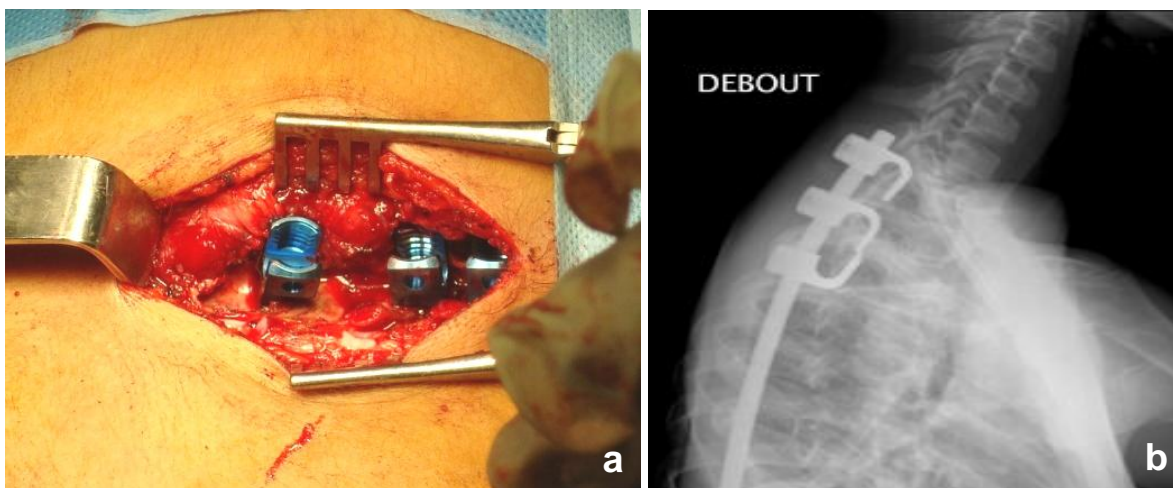


Figure 45 : Ancre proximal [Collection personnelle].

- a. Photo prise après mise en place des 03 crochets proximaux
- b. Rx de profil montrant la prise des crochets, en forme de griffe

La tige est ensuite courbée en « S » pour se rapprocher le plus possible des courbures physiologiques : thoracique et lombaire (Figure 46,47). Elle est laissée volontairement longue de plusieurs centimètres à sa partie distale. Cette partie correspond à la réserve d'allongement, nécessaire pour les futures distractions.

Il est important que la tige soit suffisamment courbée à sa partie proximale pour recréer la cyphose dorsale, diminuer les forces qu'exercent les crochets proximaux sur les lames et diminuer ainsi le risque de désamarrage de crochets. La partie distale de la tige qui servira de réserve d'allongement, est courbée de telle sorte qu'elle épouse la lordose lombaire. Il est préférable qu'elle soit en relative hypolordose pour éviter une proéminence sous-cutanée de la pointe distale de la tige lors des mouvements de flexion du tronc vers l'avant.

La tige est ensuite passée à travers le muscle para-vertébral, en sous aponévrotique, de la partie distale de l'incision à sa partie proximale, avec la concavité de la tige qui regarde vers le haut, jusqu'à ce que l'extrémité distale de la tige se situe dans le muscle paravertébral au niveau de la partie basse de l'incision. Une manœuvre de rotation de 180° de la tige est réalisée de telle manière que la partie thoracique de la tige recrée la cyphose thoracique, et la partie distale de la tige épouse la lordose lombaire. Lorsque la tige est dans le bon plan, nous l'insérons aux trois crochets proximaux et aux deux vis distales sans que leurs bouchons ne soient serrés.

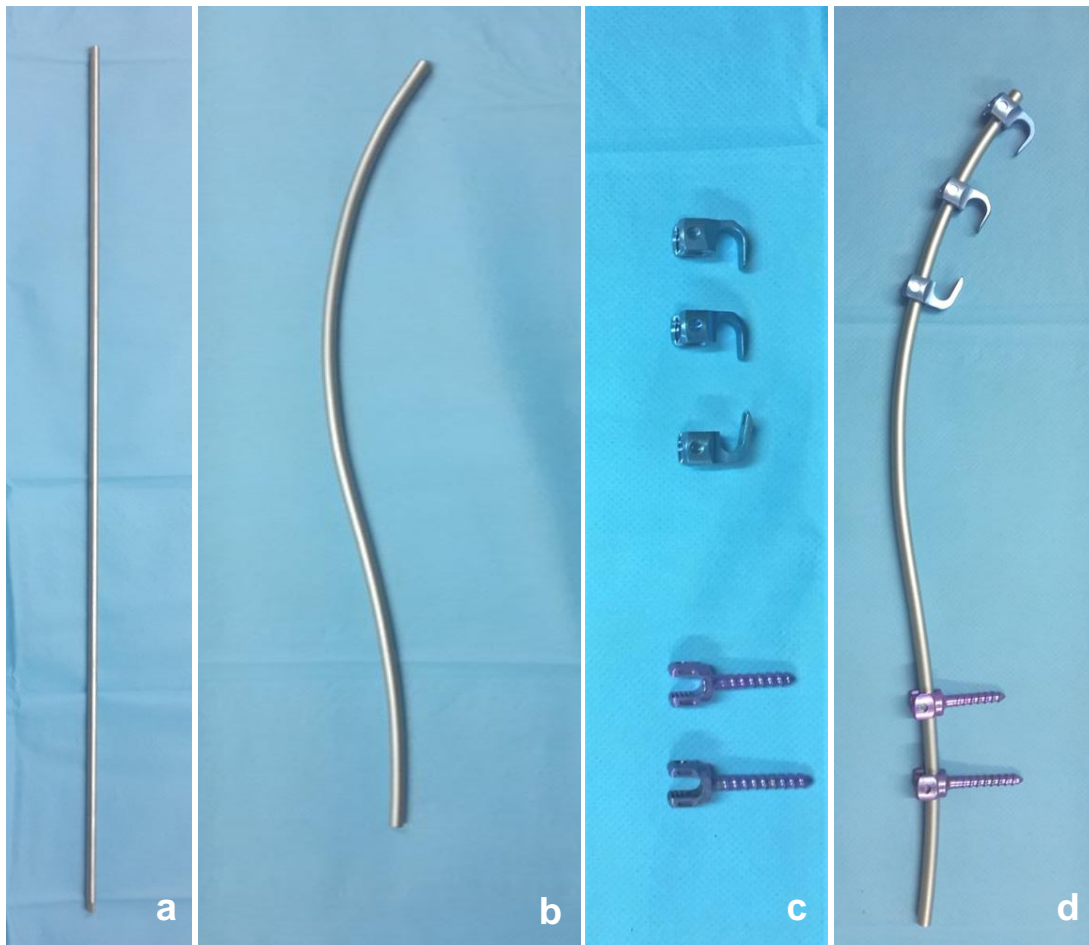


Figure 46 : Montage «H3S2 » [Collection personnelle].

(a) Tige droite en Titane de 5,5 mm de diamètre.

(b) Tige cintrée afin de rétablir les courbures physiologiques.

(c) Implants : vis pédiculaires, crochets pédiculaires et sus lamaires.

(d) Montage « H3S2 » : tige portant 3 crochets destinés à l'ancrage proximal et 2 vis pédiculaires pour l'ancrage distal.

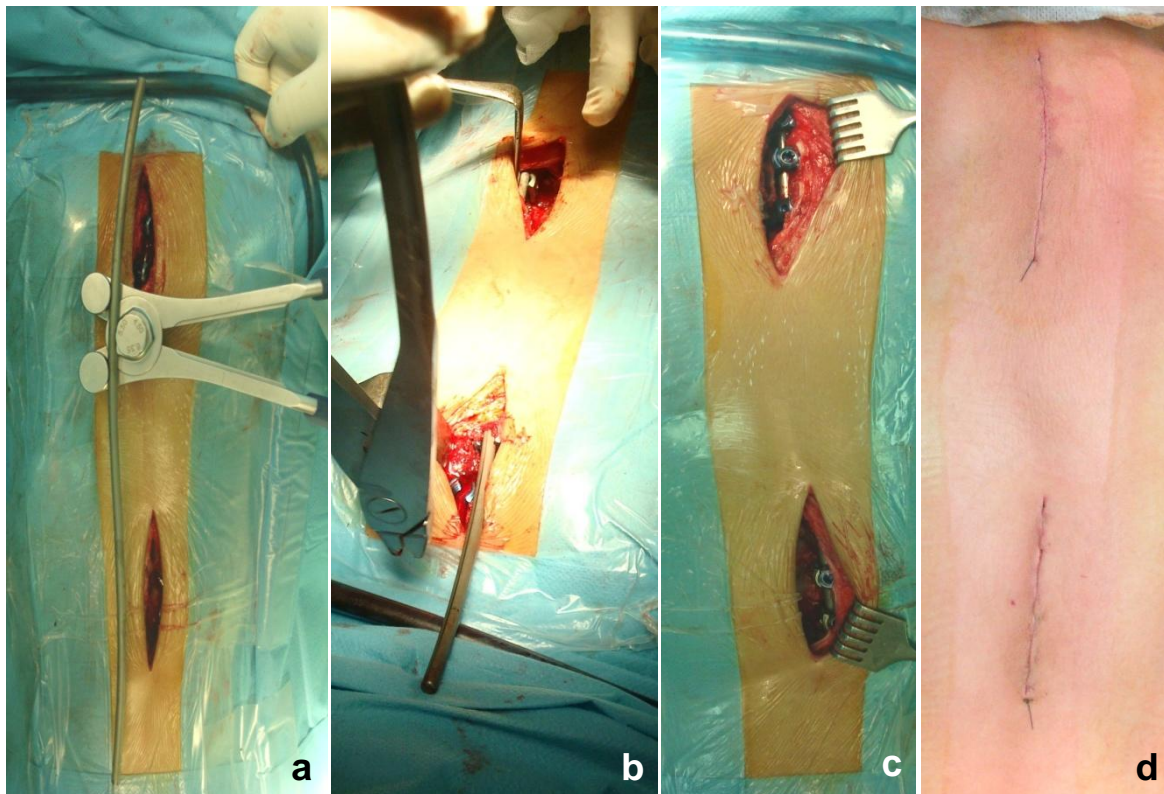


Figure 47 : Différents temps de la pose du montage [Collection personnelle].

- (a) Cintrage de la tige en prenant en compte le profil du dos.
- (b) Mise en place de la tige sous l'aponévrose, concavité vers le haut, de bas en haut, puis rotation de la tige de 180°.
- (c) Insertion de la tige et serrage des bouchons après distraction.
- (d) Fermeture de l'aponévrose et de la peau par surjet intradermique sans drainage.

Une fois que la pose est terminée, une manœuvre de distraction est effectuée. Pour ce faire, le bouchon sur la vis du pédicule proximal est d'abord serré pour bloquer la tige dans le plan sagittal, le crochet pédiculaire est alors verrouillé après avoir appliqué une distraction prudente à ce niveau. Les deux crochets supralaminaires sont verrouillés sans qu'aucune manœuvre de compression ne soit effectuée pour préserver les lames osseuses et pour permettre la croissance future sur ce site d'ancrage. Enfin, la vis pédiculaire distale est verrouillée, tout en appliquant une distraction modérée et douce entre les deux vis pour permettre aussi la croissance future entre ses deux vertèbres.

La fermeture se fait sans drainage en suturant soigneusement le plan aponévrotique, sous cutané et cutané.

3.5.1.4. Les soins postopératoires

Les patients sont autorisés à se mettre debout le premier jour post-opératoire sans corset de protection.

La sortie est possible le 2^{ème} ou 3^{ème} jour.

3.5.2. Gestes associés

En cas de scoliose très évoluée, et si l'angle de Cobb après préparation reste supérieur à 70°, une épiphysiodèse convexe antérieure est réalisée en même temps que le temps postérieur sauf chez des patients préadolescents dont le test de Risser supérieur ou égale à 1, car la croissance vertébrale résiduelle n'est pas suffisante pour s'attendre à une correction de la courbure.

L'épiphysiodèse antérieure se fait à la partie apicale du côté convexe de la courbure scoliootique et nécessite une thoracotomie trans-pleurale, ce qui alourdit et prolonge le temps opératoire, ainsi que la durée d'hospitalisation (Figure 48, 49).



Figure 48 : Installation en décubitus latéral pour thoracotomie. Incision sur la côte située à 2 étages au dessus du sommet de la scoliose [Collection personnelle].

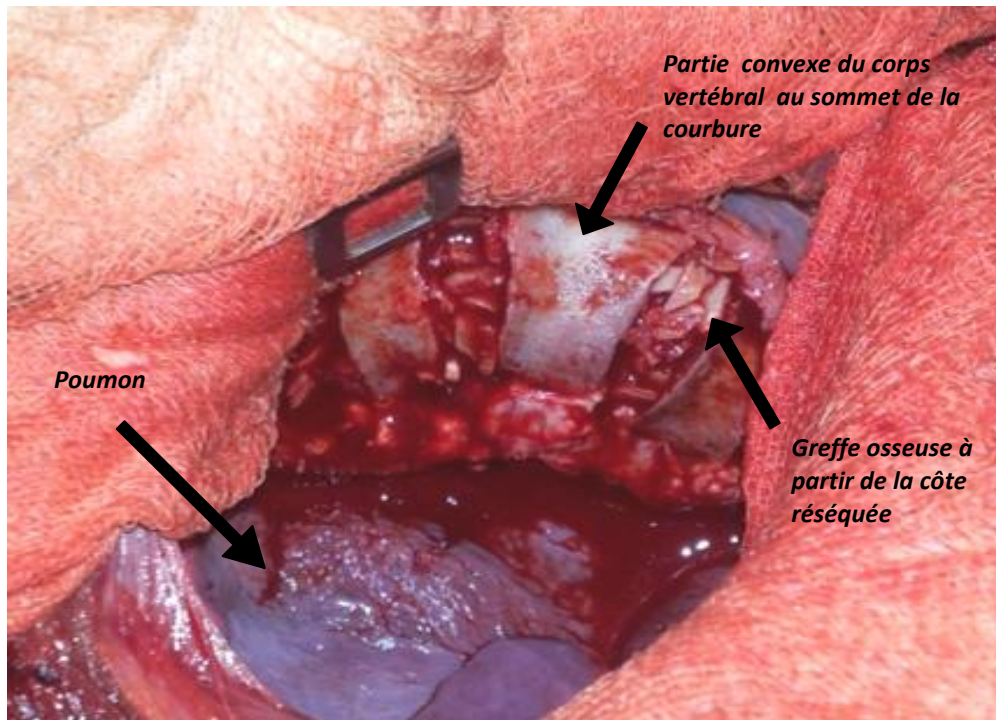


Figure 49 : Thoracotomie pour épiphysiodèse antérieure au sommet de la déformation. La greffe osseuse est réalisée à partir de la côte réséquée après discectomie [Collection personnelle].

3.5.3. Interventions d'allongement

La distraction de la tige est réalisée de façon périodique tous les 6 à 12 mois, afin de suivre la croissance vertébrale de l'enfant. Le moment des procédures d'allongement dépend de la gravité de la courbure et de l'âge du patient, il est effectué quand la perte de correction de l'angle de Cobb est supérieure à 10°. Cette distraction est permise grâce à la réserve de longueur de la tige à sa partie basse.

Ces interventions sont réalisées en prenant les mêmes précautions prises lors de l'intervention de pose initiale. La traction per-opératoire a été réalisée à chaque procédure d'allongement. Une seule incision itérative à la partie distale est utilisée, les têtes des deux vis sont exposées avec la même approche transmusculaire, et un allongement de 1-2 cm est effectué grâce à la pince distractante (Figure 50).

Ces épisodes d'allongement sont réalisés jusqu'à ce que la croissance de la colonne vertébrale soit suffisamment avancée (en moyenne 13 à 15 ans), ce qui correspond à l'âge de l'arthrodèse.

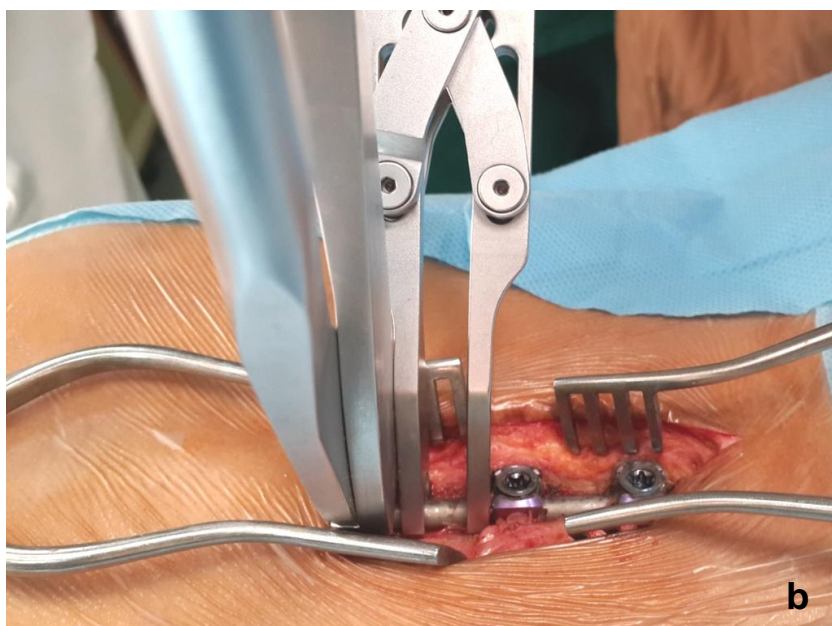


Figure 50 : Allongement :
[Collection personnelle]
(a)- vue axiale
(b)- vue latérale

3.5.4. Les paramètres de suivi et d'évaluation

Les paramètres de suivi ont été recueillis pour chaque patient (Annexe 1):

Les données cliniques collectées sont nombreuses, tels que : l'âge du patient lors de la première chirurgie, le type et l'importance de la courbure scoliothique, le diagnostic étiologique ainsi que toutes les complications survenues au cours du traitement.

Les données chirurgicales recueillies comportent : La date de la chirurgie initiale, les niveaux instrumentés, une éventuelle fusion apicale antérieure associée, et les dates des différentes interventions de distraction.

Concernant l'évaluation radiologique, le bilan radiographique standard comporte, des radiographies du rachis de face et de profil, en position debout, avant et après chaque intervention, qu'elle soit de pose ou d'allongement.

Sur ce bilan radiologique, les 02 principaux critères d'évaluation qui ont été étudiés, sont représentés par le degré de la déformation scoliothique, et la croissance vertébrale. Concernant la déformation scoliothique, elle a été évaluée en mesurant sur les radiographies de face, l'angle de la courbure selon la méthode de Cobb.

Quant à la croissance vertébrale, la hauteur du tronc a été évaluée en prenant comme paramètre : La longueur T1-S1, elle est définie comme étant la distance verticale qui sépare le plateau vertébral supérieur de T1 du plateau vertébral supérieur du sacrum.

La taille T1-S1 a été mesurée à partir de radiographies standards prises avant l'insertion de la tige croissance et sur des radiographies au dernier contrôle. Pour les patients qui ont subi une arthrodèse définitive, la longueur T1-S1 au dernier contrôle a été calculée sur la radiographie précédant la fusion.

La croissance vertébrale T1-S1 = Taille T1-S1 (au dernier recul) – T1-S1 (avant l'insertion de la tige).

La croissance vertébrale annuelle T1-S1 = croissance vertébrale T1-S1 / durée de traitement.

Les courbures sagittales ont été mesurées sur des radiographies de profil selon la méthode de Cobb. La cyphose dorsale a été mesurée en prenant les niveaux T4 et T12 comme repères, la lordose lombaire a été mesurée à partir de L1 à L5.

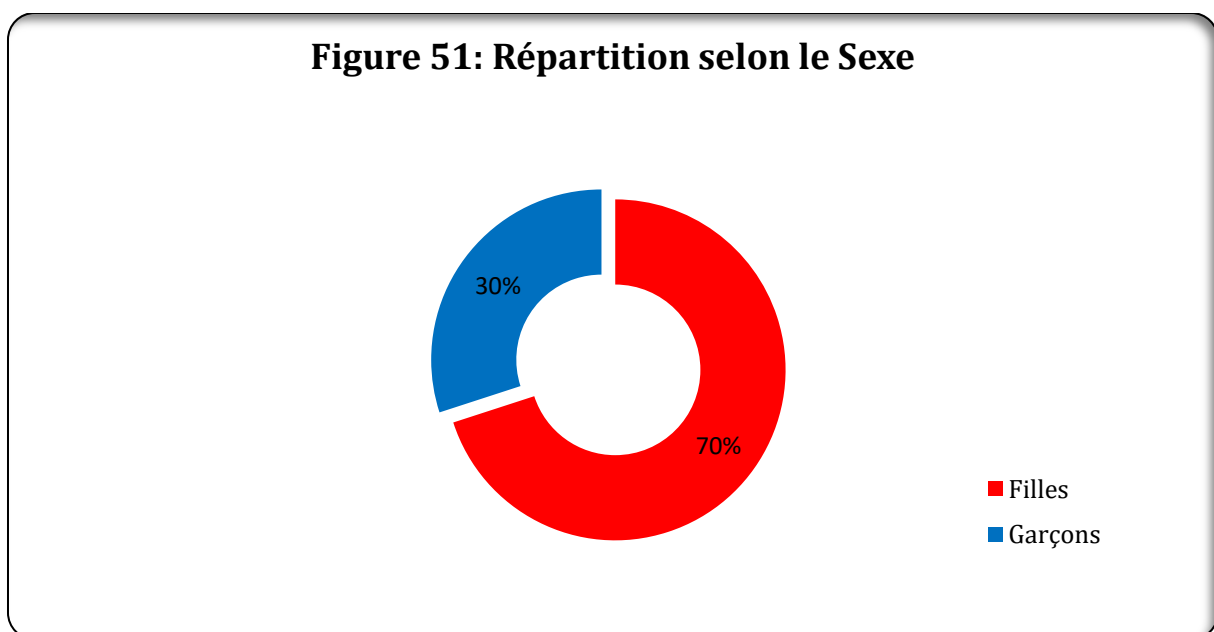
La cyphose jonctionnelle proximale a été mesurée comme étant l'angle entre plateau inférieur de la vertèbre située à deux niveaux au dessous de la vertèbre instrumentée supérieure et le plateau vertébral supérieur de la vertèbre située à deux niveaux au dessus de la vertèbre instrumentée supérieure. On parle de cyphose jonctionnelle lorsque cet angle est supérieur de 10° à celui calculé avant l'intervention chirurgicale ^[127].

CHAPITRE III: RESULTATS

1. Répartition selon le sexe

Quatre vingt scolioses ont été opérées. La répartition des patients selon le sexe montre une nette prédominance féminine, avec 56 filles pour 24 garçons, soit une proportion de 30% pour le sexe masculin contre 70% pour le sexe féminin (Figure 51).

Le sexe ratio est de 0,42.



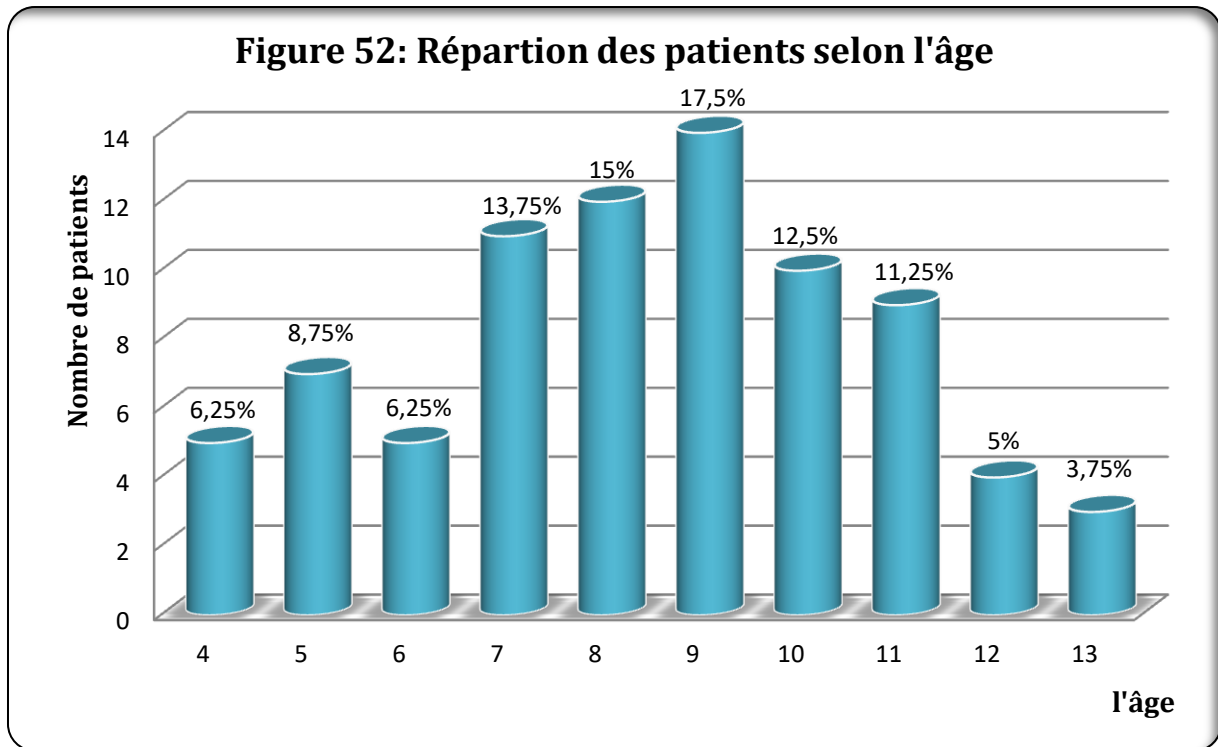
2. Répartition selon l'âge

L'âge moyen au moment de la pose de la tige de distraction était de 08,87 ans avec un écart type de 2,85 ans et des extrêmes [4,3 à 13,6 ans].

La répartition des malades selon l'âge est représentée sur le Figure 52.

Le pic d'âge à laquelle la chirurgie initiale a été pratiquée est de 09 ans. Les enfants de cet âge, représentent 17,5 % du nombre total des patients. Les enfants qui ont

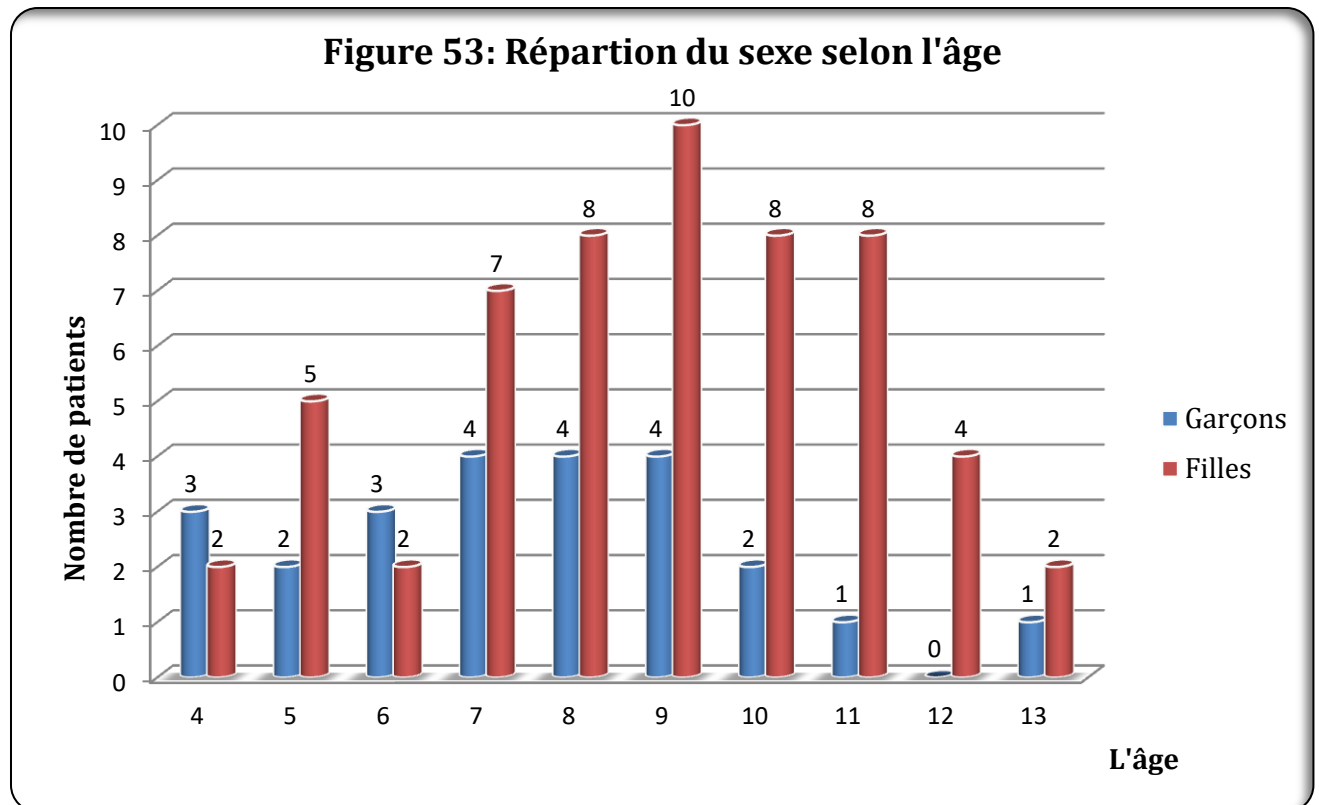
moins de 5 ans représentent 15 % de la série, alors que ceux qui ont plus de 10 ans représentent 20%.



L'âge moyen au moment de la pose chez les garçons était de 8,50 ans \pm 2,89 avec des extrêmes [4,67 - 13,52], alors que celui des filles était de 09,30 ans \pm 2,76 avec des extrêmes [4,34 - 12,51]. Cette différence d'âge est non significative ($p > 0,5$).

3. Répartition du sexe selon l'âge

La répartition du sexe selon l'âge ne montre globalement pas de prédominance d'un sexe par rapport à l'autre avant l'âge de 8 ans, contrairement à la tranche d'âge supérieure ou égale à 8 ans, où la prédominance féminine est très nette, les filles représentent 77,20% alors que les garçons 22,80% (Figure 53).



4. Répartition selon l'étiologie

Sur les 80 patients opérés, l'enquête étiologique retrouve 35 scolioses idiopathiques ce qui représente 43,75 %, et 45 scolioses secondaires correspondant à 56,25 % de l'ensemble des étiologies (Tableau 4).

Dans le groupe des scolioses secondaires, on distingue :

- 17 scolioses malformatives,
- 11 scolioses syndromiques,
- 07 scolioses neurologiques,
- 07 neurofibromatoses de type 1,
- 02 scolioses thoracogéniques,
- 01 scoliose due à une tumeur médullaire.

Les scolioses malformatives sont dominées par les dysplasies spondylo-costales qui sont au nombre de 07 cas. Concernant les scolioses syndromiques, on retrouve deux

syndromes de Vater, un seul syndrome de Gordon, un (01) syndrome de Di Georges, un (01) syndrome d'Ehlers Danlos, un (01) Klippel Feil, un (01) Beals, et (04) syndromes dont l'origine n'a pas pu être étiquetée.

07 cas de Neurofibromatose de type 1 ont été opérés.

Les scolioses neurologiques sont au nombre de 07, dont trois syringomyélies, deux encéphalopathies convulsivantes, une hémorragie cérébrale néonatale, et un syndrome d'Angelman.

Il existe deux cas de scolioses iatrogènes, secondaires à une thoracotomie, la première a été pratiquée pour une extraction d'un corps étranger dans le poumon (vis), et le deuxième pour drainage d'une pleurésie purulente.

Un seul cas de scoliose due à une cause tumorale a été retrouvé dans notre série, il s'agit d'une tumeur médullaire à type d'Astrocytome, opérée à l'âge de 02 ans.

5. Répartition du sexe selon l'étiologie (Tableau 4)

Tableau 4 : Répartition du Sexe selon l'étiologie

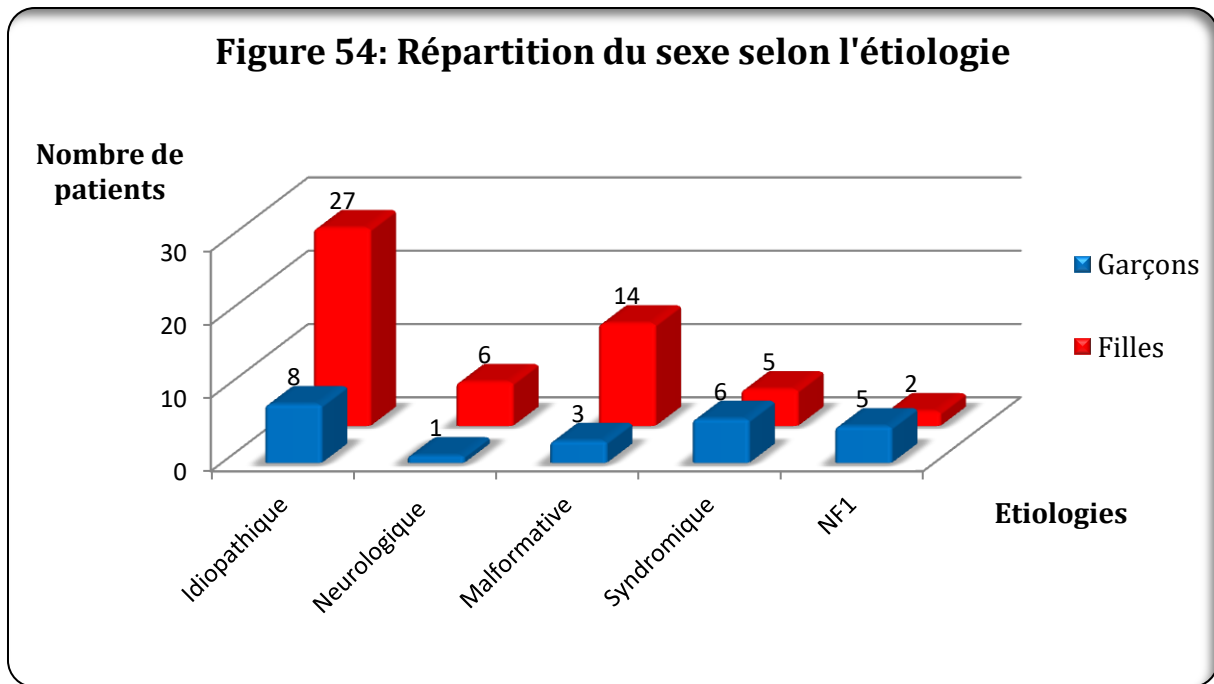
			Sexe du patient		Total
			F	G	
Etiologies	Idiopathique	Effectif	27	8	35
		Pourcentage	77,1%	22,9%	43,8%
	Malformative	Effectif	14	3	17
		Pourcentage	82,4%	17,6%	21,3%
	Syndromique	Effectif	5	6	11
		Pourcentage	45,5%	54,5%	13,8%
	Neurologique	Effectif	6	1	7
		Pourcentage	85,7%	14,3%	8,8%
	Neurofibromatose Type 1	Effectif	2	5	7
		Pourcentage	28,6%	71,4%	8,8%
	Thoracogénique	Effectif	2	0	2
		Pourcentage	100,0%	0,0%	2,5%
	Tumeur Médullaire	Effectif	0	1	1
		Pourcentage	0,0%	100,0%	1,3%
Total	Effectif		56	24	80
	Pourcentage		70,0%	30,0%	100%

La répartition du sexe selon l'étiologie (Figure 54), montre que pour les scolioses idiopathiques et malformatives, le sexe féminin prédomine nettement, ce dernier est estimé à 77,14% et 82,4% respectivement. Cette prédominance féminine est constatée même dans les scolioses neurologiques car sur les 07 enfants, on retrouve 06 filles.

Concernant les scolioses dues à une neurofibromatose de type 1, nous constatons une prédominance masculine (05 garçons pour 02 filles), alors que dans les scolioses syndromiques aucune prédominance significative n'a été constatée, car sur les 11 patients, il y avait 06 garçons et 05 filles, la répartition de ces différents syndromes selon le sexe est représentée sur le tableau 5.

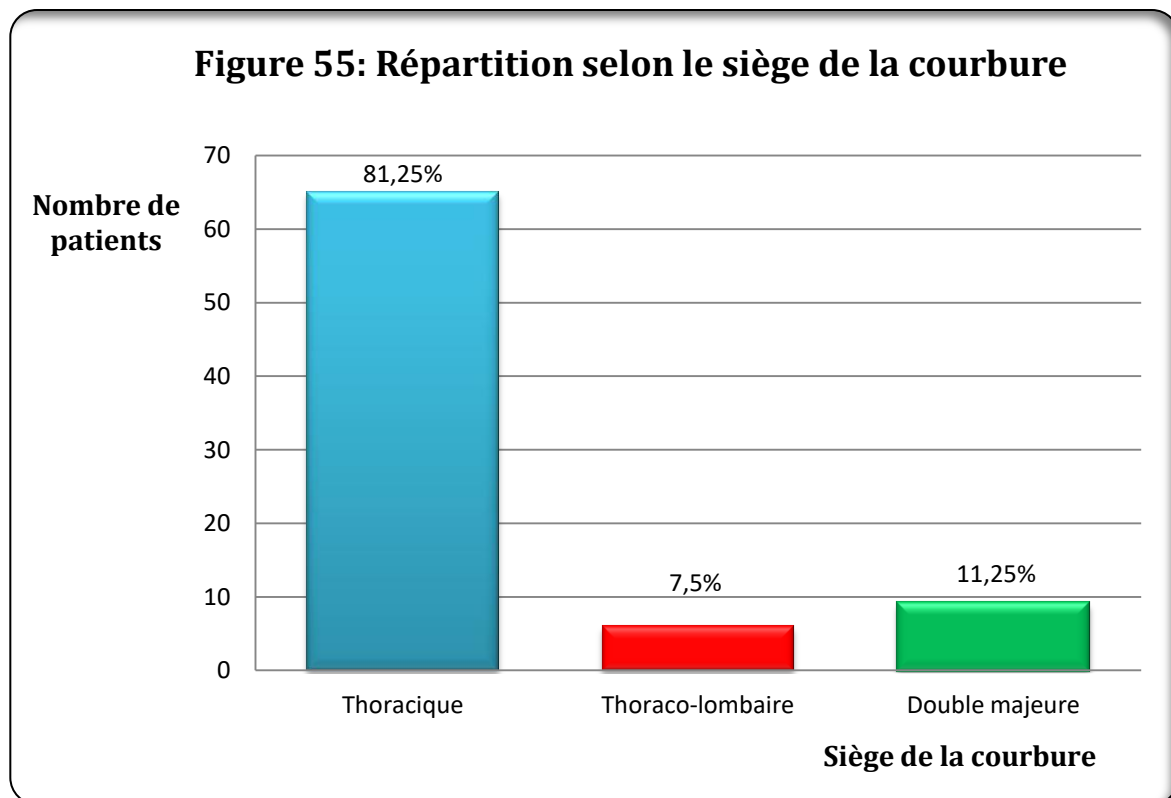
Tableau 5 : Répartition des scolioses syndromiques selon le sexe

Les différents syndromes	Nombre et sexe des patients
Syndrome de Vater	(2) Garçons
Syndrome de Gordon	(1) Fille
Syndrome de Di Georges	(1) Fille
Syndrome d' Ehlers danlos	(1) Fille
Syndrome de Beals	(1) Fille
Syndrome de Klippel Feil	(1) Garçon
Syndromes non étiquetés	(3) Garçons + (1) Fille
Total	11 patients



6. Répartition selon le siège de la courbure

La répartition selon le siège de la courbure (Figure 55) a montré une prédominance nette des courbures thoraciques, avec 65 cas (81 %), dont 61 sont des courbures thoraciques uniques et 04 sont des doubles courbures thoraciques. Il existe 06 scolioses à courbure unique de siège thoraco-lombaire, et 09 scolioses doubles majeures.



7. Répartition du côté de la courbure selon son siège

Après avoir classé les courbures selon le siège, nous avons déterminé le côté de la courbure pour chaque type de scoliose selon le siège (Tableau 6), ainsi nous avons trouvé que le coté droit représente 69,2 % des scolioses thoraciques et 61,3% de l'ensemble de la série. Cette prédominance du côté droit par rapport au côté gauche est également constatée dans la catégorie des scolioses thoraco-lombaires, dont ils représentent 66,7%, alors que le côté gauche ne représente que 33 %.

Quant à la catégorie des scolioses doubles majeures (Tableau 7), la prédominance des courbures « thoracique droite – Lombaire gauche » est franche, puisqu'elles représentent 89 % des cas, alors que les courbures « thoracique gauche – Lombaire droite » ne représentent que 11 %.

Tableau 6 : Répartition des scolioses thoraciques et thoraco-lombaires selon le côté de la courbure

Siège de la courbure			Côté de la courbure			Total
			Droite	Gauche	Double	
Siège de la courbure	Thoracique	Effectif	45	17	3	65
		%	69,2%	26,2%	4,6%	100%
	Thoraco-lombaire	Effectif	4	2	0	6
		%	66,7%	33,3%	0%	100%
Total		Effectif	49	19	3	71
		%	69%	26,8%	4,2%	100,0%

Tableau 7 : Répartition des scolioses doubles majeure selon le côté des courbures

Siège de la courbure			Côté de la courbure		Total
			Thoracique Droite Lombaire Gauche	Thoracique Gauche Lombaire Droite	
Double majeure	Effectif	8	1	9	
	Pourcentage	88,9%	11,1%	100%	

8. Intervention de pose de la tige « H3S2 »

8.1. Traction préopératoire

Une préparation par traction préopératoire a été réalisée chez 47 enfants, ce qui représente 59% des cas. La traction au lit a été effectuée chez 38 patients, c'est la méthode la plus utilisée. Le plâtre d'élongation a été réalisé chez 7 patients alors que le halo pelvien n'a été placé que chez 2 enfants (Tableau 8).

Tableau 8 : Répartition des patients selon le type de traction réalisée

	Sans traction	Traction préopératoire			Total
		Au lit	Plâtre d'élongation	Halo pelvien	
Nombre de patients	33	38	7	2	80
Pourcentage	41,25	47,5%	8,75%	2,25%	100%

8.2. Durée d'intervention

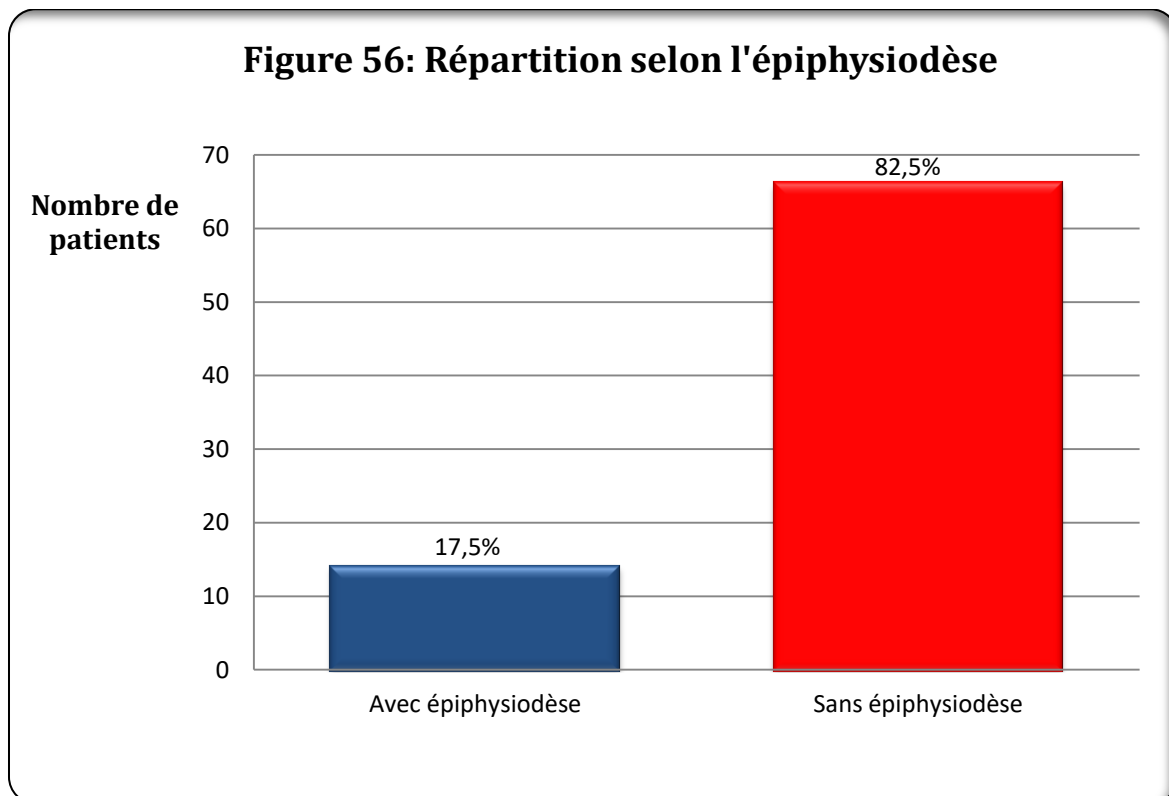
La Durée moyenne d'intervention chirurgicale initiale de pose est de 85 minutes avec des extrêmes allant de [80- 120 mn].

8.3. Durée d'hospitalisation

La durée moyenne d'hospitalisation pour une intervention de pose est de 5 jours avec des extrêmes [3- 6 jours].

9. Epiphysiodèse convexe

Le nombre de patients chez qui nous avons réalisé une épiphysiodèse convexe apicale est de 14 enfants, ce qui représente 17,5 % des cas (Figure 56). Ces épiphysiodèses ont toutes été réalisées en même temps que la pose de la tige de distraction.



La répartition de ces 14 malades ayant subi une épiphysiodèse en fonction de l'étiologie (Tableau 9), montre que ce geste a été réalisé plus sur des malades ayant des scolioses secondaires (11 cas) que pour ceux présentant une scoliose idiopathique (3 cas), ils représentent 78,6% et 21,4% respectivement.

Le nombre d'étages fusionnés moyen est de 03, avec des extrêmes allant de [02 à 05] étages.

Tableau 9 : Epiphysiodèse convexe en fonction de l'étiologie

			Epiphysiodèse convexe		Total
			Non	Oui	
Etiologies	Idiopathique	Effectif	32	3	35
		% dans Epiphysiodèse	48,5%	21,4%	43,8%
		% du total	40,0%	3,8%	43,8%
	Malformative	Effectif	15	2	17
		% dans Epiphysiodèse	22,7%	14,3%	21,3%
		% du total	18,8%	2,5%	21,3%
	Syndromique	Effectif	8	3	11
		% dans Epiphysiodèse	12,1%	21,4%	13,8%
		% du total	10,0%	3,8%	13,8%
	Neurologique	Effectif	5	2	7
		% dans Epiphysiodèse	7,6%	14,3%	8,8%
		% du total	6,3%	2,5%	8,8%
	Neurofibromatose Type 1	Effectif	3	4	7
		% dans Epiphysiodèse	4,5%	28,6%	8,8%
		% du total	3,8%	5,0%	8,8%
	Thoracogénique	Effectif	2	0	2
		% dans Epiphysiodèse	3,0%	0,0%	2,5%
		% du total	2,5%	0,0%	2,5%
	Tumeur Médullaire	Effectif	1	0	1
		% dans Epiphysiodèse	1,5%	0,0%	1,3%
		% du total	1,3%	0,0%	1,3%
Total		Effectif	66	14	80
		% dans Epiphysiodèse	100,0%	100,0%	100,0%
		% du total	82,5%	17,5%	100,0%

10. Cyphose thoracique

Concernant le profil sagittal de la colonne dorsal, nous avons scindé nos patients en 3 groupes en fonction de la cyphose thoracique initiale (Tableau 10), ainsi nous distinguons :

a) Groupe 1 (hypo-cyphose) : (22 patients), la cyphose thoracique mesure entre $[0^{\circ}-24^{\circ}]$.

La cyphose thoracique initiale moyenne est de $14^{\circ} \pm 5^{\circ}$ avec des extrêmes $[0^{\circ}-21^{\circ}]$, et $23^{\circ} \pm 6^{\circ}$ au dernier recul, ce qui signifie une amélioration de 64%. La différence est significative, $p = 0,01$.

b) Groupe 2 (cyphose thoracique normale) : (34 patients), la cyphose thoracique mesure entre $[25^{\circ}-50^{\circ}]$.

La cyphose thoracique initiale moyenne est de $30^{\circ} \pm 6^{\circ}$, et $29^{\circ} \pm 7^{\circ}$ au dernier recul. La différence est non significative, $p > 0,05$.

c) Groupe 3 (hyper-cyphose) : (24 patients), la cyphose thoracique est supérieure à 50° .

La cyphose thoracique initiale moyenne est de $81^{\circ} \pm 13^{\circ}$ avec des extrêmes $[65^{\circ}-110^{\circ}]$, et $55^{\circ} \pm 13^{\circ}$ avec des extrêmes $[39^{\circ}-81^{\circ}]$ au dernier recul, ce qui signifie une amélioration de 32%. La différence est significative, $p = 0,02$.

Tableau 10 : Correction du profil sagittal

	Cyphose préopératoire (°)	Cyphose postopératoire (°)	Amélioration (%)	P
Groupe 1 (22)	14	23	64%	$p < 0,05$
Groupe 2 (34)	30	29	3%	p (NS)
Groupe 3 (24)	81	55	32%	$P < 0,05$

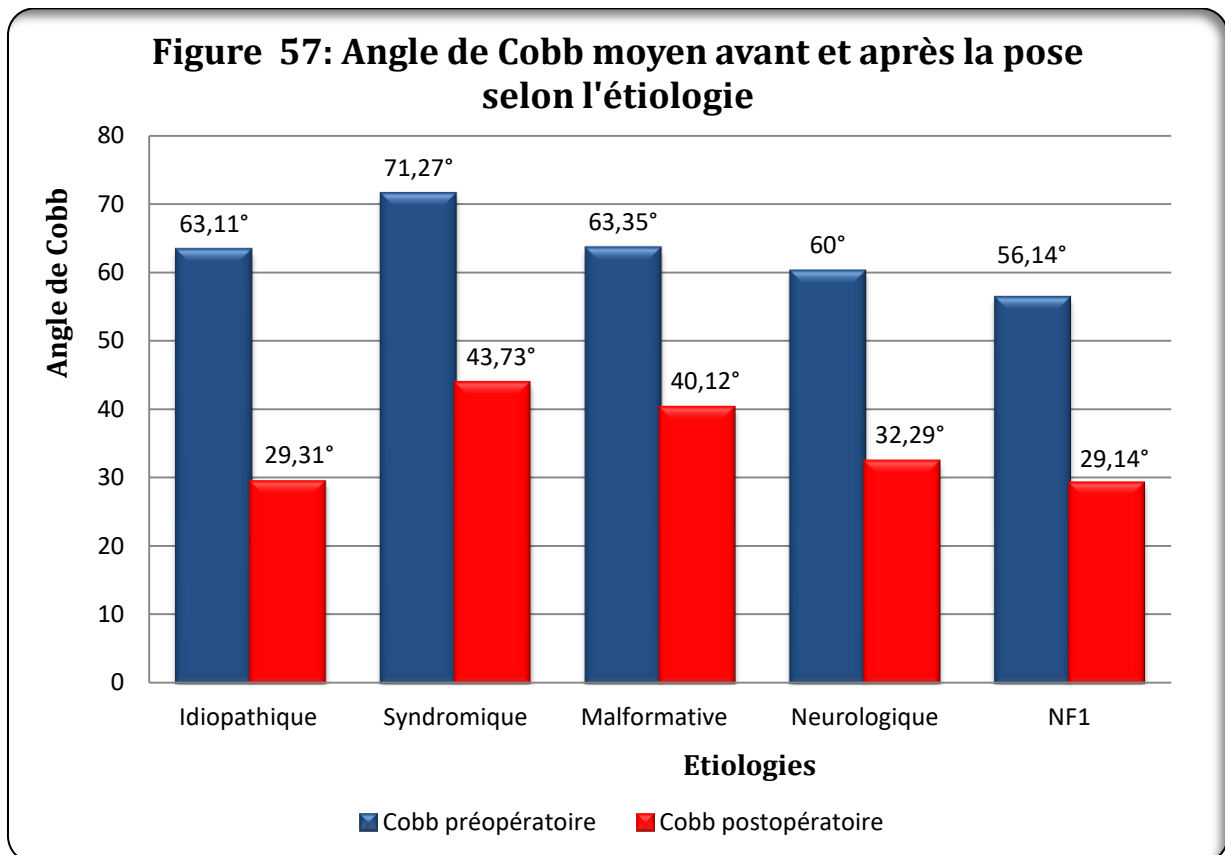
11. Angle de Cobb initial

L'angle de Cobb moyen en préopératoire était de $63,45^\circ \pm 24,71^\circ$ avec des extrêmes [32° - 135°].

L'angle de Cobb moyen avant la pose de la tige a été calculé pour chaque type de scoliose selon l'étiologie (Figure 57). Ainsi, il a été noté que cet angle, dans les déformations syndromiques est le plus élevé, il est de $71,27^\circ \pm 31,51^\circ$ avec des extrêmes allant de [38° à 127°].

Cet angle est de $63,11^\circ \pm 24^\circ$ dans les scoliose idiopathiques avec des extrêmes [42° - 115°], donc inférieur à celui des scoliose syndromiques mais presque identique à celui des scoliose neurologiques et malformatives, qui sont de $60^\circ \pm 36,19^\circ$ et $63,35^\circ \pm 25,49^\circ$ respectivement.

Les scoliose dues à une neurofibromatose ont l'angle de Cobb le moins élevé avec $56,14^\circ \pm 19,93^\circ$ et des extrêmes [35° - 85°].



12. Angle de Cobb après la pose de la tige

L'angle de Cobb moyen après la pose de la tige est de $33,89^\circ \pm 15,27^\circ$ avec des extrêmes $[5^\circ-77^\circ]$, ce qui signifie un gain de $29,56^\circ$ et correspondant à une amélioration de 46,58% en moyenne.

L'amélioration est significative, $P < 0,0001$.

L'angle de Cobb moyen après la pose, ainsi que le gain exprimé en degrés et en pourcentage ont été calculés pour chaque type de scoliose selon l'étiologie (Tableau 11).

Sur ce tableau on note que le meilleur gain a été obtenu dans les scolioses idiopathiques, qui a atteint 53,55 %, suivis par les scolioses sur neurofibromatose avec 48,09 %, puis les neurologiques avec 46,18%, alors que les scolioses malformatives et syndromiques enregistrent le taux d'amélioration le plus bas de la série avec 36,66 % et 38,64 % respectivement.

Tableau 11 : Gain après la pose en fonction de l'étiologie

		Cobb Initial moyen	Cobb moyen après la pose	Gain en degrés	Gain en pourcentage
Etiologies	Idiopathique	63,11°	29,31°	33,8°	53,55 %
	Malformative	63,35°	40,12°	23,23°	36,66 %
	Syndromique	71,27°	43,73°	27,54°	38,64 %
	Neurologique	60°	32,29°	27,71°	46,18 %
	Neurofibromatose	56,14°	29,14°	27°	48,09 %
	Autres	64,33°	30,67°	33,66°	52,32 %
Total		63,45°	33,89°	29,56°	46,58 %

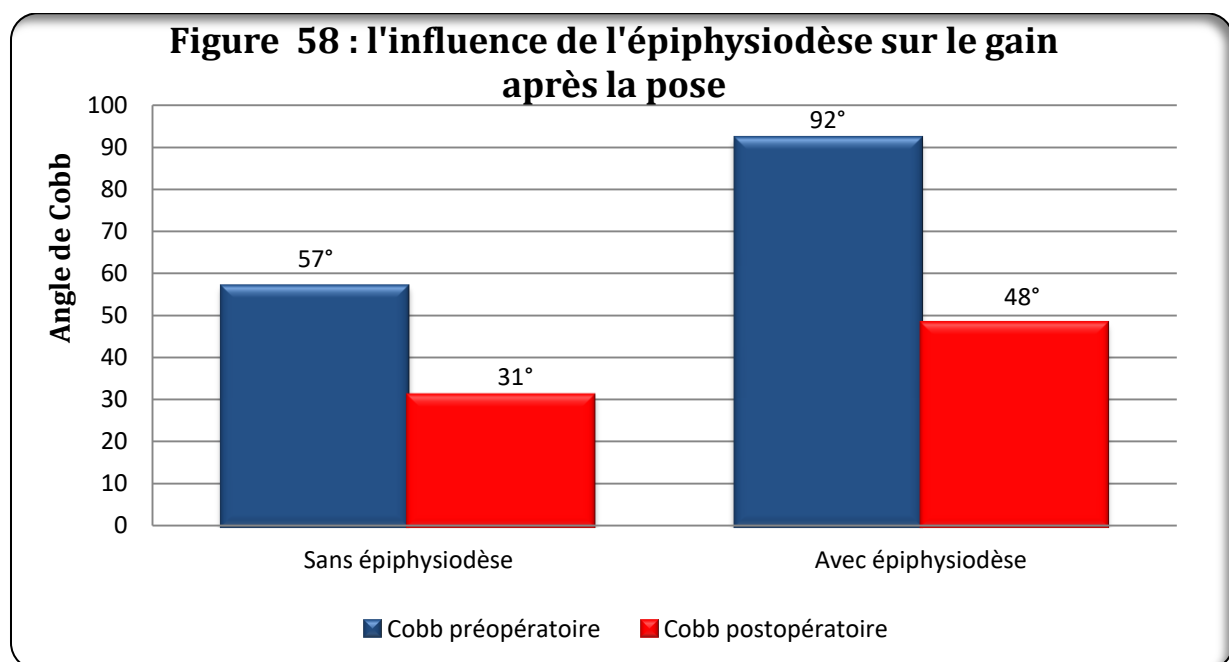
13. L'influence de l'épiphyiodèse sur le gain après la pose de la tige (Figure 58)

Après la pose de la tige, le gain moyen en degrés dans le groupe des enfants ayant subi une épiphysiodèse convexe est largement supérieur à celui du groupe d'enfants ne l'ayant pas subie, 44,19° versus 26,45°. (Tableau 12)

Cependant le gain exprimé en pourcentage, qui est calculé par rapport à l'angle de Cobb initial moyen pour chaque groupe, retrouve que ce gain dans le groupe des patients ayant subi une épiphysiodèse est légèrement au dessus du groupe de patients ne l'ayant pas subie (48 % versus 46 %). Cette différence est non significative, car le test p des échantillons non appariés est supérieur à 0,05.

Tableau 12 : Influence de l'épiphyiodèse sur le gain après la pose

	Cobb initial moyen	Cobb moyen après la pose	Gain moyen en degrés	Gain en pourcentage
Avec épiphysiodèse (14)	91,86°±28,84	47,67°±16,21	44,19°	48,10 %
Sans épiphysiodèse (66)	57,42°±19,11	30,97°±13,47	26,45°	46,06 %



14. Allongements de tige

14.1. Nombre d'allongements

207 distractions de tige ont été réalisées dans notre série, les malades sont répartis selon le nombre de distractions effectuées (Tableau 13). Le nombre d'allongements moyen par malade est de 2,6 avec des extrêmes [0 - 6 fois].

Sur les 80 patients, il n'existe qu'un seul malade qui n'a pas encore subi de distraction, 57 patients (71,25%) ont eu au moins deux distractions, et 34 patients (42,5%) en ont eu au moins trois distractions.

Tableau 13 : Répartition des patients selon le nombre d'allongements effectués

Nombre d'allongements par patient	0	1	2	3	4	5	6
Nombre de malades	1	22	23	12	10	9	3
En (%)	1,3%	27,5%	28,8%	15%	12,5%	11,3%	3,8%
Nombre d'allongements	0	22	46	36	40	45	18

14.2. Délais entre les allongements

La tige de distraction a été allongée de façon périodique, avec un intervalle moyen de 8,9 mois et des extrêmes [6-12 mois], la répartition de ces allongements en fonction du délai est détaillée sur le tableau 14.

Tableau 14 : Répartition des distractions selon le délai entre les allongements

Délai entre allongements	6 mois	7 mois	8 mois	9 mois	10 mois	11 mois	12 mois
Nombre d'allongements	25	39	35	31	24	22	31
Allongements en %	12,07%	18,84%	16,90%	14,97%	11,59%	10,62%	14,97%

14.3. Durée d'hospitalisation pour un allongement

La durée moyenne d'hospitalisation pour une intervention d'allongement est de 3 jours avec des extrêmes [2- 5 jours].

14.4. Influence de l'allongement sur l'angle de Cobb

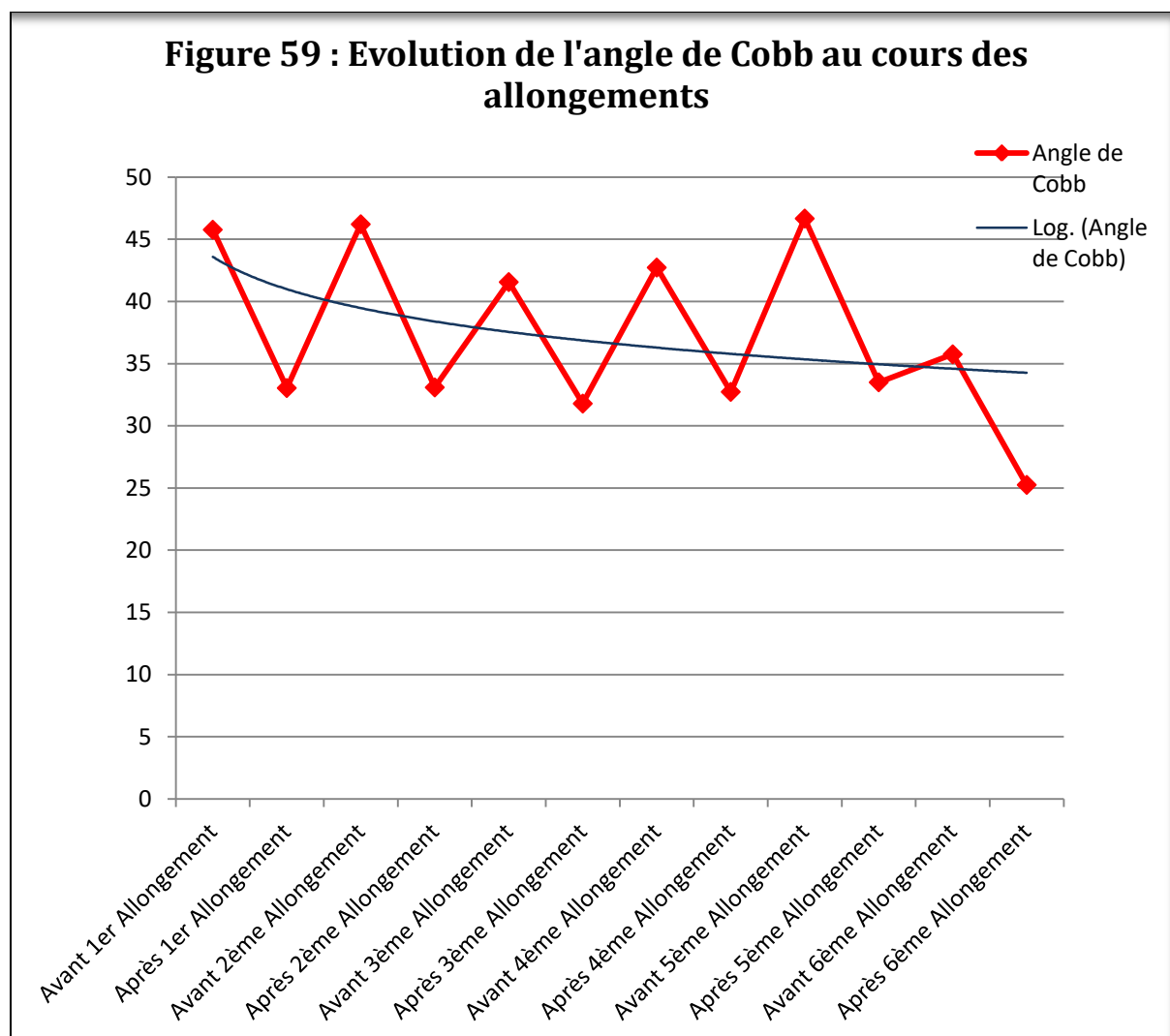
Afin d'analyser l'influence de l'allongement sur le gain, nous avons calculé l'angle de Cobb avant et après chaque intervention de distraction de la tige, ce gain a été calculé en degrés et en pourcentage (Tableau 15).

Tableau 15 : Influence des retentions sur l'angle de Cobb

Allongements	Nombre de patients	Cobb avant la distraction	Cobb après la distraction	Gain en degrés	Gain en %
1 ^{er} allongement	79	45,77°±15,89	33,04±14,41	12,73°	27%
2 ^{eme} allongement	57	46,21°±15,25	33,09±14,66	13,12°	28,39%
3 ^{eme} allongement	34	41,56°±13	31,79±13,56	9,77°	23,50%
4 ^{eme} allongement	22	42,73°±14,78	32,73±15,55	10°	23,40%
5 ^{eme} allongement	12	46,67°±11,87	33,5±11	13,17°	28,26%
6 ^{eme} allongement	04	35,75°±10	25,25±13,32	10,5°	29,37%

Le gain moyen estimé en degrés est de 11,54° avec des extrêmes [9,77 – 13,77].

Le gain moyen estimé en pourcentage est de 26,65% avec des extrêmes [23,40 - 29,37].



A chaque épisode d'allongement effectué nous constatons un gain significatif aussi bien en degrés qu'en pourcentage. Mais ce gain est perdu progressivement entre deux épisodes d'allongements, comme en témoigne l'aggravation du nouvel angle de Cobb, noté juste avant l'allongement suivant. (Figure 59)

15. Angle de Cobb au dernier recul

Au dernier recul, L'angle de Cobb moyen de l'ensemble des malades est de $30,16^\circ \pm 15,13^\circ$, ce qui signifie une amélioration de $33,64^\circ$ et un gain de 51 % par rapport à l'angle de Cobb initial avant toute chirurgie.

Le test des échantillons appariés est fortement significatif ($p = 0,0001$).

Le recul moyen est de 3,64 ans $\pm 2,11$ avec des extrêmes [0,2 -7,64 ans].

Dans notre étude, le recul est le temps écoulé après la pose de la tige.

L'âge moyen au dernier contrôle de l'ensemble des enfants est de 13,52 ans $\pm 3,7$ avec des extrêmes [5,59 -20 ans].

15.1. Gain en fonction de l'étape du traitement

Pour avoir une idée plus précise sur la correction, et vu que les enfants sont à des étapes différentes de leurs protocoles de distraction, nous avons scindé les malades en 02 groupes selon l'étape à laquelle ils se trouvent au dernier contrôle (tableau 16), ainsi nous distinguons deux groupes :

15.1.1. Premier groupe : 34 patients

Il regroupe les malades qui sont en cours de traitement, et qui nécessitent encore d'autres interventions de distraction.

Au dernier recul, l'angle de Cobb moyen de ce groupe de patients est de $32,22^\circ$, ce qui signifie un gain de 46,04 % par rapport au Cobb initial qui était de 60° .

15.1.2. Deuxième groupe : 46 patients

Il regroupe tous les malades qui sont arrivés au terme de leurs protocoles d'allongement, ces enfants ont fini la croissance au niveau de la colonne vertébrale, et leur Risser est supérieur à 03.

Dans ce groupe, nous distinguons deux catégories de patients. La première regroupe les patients qui n'ont pas subi une arthrodèse vertébrale, et la deuxième regroupe les patients ayant subi une arthrodèse vertébrale postérieure.

a. Patients candidats à une Arthrodèse Vertébrale Postérieure

18 patients sont arrivés au terme de leurs protocoles de distraction, mais qui n'ont pas encore subi une arthrodèse vertébrale postérieure.

L'angle de Cobb moyen de ces patients au dernier suivi est de 35°, ce qui signifie une amélioration de 43,63% par rapport au Cobb initial.

b. Patients ayant subi une Arthrodèse Vertébrale Postérieure

28 patients ont subi une arthrodèse vertébrale postérieure, l'âge moyen au moment de la fusion de la colonne vertébrale était de 15,1 ans, avec des extrêmes [13,2 – 16,3 ans].

L'angle de Cobb moyen qui est passé de 43,39° ± 13,60 à la fin du protocole d'allongement à 26,61° ± 13,21 après l'arthrodèse, ce qui signifie que la fusion a permis une correction de 38%.

Le gain cumulé de la distraction et de l'arthrodèse dans ce groupe de patient est de 59,55 %.

Tableau 16 : Analyse des données et comparaison des différents groupes de patients

	Patients en cours de traitement	Patients fin de TRT sans AVP	Patients fin de TRT avec AVP
Nombre de patients	34 patients	18 patients	28 patients
Cobb initial	59,72°	62,1°	65,54°
Cobb dernier recul	32,22°	35°	26,51°
Gain en degrés	27,5°	27,1°	39,03°
Gain en pourcentage	46,04%	43,64%	59,55%

15.2. Influence de l'épiphyiodèse sur le gain

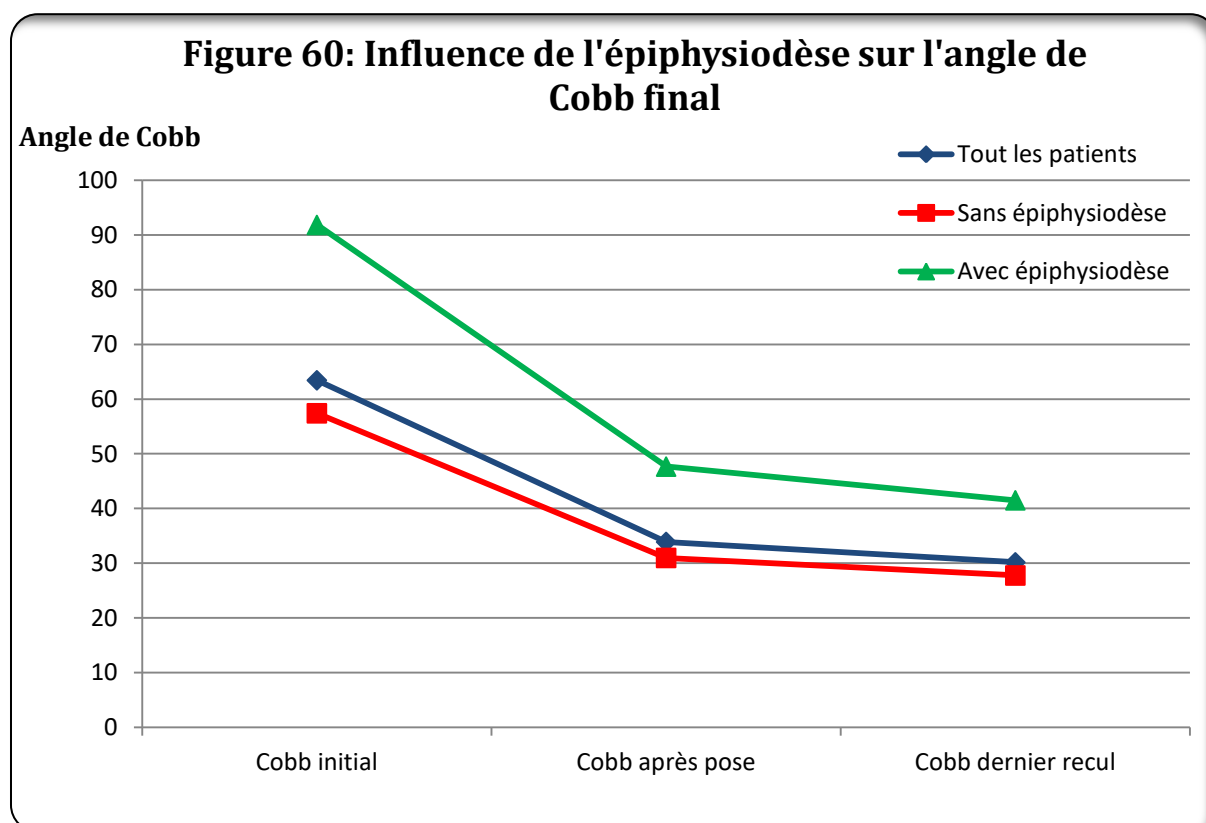
L'angle de Cobb initial moyen des malades ayant subi une épiphyiodèse est de 91,86° (Tableau 17). Cet angle est largement supérieur à celui des enfants ne l'ayant pas subie, qui est de 57,42°. Cette différence est significative selon le test « t » des deux échantillons indépendants (p=0,00001).

Tableau 17 : Influence de l'épiphyiodèse sur gain final

	Tous les patients (80)	Sans épiphyiodèse (66)	Avec épiphyiodèse (14)	p
Cobb initial	63,45° ±24,71	57,42° ± 19,11	91,86° 28,84	0,00001
Cobb après pose	33,89° ±15,27	30,97° ±13,47	47,67° ±16,21	-
Cobb au dernier recul	30,16° ±15,13	27,76° ±13,66	41,50° ±17	-
Gain en degrés	33,63° ±20,04	30,09° ±17,74	50,36° ±22,4	-
Gain en %	51 % ±21,6	50% ±22,5	55% ±16,4	NS (0,42)

Le gain exprimé en degrés des patients ayant subi une épiphyiodèse est de 50°, ce dernier est largement supérieur à celui des patients n'ayant pas subi d'épiphyiodèse qui est de 30°. Cependant, le gain exprimé en pourcentage de ces deux groupes de patients, ne retrouve que 5% de différence à l'avantage du groupe de patients ayant subi une épiphyiodèse (55% versus 50%). Mais cette différence n'est pas significative (p=0,42).

La figure 60 montre l'évolution de l'angle de Cobb des deux groupes de patients, avec et sans épiphyiodèse.



15.3. Influence des allongements sur le gain

Pour apprécier l'influence des distractions sur l'angle de Cobb final (Tableau 18), nous avons comparé l'angle de Cobb après la pose de la tige à celui du dernier recul (avant et après les distractions). Ainsi, nous avons trouvé que les distractions permettent non seulement de conserver le gain obtenu après la pose de la tige, mais aussi de gagner quelques degrés, ce gain est estimé à $3,7^\circ$ en moyenne, qui représente 5,8% de l'angle de Cobb initial.

Ce gain provoqué par la distraction est significatif, comme en témoigne le test des échantillons appariés T, ($p=0,001$).

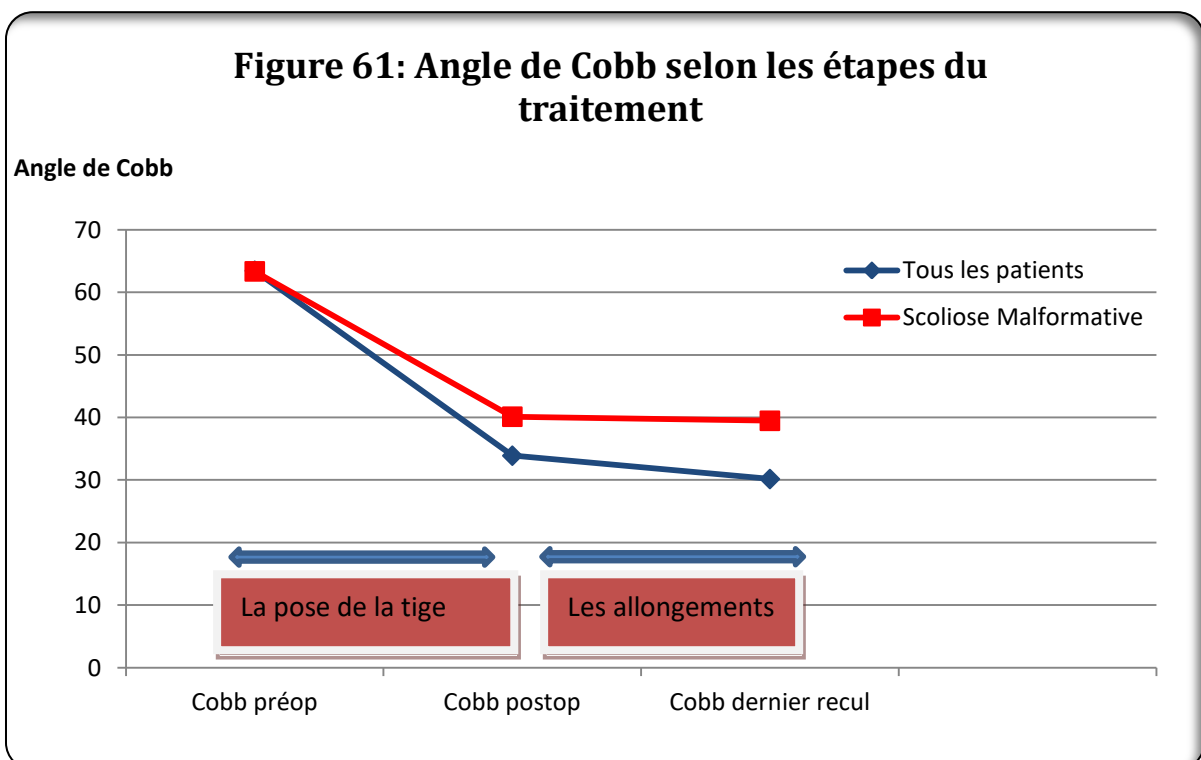
L'étude du gain provoqué par la distraction en fonction de l'étiologie (Tableau 18), révèle que concernant les scolioses malformatives, les allongements ont permis de conserver le gain obtenu après la pose de la tige, cependant aucune amélioration de l'angle de Cobb n'a été enregistrée après. A l'inverse, dans les autres types de scolioses, aussi bien idiopathiques que secondaires (neurologique, syndromique,

neurofibromatose), nous avons constaté que les allongements provoquent un gain supplémentaire minime, dont le taux est de 6 à 7% (Figure 61).

Tableau 18 : Influence des allongements sur le gain final

	Effectif	Cobb après la pose	Cobb au dernier recul	Gain en degrés	Gain en %
Tous les patients	80	33,89°±15,27	30,16°±15,13	3,73°	5,8 %
Idiopathique	35	29,31°±12,01	25,23°±13,4	4°	6,3 %
Malformative	17	40,12°±15,77	39,47°±15,19	0,6°	0 %
Syndromique	11	43,73°±18,33	37,82°±15,33	6°	8 %
Neurologique	7	32,29°±13,8	28°±13,82	4,3°	7 %
NF1	7	29,14°±16,71	25,14°±11,05	4°	7 %
Autres	3	30,67°±18,30	23,67°±19,34	7°	10,8 %

Figure 61: Angle de Cobb selon les étapes du traitement



15.4. Influence de l'étiologie sur le gain

Pour connaître l'influence de l'étiologie sur le résultat, nous avons scindé les malades en 7 groupes suivant le diagnostic étiologique : idiopathique (35), malformative (17), syndromique (11), neurologique (7), neurofibromatose type 1 (7), et « autres » (3) qui regroupe deux scolioses thoracogéniques et une tumeur médullaire. Nous avons aussi calculé l'angle de Cobb initial, l'angle de Cobb au dernier recul, ainsi que le gain en degré et en pourcentage pour chaque groupe (Tableau 19).

Tableau 19 : Influence de l'étiologie sur le gain final

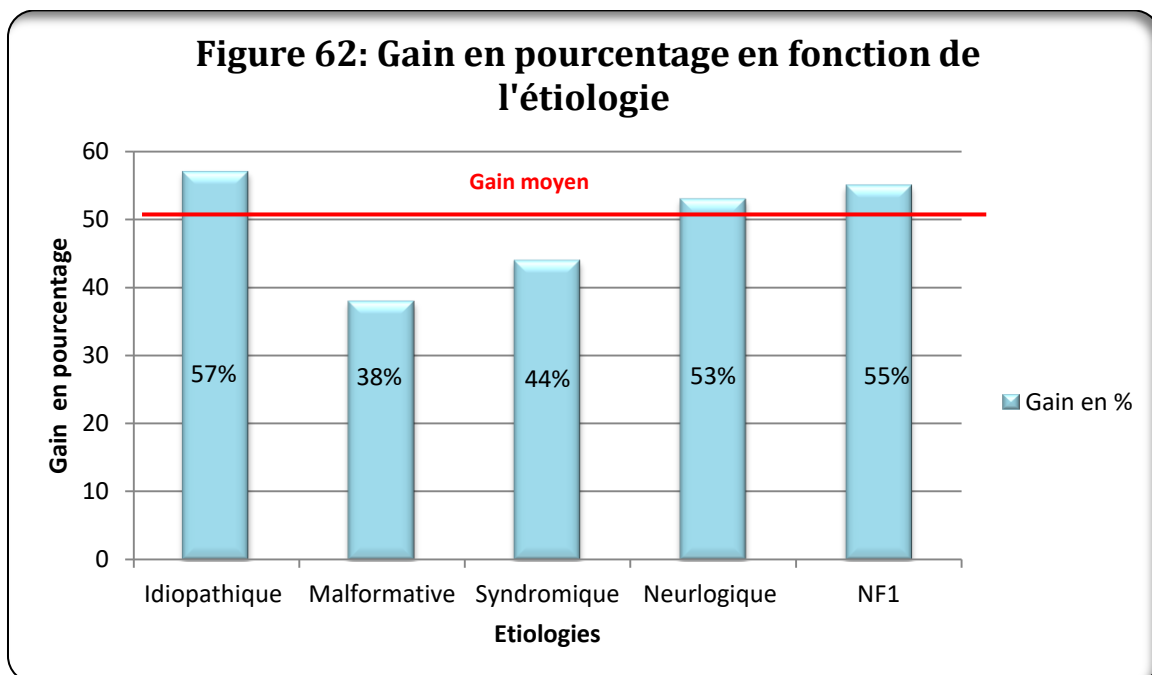
	Tous les patients 80	Idiopathique 35	Malformatif 17	Syndromique 11	Neurologique 7	NF1 7	Autres 3	p
Cobb initial	63,45° ±24,71	63,11° ±24,07	63,35° ± 25,49	71,27° ±31,51	60° ±26,19	56,14° ±19,93	64,33° ±17,03	0,78
Cobb après pose	33,89° ±15,27	29,31° ±12,01	40,12° ±15,77	43,73° ±18,33	32,29° ±13,8	29,14° ±16,71	30,67° ±18,30	0,01
Cobb au dernier recul	30,16° ±15,13	25,23° ±13,4	39,47° ±15,19	37,82° ±15,33°	28° ±13,82	25,14° ±11,05	23,67° ±19,34	0,005
Gain en degrés	33,63° ±20,04	37,89° ±20,53	25,53° ±20,24	33,45° ±24,36	32° ±17,83	31° ±12,93	40,67° ±2,3	NS
Gain en %	51 % ±21,6	57 % ±22,5	38 % ±17,1	44 % ±23,7	53 % ±10,9	55 % ±17,5	66 % ±18,4	0,023

Pour l'angle de Cobb initial, l'analyse de la variance selon le test « ANOVA » ne retrouve pas de différence significative entre ces groupes, $p = 0,78$, alors que pour l'angle de Cobb au dernier recul ainsi que le gain calculé en pourcentage, la différence entre les différents groupes d'étiologies est significative, $p = 0,005$ et $0,023$ respectivement.

Le meilleur gain a été obtenu dans le groupe dit « autres », mais le nombre d'effectifs très bas (2) et l'hétérogénéité de ce groupe rendent le résultat peu interprétable sur le plan biostatistique.

Concernant le groupe des scolioses idiopathiques (Figure 62), le gain obtenu est largement supérieur à la moyenne (57% versus 51%), suivi par le groupe des scolioses sur neurofibromatose type 1 dont le gain est de 55%, puis par les scolioses neurologiques avec 53% d'amélioration.

Les scolioses syndromiques enregistrent un gain inférieur à la moyenne (44% versus 51%), cependant scolioses malformatives enregistrent le taux le plus bas d'amélioration, qui représente 38%.



16. Croissance vertébrale

La croissance vertébrale a été constatée chez tous les patients. Au dernier recul le gain moyen de la taille T1-S1 est de 2,91 cm \pm 1,79 avec des extrêmes [0,5-7,8 cm]. La croissance annuelle moyenne du segment T1-S1 est de 1,14 cm/an \pm 0,34 avec des extrêmes [0,5-2,20 cm/an]. Comme pour le paramètre précédant, nous avons vérifié également l'influence de l'épiphyiodèse et de l'étiologie sur la croissance vertébrale.

16.1. Influence de l'épiphyiodèse sur la croissance vertébrale

Pour connaître l'influence de l'épiphyiodèse sur la croissance vertébrale, nous avons scindé les patients en deux groupes (avec et sans épiphyiodèse), et calculé la croissance vertébrale T1-S1 par an, pour chaque groupe (Tableau 20).

Les chiffres montrent que l'épiphyiodèse convexe n'a aucune influence sur la croissance vertébrale, le « p » est non significatif.

Tableau 20 : Influence de l'épiphyiodèse sur la croissance vertébrale

	Tous les patients (80)	Sans épiphyiodèse (66)	Avec épiphyiodèse (14)	p
Gain T1-S1 (cm)	2,91 \pm 1,81	2,81 \pm 1,79	3,38 \pm 1,9	–
Gain T1-S1 par an (cm/an)	1,14 \pm 0,34	1,13 \pm 0,34	1,22 \pm 0,33	NS 0,32

16.2. Influence de l'étiologie sur la croissance vertébrale

La croissance vertébrale T1-S1 par an a été calculée pour chaque groupe de patients en fonction de l'étiologie (Tableau 21).

L'analyse de la variance par le test « ANOVA », montre que la différence de gain T1-S1/an entre les différentes étiologies n'est pas significative (p = 0,1).

Tableau 21 : Influence de l'étiologie sur la croissance vertébrale

	Tous les patients	Idiopathique	Malformatif	Syndromique	Neurologique	NF1	Autres	p
	80	35	17	11	7	7	3	
Gain T1-S1 (cm)	2,91 ±1,81	2,63 ±1,6	3,0 ± 1,6	4,02 ± 2,7	2,60 ± 1,81	2,75 ±1,36	2,80 ± 1,81	–
Gain T1-S1 par an (cm/an)	1,14 ± 0,34	1,24 ± 0,35	0,95 ± 0,27	1,1 ± 0,36	1,13 ± 0,23	1,14 ± 0,35	1,31 ± 0,28	NS 0,1

17. Complications

Dans notre étude, 53 complications ont été constatées. Sur ces 53 complications, 50 sont liées à l'implant, donc de type mécanique, et 3 infections (Tableau 22).

Le risque de complication par patient est de 66,25%.

Tableau 22 : Types et nombre de complications

Complications	Nombre de patients	Nombre de complications
Infection	3	3
Fracture de tige	15	23
Désamarrage de crochets	9	9
Balayage de vis	13	13
Cyphose jonctionnelle	5	5
Total	35	53

Les 53 complications ont intéressé 35 patients, ce qui représente 43,9 % de tous les enfants opérés. La répartition des patients en fonction du nombre de complications survenues est détaillée sur le tableau 23.

Tableau 23 : Nombre de complications par patient

Nombre de complications par			
patient	Nombre de patients	Nombre de complications	Pourcentage
1	24	24	30,0 %
2	7	14	8,8 %
3	2	6	2,5 %
4	1	4	1,3 %
5	1	5	1,3 %
Total	35	53	43,9 %

17.1. Complications neurologiques

Aucune complication neurologique n'a été observée dans notre série.

17.2. Complications cutanées et infectieuses

Une infection superficielle de la plaie proximale a été observée, cette infection a évolué favorablement sous traitement antibiotique et désinfections répétées. Cependant, 03 infections profondes ont été notées, dont 01 proximale, 02 distales siégeant en regard des vis, et survenues après les interventions de distraction (Figure 63). Ces infections ont été traitées avec succès, par un lavage-débridement de la plaie, associé à une antibiothérapie adaptée, sans avoir eu recours à l'ablation ou au changement d'implants.

Par ailleurs, aucune infection de la voie antérieure (thoracotomie) n'a été relevée.



Figure 63 : Infection profonde au niveau du site d'ancrage distal, survenue au 5^{ème} jour après une intervention de distraction [Collection personnelle].

17.3. Fractures de tige

C'est la complication mécanique la plus fréquente dans notre série. Nous avons compté 23 fractures de tige, survenues chez 15 patients (19% des patients), dont une fois chez 09 patients, 02 fois chez 04 patients, et 03 fois chez deux patients (Tableau 24).

La répartition de ces fractures selon l'étiologie est représentée sur le tableau 25, qui montre que cette complication est survenue autant de fois sur des scolioses idiopathiques que sur des scolioses secondaires.



Figure 64 : Radiographies de face et profil montrant une fracture de tige située à 2 cm au dessus de la vis pédiculaire proximale, survenue 3 ans après la pose. [Collection personnelle].

Sur les deux patients qui ont eu 03 fractures de tige chacun, 1 présente une scoliose idiopathique, et l'autre patient présente une scoliose malformative. Sur les 04 patients qui ont eu deux fractures de tige chacun, trois présentent des scolioses syndromiques, et 01 présente une scoliose idiopathique.

Tableau 24 : Répartition des patients selon le nombre de fractures de tige

Nombre de fractures de tige par patient	Nombre de patients	Pourcentage
1	9	11,3%
2	4	5,0%
3	2	2,5%
Total	15	19 %

Toutes ces fractures de tige siègent à 1 ou 2 cm au dessus de la vis proximale (Figure 64), 19 d'entre elles avaient nécessité une intervention non programmée pour changement de tige. Concernant les 4 autres fractures de tige, le remplacement de la tige a été effectué en même temps que sa distraction préalablement planifiée.

Sur les 15 patients qui ont eu des ruptures de tiges, 05 enfants avaient subi une épiphysiodèse antérieure convexe. L'angle de Cobb initial moyen de ses scolioses était de 73,62°, ce qui est légèrement mais significativement plus élevé que la moyenne.

17.4. Désamarrage des crochets

Le désamarrage des crochets est l'une des complications mécaniques les plus redoutées (Figure 65), car difficiles à traiter. 09 cas de désamarrage ont été observés dans notre série, ils représentent 11% de l'ensemble des patients.

02 de ces patients avaient nécessité une reprise chirurgicale non planifiée. Concernant les 07 autres patients, les reprises chirurgicales de ces complications, ont été effectuées au moment de la distraction de la tige.

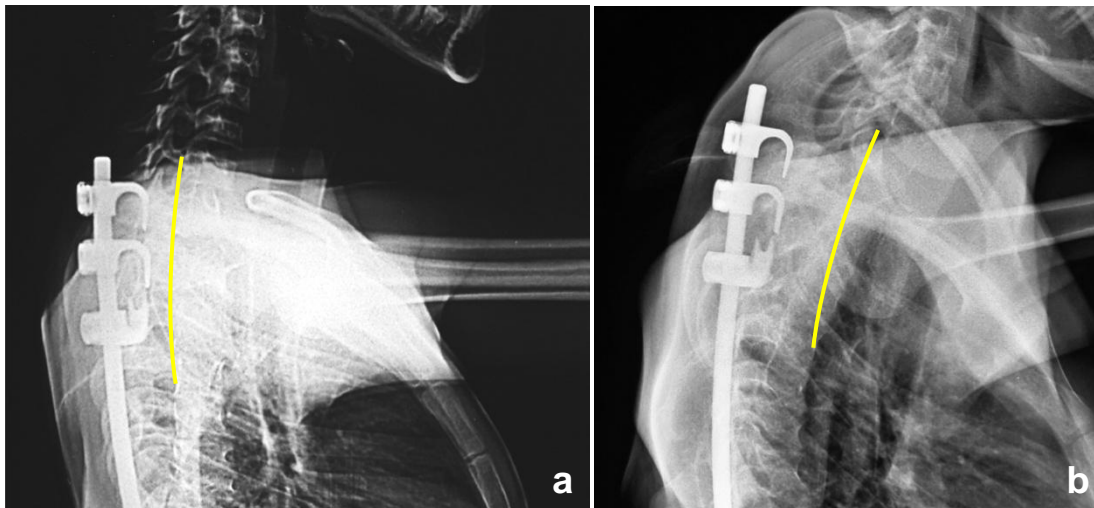


Figure 65 : Désamarrage des crochets [Collection personnelle].

(a) Radiographie après la pose, crochets bien en place.

(b) Radiographie montrant une défaillance de l'ancrage proximal, survenue 2 ans après la pose, les crochets sont loin du rachis sans aucune prise sur les lames.

17.5. Balayage des vis pédiculaires

Le débricolage des vis distales est une complication qui a été observée chez 13 enfants (Figure 66), ce qui représente 16 % des patients. 03 cas seulement, avaient nécessité une chirurgie non planifiée. Pour les 10 autres patients, la reprise chirurgicale a été réalisée au moment de la distraction de la tige.

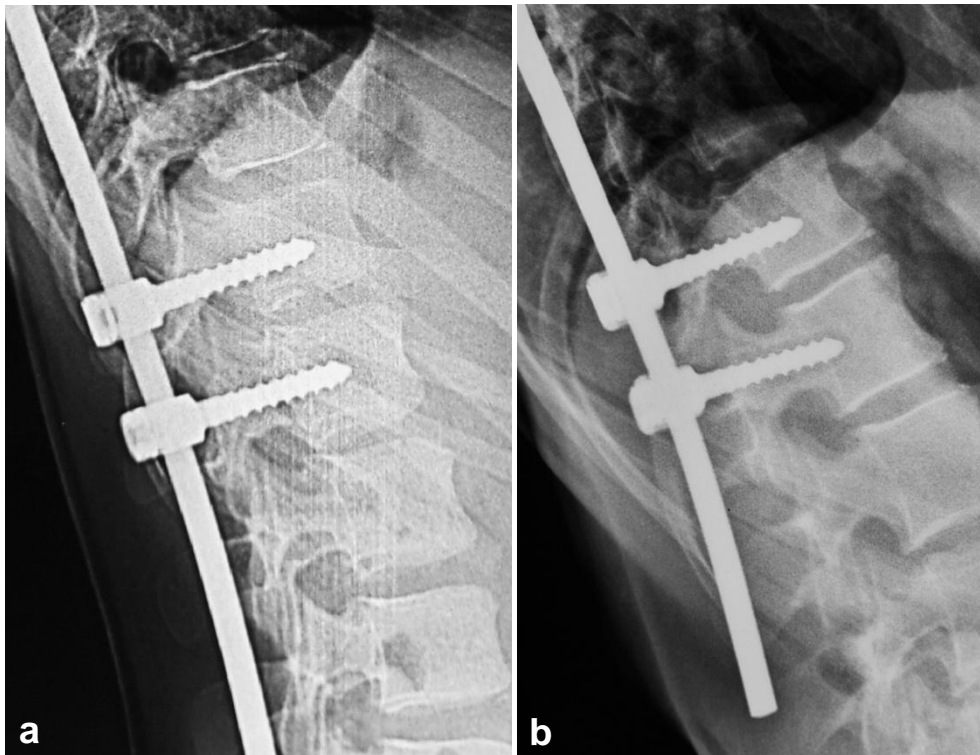


Figure 66 : balayage des vis pédiculaires [Collection personnelle].

(a) Radiographie après la pose montrant des vis pédiculaires bien en place.

(b) Radiographie 2 ans après la pose, recul de la tige et des vis, ces dernières restent dans les pédicules mais sont entourées par une ostéolyse témoignant de leurs débricolages.

17.6. Cyphose jonctionnelle proximale

05 malades ont développé une cyphose jonctionnelle proximale au dessus des crochets, sans aucun désamarrage de ces derniers.

Cette cyphose a nécessité un repositionnement des crochets, en les décalant d'un étage au dessus, afin de fixer l'arc postérieur et de réduire la vertèbre cyphotique par un crochet sus laminaire. Cette chirurgie a été réalisée au moment de la distraction, aucune chirurgie non planifiée n'a été effectuée.

17.7. Influence de l'étiologie sur la survenue de complications

La répartition des complications survenues au cours du traitement selon l'étiologie (Tableau 25), montre que les scolioses syndromiques sont les plus pourvoyeuses de complications, car 13 complications ont été notées dans ce groupe de 11 patients, ce qui correspond à un taux de complication de 118 %.

Concernant les scolioses idiopathiques, nous avons observé 63% de complications. Quant aux scolioses sur neurofibromatose et malformatives, elles enregistrent les taux les plus bas de complications avec 42 % et 41% respectivement.

Tableau 25 : Répartition des complications en fonction de l'étiologie

Complications	Etiologies						Total (80)
	Idiopathique (35)	Malformative (17)	Syndromique (11)	Neurologique (7)	Neurofibromatose (7)	Autres (3)	
Infection	1	0	1		0	1	3
Désamarrage Crochets	2	0	4	2	0	1	9
Balayage vis	4	4	2	1	2	0	13
Fracture Tige	12	2	6	2	0	1	23
Cyphose Jonctionnelle	3	1	0	0	1	0	5
Total	22	7	13	5	3	3	53
Taux de CPC	(63%)	(41%)	(118%)	(71%)	(42%)	(100%)	(66%)

17.8. Influence de l'épiphyiodèse sur la survenue de complications mécaniques

Tableau 26 : influence de l'épiphyiodèse sur la survenue de complications liée à l'implant

Complications mécaniques	Epiphyiodèse convexe		
	Sans (66)	Avec (14)	Total (80)
Nombre de patients ayant une complication	26	8	34
% dans le groupe d'épiphyiodèse convexe	39,4%	57,1%	42,5%

Sur les 80 scolioses opérées, 34 patients ont présenté des complications liées à l'implant (mécaniques), ce qui correspond à 42 % des enfants opérés (Tableau 26). Nous constatons que le groupe de patients ayant subi une épiphyiodèse convexe ont développé plus de complications mécaniques que le groupe de patients ne l'ayant pas subie (57 % versus 39%), mais cette différence est non significative, $p=0,10$.

17.9. Influence de la cyphose thoracique sur la survenue de complications

La répartition des complications mécaniques survenues, en fonction du degré de cyphose thoracique (Tableau 27), montre que le groupe de patients présentant une cypho-scoliose ont présenté plus de complications comparé aux deux autres groupes. En effet, dans ce groupe nous retrouvons 11 fractures de tige (50% des tiges fracturées), et 3 cyphoses jonctionnelles sur un total de 5 ainsi que 5 désamarrages de crochets sur un total de 9.

Dans ce groupe hyper-cyphotique de 24 patients nous notons au total 23 complications, ce qui correspond à un taux de 95 % de complication par patient, alors qu'il est de 47 % dans le groupe 2, la différence est significative, $p<0,05$.

Tableau 27 : Répartition des complications mécaniques en fonction du degré de cyphose thoracique

Complications mécaniques	La cyphose thoracique			Total (80)
	Groupe 1 Hypo-cyphose (22)	Groupe 2 Cyphose normale (34)	Groupe 3 Hyper-cyphose (24)	
Fracture tige	3	9	11	23
Désamarrage crochets	2	2	5	9
Balayage vis	5	4	4	13
Cyphose jonctionnelle	1	1	3	5
Total	11	16	23	50
Taux de CPC/ patient	50%	47%	95%	62,5%

17.10. Influence de la durée du traitement sur la survenue de complications

Le taux de survie qui se définit par le taux de patients vivants sans complications, a été estimé selon le test de Kaplan Meier (Figure 67). Sur la courbe de survie, on constate que plus le recul augmente, plus le taux de survie diminue, reflétant en parallèle l'augmentation du taux de complications.

Le taux de survie de nos patients est estimé à 70 % à 3 ans de recul et chute à 54 % à 5 ans, puis à 32 % à 6 ans.

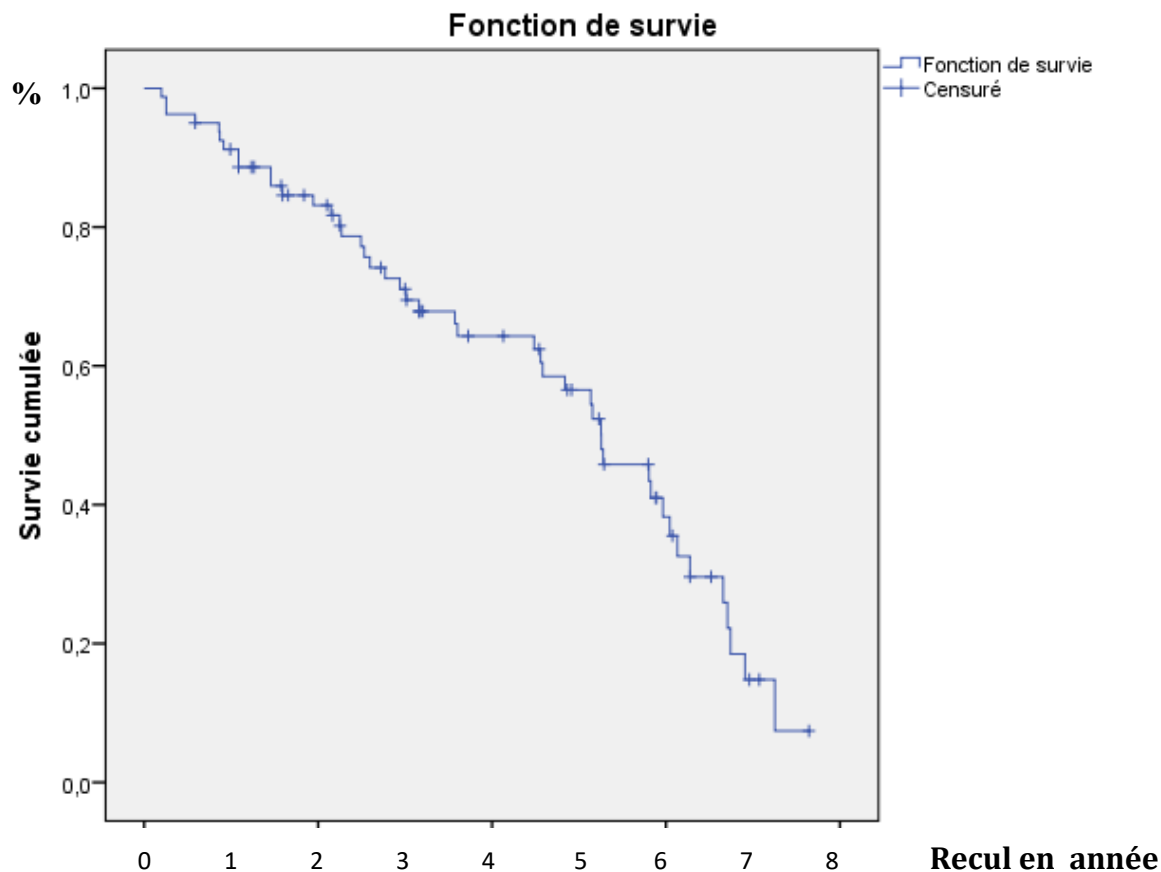


Figure 67 : Influence de la durée du traitement sur la survenue de complications selon le test de Kaplan Meier

18. Conclusion

Au terme de ce rapport détaillé sur l'ensemble des paramètres que nous avons étudiés au cours de cette étude, nos résultats se résument comme suit :

- Il existe une amélioration significative de l'angle de Cobb après la chirurgie chez l'ensemble de nos patients, le gain moyen au dernier recours est de 51%.
- Les scolioses idiopathiques ont réalisé le meilleur gain (57%), alors que les scolioses malformatives et syndromiques enregistrent les taux de gain les plus bas de la série (38% et 44% respectivement).
- La croissance vertébrale s'est poursuivie après la pose de la tige chez tous les enfants.
- La vitesse moyenne de croissance du segment T1-S1 constatée est de 1,14 cm par an.
- La réalisation d'une épiphysiodèse convexe n'a pas amélioré les résultats en termes de correction.
- Certains paramètres comme l'étiologie, la durée du traitement et l'hypercyphose dorsale ont une influence aussi bien sur la correction de l'angle de Cobb que sur le risque de survenue de complications.
- Les scolioses syndromiques et neurologiques sont les plus pourvoyeuses de complications mécaniques.
- Durant notre étude, 43,8 % des patients ont eu au moins 1 complication.
- 94% de ces complications sont liées à l'implant (mécaniques).

CHAPITRE VI :

DISCUSSION

Dans ce chapitre nous allons répondre à la question de savoir si la tige de distraction « H3S2 » est efficace pour le traitement des scolioses évolutives à début précoce.

Nous discuterons tout d'abord, les résultats de cette méthode sur la déformation scoliothique, ainsi que sur la croissance vertébrale; puis nous évaluerons l'effet de l'épiphysiodèse convexe et de l'étiologie sur les résultats obtenus. Nous analyserons ensuite toutes les complications survenues.

Dans ce chapitre, tous nos résultats seront comparés aux données de la littérature.

A la fin, nous proposerons quelques recommandations pour la mise en œuvre d'un traitement chirurgical par tige de distraction.

1. Déformation vertébrale

La scoliose chez l'enfant peut être traitée orthopédiquement avec succès dans la plupart des cas, mais certaines courbures, continuent leur progression malgré un traitement orthopédique bien conduit. Cette progression de la courbure chez les jeunes enfants, peut entraîner une déformation vertébrale sévère, qui pourrait compromettre plus tard la fonction pulmonaire et neurologique.

Dans l'étude de N. Farooq ^[64] qui a publié une série de 88 enfants présentant des scolioses de différentes étiologies, traitées par des tiges de distraction sous musculaires avec un recul moyen de 3,5 ans, l'angle de Cobb initial moyen qui était de 73° [40°-117°] a été amélioré à 44°[9°-90°] au dernier recul, ce qui correspond à un gain moyen de 40%, le même gain a été obtenu dans la série de J. Mineiro ^[66]. Cependant le meilleur résultat a été rapporté par Miladi ^[63] dans une étude publiée en 2013, en utilisant la technique « H3S2 », où la correction moyenne de l'angle de Cobb obtenue était de 57% (Tableau 28).

Dans notre étude, sur les 80 patients opérés, deux patients ont montré une légère progression de la courbure, mais cette aggravation n'est pas significative car ne dépassant pas 05°, et un patient n'a montré aucune amélioration. Le reste des enfants (77) ont tous montré une nette amélioration de leur courbure. L'angle de Cobb moyen est passé de 63,8° avant la chirurgie à 33,88° après la pose de la tige, puis à 30,16° au dernier contrôle, ce qui correspond à un gain moyen de 51%. Cette correction est très

satisfaisante comparée aux résultats publiés dans la littérature concernant les méthodes utilisant une seule tige de distraction. Néanmoins, Dans les méthodes de distraction utilisant deux tiges, le taux d'amélioration de la courbure est légèrement meilleur que le nôtre. En effet, Akbarnia ^[68] rapporte dans une série de 23 patients, une nette amélioration de l'angle de Cobb, ce dernier passe de 82° à 38° après la pose, puis à 36° au dernier contrôle, ce qui signifie un Gain de 56%.

Tableau 28 : Comparaison des résultats et des complications avec d'autres études

	Montage	Nombre de patients	Cobb initial	Cobb au dernier recul	Gain (%)	Complications
Mineiro <i>J Pediatr Orthop 2002</i>	Tige unique	11	74°	44°	40%	2 infections 10 fractures de tige 2 désamarrages crochets
Blakemore <i>Spine 2001</i>	Tige unique	29	66°	47°	30%	1 infection 3 fractures de tige 5 désamarrages crochets
Farooq N <i>Spine 2010</i>	Tige unique	88	73°	44°	40%	3 infections 31 fractures de tige 10 désamarrages crochets 6 balayages de vis 2 cyphoses jonctionnelles
Miladi <i>Eur Spine J 2013</i>	Tige unique	23	68°	29°	57%	2 infections 3 fractures de tige 4 cyphoses jonctionnelles
Akbarnia <i>Spine 2005 multicenter</i>	Tige double	23	82°	36°	56%	6 infections 2 fractures de tiges 2 désamarrages crochets 1 balayage de vis 1 cyphose jonctionnelle
Akbarnia <i>Spine 2008</i>	Tige double	13	81°	27°	66%	2 infections 6 fractures de tige 1 désamarrage crochet
Sankar <i>Spine 2011</i>	Tige double	38	74°	36°	51%	Non précisées
Notre série	Tige unique	80	63°	30°	51%	3 infections 23 fractures de tige 9 désamarrages crochets 13 balayages de vis 5 cyphoses jonctionnelles

La plupart des auteurs ne proposent pas de correction préopératoire de la scoliose avant d'insérer la tige de croissance ^[68,69,107,125]. Par conséquent, la correction de la courbure scoliotique est alors obtenue en allongeant progressivement la tige. Dans notre série, les patients atteints de scolioses sévères ou rigides avaient bénéficié d'une traction de quelques jours avant la pose de la tige, et une traction peropératoire a été appliquée chez tous nos patients quelle que soit la gravité de leurs courbures scoliotiques. Cette préparation par traction pré et peropératoire, a permis une réduction maximale de la courbure avant même la pose de la tige, et comme la réduction de la scoliose a été réalisée lors de la première intervention, l'allongement de cette tige a été effectué dans le seul but de permettre la croissance de la colonne vertébrale.

Quelle que soit la méthode de distraction employée, le gain obtenu après chaque intervention, qu'elle soit de pose ou de distraction de tige, avait tendance à se dégrader avec le temps. Cela est dû à la croissance vertébrale au niveau du segment instrumenté, et impose la réalisation de plusieurs distractions dans le but de corriger cette perte de correction, jusqu'à ce que la croissance vertébrale soit suffisamment avancée.

Il a été également constaté dans la plupart des études, que le gain obtenu après la pose de la tige, avait tendance à la dégradation avec les procédures d'allongement consécutives, ce qui fait que l'angle de Cobb à la fin du protocole est plus élevé que celui obtenu après la chirurgie initiale de pose ^[64,66,128]. Ce phénomène appelé « The law of diminishing returns » semble s'appliquer sur la plupart des méthodes déjà publiées.

Dans notre série l'angle de Cobb moyen au dernier recul est inférieur de 03° à celui obtenu après la pose de la tige, ce qui signifie que nous avons non seulement empêché la détérioration de ce gain obtenu après la pose, mais gagné aussi avec les procédures d'allongements, et la loi du «diminishing returns » ne s'est appliquée finalement que sur 18 malades, ce qui correspond à 22,5% des scolioses opérées.

Nous attribuons cela au fait que notre abord est peu invasif, car dans la technique employée, la tige est passée à travers deux petites incisions, en sous aponévrotique, sans que la peau et le muscle dans la concavité ne soient incisés et exposés aux phénomènes des brides cicatricielles, qui entraveraient à notre avis les futurs allongements. Par ailleurs, la plupart des autres méthodes ^[68,69,85] utilisent un abord large, exposant ainsi tout l'arc postérieur de la colonne vertébrale, ce qui est à l'origine

du risque d'autofusion, ce dernier constitue un élément supplémentaire qui aggrave la rigidité de la courbure et empêche aussi la croissance vertébrale.

2. Croissance vertébrale

Dans les scolioses évolutives à début précoce, la préservation de la croissance vertébrale résiduelle, constitue l'élément primordial sur lequel repose l'indication d'un traitement chirurgical par distraction.

Le travail le plus élaboré portant sur l'instrumentation sans greffe par une seule tige, est celui de Farooq ^[64]. Dans son étude, les enfants soumis à des allongements de 9 mois d'intervalle en moyenne, ont obtenu un taux de croissance moyen T1-S1 de 1,04 cm/an. Dans cette étude, les patients qui ont subi un allongement à 6 mois d'intervalle forment un sous groupe (n=13), dont la croissance T1-S1 estimée à 1,69 cm/an est significativement supérieure (P=0,002) à celle du groupe de patients (n=75) ayant subi un allongement moins fréquemment (supérieur à 6 mois d'intervalle). En effet, la croissance dans ce dernier groupe est estimée à 0,91 cm/an, (1,69 versus 0,91cm/an).

Thompson ^[129] a comparé les résultats de 3 groupes de patients, ceux traités par des montages à une seule tige de croissance, avec et sans fusion apicale simultanée (respectivement n= 5 et n= 16), et ceux traités par des montages à double tige (n =7). La croissance vertébrale était acceptable dans le groupe à tige unique sans fusion apicale (0,53 cm / an), meilleure dans le groupe à double tige (1,1 cm / an), et inférieure à la normale dans le groupe de tige simple avec fusion apicale simultanée (0,2 cm / an). Cependant l'intervalle moyen entre les allongements dans cette étude varie entre les 3 groupes. En effet les patients du groupe à double tige ont été allongés régulièrement à intervalles de 6 mois, les patients dans les groupes à tige unique ont été allongés à 12 mois (avec fusion apicale), et 9 mois (sans fusion apicale).

Cette disparité dans la fréquence des allongements, peut expliquer à elle seule la différence entre les taux de croissance observée entre ces différents groupes. Ainsi, les résultats sur la croissance ne dépendent pas uniquement de la configuration du montage, à savoir : tige unique ou double tige.

L'étude de Akbarnia ^[69] conforte ces constatations. Dans son étude qui inclue 13 patients, traités par un montage à double tige de croissance. L'analyse de la croissance

T1-S1, a montré que les patients soumis à un allongement à intervalle supérieur à 6 mois (n= 6), ont obtenu de manière significative, moins de croissance T1-S1 que ceux allongés à moins de 6 mois d'intervalle (1,02 versus 1,84 cm/an respectivement). Ces résultats préliminaires de la technique à double tige de croissance, montrent que l'allongement obtenu après la chirurgie initiale constitue environ 50% du gain total de la hauteur en position assise. Sur la base de ces données, l'auteur pense qu'avec des allongements plus fréquents, la vitesse de croissance vertébrale après la procédure initiale, égale ou dépasse le taux normal de la croissance vertébrale, et attribue cela à l'effet de la distraction sur la croissance d'une colonne encore immature. Stokes et autres ont démontré sur un modèle animal de queue de rat, que la distraction de cette dernière, a donné lieu à plus de croissance, que la croissance normale d'une queue [130,131]

Dans notre étude, la croissance vertébrale T1-S1 a été constatée chez tous les patients avec une moyenne de 1,14 cm/an, mais avec une large fourchette allant de 0,6 à 7,8 cm. Nous pensons que cela pourrait être expliqué par 3 facteurs : l'âge variable des enfants lors de la chirurgie initiale qui va de 4 à 13 ans, la durée du traitement et par conséquent le nombre d'allongements effectués, et par les étiologies différentes des scolioses opérées. Le lien entre la croissance vertébrale et l'intervalle entre les allongements n'a pu être établi, car les distractions ont été réalisées de façon aléatoire, selon la disponibilité des places dans le service, les conditions sociales des familles, et surtout la scolarité des enfants.

Ces chiffres rapportés dans la littérature doivent être interprétés avec prudence, car la mesure de la croissance n'intéresse pas un segment rachidien droit et normal, mais des segments scoliotiques de flexibilité variable, résultant de différentes étiologies avec des différents potentiels de croissance, et subissant des méthodes de distraction différentes.

Dans les méthodes de distraction, la pose de la tige a pour effet principal la correction de la courbure, alors que les allongements doivent permettre la poursuite de la croissance vertébrale.

3. Facteurs influençant les résultats

3.1. Hémi-épiphyiodèse convexe

La fusion apicale du côté convexe de la courbure, avec ou sans instrumentation, permet théoriquement l'arrêt de la croissance à ce niveau. C'est une méthode chirurgicale longtemps pratiquée, dans le but de corriger de façon progressive, ou d'éviter l'aggravation de la déformation.

Marks ^[109] a rapporté que l'application simultanée d'une courte arthrodèse apicale antérieure avec une instrumentation de Harrington, semble arrêter la progression de la courbure, et peut réduire la déformation thoracique, à condition que la tige soit régulièrement allongée. L'instrumentation de Luque Trolley a également été utilisée conjointement avec une hémi-épiphyiodèse dans les scolioses infantiles et juvéniles avec des résultats satisfaisants ^[132]. Pratt ^[133] avait trouvé dans son étude que l'instrumentation seule n'a pas empêché la progression de la déformation, alors qu'une épiphyiodèse convexe supplémentaire a abouti à la correction de la courbure chez certains patients.

Néanmoins, d'autres études portant sur les effets de la fusion apicale conjointement avec des tiges de croissance, n'ont pas trouvé des résultats plaidant en sa faveur. En effet, Blakemore ^[65] a publié les résultats préliminaires d'une série de 29 patients traités chirurgicalement par un montage à une seule tige de croissance, seulement 11 patients ont subi une fusion apicale simultanée. Ses résultats n'ont pas démontré de supériorité significative sur la correction des déformations avec l'ajout d'une fusion. Dans l'étude de Farooq ^[64], 28 patients ont subi une fusion apicale simultanée, les caractéristiques des patients de ce groupe sont semblables à la population générale de l'étude (n=88). En comparant les résultats en termes de correction de la courbure et de la croissance vertébrale à nouveau, aucune différence significative n'a été constatée entre ces 2 séries de patients. D'autre part, dans l'étude de Thompson ^[129], décrite précédemment, l'auteur a trouvé que le taux de croissance T1-S1 est considérablement plus faible chez les patients traités par une fusion apicale.

Dans notre étude, l'ajout d'une épiphysiodèse convexe à l'instrumentation sans greffe, ne semble conférer aucun avantage supplémentaire, car aucune différence significative concernant la croissance vertébrale ou la correction de la courbure n'a été constatée avec l'ajout d'une fusion.

3.2. Etiologie

L'influence de l'étiologie sur le résultat a été largement prouvée dans notre étude, ce qui est en parfaite concordance avec les quelques études qui se sont intéressées à ce paramètre. En effet, les scolioses idiopathiques ont enregistré le meilleur gain en terme de correction alors que les scolioses syndromiques et malformatives ont obtenu les taux les plus bas d'amélioration. Certaines étiologies comme les scolioses syndromiques et neurologiques sont les plus pourvoyeuses de complications comparées aux scolioses idiopathiques.

4. Complications

La revue de la littérature concernant le traitement chirurgical des scolioses à début précoce, nous renseigne d'un très grand nombre de complications, faisant parfois renoncer au choix de recourir à cette chirurgie pour de nombreux chirurgiens. En effet le placement d'une tige rigide sur une colonne vertébrale mobile et en pleine croissance, est source de contraintes biomécaniques, qui explique le nombre important de complications liées à l'implant. Ces complications constituent le prix à payer, apparemment inévitable dans le traitement chirurgical des scolioses chez l'enfant.

Les complications potentielles en rapport avec le traitement par tige de distraction, peuvent aussi être liées aux diagnostics étiologiques très variés. En effet ces déformations vertébrales peuvent être idiopathiques ou être associées à des anomalies congénitales vertébrales, des dysplasies osseuses, des maladies du tissu conjonctif, ou des troubles neuromusculaires. La liste des étiologies est longue, chacune avec son propre génie évolutif. En outre les scolioses peuvent être associées à une lordose, ou une cyphose. Toutes ces variations dans l'étiologie et la déformation, influent sur le résultat et le taux de complications ^[134].

Dans une étude multicentrique du groupe international « Growing Spine Study Group (GSSG) » Bess et al ^[77] ont rapporté le taux de complications de 897 interventions de tige de croissance. Dans ce rapport le taux global de complications par procédure d'allongement était de 19%, 58% des patients avaient eu au moins une complication (moyenne de 1,2 complication par patient) et 60% de ces complications ont été gérées au moment de l'intervention de distraction déjà planifiée. L'analyse totale des complications, a démontré une diminution linéaire de la survie (taux de patients vivants sans complication) pour chaque opération effectuée. Ainsi, à la septième intervention, le risque de complication est estimé à 49 %, et à la 11^{ème} procédure, ce risque passe à 80%.

Dans notre étude, le taux de survie a été calculé selon la durée du traitement. Ce taux diminue également de façon linéaire. Le taux de complications est de 30% à 3 ans, atteint 46% à 5 ans, puis 68% à 6 ans. Ce qui démontre que le taux de complications chez ces patients, est fortement corrélé à la durée de traitement, donc au nombre de d'interventions de distraction requises au cours du traitement. Dans notre série, 15% des patients opérés ont moins de 5 ans d'âge, l'indication opératoire chez cette tranche d'âge a été retenue vu l'échec total du traitement orthopédique et l'absence d'une autre alternative.

En plus des complications physiques, ces enfants exposés à des traumatismes psychologiques multiples sont aussi plus susceptibles d'éprouver des symptômes graves du syndrome de stress post-traumatique (SSPT) et de dépression que ceux qui subissent une seule chirurgie ^[135]. En outre, d'un point de vue financier, plus de temps, de chirurgies, et de complications peut conduire à d'énormes coûts directs et indirects pour la famille des patients.

4.1. Complications générales

Dans les techniques de distraction, les chirurgies fréquentes augmentent le risque de complications générales, tels que des accidents liés à l'anesthésie, ou au cours de la période post-opératoire. Chez les enfants ayant une comorbidité qui menace le pronostic vital, ces complications peuvent imposer l'arrêt du traitement chirurgical.

Comme le traitement par tige de croissance nécessite des allongements répétés, les enfants opérés à un plus jeune âge sont susceptibles de subir plus d'interventions que les enfants traités initialement à un âge plus avancé, et par conséquent de subir plus de complications [136]. Bess et al. [77] ont rapporté une diminution de 13% du risque d'avoir une complication, pour chaque année de plus d'âge à la chirurgie initiale. Klemme et al [128] ont rapporté 45 complications dans un groupe de 67 enfants, dont un décès, lors d'un changement de tige sous musculaire. En effet, la tige a dévié de sa trajectoire au cours de sa mise en place, perforant le rétropéritoine et le thorax. Malgré ce taux élevé de complications, les auteurs ont estimé que la technique de Harrington sans fusion était la meilleure méthode de gestion dans ce groupe très complexe de patients.

4.2. Complications cutanées et infectieuses

Les chirurgies multiples à travers la même incision, rendent la peau sensible à l'infection et à d'autres problèmes cutanés. Ces complications peuvent influencer sur le résultat du traitement de manière significative en augmentant le nombre de chirurgies non planifiées pour le contrôle de l'infection. Le traitement de l'infection repose sur un lavage- débridement de la plaie associé à une antibiothérapie adaptée, le retrait des implants dans les infections profondes, ne doit être réalisé qu'en dernier recours.

Le taux d'infection concernant les montages à tige unique est relativement faible. Ainsi, Mineiro et Weinstein [66] ont rapporté une infection superficielle et une infection profonde dans une série de 11 patients. Dans sa série de 23 patients, Miladi [63] a eu 2 infections profondes. Concernant les montages à double tige, Akbarnia [68] a rapporté 4 infections superficielles et 2 infections profondes dans une revue de 23 patients. Dans une autre étude comparative et multicentrique portant sur les complications des tiges croissance, Bess et coll [77] ont rapporté 9 complications cutanées dans un groupe de 73 patients opérés par des tiges uniques, alors que dans le groupe de double tige, il en existe 21 sur les 70 patients opérés. Dans une étude très récente, portant sur les complications des tiges doubles dans les scolioses secondaires, Talbot et al [137] ont noté que 37% des complications étaient infectieuses. Nous pensons que ce taux élevé de complications infectieuses rapportées dans les montages à double tige est tout à fait logique, car poser deux tiges de croissance, fait courir deux fois plus de risque que d'en poser une seule.

Dans notre série de 80 patients, nous n'avons eu que 03 infections. Toutes les infections ont été traitées avec succès par un lavage débridement, sans avoir eu recours à l'ablation d'implants. Notre taux de complications infectieuses est plus faible que celui des études publiées, aussi bien pour les montages à tige unique que pour les montages à double tige. Nous pensons que l'abord chirurgical très limité, le placement de la tige en sous musculaire, ainsi que la configuration du montage qui ne contient pas de domino, diminueraient de façon significative le taux de complications cutanées et infectieuses.

4.3. Complications mécaniques

4.3.1. Désamarrage des crochets

C'est l'une des complications les plus redoutées dans ce type de chirurgie, car aucune méthode n'a pour le moment pu faire éviter cette complication. Les premières publications des montages en distraction rapportent un taux très élevé d'arrachage d'implants en proximal. Sur une série de 20 patients, Moe ^[138] rapporte des débricolages de crochets chez 05 patients (1 à 3 chacun), avec une fracture de lame chez 3 patients, dont une qui est survenue malgré une fusion au niveau du site de fixation. Des études ultérieures ont montré des taux inférieurs ^[65,68,139], Farooq ^[64] rapporte 10 désamarrages de crochets, et 6 débricolages de vis pédiculaires sur les 80 patients opérés. Dans l'étude de Akbarnia ^[68] portant sur 23 patients opérés par un montage à 2 tiges, il rapporte 02 défaillances de fixation proximale seulement.

Dans une étude comparant le montage à double tige au montage à tige unique, Thompson ^[129] ne rapporte aucun problème lié à l'ancrage proximal dans le groupe de double tige de 7 patients, alors qu'il en a trouvé 6 dans le groupe de 21 patients traités par un montage à tige unique, ce qui soutient davantage l'argument selon lequel une deuxième tige pourrait apporter une stabilité supplémentaire au montage comparée au montage à tige unique. Cependant, le nombre de patients étudiés reste faible.

Afin de diminuer les complications liées à l'ancrage et d'augmenter la résistance osseuse pour mieux supporter les contraintes de distraction, la plupart des auteurs recommandent d'effectuer une fusion limitée au niveau des sites de fixation des crochets et des vis pédiculaires ^[69-85-129]. Dans notre série, aucune fusion n'a été effectuée, et sur les 80 patients opérés, on a trouvé 9 désamarrages de crochets; Ce

taux est un peu plus élevé que ceux rapportés dans les séries des montages à double tige, mais reste très acceptable comparé aux montages à tige unique. En effet, la double fixation proximale augmente sensiblement la résistance du montage aux forces cyphosantes, surtout chez les patients hyper-cyphotiques, où nous avons eu le plus de désamarrages comparés aux autres groupes de patients normo et hypo-cyphotiques (5, 2, 2 respectivement).

En outre, La préparation par traction avant la chirurgie, a permis d'obtenir une correction maximale de la courbure, tout en évitant un stress excessif sur les sites d'ancrages, ce qui pourrait contribuer à minimiser les complications mécaniques au niveau de ces points de fixation.

4.3.2. Balayage des vis pédiculaires

Concernant la fixation distale, les vis pédiculaires ont nécessité une révision chez 13 patients. Il s'agissait à chaque fois d'un recul progressif des vis en arrière, mais qui restent bien dans le pédicule. Cette complication est vraisemblablement due à la croissance vertébrale ^[134], car avec le temps, le diamètre de la vis pédiculaire placée lors de la chirurgie initiale, devient petit par rapport à celui du pédicule, ce dernier ne cesse d'augmenter avec la croissance, rendant la prise distale des vis pédiculaires fragile. Sur ces 13 complications, il y a que 3 cas qui avaient nécessité une intervention chirurgicale non planifiée, pour les 10 autres patients, la révision chirurgicale a été effectuée au moment de l'allongement. Cette chirurgie est de réalisation facile, par le remplacement des « petites » vis débricolées par d'autres plus grande en diamètre et longueur.

4.3.3. Fracture de tige

Parmi les complications liées à l'implant, la fracture de tige reste la complication la plus fréquente. En effet, tous les montages en distraction entraînent un transfert des contraintes biomécaniques du segment rachidien mobile à la tige de croissance, celle-ci est alors soumise à un stress continu, responsable à la longue de sa fracture par fatigue. Ce qui est confirmé par le fait que le délai de survenue des fractures de tige est supérieur à 3 ans dans 80% des cas.

Dans une analyse de 322 patients à partir d'une base de données multicentrique, Yang ^[81] a rapporté 86 fractures de tige chez 46 patients, le risque de survenue d'une fracture de tige est estimé donc à 14 %. Selon cette étude, le risque était accru chez les patients avec un montage à tige unique, en cas d'antécédents de fracture, dans les tiges de petit diamètre et les tiges en acier inoxydable, et en cas de présence d'un connecteur. Le taux de fractures de tige n'avait pas de corrélation avec le degré de la courbure ou le type d'ancrage.

Malgré l'utilisation d'un corset en postopératoire, Farooq ^[64] rapporte 31 fractures de tige sur les 88 patients opérés, ce qui correspond à 35% des cas. Le risque de fracture était significativement plus élevé chez les patients ayant subi une fusion apicale, ceci a été expliqué par le fait que l'épiphysiodèse entraîne une rigidité de la colonne vertébrale, engendrant un stress supplémentaire entre la tige et la région fusionnée et la rendant plus sujette à la fracture. Dans l'étude de Mineiro, sur les 21 tiges utilisées, neuf fractures de tige ont été constatées (42%).

Sur les 23 fractures de tige observées dans notre étude, 11 fractures se sont produites chez des patients présentant une hypercyphose, alors que ce groupe de patients ne représente qu'un tiers de notre série. D'autres études confirment cette constatation, et classent l'hypercyphose thoracique, comme un facteur de risque majeur dans la survenue de complications mécaniques ^[140].

Avec le montage « H3S2 », bien que la plupart de patients n'aient pas porté de corset après la chirurgie, les 23 fractures de tige n'ont intéressé que 15 patients (18% des patients). De surcroît, le port du corset chez certains de nos malades, n'a pas empêché la survenue de cette complication car la fracture est survenue 2 fois chez 4 patients, et 3 fois chez 2 patients. Ce taux de fracture relativement bas comparé aux autres études, peut être expliqué par le fait que dans le montage que nous avons utilisé, la tige était de gros diamètre « 5,5 mm », et en titane donc assez solide pour supporter les contraintes, et par le fait que la réserve d'allongement est située au niveau distal, car la plupart des montages à tige unique décrits dans la littérature, utilisent deux tiges télescopiques reliées entre elles par un connecteur, ce qui constitue un point de rigidité accrue et exposant le montage à la rupture ^[81].

4.3.4. Cyphose jonctionnelle proximale

Cette complication est peu rapportée dans la littérature. Dans la série de Farooq de 88 patients, 2 cyphoses jonctionnelles ont été rapportées. Akbarnia ^[68] rapporte une seule sur les 23 patients opérés. Dans notre série, 5 cyphoses jonctionnelles proximales ont été observées.

Bien que 3 de ces cyphoses jonctionnelles sont survenues sur des cyphoses thoraciques, il n'y a pas de corrélation claire entre cette complication et le profil du dos, contrairement aux autres complications telles que les fractures de tiges et le désamarrage des crochets.

5. Le choix du montage

Pour notre étude nous avons choisi le montage « H3S2 » pour plusieurs raisons :

- Le montage « H3S2 » est en titane, ce matériau lui confère des propriétés biomécaniques très avantageuses (voir le chapitre théorique), n'entrave pas la pratique d'une imagerie par résonance magnétique (IRM) en cas de besoin.
- La pose de la tige n'est pas très difficile. L'intervention se fait par un abord peu agressif, dure 85 mn en moyenne, et ne provoquant pas de saignement.
- L'hospitalisation est de courte durée (3 jours en moyenne).
- Le coût du montage « H3S2 » ne dépasse pas 100 000 Da, ce qui est très avantageux comparé aux autres types de montage, comme le VEPTR qui coûte 11 900 euros, et la tige Magec dont le prix dépasse 19 400 euros.

CHAPITRE V :

RECOMMANDATIONS

Sur la base de notre étude et après une recherche bibliographique portant sur les différentes techniques de distraction, nous suggérons quelques recommandations, afin d'améliorer la prise en charge chirurgicale des EOS, et réduire le taux de complications.

Compte tenu du nombre important d'interventions nécessaires, la mise en place des tiges doit être retardée le plus longtemps possible par le traitement orthopédique, puisque le taux de survie de nos patients opérés, diminue considérablement avec le temps, et chaque année d'attente réduit le taux global de complications de 13 %.

Afin d'éviter la fusion spontanée du rachis, la dissection sous-périostée lors de la mise en place des tiges, doit être évitée. Les tiges doivent être placées en intramusculaire, sous le fascia superficiel, pour limiter les conflits cutanés.

L'association d'une hémi-épiphysiodèse convexe est un geste chirurgical inutile, car n'a apporté aucune amélioration significative à la correction des déformations. Il est même proscrit par certains, puisque à l'origine de nombreuses complications mécaniques.

L'hypercyphose thoracique, retrouvée chez 30 % des patients, représente un facteur de risque majeur d'échec mécanique, puisqu'elle multiplie par 2 le risque global de complications au cours du traitement, raison pour laquelle nous proposons d'utiliser, en cas de cyphoscoliose, un montage à deux tiges, afin d'améliorer la solidité de l'ancrage proximal, et réduire les fractures de tige.

Le montage à 2 tiges, est également conseillé dans les scolioses syndromiques et neurologiques, car ce sont les étiologies les plus pourvoyeuses de complications.

Nous recommandons également, la préparation des patients par une traction préopératoire. Ce geste est bénéfique, car permet d'assouplir la déformation et par là même, gagner le maximum de correction. Quant à la traction peropératoire, elle permet de poser le montage sur une colonne préalablement allongée, et surtout bien équilibrée.

L'indication chirurgicale doit être murement réfléchi, ce traitement est lourd et long, aussi bien pour les enfants que pour leurs parents, ajouté à cela le risque non négligeable de complications. Pour toutes ces raisons, nous recommandons de ne retenir l'indication opératoire qu'en cas d'échec du traitement orthopédique.

Enfin, il faut faire très attention aux malades perdus de vue. En effet, laisser une tige, sur une colonne vertébrale en pleine croissance sans pouvoir l'allonger, peut créer un phénomène de vilebrequin et aggraver davantage la situation. Pour cela nous recommandons de noter sur chaque dossier de malade, au moins 2 numéros de téléphone, et l'adresse exacte du domicile, afin de pouvoir les contacter en cas de non présentation au rendez-vous.

CHAPITRE VI :

CONCLUSION

Le traitement conservateur, est le meilleur moyen pour corriger une scoliose progressive chez l'enfant, mais quand la déformation est évolutive malgré un traitement orthopédique bien conduit, le traitement chirurgical est souvent indiqué.

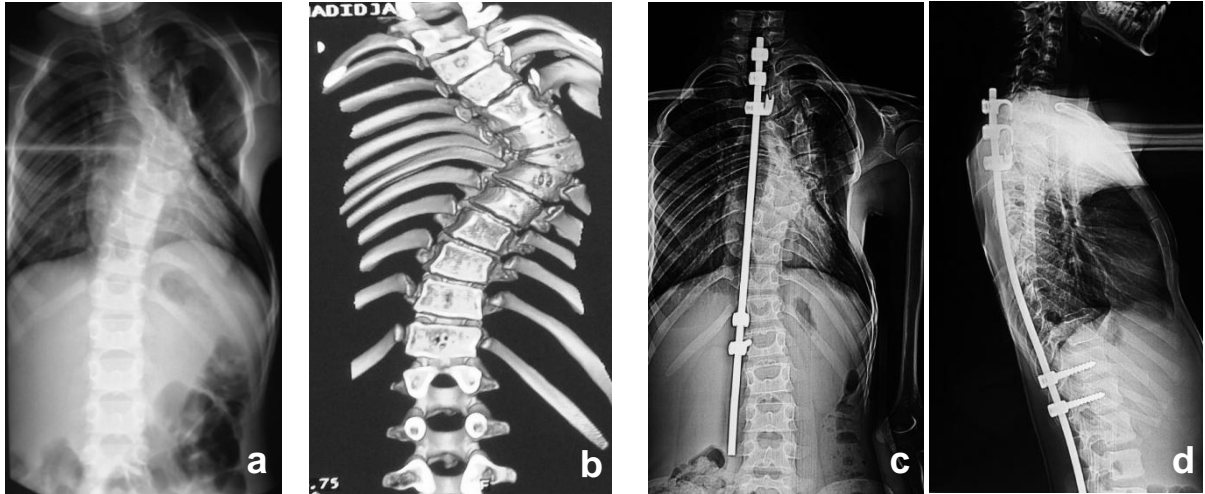
La technique « H3S2 » est une méthode sûre et efficace dans le maintien de la correction de la scoliose tout en permettant à la colonne vertébrale de poursuivre sa croissance. Cependant, ce traitement est long, les interventions sont nombreuses, et le risque de survenue de complications n'est pas négligeable.

Le traitement des scoliose à début précoce, reste un défi aussi bien pour les chirurgiens que pour les familles. Il requiert un engagement à long terme pour les deux, oblige le chirurgien à choisir soigneusement ses patients. Les parents doivent être bien conscients des efforts requis pour participer à ce type de traitement, les avantages, les risques potentiels et les complications possibles. Pour toutes ces raisons, cette technique ne doit être utilisée qu'après avoir épuisé toutes les possibilités du traitement orthopédique.

Si l'on considère que la tige « H3S2 » comme un corset interne ayant pu maintenir la correction jusqu'à la maturité du squelette, et vu la rigidité de la colonne vertébrale qu'elle entraîne, il est peut être possible de laisser le montage en place sans effectuer une arthrodèse vertébrale définitive, ce qui permettrait de faire éviter aux patients une chirurgie lourde et hémorragique. Quelques études sont en cours et un suivi à long terme des scoliose non arthrodésées volontairement, nous le dira.

Les nouvelles technologies, telles que MCGR (tiges magnétiques), ont réduit considérablement le nombre de chirurgies, les allongements sont effectués en ambulatoire de manière non invasive, ce qui permet de diminuer le risque anesthésique, les conséquences psychologiques et l'absentéisme scolaire.

CAS CLINIQUES



Cas clinique N°1 : B.K. 09 ans, scoliose dorsale gauche sur une malformation spondylo-costale.

(a) - Rx préopératoire de face, angle de Cobb à 70°.

(b) - TDM aspect cunéiforme des vertèbres, Avec agénésie costale.

(c) (d) - Rx après la pose de la tige, angle de Cobb = 54°.

(e) (f) - Rx 4a+2m après la pose, angle de Cobb = 56°. Désamarrage de crochets.

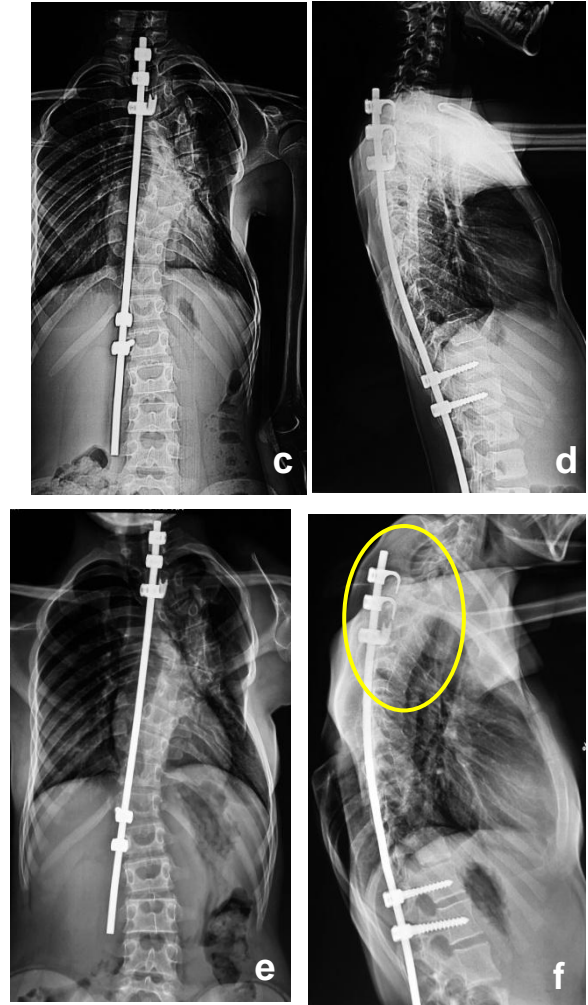


Photo avant la pose de la tige



Photo au dernier recul



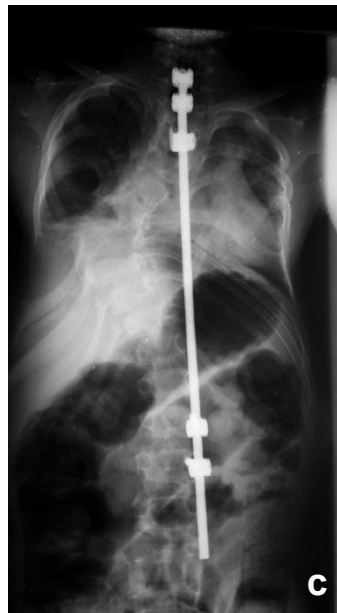
Cas clinique N° 2 : A.Y.6 ans, scoliose dorsale droite malformative.

(a)- Rx préopératoire, angle de Cobb à 95°,
Translation droite +++

(b)- TDM : (dysplasie spondylo-costale).

(c) (d) - Rx après mise en place de la tige,
angle de Cobb à 65°.

(e) (f)- Rx à 4a +5m de la pose de la tige,
angle de Cobb à 69°.





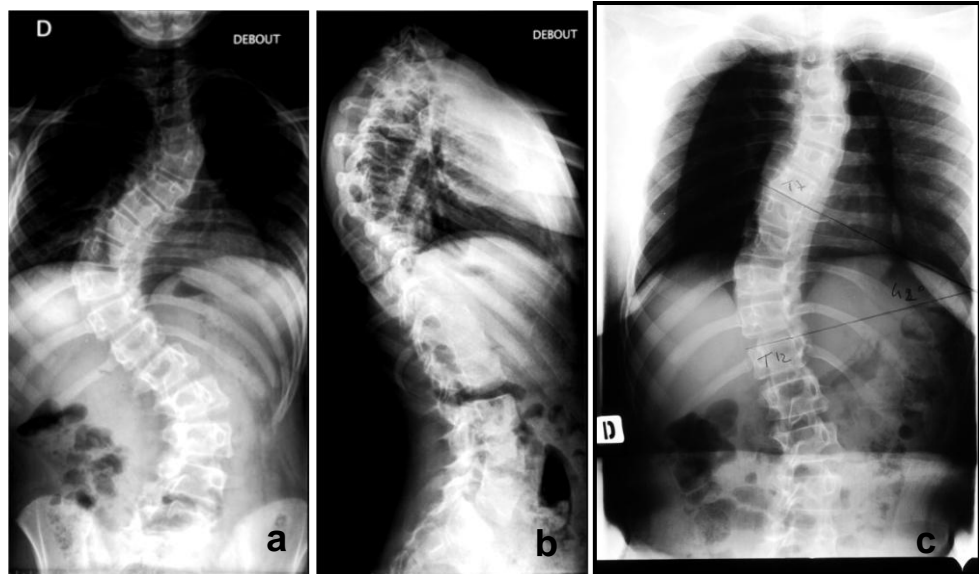
Photos avant la pose de la tige



Photos après la pose de la tige



Photos au dernier recul



Cas clinique N°3 : J.A. fille de 10 ans, présente une scoliose évolutive, double majeure à prédominance thoracique droite, découverte à l'âge de 6 ans, et traitée par corset depuis 3 ans. Indication d'un plâtre de détraction de 6 semaines puis pose d'une tige « H3S2 ».

(a) (b)- Rx initiales, Cobb thoracique = 90°, Cobb lombaire= 50°.

(c)- Rx après 6 semaines de plâtre de détraction, Cobb thoracique= 45°, Cobb lombaire= 35°.

(d)- Rx après la pose de la tige, Cobb = 42°.

(e)(f)- Rx après arthrodèse vertébrale.

3a + 3m après la pose de la tige, Cobb =23°.

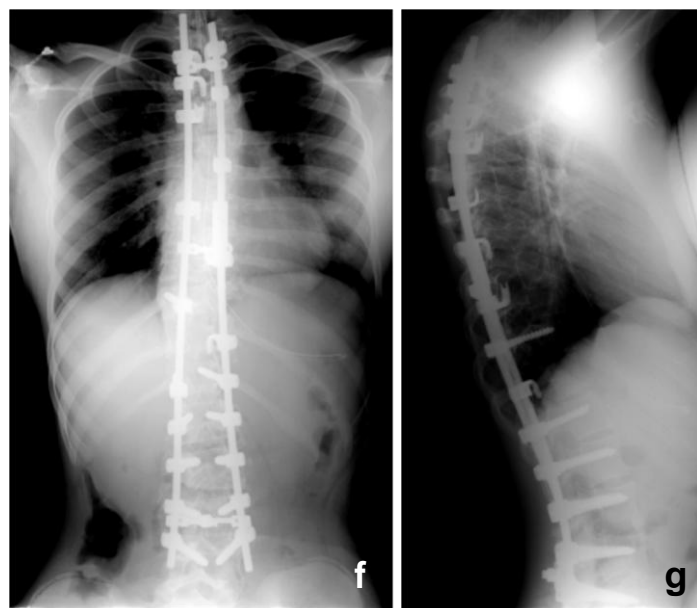
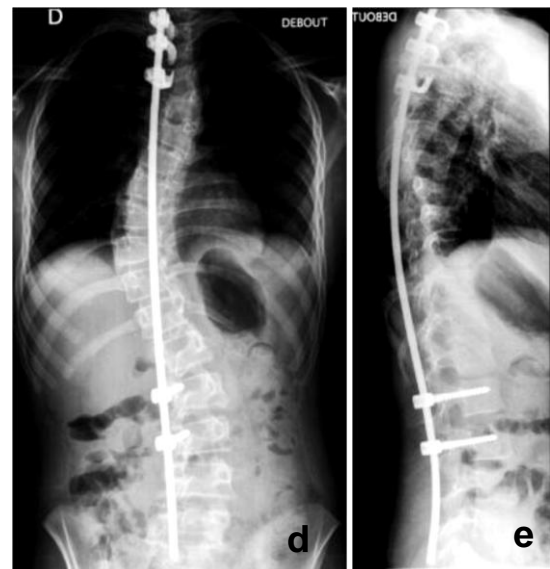
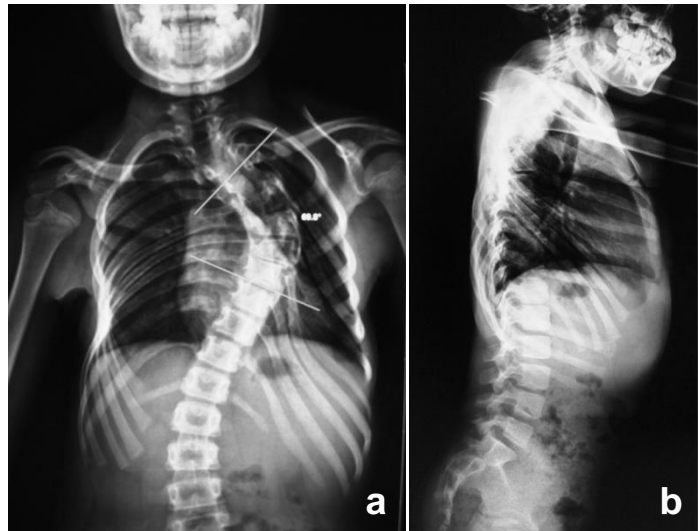




Photo avant le traitement



*Photo à la fin du traitement
Après arthrodèse vertébrale postérieure*

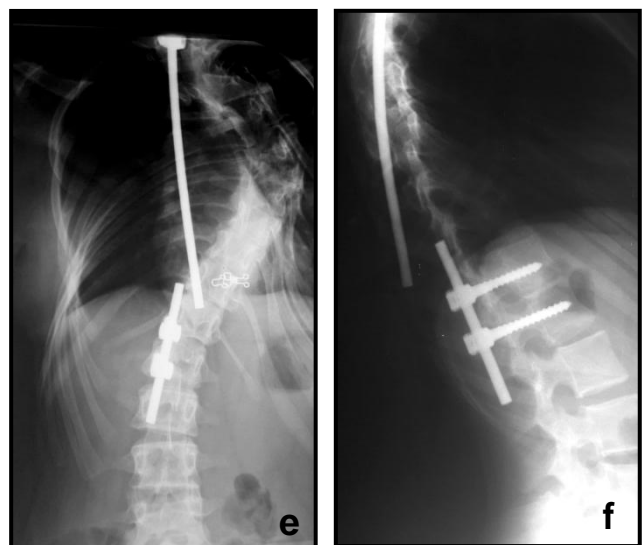
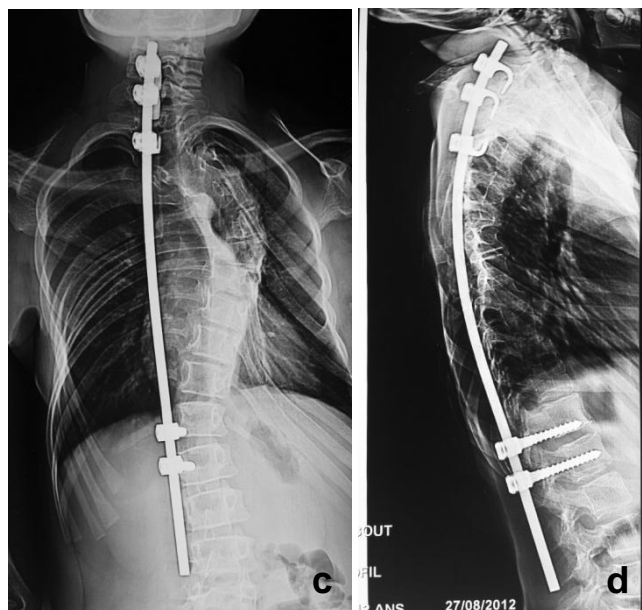


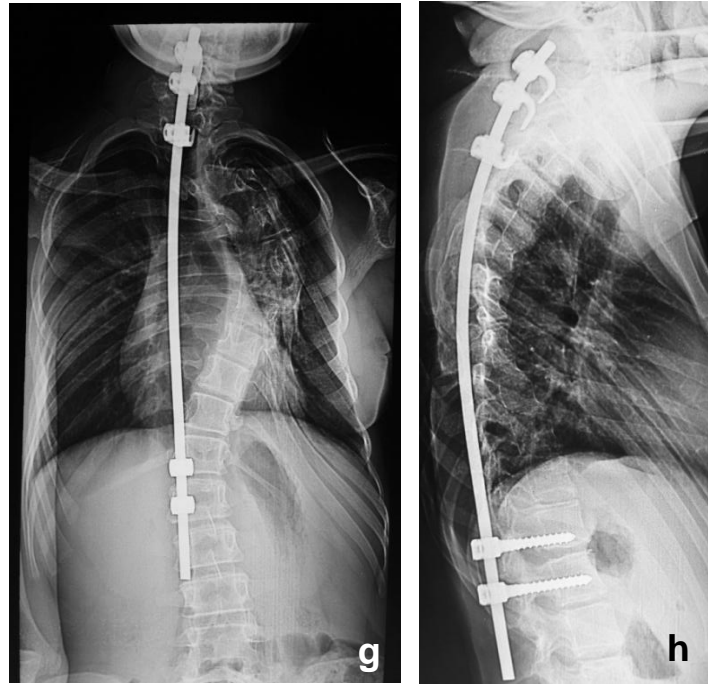
Cas clinique N° 4 : B.M. fille de 9 ans, scoliose dorsale gauche malformative, associée à une synostose costale, traction au lit pendant 15 jours suivie d'une chirurgie par tige de croissance « H3S2 ».

(a) (b)- Rx préopératoire, Cobb = 70°.

(c) (d)- Rx post opératoire, Cobb = 60°.

(e) (f)- fracture de tige, 3 ans après la pose.





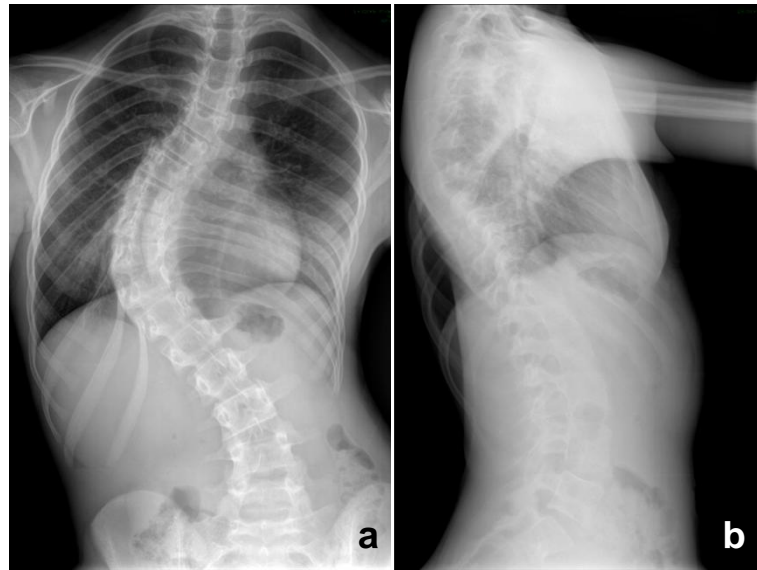
(g) (h)- Rx au dernier recul 6 ans après la pose. Cobb = 60°.



Avant la chirurgie



**Au dernier recul
6 ans après la pose de la tige**

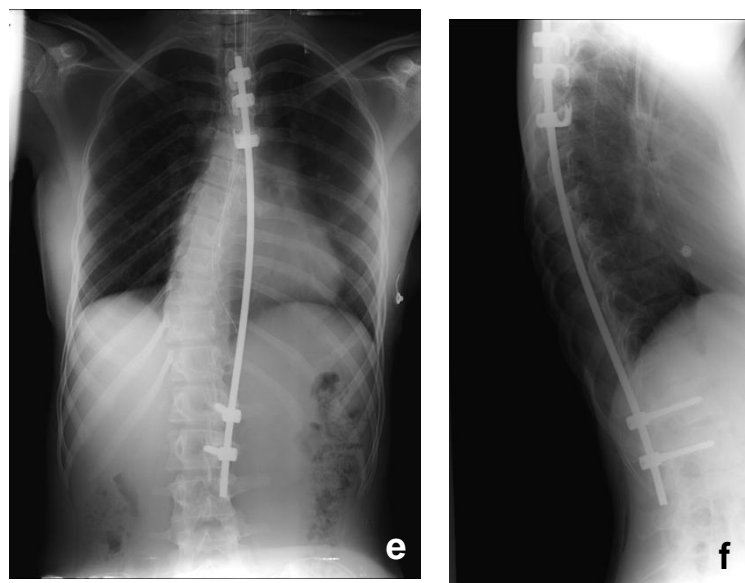
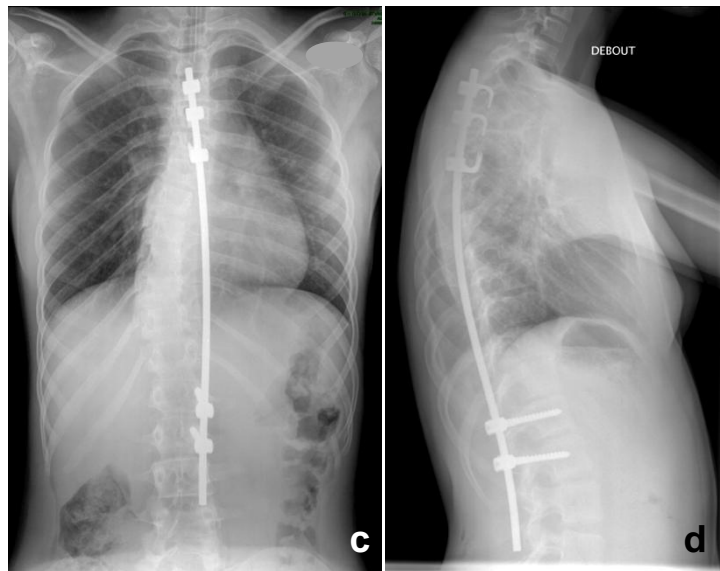


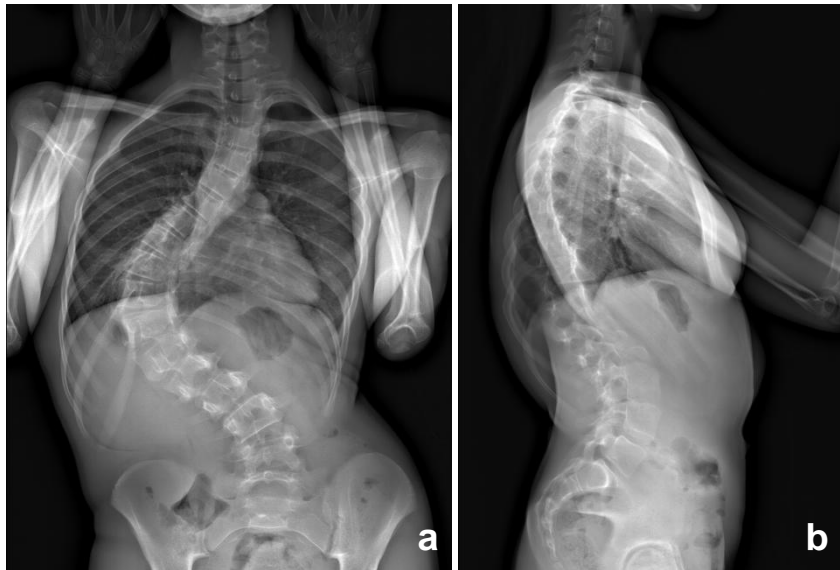
Cas clinique N°5 : G.N. fille de 9 ans et demi, présente une scoliose dorsale droite idiopathique, évolutive malgré le port régulier de son corset. Indication d'une chirurgie de distraction après traction au lit de 3 semaines. Patiente en cours de traitement, ayant bénéficié de 3 allongements, absence de complications.

(a) (b)- Rx préopératoire, Cobb = 85°.

(c) (d)- Rx après la pose de la tige, Cobb =25°.

(e) (f)- Rx au dernier recul, 2 ans 9 mois

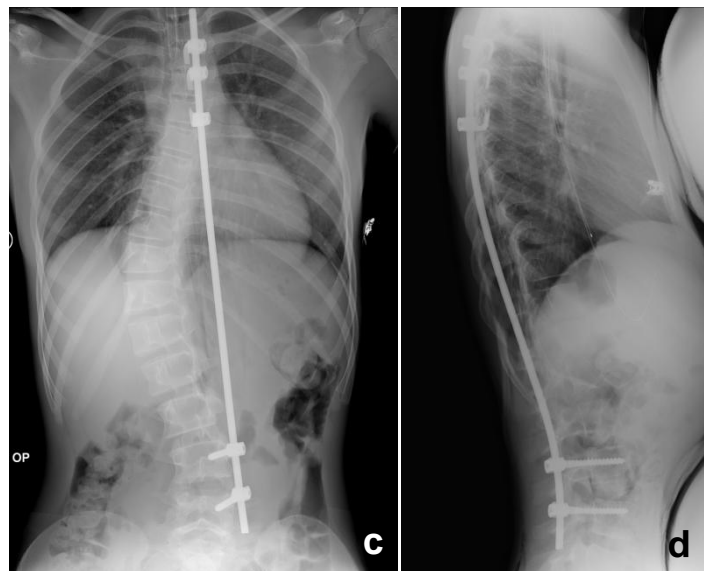




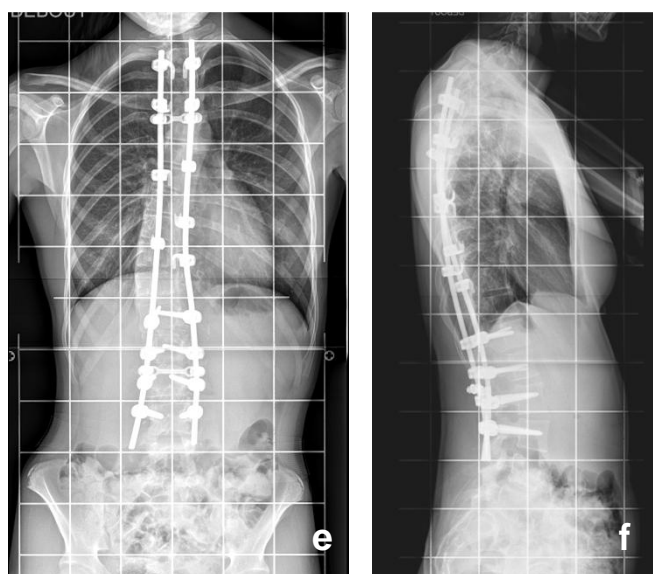
Cas clinique N°6 : L.A. fille de 11 ans, scoliose thoraco-lombaire droite idiopathique, à évolution rapide, petite taille, Risser 0, décision d'une traction au lit de 3 semaines, suivie de pose d'une tige de croissance «H3S2». l'enfant a bénéficié de 3 allongements de tige, puis une arthrodèse vertébrale postérieure, absence de complications.

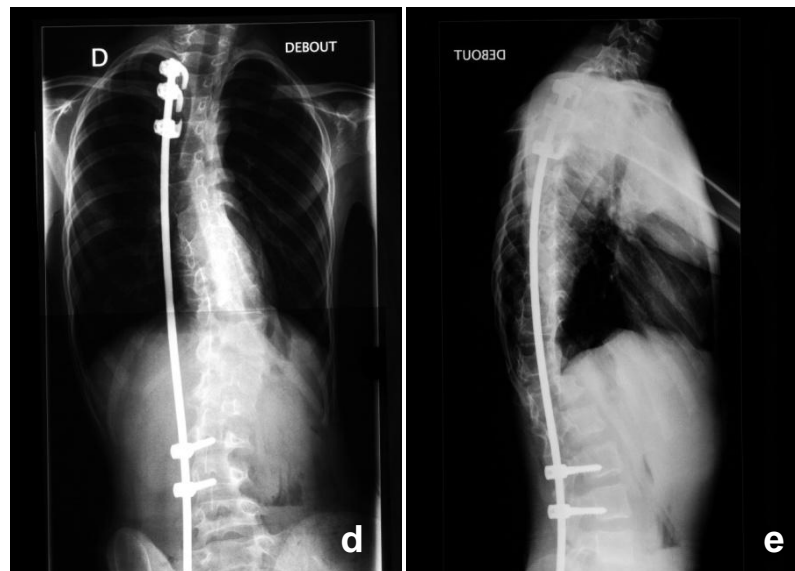
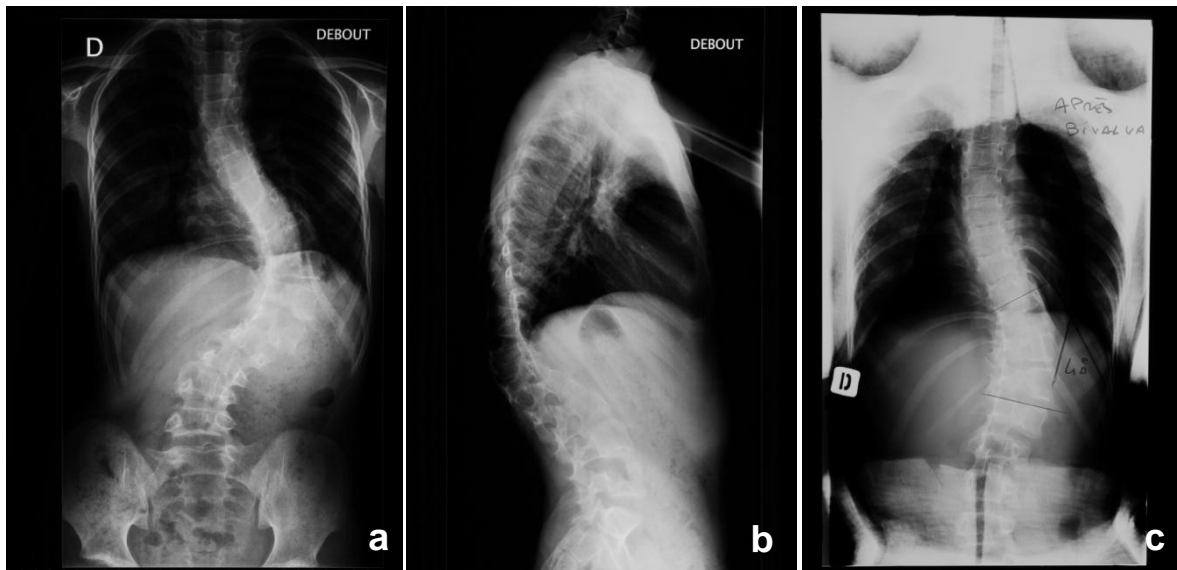
(a) (b)- Rx préopératoire, Cobb =93°

(c) (d)- Rx après pose de la tige, Cobb =35°.



(e) (f)- Rx après arthrodèse vertébrale postérieure, 2 ans 8 mois après la pose de la tige. Cobb=20°.





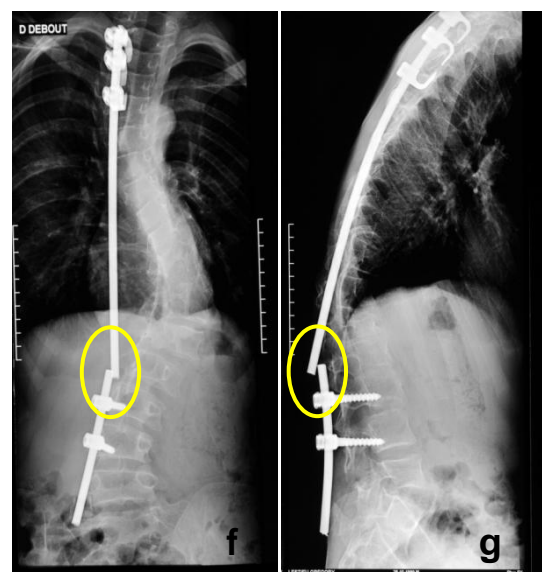
Cas clinique N°7 : L..G. âgé de 8 ans et demi, présente une scoliose thoraco-lombaire gauche infantile, très évolutive, il a bénéficié d'une chirurgie sans greffe par tige « H3S2 » après préparation par plâtre de détraction pendant 30 jours.

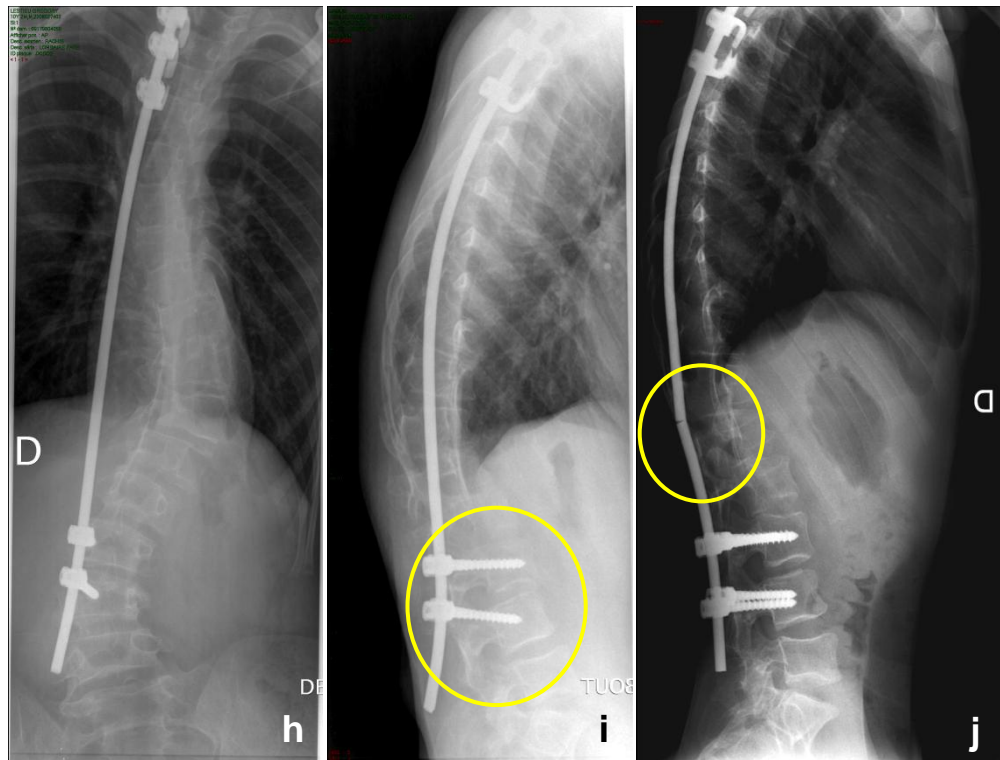
(a) (b)- Rx préopératoire, Cobb = 80°.

(c)- Rx avec plâtre de détraction au 30^{ème} jour, Cobb = 40°.

(d) (e)- Rx après la pose de la tige, Cobb = 40°

(f) (g)- Rx à 1 an après la pose montrant une fracture de la tige.

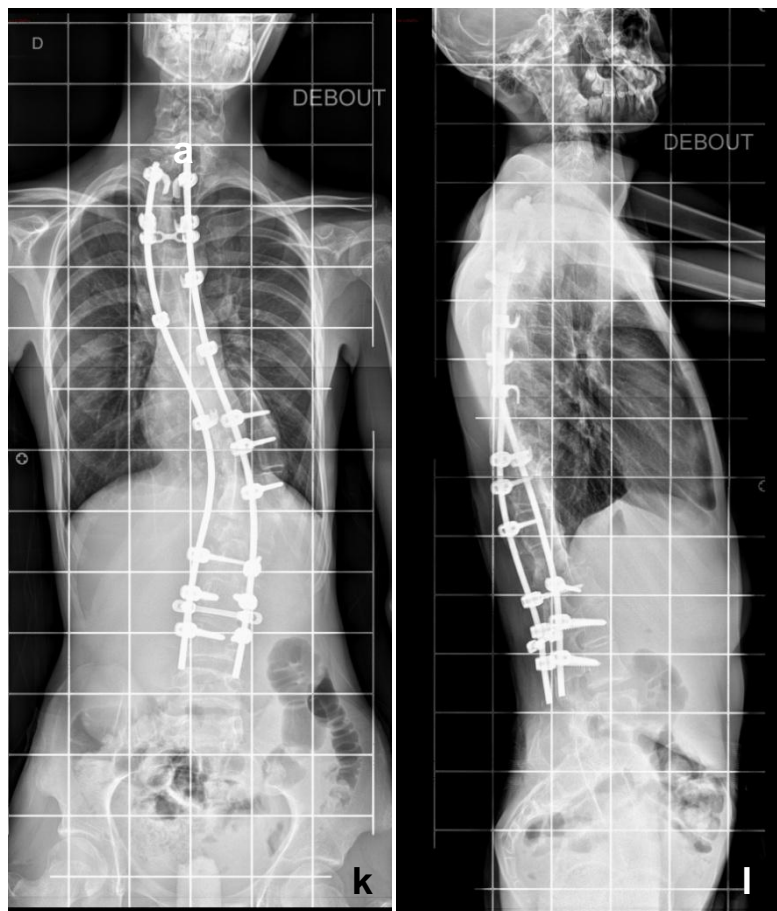




(h) (i)- Rx à 1 an 6 mois après la pose, montrant un balayage des vis.

(j)- Rx à 3 ans après la pose montrant une nouvelle fracture de tige.

(k) (l)- Rx après arthrodèse vertébrale, réalisée 6 ans après la mise en place de la tige.



ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'étude

- Nom
- Prénom
- Date de naissance
- Sexe
- N° de dossier
- Taille (debout-assise)
- poids
- Etiologie
 - Idiopathique
 - Malformative
 - Neuro-musculaire
 - Syndromique
 - Autres
- Age de découverte
- Découverte
 - parentale
 - scolaire
 - autre
- Siège de la scoliose
 - Dorsale
 - lombaire
 - Dorsolombaire
 - double majeure (thoracique et lombaire)
- Coté
 - Droit
 - Gauche
 - Symétrique
- Profil du dos
 - Cyphose
 - Normal
 - Plat

- Creux
- Gibbosité en cm
- Déséquilibre frontal en cm
- Raccourcissement des membres inférieures en cm
- Test de Risser (à la pose de la tige)
- EFR
- Prise en charge thérapeutique initiale (service de rééducation)
- Traitement orthopédique initial
- Nombre de plâtres

Angle de Cobb

- Angle de Cobb la découverte de la scoliose

- A la pose du matériel
 - angle de Cobb Avant
 - angle de Cobb après

- A la première distraction
 - angle de Cobb avant
 - angle de Cobb après

- A la 2^{ème} distraction
 - angle de Cobb avant
 - angle de Cobb après

- A la 3^{ème} distraction
 - angle de Cobb avant
 - angle de Cobb après

- A la 4^{ème} distraction
 - angle de Cobb avant
 - angle de Cobb après

- A la 5^{ème} distraction
 - angle de Cobb avant
 - angle de Cobb après

- A la 6^{ème} distraction
 - angle de Cobb avant
 - angle de Cobb après

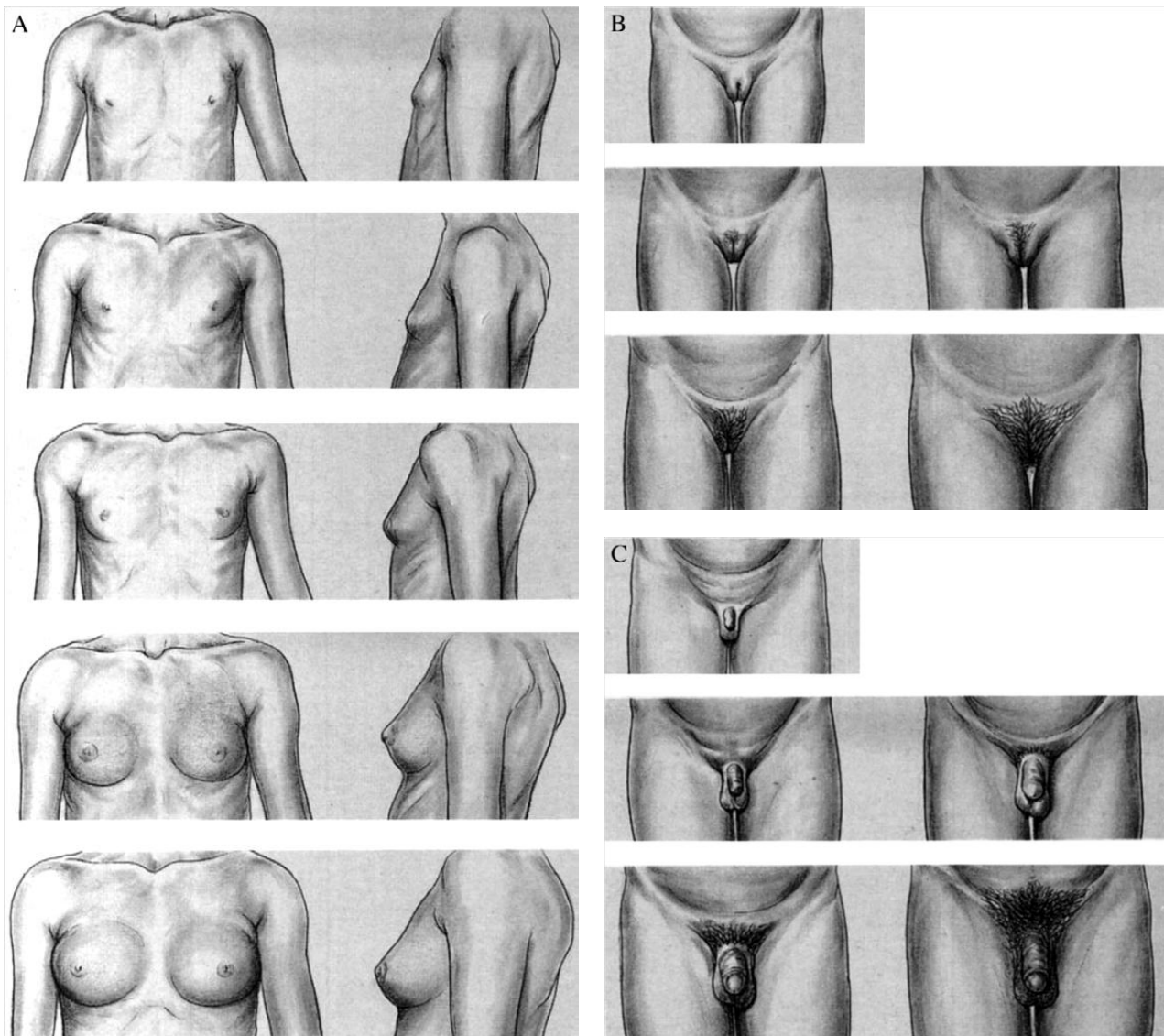
- **Intervention de pose**
 - durée de l'intervention
 - durée d'hospitalisation
 - la date de l'intervention

- **Gestes associés**
 - traction pré-opératoire : type et durée
 - plâtre pré-opératoire
 - épiphysiodèse convexe

- **Recul**

- **Complications**
 - Décès
 - Hématome
 - Désunion cutanée
 - Infection
 - Trouble neurologique
 - Fracture de tige
 - Balayage de vis
 - Désamarrage de crochets

Annexe 2 : Stades de maturation sexuelle (d'après Tanner)^[34]



A. Développement mammaire.

Stade 1 : Préadolescence. Il n'y a qu'une saillie de la papille.

Stade 2 : Bourgeon mammaire. Le sein et la papille se soulèvent légèrement, le diamètre de l'aréole augmente.

Stade 3 : L'élargissement et la saillie du sein et de l'aréole s'accroissent, mais leurs contours ne sont pas distincts.

Stade 4 : Projection en avant de l'aréole et de la papille qui forment une saillie en avant de celle du sein.

Stade 5 : Maturité. Seule la papille fait saillie, l'aréole se confond avec le contour général du sein.

B. Développement des poils pubiens chez la fille (b) et chez le garçon (c).

Stade 1 : Préadolescence. Le duvet pubien n'est pas plus développé que celui de l'abdomen, pas de pilosité pubienne.

Stade 2 : présence de quelques poils épars, longs, duveteux, légèrement pigmentés, droits ou à peine bouclés, qui apparaissent surtout à la base du pénis, et le long des grandes lèvres.

Stade 3 : poils beaucoup plus denses, plus épais et plus bouclés, ils s'étendent très peu au-delà de la symphyse pubienne.

Stade 4 : aspect ressemblant à la pilosité de l'adulte, mais la zone pilleuse est beaucoup moins étendue, pas d'extension sur les cuisses.

Stade 5 : aspect adulte en localisation et en quantité, avec topographie horizontale (de type féminin). Extension vers les cuisses mais pas vers la ligne blanche. Ne déborde pas la base de la surface pubienne.

C. Développement des organes génitaux externes chez le garçon.

Stade 1 : préadolescence. Les testicules, le scrotum et le pénis ont à peu près la même la taille et les mêmes proportions que dans l'enfance.

Stade 2 : augmentation du scrotum et des testicules. La peau du scrotum rougit et change de texture. Peu ou pas d'augmentation de volume du pénis.

Stade 3 : augmentation du pénis, portant d'abord sur sa longueur. Les testicules et le scrotum continuent à augmenter.

Stade 4 : élargissement du pénis, développement du gland. Les testicules et le scrotum continuent à croître, la coloration de la peau du scrotum devient plus foncée.

Stade 5 : organe génitaux adulte en forme et en taille.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- Williams BA, Matsumoto H, McCalla DJ, et al. Development and initial validation of the classification of early-onset scoliosis (C-EOS). *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:1359-67.
- 2- El-Hawary, R, Akbarnia B. A. Early Onset Scoliosis - Time for Consensus. *Spine Deform* 2015;3 :105-106
- 3- Davies G, Reid L. Effect of scoliosis on growth of alveoli and pulmonary arteries on the right ventricle. *Arch Dis child* 1971; 46:623-32.
- 4- Guillaumat M. Scoliose idiopathique de l'enfant et de l'adulte jeune. *Rev Rhum* 2004;71:145-159.
- 5- Khouri N, Vialle R, Mary P, Biot B. Scoliose idiopathique en période de croissance. Indications et programmes thérapeutiques. *Encycl Med Chir (Elsevier, Paris), Rhumato-orthopedie* 2004;1:45-63.
- 6- Weinstein SL. Adolescent idiopathic scoliosis : prevalence and natural history. *Instr course Lect* 1989;38:115-28.
- 7- Guillaumat M, Khouri N, Tassin JL, Lebard JP. Scoliose idiopathique en période de croissance. *Encycl Med Chir (Elsevier, Paris), Pédiatrie*, 15-874-A-10, 1991:1-18.
- 8- Kaced H, Belabassi H. School Screening for Scoliosis in Algiers. Results of a survey conducted in 1995-1996. Congrès SOSORT, May 21-23, 2009. Lyon, France.
- 9- Cotrel Y. les types de scolioses. *J Kinésithér* 1959;7:2-12.
- 10- Mehta MH. Growth as a corrective force in the early treatment of progressive infantile scoliosis. *J Bone Joint Surg [Br]* 2005; 87:1237-47.
- 11- Kouwenhoven JW, Castelein RM. The pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: review of the literature. *Spine* 2008;33:2898-908.
- 12- De Seze M, Cugy E. Pathogenesis of idiopathic scoliosis: A review. *Ann Phys Rehabil Med* 2012;55:128-138.
- 13- Andersen MO, Thomsen K, Kyvik KO. Adolescent idiopathic scoliosis in twins: a population-based survey. *Spine* 2007; 32:927-30.
- 14- Weiss HR. Idiopathic scoliosis: how much of a genetic disorder? Report of five pairs of monozygotic twins. *Dev Neuro rehabil* 2007;10:67-73.
- 15- Lionel F. Biomécanique de la déformation scoliotique. *Kinesither Rev* 2006; 52:16-8.
- 16- Thillard MJ. Vertebral column deformities following epiphysectomie in the chick. *C R Hebd Seances Acad Sci* 1959; 248:1238-40.
- 17- Machida M, Dubousset J, Satoh T, and al. Pathologic mechanism of experimental scoliosis in pinealectomized chickens. *Spine* 2001;26:385-91.

- 18- Cheng J.C., Guo X., Sher A.H., Chan Y.L., Metreweli C. Correlation between curve severity, somatosensory evoked potentials, and magnetic resonance imaging in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 199;24:1679-84.
- 19- Guo X, Chau WW, Hui-Chan CW, and al. Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatsensory function. *Spine* 2006; 31:437-40.
- 20- Wang S, Qiu Y, Zhu Z, and al. Histomorphological study of the spinal growth plates form the convex side and the concave side in adolescent idiopathic scoliosis. *J Orthop Surg* 2007; 2:19.
- 21- Castro FP. Adolescent idiopathic scoliosis, bracing, and the Hueter-Volkman principle. *Spine J* 2003;3:180-5.
- 22- Lechevallier J, Foulongne E, Goldenberg A, Abuamara S, Sucato D. les déformations rachidiennes de la neurofibromatose type 1. *Archi Pédiatrie* 2008;15:731-733.
- 23- Guillaumat M,Khouri N, Tassin J.L, Lebard J.P. Scolioses secondaires. *Encycl Med Chir (Elsevier, Paris), Appareil locomoteur, 15-877-A-10,1991.*
- 24- Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng* 1992;20:451-462.
- 25- Perdriolle R. La scoliose. Son étude tridimensionnelle. Paris: Maloine; 1979.
- 26- Jones RS, Kennedy JD, Hasham F, and al. Mechanical inefficiency of the thoracic cate in scoliosis. *Thorax* 1981;36:456-561.
- 27- Pehrsson K, Larsson S, Oden A, and al. Long term follow up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality and causes of death and symptoms. *Spine* 1992; 17(9):1091-6.
- 28- Dimeglio A. Growth in pediatric orthopedics. Philadelphia. *J Pediatr Orthop.* 2001; 21(4):549-55.
- 29- Karol LA, Johnston C, Mladenov K, Schochet P, Walters P, Browne RH. Pulmonary function following early thoracic fusion in non-neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg [Am]* 2008; 90(6):1272-81.
- 30- Duval-Beaupère G, Dubousset J, Queneau P, Grossiord A. A unique theory on the course of scoliosis. *Presse Méd* 1970;78:1141-1146.
- 31- Stagnara P., Queneau P. Scolioses évolutives en période de croissance. *Rev Chir Orthop* 1953 ;39 : 378-449.
- 32- Perdriolle R., Vidal J. Thoracic idiopathic scoliosis curve. Evolution and prognosis. *Spine* 1985; 9: 785-91.
- 33- Morin C. Scolioses infantiles et juvéniles - classification et formes évolutives. In: Berard J, Kohler R. *Scoliose idiopathique. GEOP : Sauramps ; 1997; 131-42.*
- 34- Tanner JM. Growth at adolescence. Oxford :Blackwell Scientific Publication, 1962.

- 35- Cobb J. Outline for study of scoliosis. Instructional course lecture. AAOS 1948;5:261-275.
- 36- Nash C, Moe J. A study of vertebral rotation. J Bone Joint Surg [Am] 1969;51:223–228.
- 37- Diard F, Chateil JF, Hauger O, Moinard M, Ducou-Lepointe H. Imagerie des scolioses de l'enfant et de l'adolescent. J Radiol 2002 ,83;1117-1139.
- 38- Khouri N, Vialla R, Mary P, Marty C. Scoliose idiopathique. Stratégie diagnostique, physiopathologie et analyse de la déformation. Encycl Med Chir (Elsevier,paris), Rhumatologie Orthopédie 15-873, 2004 :17–44.
- 39- Mallet JF, Bronfen C, Geffard B. Indications du traitement chirurgical des scolioses de l'enfant et de l'adolescent. Journal de pédiatrie et de puériculture 2004;17(7):358–365.
- 40- Dede O, Sturm F. P, A brief history and review of modern casting techniques in early onset scoliosis. J Child Orthop 2016;10:405–411.
- 41- Gussous Y.M, Tarima S, Zhao S, Khan S, Caudill A, Sturm P, Hammerberg K. Y. Serial Derotational Casting in Idiopathic and Non-Idiopathic Progressive Early-Onset Scoliosis. Spine Deform 2015; 3: 233-238.
- 42- Baulesh DM, Huh J, Judkins T, Garg S, Miller NH, Erickson MA. The role of serial casting in early-onset scoliosis (EOS). J Pediatr Orthop. 2012; 32:658-63.
- 43- Morillon S, Thumerelle C, Cuisset JM and al. Effect of thoracic bracing on lung function in children with neuromuscular disease. Ann Readapt Med Phys 2007; 50: 645–50.
- 44- Evarts CM. The cast syndrome. Report of a case after spinal fusion for scoliosis. Clin Orthop Relat Res. 1971; 75:164-6.
- 45- Badlani N, Korenblit A, Hammerberg K. Subclavian vein thrombosis after application of body cast. J Pediatr Orthop. 2013;33:1-3.
- 46- Johnston CE, McClung AM, Thompson GH, Poe-Kochert C, Sanders JO. Comparison of growing rod vs. cast treatment for early-onset scoliosis. In: Actas del, 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting. 2012: 71.
- 47- Laidi S. Les scolioses infantiles: Problèmes de physiopathologie et de traitement [Thèse]. Algérie: Université d'Alger; 1982. 104 p.
- 48- Sink EL, Karol LA, Sanders J, Birch JG, Johnston CE, Herring JA. Efficacy of perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis in children. J Pediatr Orthop. 2001; 21:519-24.
- 49- D'Astous JL, Sanders JO. Casting and traction treatment methods for scoliosis. Orthop Clin North Am 2007; 38:477-484.
- 50- Cunin V. Early-onset scoliosis – Current treatment. Orthop Traumatol Surg Res 2015; 101:109-118.

- 51- Odent T, Ilharreborde B, Miladi L, Khouri N, Violas P, Ouellet J, Cunin V, and al. Fusionless surgery in early-onset scoliosis, *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101:281–288.
- 52- Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H, The crankshaft phenomenon, *J pediatri orthop* 1989;9:541-50.
- 53- Roberto R, lonstein J, Winter RB, and al. Curve progression in Risser stage 0 or 1 patient after posterior spinal fusion for idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* 1997; 17:718-25.
- 54- Goldberg C, Gillic I, Connaughton O, and al. Respiratory function and cosmesis at maturity in infantile-onset scoliosis. *Spine* 2003; 28:2397–406.
- 55- Taibi L. Les scolioses congénitales [Thèse]. Algérie : Université d'Alger; 183 p.
- 56- Campbell JRM, Smith MD, Mayes TC, Mangos JA, Willey-Courand DB, Kose N, and al. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg [Am]* 2003; 85: 399-408.
- 57- Vitale MG, Matsumoto H, Bye MR, Gomez JA, Booker WA, Hyman JE, et al. A retrospective cohort study of pulmonary function, radiographic measures, and quality of life in children with congenital scoliosis: an evaluation of patient outcomes after early spinal fusion. *Spine* 2008;33(11):1242-9.
- 58- Williams BA, Asghar J, Matsumoto H, Flynn JM, Roye Jr DP, Vitale MG. More experienced surgeons less likely to fuse: a focus group review of 315 hypothetical EOS cases. *J Pediatr Orthop* 2013;33:68-74.
- 59- Skaggs DL, Akbarnia B, Flynn J, Myung K, Sponseller P, Vitale MG. A classification of growth friendly spine implants. *J Pediatr Orthop* 2014; 34: 260–74.
- 60- Harrington PR. Treatment of scoliosis: Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg [AM]* 1962;44:591-610.
- 61- Moe JH, Cummine J, Winter RB, and al. Harrington instrumentation without fusion combined with the Milwaukee brace for difficult scoliosis problems in young children. *Scoliosis Research Society, Cambridge, MA, 1978.*
- 62- Marchetti PG, Faldini A “End fusions” in the treatment of some progressive scoliosis in childhood or early adolescence. *Orthop Trans.*1978;2:271.
- 63- Miladi L, Journe A, Mousny M. H3S2 (3 hooks, 2 screws) construct: a simple growing rod technique for early onset scoliosis. *Eur Spine J* 2013; 22 Suppl 2:96-105.
- 64- Farooq N, Garrido E, Altaf F, and al. Minimizing complications with single submuscular growing rods: a review of technique and results on 88 patients with minimum two-year follow-up. *Spine* 2010;35(25):2252-2258.
- 65- Blakemore LC, Scoles PV, Poe-Kochert C, and al. Submuscular Isola rod with or without limited apical fusion in the management of severe spinal deformities in young children: preliminary report. *Spine* 2001; 26:2044–8.

- 66- Mineiro J, Weinstein S. Subcutaneous rodding for progressive spinal curvatures: early results. *J Pediatr Orthop* 2002; 22:290–5.
- 67- Miladi L, Mousny M, A novel technique for treatment of progressive scoliosis in young children using a 3-hook and 2-screw construct (H3S2) on a single sub-muscular growing rod: surgical technique. *Eur Spine J* 2014;23 Suppl 4:432-7.
- 68- Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, Thompson AG, Asher MA. Dual Growing Rod Technique for the Treatment of Progressive Early-Onset Scoliosis. *Spine* 2005;30 suppl 17:46–57.
- 69- Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS, McCarthy RE, Thompson AG, Canale SK, and al. Dual growing rod technique followed for three to eleven years until final fusion: The effect of frequency of lengthening. *Spine* 2008; 33:984-990.
- 70- Sponseller PD, Yang JS, Thompson AG, McCarthy RE, Emans JB, Skaggs DL, and al. Pelvic fixation of growing rods: comparison of constructs. 2009; 34:1706-10.
- 71- Shah SA, Karatas AF, Dhawale AA, Dede O, Holmes L, Yorgova P, and al. What is the effect of serial growing rod lengthening on the sagittal profile and pelvic parameters in early onset scoliosis? *Actas del 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting*. 2012:76.
- 72- Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GH. *The Growing Spine: Management of Spinal Disorders in Young Children*. 2^{ème} éd. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg; 2016.
- 73- Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GH. *The Growing Spine: Management of Spinal Disorders in Young Children*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg; 2011.
- 74- Sánchez Márquez J.M, Sánchez Pérez-Grueso F.J, Fernández-Baíllo N, García Fernández A. Growing rods in early-onset scoliosis. Do they really help to control the deformity and spinal and thoracic growth? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2013;57(3):178-185.
- 75- Filipovic M, Repko M, Nydrle M, Leznar M. Growing rods for early onset scoliosis and its complications: a retrospective study of 129 patients with 10 years follow-up. In: *Actas del 3rd International Congress on Early Onset Scoliosis and Growing Spine*. 2009: 6.
- 76- Watanabe K, Uno K, Suzuki T, and al. Risk Factors for Complications Associated With Growing-Rod Surgery for Early-Onset Scoliosis. *Spine* 2013; 38: 464–8.
- 77- Bess S, Akbarnia BA, Thompson GH. Complications of growing rod treatment for early-onset scoliosis: analysis of one hundred and forty patients. *J Bone Joint Surg [Am]* 2010; 92(15):2533–43.
- 78- Sankar WN, Skaggs DL, Emans JB, Marks DS, Dormans JP, Thompson GH, and al. Neurologic risk in growing rod spine surgery in early onset scoliosis: Is neuromonitoring necessary for all cases? *Spine* 2009; 34:1952-5.

- 79- Mackenzie WG, Matsumoto H, Williams BA, and al. Surgical site infection following spinal instrumentation for scoliosis: a multicenter analysis of rates, risk factors, and pathogens. *J Bone Joint Surg [Am]* 2013; 95: 800–6.
- 80- Akbarnia BA, Asher MA, Bagheri R, Boachie-Adjei O, Canale S, Kostial PA, and al. Complications of dual growing rod technique in early onset scoliosis: Can we identify risk factors. In: *Actas del 41st Annual Meeting of the Scoliosis Research Society*. 2006: 72.
- 81- Yang J, Sponseller P, Thompson GH, Emans J, McCarthy R, Salari P, Akbarnia BA. Risk factors for rod fractures in growing rod surgery. *J Child Orthop* 2009; 3:145–168.
- 82- Skaggs KF, Brasher AE, Johnston CE, and al. Upper thoracic pedicle screw loss of fixation causing spinal cord injury: a review of the literature and multicenter case series. *J Pediatr Orthop* 2013; 33: 75–9.
- 83- Acaroglu E, Yazici M, Alanay A, and al. Three-dimensional evolution of scoliotic curve during instrumentation without fusion in young children. *J Pediatr Orthop* 2002; 22:492–6.
- 84- Sankar WN, Acevedo DC, Skaggs DL. Comparison of complications among growing spinal implants. *Spine* 2010;35:2091-6.
- 85- Sankar WN, Skaggs DL, Yazici M, Johnston CE, Shah SA, Javidan P, Kadakia RV, Day TF, Akbarnia BA. Lengthening of Dual Growing Rods and the Law of Diminishing Returns. *Spine* 2011; 36:806–809.
- 86- Anna KH, Robert MC, Hefti F. The vertical expandable prosthetic titanium rib implant for the treatment of thoracic insufficiency syndrome associated with congenital and neuromuscular scoliosis in young children. *J Pediatr Orthop* 2005, 14:287–293.
- 87- Campbell RM, Smith M, Hell-Vocke A. Expansion thoracoplasty: the surgical technique of opening-wedge thoracostomy [surgical technique]. *J Bone Joint Surg [Am]* 2004; 86 suppl 1:51– 64.
- 88- Campbell Jr RM, Smith MD, Mayes TC, Mangos JA, Willey-Courand DB, Kose N, and al. The effect of opening wedge thoracostomy on thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg [Am]* 2004; 86: 16-74.
- 89- Hasler CC, Mehrkens A, Hefti F. Efficacy and safety of VEPTR instrumentation for progressive spine deformities in young children without rib fusions. *Eur Spine J* 2010; 19:400-8.
- 90- Samdani St AF, Hilaire T, Emans JB, Smith JT, Song K, Camp-bell JR, and al. The usefulness of VEPTR in the older child with complex spine and chest deformity. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468:700-4.
- 91- Mayer OH, Redding G. Early changes in pulmonary function after vertical expandable prosthetic titanium rib insertion in children with thoracic insufficiency syndrome. *J Pediatr Orthop* 2009; 29:35-8.

- 92- Joshi A, Nguyen L, Cordell D, Trevino H, Simmons JW. Management of thoracic insufficiency syndrome (TIS) in congenital scoliosis patients using vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR). In: Actas del 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting. 2012: 78.
- 93- Yazici M, Emans J. Fusionless instrumentation systems for congenital scoliosis: expandable spinal rods and vertical expandable prosthetic titanium rib in the management of congenital spine deformities in the growing child. *Spine* 2009; 34:1800-7.
- 94- Pahys JM, Zebala LP, Cahill PJ, Kelly MP, Asghar J, Lenke LG, and al. Comparison of surgical treatments for infantile and juvenile scoliosis. In: Actas del 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting. 2012: 72.
- 95- Skaggs DL. Hybrid distraction-based growing rods. *The growing spine: management of spinal disorders in young children*. New York: Springer; 2010: 601-12.
- 96- Skaggs DL, Myung KS, Yazici M, Diab M, Noordeen H, Vitale MG, and al. Hybrid growth rods using spinal implants on ribs. In: Actas del 45th Scoliosis Research Society Annual Meeting 2010:105.
- 97- Dannawi Z, Altaf F, Harshavardhana NS, El Sebaie H, Noordeen H. Early results of a remotely-operated magnetic growth rod in early-onset scoliosis. *Bone Joint J*. 2013; 95-B: 75---80.
- 98- Akbarnia BA, Cheung K, Noordeen H, Elsebaie H, Yazici M, Dannawi Z, and al. Next generation of growth-sparing technique: Preliminary clinical results of a magnetically controlled growing rod (MCGR) in 14 patients. In: Actas del 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting. 2012. p. 73.51.
- 99- Cheung K, Cheung JP, Samartzis D, and al. Magnetically controlled growing rods for severe spinal curvature in young children: a prospective case series. *Lancet* 2012; 379: 1967–74.
- 100- Miladi L, Dubousset J. Magnetic powered extensible rod for thorax or spine. In: Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GH. *The growing Spine*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag ; 2010. p. 585–93.
- 101- Cahill PJ, Marvil S and al. Autofusion in the immature spine treated with growing rods. *Spine* 2010,35:1199–1203.
- 102- Flynn J.M., Tomlinson L.A., Pawelek J., Thompson G.H., McCarthy R., and Akbarnia B.A.: Growing-rod graduates: lessons learned from ninety-nine patients who completed lengthening. *J Bone Joint Surg Am* 2013; 95: 1745-1750.
- 103- Jain A, Sponseller P.D, Flynn J.M, Shah S.A, Thompson G.H, and al. Avoidance of “Final” Surgical Fusion After Growing-Rod Treatment for Early-Onset Scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98:1073-8 .
- 104- Luque ER. Paralytic scoliosis in growing children. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 163:202-9.

- 105- Ouellet J. Surgical Technique Modern Luque´ Trolley, a Self-growing Rod. *Technique Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:1356–1367.
- 106- Mehdian H, Boreha B, Hammett T, Clamp JA, Quraishi NA. Segmental self growing rod constructs in the management of early onset neuromuscular scoliosis. In: *Actas del 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting*. 2012. p. 72.
- 107- McCarthy RE, McCullough FL. Shilla Growth Guidance for Early-Onset Scoliosis: Results After a Minimum of Five Years of Follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(19):1578-84.
- 108- Morell S.M, McCarthy R.E. New developments in the treatment of early-onset spinal deformity: role of the Shilla growth guidance system. *Med Devices (Auckl)* 2016;9 241–246
- 109- Marks DS, Iqbal MJ, Thompson AG, and al. Convex spinal epiphysiodesis in the management of progressive infantile idiopathic scoliosis. *Spine* 1996; 21:1884-1910.
- 110- Winter RB. Convex anterior and posterior hemiarthrodesis and hemiepiphysodesis in young children with progressive congenital scoliosis. *J Pediatr Orthop* 1981; 1:361-6.
- 111- Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Sta-Ana de la Rosa H. Convex growth arrest for progressive congenital scoliosis due to hemivertebrae. *J Pediatr Orthop* 1988; 8:633-8.
- 112- Demirkiran GH, Yilmaz G, Akel I, Acaroglu E, AlanayA, Yazici M. Safety and efficacy of instrumented convex growth arrest in treatment of congenital scoliosis. In: *Actas del 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting*. 2012. p. 75.
- 113- Wall EJ, Bylski-Austrow DI, Kolata RJ, Crawford AH. Endoscopic mechanical spinal hemiepiphysiodesis modifies spine growth. *Spine* 2005; 30:1148-53.
- 114- Keller PM, Lindseth RE, DeRosa GP. Progressive congenital scoliosis treatment using a transpedicular anterior and posterior convex hemiepiphysiodesis and hemiarthrodesis. A preliminary report. *Spine* 1994; 19:1933-9.
- 115- Betz RR, Ranade A, Samdani AF, Chafetz R, D’Andrea LP, Gaughan JP, and al. vertebral body stapling: a fusion-less treatment option for a growing child with moderate idiopathic scoliosis. *Spine* 2010; 35:169-76.
- 116- Betz RR, Kim J, D’Andrea LP and al. An innovative technique of vertebral body stapling for the treatment of patients with adolescent idiopathic scoliosis: a feasibility, safety, and utility study. *Spine* 2003;28:255–65.
- 117- Smith AD, von Lackum HL, Wylie R. An operation for stapling vertebral bodies in congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg [Am]*1954;36:342-8.
- 118- Hunt KJ, Braun JT, Christensen BA. The effect of two clinically relevant fusionless scoliosis implant strategies on the health of the intervertebral disc: analysis in an immature goat model. *Spine* 2010;35:371-7.

- 119- Newton PO, Farnsworth CL, Faro FD, Mahar AT, Odell TR, Mohamad F, and al. Spinal growth modulation with an antero-lateral flexible tether in an immature bovine model: disc health and motion preservation. *Spine* 2008; 33:724-33.
- 120- Braun JT. Comparison of two fusionless scoliosis surgery methods in the treatment of progressive AIS: a preliminary study. In: *Actas del 47th Scoliosis Research Society Annual Meeting*. 2012. p. 74.
- 121- Vitale MG, Gomez JA, Matsumoto H, Roye DP. Variability of expert opinion in treatment of early-onset scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:1317–22.
- 122- Yazici M, Olgun ZD. Growing rod concepts: state of the art, *Eur Spine J* 2013; 22 Suppl 2:118–130.
- 123- Farrington DM, Tatay-Díaz Á. Early onset scoliosis. What are the options? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2013; 57: 259-370.
- 124- Liu J, Shen JX. Advances in non fusion techniques for the treatment of scoliosis in children, *Orthopaedic Surgery* 2010; 2(4): 254–259.,
- 125- Thompson GH, Akbarnia BA, Campbell Jr RM. Growing Rod Techniques in Early-Onset Scoliosis, *J Pediatr Orthop* 2007; 27:354-361.
- 126- Oetgen MR, Blakemore LC. Growing Rods in Early-Onset Scoliosis, *Semin Spine Surg* 2012; 24:155-163
- 127- Skaggs D, Myung KS, Lee C. Proximal junctional kyphosis in distraction-based growing rods. In: *Abstracts from the 5th international congress on early onset scoliosis and growing spine (ICEOS)*, 18-19 November 2011, Orlando, Florida.
- 128- Klemme WR, Denis F, Winter RB, and al. Spinal instrumentation without fusion for progressive scoliosis in young children. *J Pediatr Orthop* 1997; 17: 734–42.
- 129- Thompson GH, Akbarnia BA, Kostial P, and al. Comparison of single and dual growing rod techniques followed through definitive surgery: a preliminary study. *Spine* 2005;30:2039-2044.
- 130- Stokes IA, Spence H, Aronsson DD, and al. Mechanical modulation of vertebral body growth. Implications for scoliosis progression. *Spine* 1996; 21: 1162–7.
- 131- Stokes IA, Mente PL, Iatridis JC, and al. Enlargement of growth plate chondrocytes modulated by sustained mechanical loading. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84:1842–8.
- 132- Luque E, Cardosa A, Segmental spinal instrumentation in growing children. *Orthop Trans* 1977; 1:37.
- 133- Pratt RK, Webb JK, Burwell RG, and al. Luque Trolley and convex epiphysiodesis in the management of infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *Spine* 1999;24:1538-47.
- 134- Liang j, Li S, Derong Xu, Zhuang Q, Ren Z, Chen X, Gao N. Risk factors for predicting complications associated with growing rod surgery for early-onset scoliosis. *clin neurol neurosur* 2015 ;136 : 15–19

- 135- Suliman S, Mkabile SG, Fincham DS, Ahmed R, Stein DJ, Seedat S. Cumulative effect of multiple trauma on symptoms of posttraumatic stress disorder, anxiety, and depression in adolescents. *Compr Psychiatry* 2009; 50(2):121–127
- 136- Upasani V. V, Parvaresh K. C, Pawelek J. B, Miller P. E, Thompson G. H, Skaggs D. L, Emans J. B, Growing Spine Study Group. Age at Initiation and Deformity Magnitude Influence Complication Rates of Surgical Treatment With Traditional Growing Rods in Early-Onset Scoliosis. *Spine Deform* 2016 ;4:344-350.
- 137- Talbot C, Green C, Oxborrow N. Complications of growing rods in non-idiopathic scoliosis. *Spine* 2016;16:94–96.
- 138- Moe JH, Cummine J, Winter RB, and al. Harrington instrumentation without fusion combined with the Milwaukee brace for difficult scoliosis problems in young children. Scoliosis Research Society, Cambridge, MA, 1978.
- 139- Thompson GH, Akbarnia BA, Patricia K, Poe-Kochert C, Armstrong DG, Jeffrey R, Robert L, Asher MA, Marks DS. Comparison of Single and Dual Growing Rod. Techniques Followed Through Definitive Surgery. *Spine* 2005; 30(18):2039–2044.
- 140- Schroerlucke S.R., Akbarnia B.A., Pawelek J.B., Salari P., Mundis G.M., Yazici M., et al: How does thoracic kyphosis affect patient outcomes in growing rod surgery? *Spine* 2012; 37:1303-1309.

RESUME

Introduction : le traitement de la scoliose à début précoce est très difficile. Malgré un traitement orthopédique bien conduit, certaines déformations continuent à s'aggraver, pouvant même retentir sévèrement sur le développement pulmonaire, et posant ainsi un véritable problème thérapeutique. En effet, que faire avant l'âge de l'arthrodèse devant une scoliose en train de s'aggraver ?

Objectifs : l'objectif principal de ce travail est de présenter et d'évaluer les résultats de la chirurgie précoce par la tige de croissance « H3S2 » dans le traitement de la scoliose évolutive chez l'enfant en cas d'échec du traitement orthopédique. L'objectif secondaire est d'identifier les facteurs qui influent sur le résultat et sur la survenue de complications.

Matériels et Méthodes : cette étude descriptive, est à la fois rétrospective et prospective. Entre 2007 et 2015, 80 patients atteints de scoliose évolutive ont été opérés dans 3 centres différents et par la même technique opératoire. Cette méthode consiste, à la mise en place d'une tige de distraction unique appelée « H3S2 ». Une épiphysiodèse convexe a été associée dans les scolioses avec un angle de Cobb supérieur à 70°. L'allongement de la tige a été réalisé de façon périodique afin de suivre la croissance vertébrale.

Les données cliniques et radiologiques de ces 80 patients ont été recueillies. Les données recueillies comprennent des mesures de l'angle de Cobb, hauteurs T1-S1, nombre et fréquence des allongements ainsi que les complications rencontrées.

Résultats : l'âge moyen des enfants à l'insertion de la tige était de 8,8 ans. La répartition des scolioses selon l'étiologie retrouve : 35 idiopathiques, 17 congénitales, 11 syndromiques, 7 neurofibromatoses et 07 neuromusculaires. 17,5% des patients avaient subi une épiphysiodèse convexe. L'angle de Cobb préopératoire moyen était de 63,4°. L'âge moyen au dernier contrôle était de 13,5 ans avec un recul moyen de 3,6 ans et 2,6 allongements par malade en moyenne. Au dernier recul, l'angle de Cobb moyen était de 30,2° (Gain = 51%), la croissance vertébrale s'est poursuivie après la pose de la tige chez tous les patients, avec une vitesse de croissance du segment T1S1 de 1,14 cm par an. Aucune différence significative n'a été notée avec l'ajout d'une fusion apicale. 43,8 % des patients ont eu au moins 1 complication et 94 % de ces complications sont liées à l'implant. Sur les 53 complications observées, 3 infections, 15 fractures de tige, 9 désamarrages de crochet, 13 balayages de vis et 5 cyphoses jonctionnelles.

Conclusion : La technique de distraction par tige unique « H3S2 » est une méthode simple et efficace. Elle maintient la correction obtenue lors de la chirurgie initiale, tout en permettant à la colonne vertébrale de poursuivre sa croissance. Cependant, le traitement est long, les interventions sont nombreuses et le risque de survenue de complications n'est pas négligeable. Raisons pour lesquelles, cette technique ne doit être utilisée qu'après échec du traitement orthopédique.

ABSTRACT

Introduction: Treatment of early-onset scoliosis is very difficult. Despite a well-conducted orthopedic treatment, some deformities continue to worsen, can even severely affect lung development, and thus posing a real therapeutic problem. Indeed, what to do before the age of the arthrodesis when a scoliosis becoming worse?

Objectives: The main objective of this work is to present and evaluate the results of the single growing rod "H3S2" in the treatment of progressive scoliosis in children in case of failure of the orthopedic treatment. The secondary objective is to identify the factors that influence the outcome and the rate of complications.

Materials and Methods: This descriptive study is both retrospective and prospective. Between 2007 and 2015, 80 patients with progressive scoliosis were operated in 3 different centers, by the same surgical technique. This method consists in the installation of a single growing rod called "H3S2", Convex anterior epiphysiodesis has been associated in scoliosis when a Cobb angle is greater than 70°. The lengthening of the rod was performed periodically in order to follow the vertebral growth.

The clinical and radiological data of these 80 patients were collected. The data collected include measurements of Cobb angle, T1-S1 heights, number and frequency of lengthening as well as complications.

Results: The mean age of the children at the insertion of the rod was 8.8 years. The distribution of scoliosis according to the etiology finds: 35 idiopathic, 17 congenital, 11 syndromic, 7 neurofibromatosis and 07 neuromuscular. 17.5% of patients had apical fusion. The average initial Cobb angle was 63,4°. The mean age at last control was 13.5 years, with an average of two years of follow-up and an average of 2.6 lengthening per patient. At the last follow-up, the average Cobb angle was 30.2° (Gain = 51%), vertebral growth continued after stem placement in all patients, the vertebral growth continued after the insertion of the rod in all patients, with a growth rate of 1.14 cm per year of the T1S1 segment. No significant difference was noted between those who had undergone apical fusion and those without. 43.8% of patients had at least 1 complication and 94% of these complications were related to the implant. 53 complications were noted in this series include 3 infections, 15 rod fractures, 9 proximal anchor failures, 13 distal anchor failures and 5 cases of proximal junctional kyphosis.

Conclusion: The technique of single growing rod "H3S2" is a simple and efficient procedure. It maintains the correction obtained during the initial surgery, while allowing the spinal growth to continue. However, treatment is long, interventions are numerous and the risk of complications is significant. Reasons why, this technique should be used only after failure of orthopedic treatment.