



**La réduction chirurgicale des scolioses par
montage hybride, bandes de polyester sous
lames et vis pédiculaires
(À propos de 7cas)**

MÉMOIRE PRESENTE PAR :

Docteur IMANE OUALILI

Née le 17/11/1987 à Errachidia

POUR L'OBTENSION DU DIPLÔME DE SPECIALITE EN MEDECINE

OPTION : Chirurgie Pédiatrique

Sous la direction de : Moulay Abderrahmane AFIFI

Session 2021

PLAN

INTRODUCTION	5
RAPPEL SUR LA SCOLIOSE	7
I. Définition	8
II. Diagnostic clinique et radiologique	8
1. Clinique	8
2. Radiologie.....	9
3. Autres moyens d'imagerie	13
4. Classification de Lenke.....	13
PATIENTS ET MÉTHODES	18
I. Patients.....	19
II. Méthodes	19
OBSERVATIONS	22
RÉSULTATS	59
I. Étude épidémiologique	60
1. Age.....	60
2. Sexe	60
3. Étiologie :	60
II. Caractéristique de la scoliose	61
III. Traitement	63
1. Niveaux d'instrumentation	63
2. Type d'implants	63
3. Répartition du montage	65
IV. Résultats	67
V. Évolution à long terme	70
DISCUSSION	73
I. Étude épidémiologique	74
II. Étude diagnostique	74
III. Etude thérapeutique	76
1. Indication du traitement chirurgical	76
2. Le choix du niveau d'instrumentation	77
3. Le choix du montage hybride	78
4. Description de la technique	79
IV. Analyse des résultats thérapeutiques	81

CONCLUSION	82
BIBLIOGRAPHIE.....	85

INTRODUCTION

La scoliose est une déformation tridimensionnelle du rachis et du tronc, avec des répercussions fonctionnelles, cosmétiques, mais également cardio-respiratoires en cas de courbures thoraciques (1 ;2 ;3).

Elle peut être d'origine idiopathique, la plus répandue, ou secondaire (congénitale, neuromusculaire...). La forme idiopathique de cette pathologie touche environ 2.5% les adolescents (4). On parle alors de scoliose idiopathique de l'adolescent (SIA). Dans le cas de déformations sévères ou à forte progression, la chirurgie est préconisée. Près de 0.1 % des cas de scoliose nécessitent une intervention chirurgicale (5). On compte entre 15 000 et 20 000 chirurgies d'instrumentation de la scoliose chaque année en Amérique du Nord (6).

Le but du traitement chirurgical est de corriger la déformation rachidienne, en essayant d'obtenir une masse de fusion solide, bien équilibrée et centrée sur le pelvis, tout en tentant d'inclure le moins de vertèbres possible afin de conserver plus de mobilité du rachis.

La réduction chirurgicale par montage hybride est une technique chirurgicale développée par Marc Asher (instrumentation Isola), qui a démontré des capacités de correction dans les trois plans de l'espace (7). Reposant initialement sur l'utilisation combinée de vis pédiculaires, de crochets et de fils métalliques, la méthode a ensuite été modifiée par l'utilisation de bandes sous-lamaires, plus résistantes.

L'objectif de ce travail est d'effectuer une analyse descriptive des résultats chirurgicaux des scolioses traitées par ostéosynthèse postérieure, plus précisément ; traitement chirurgical par montage hybride, bandes sous lamaire de polyesther thoraciques et vis lombaires.

RAPPEL SUR LA SCOLIOSE

I. Définition

La scoliose est une pathologie complexe et évolutive du système musculo-squelettique causant une déformation tridimensionnelle de la colonne vertébrale, de la cage thoracique et du bassin. Elle peut être d'origine congénitale, neuromusculaire, mais sa forme la plus répandue est dite idiopathique (cause non clairement identifiée). On parle de scoliose idiopathique de l'adolescence (SIA) car la pathologie est généralement diagnostiquée durant la période de croissance à l'adolescence. Plusieurs facteurs semblent être impliqués dans la progression des déformations de la SIA, tels que des facteurs hormonaux, génétiques, proprioceptifs, neuromusculaires, biochimiques, et biomécaniques (8). La SIA est caractérisée mécaniquement par une torsion vertébrale, elle touche environ 1 à 3% des enfants âgés de 10 à 16 ans, avec une prédominance féminine (9).

II. Diagnostic clinique et radiologique

1. Clinique :

Le diagnostic clinique repose sur la mise en évidence d'une gibbosité (Figure 1), traduisant la rotation des vertèbres dans le plan axial, et permettant ainsi de distinguer une scoliose structuralisée d'une attitude scoliotique, simple déséquilibre rachidien dans le plan frontal, le plus souvent causé par une inégalité des membres inférieurs.

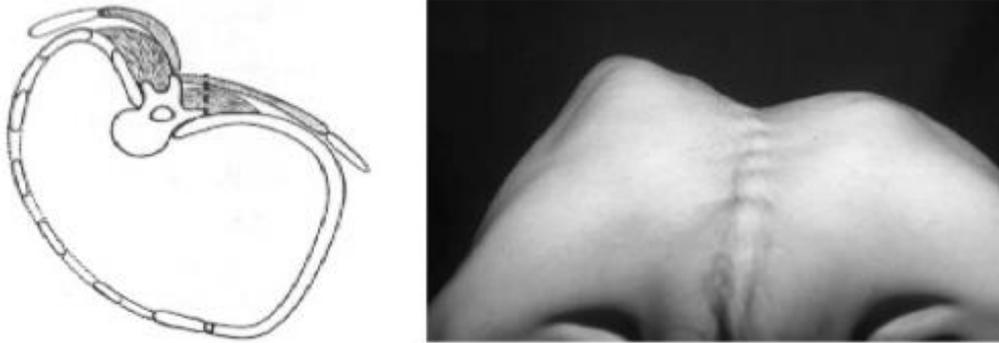


Figure 1 : Gibbosité thoracique droite

Un examen de qualité doit être effectué sur un patient torse nu, après avoir pris soin de corriger une éventuelle inégalité de longueur. L'inspection s'effectue d'abord de dos en position debout, puis fléchi vers l'avant afin de mettre en évidence et mesurer la ou les gibbosités. L'examen du rachis de profil permet ensuite d'apprécier les flèches sagittales.

2. Radiologie

Le diagnostic radiologique repose sur les clichés du rachis entier, réalisés debout de face et de profil, montrant dans l'idéal les conduits auditifs externes en haut et le tiers proximal des deux fémurs en bas. Chaque courbure scoliothique est caractérisée par trois vertèbres principales d'intérêt. Les deux vertèbres limites (supérieure et inférieure) correspondent aux vertèbres les plus inclinées dans le plan frontal et permettent le calcul de l'angle de Cobb, tandis que la vertèbre apicale est définie par la vertèbre la plus éloignée dans le plan frontal de la ligne médiane (Figure 2). Cette vertèbre est également celle qui présente dans le plan axial le maximum de rotation au niveau de la courbure. Pour la société de recherche sur les scolioses (Scoliosis Research Society), le diagnostic est porté lorsqu'il existe sur la radiographie de face une courbure rachidienne de plus de 10°.

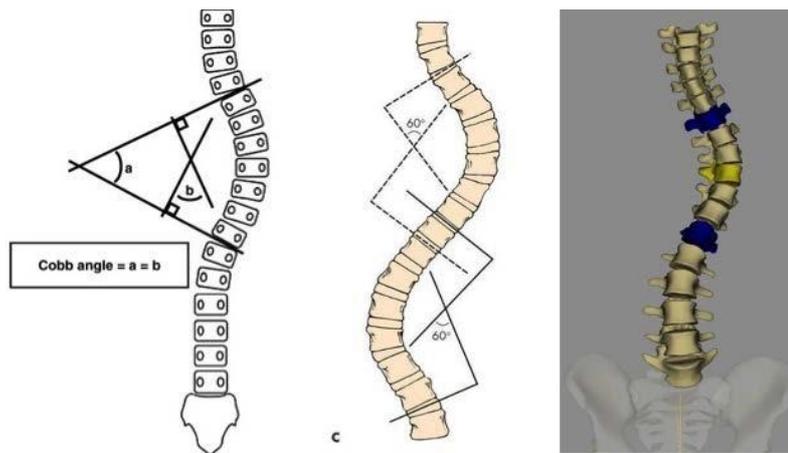


Figure 2 : Mesure de l'angle de Cobb, avec visualisation des vertèbres limites (en bleu) et de la vertèbre apicale (en jaune).

La mesure de ces mêmes angles sur des radiographies en inflexion latérale (bending) permet de juger de la réductibilité des courbures scoliotiques (Figure 3), soit le pourcentage de réduction de la courbure lors de l'inflexion latérale.



Figure 3 : Radiographies de face et de profil en position debout (A) et en inflexion latérale ou bending (B)

Le déjettement du tronc dans le plan frontal (compensation) peut s'évaluer sur la radiographie de face par la distance horizontale entre la ligne de plomb passant par la septième vertèbre cervicale C7PL (C7 Plumblin) et la ligne verticale centrale sacrée CSVL (Center Sacral Vertical Line). La translation

de la vertèbre apicale AVT (Apical Vertebral Translation) évalue la distance horizontale entre l'apex d'une courbure et C7PL (Figure 4 (A)).

De la même façon que l'angle de Cobb, la cyphose est mesurée entre le plateau vertébral supérieur de T2 (dans certains cas, T4 ou T5) et le plateau inférieur de T12 alors que la lordose est mesurée entre les vertèbres L1 et S1 (ou L5) (Figure 4 (B)).

L'équilibre postural sagittal est également mesuré sur la radiographie de profil. L'axe sagittal vertical SVA (Sagittal Vertical Axis) est la distance horizontale entre C7PL et la CSVL au niveau du sommet postérieur de S1 (Figure 4(B)).

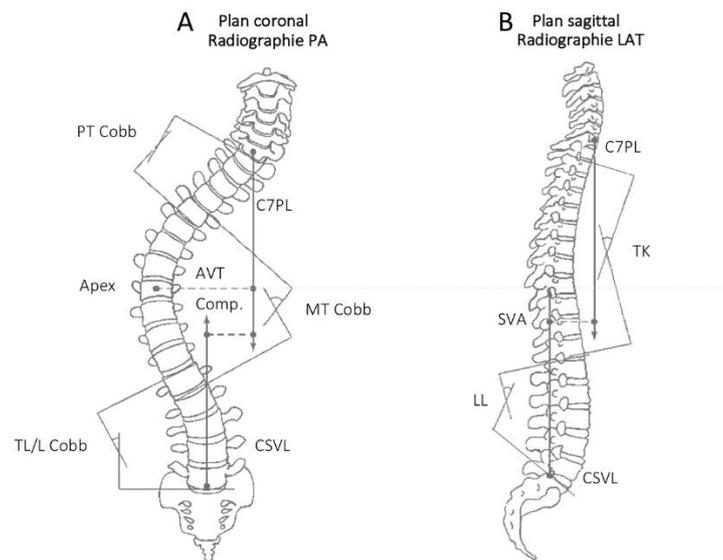


Figure 4 : Indices géométriques du rachis pour l'évaluation de la scoliose dans le plan frontal (A), sagittal (B) (10)

Les radiographies permettent en plus de quantifier les déformations globales et locales du rachis, de porter une attention aux modifications structurelles des différentes structures anatomiques, telles que les vertèbres et les côtes. Les pressions asymétriques engendrées par la scoliose entraînent

une cunéiformisation des vertèbres (plateaux vertébraux non parallèles), et une réduction de la taille des pédicules (Figure 5 (A)) ainsi qu'une déformation des côtes (Figure 5 (B)), entraînant une gibbosité.

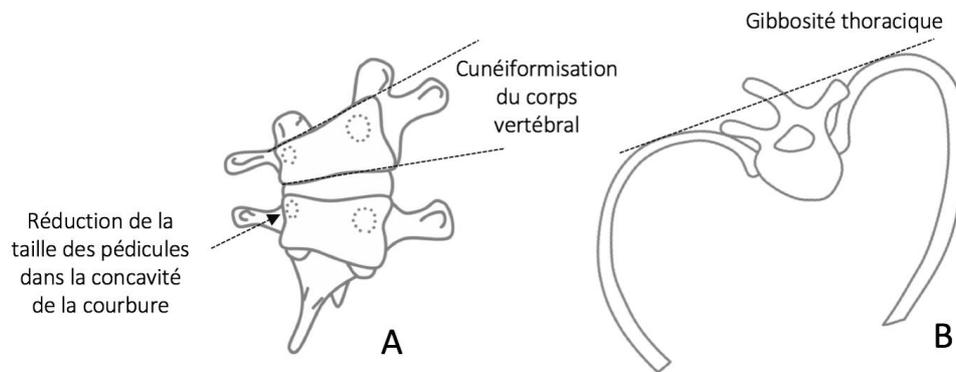


Figure 5 : Déformations structurelles vertébrales (A) et costales (B) dues à la scoliose (11)

3. Autres moyens d'imagerie :

La tomodensitométrie (CT-scan), bien que peu utilisée à cause des doses irradiantes importantes auquel le patient est soumis, permet une mesure précise de la rotation vertébrale ou l'évaluation de la morphologie de certaines structures osseuses telles que la taille des pédicules (12 ; 13).

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) peut être utilisée dans le cas de risques neuromusculaires présumés, et notamment pour apprécier la morphologie de la moelle épinière (14).

4. Classification de Lenke (Figure 6)

Lenke et al. proposèrent en 1998 une classification fondée sur l'analyse de la face et du profil, distinguant six types de courbures, un modificateur lombaire (A, B ou C) et un modificateur sagittal (-, N ou +) (Figure 18) (15).

Une scoliose comporte toujours une courbure principale et une ou deux contre-courbures distale et/ou proximale. La courbure principale est celle qui a la plus forte angulation mesurée selon la technique de Cobb. Une courbure principale thoracique s'associe à une contre-courbure proximale thoracique et une contre-courbure distale thoracolombaire ou lombaire (TL/L).

Une courbure principale thoracolombaire (apex en T12 ou L1) ou lombaire (apex en dessous de L1) s'associe à une contre-courbure thoracique proximale. S'il y a 2 courbures d'angulation voisine, une thoracique et une TL/L, la courbure principale est la courbure thoracique. Si l'angulation de la courbure TL/L est supérieure de 5° à l'angulation de la courbure thoracique la courbure principale est la courbure TL/L. Cela rejoint et précise le concept de la scoliose double majeure, thoracique ou lombaire prédominante.

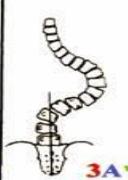
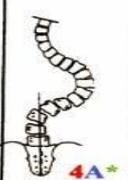
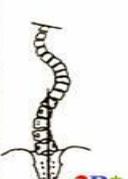
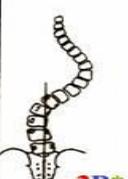
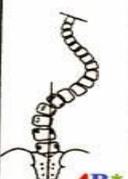
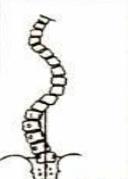
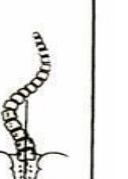
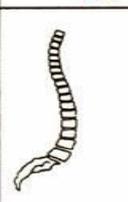
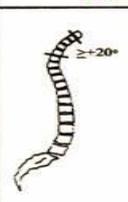
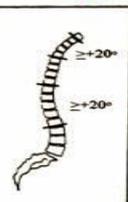
Par définition, la courbure principale est toujours structurale. Les contre-courbure ne sont structurales que si leur angulation sur les clichés en bending est supérieure à 25°. La classification définit donc 2 types de courbure principale : la courbure thoracique et la courbure TL/L. En fonction de la nature structurale ou non des contre-courbures, la classification prévoit 6 types de scolioses numérotées de 1 à 6 qui se répartissent en 4 types de scolioses thoraciques principales numérotés de 1 à 4 et 2 types de scolioses TL/L principales numérotés 5 ou 6.

- **Type 1** : la courbure principale est thoracique. Les 2 contre-courbures proximale thoracique et distale TL/L sont souples : inférieures à 25° sur le bending.
- **Type 2** : la courbure principale est thoracique. Elle s'associe à 1 contre-courbure proximale thoracique structurale : supérieure à 25° sur le bending. La contre-courbure distale TL/L est souple : inférieure à 25° sur le bending.
- **Type 3** : la courbure principale est thoracique. Elle s'associe à 1 contre-courbure distale TL/L structurale : supérieure à 25° sur le bending. La contre-courbure proximale est souple : inférieure à 25° sur le bending.
- **Type 4** : la courbure principale est thoracique. Les 2 contre-courbures proximale thoracique et distale TL/L sont structurales : supérieure à 25° sur le bending.
- **Type 5** : la courbure principale est thoracolombaire ou lombaire. La contre-courbure proximale thoracique est souple, inférieure à 25° sur le bending et donc non structurale.

- **Type 6** : la courbure principale TL/L s'associe à une contre-courbure proximale thoracique structurale supérieure à 25° sur le bending.

La classification prend également en compte le profil sous la forme d'une lettre N accompagnée d'un signe moins (N-) si la cyphose thoracique est inférieure à 10°, et d'un signe plus (N+) si la cyphose thoracique est supérieure à 40°.

Lenke a ajouté 3 modificateurs lombaires qui sont déterminés en fonction de la position de la vertèbre apex ou sommet (VS) de la contre-courbure TL/L par rapport à la verticale issue du milieu de la plateforme sacrée (CSVL). Le modificateur est A si la CSVL passe au milieu de la VS entre les pédicules. Le modificateur est B si la CSVL passe entre le bord médial du pédicule concave et le bord latéral du corps vertébral de la VS. Le modificateur est C si la CSVL passe en dedans du corps vertébral de la VS. Les courbures thoraciques peuvent ainsi avoir des contre-courbures TL/L étiquetées A, B ou C et il est clair que les courbures TL/L de type 5 ou 6 sont toutes C et le modificateur dans ces courbures n'a pas d'intérêt.

Lumbar Spine Modifier	Curve Type (1 - 6)					
	Type 1 (Main Thoracic)	Type 2 (Double Thoracic)	Type 3 (Double Major)	Type 4 (Triple Major)	Type 5 (TL/L)	Type 6 (TL/L - MT)
A (No to Minimal Curve)	 1A*	 2A*	 3A*	 4A*		
B (Moderate Curve)	 1B*	 2B*	 3B*	 4B*		
C (Large Curve)	 1C*	 2C*	 3C*	 4C*	 5C*	 6C*
Possible Sagittal structural criteria (To determine specific curve type)	 Normal	 PT Kyphosis $\geq +20^\circ$	 TL Kyphosis $\geq +20^\circ$	 PT + TL Kyphosis $\geq +20^\circ$		

* T5-12 sagittal alignment modifier: -, N, or +
 - : $<10^\circ$
 N : $10-40^\circ$
 + : $>40^\circ$

Figure 6 : Classification de Lenke

Son principal défaut est le nombre élevé de sous-types de courbures (42 au total), et donc son utilisation difficile en pratique courante (Figure 7). Elle demeure toutefois la classification la plus utilisée actuellement par les chirurgiens du rachis, notamment dans le monde anglo-saxon.

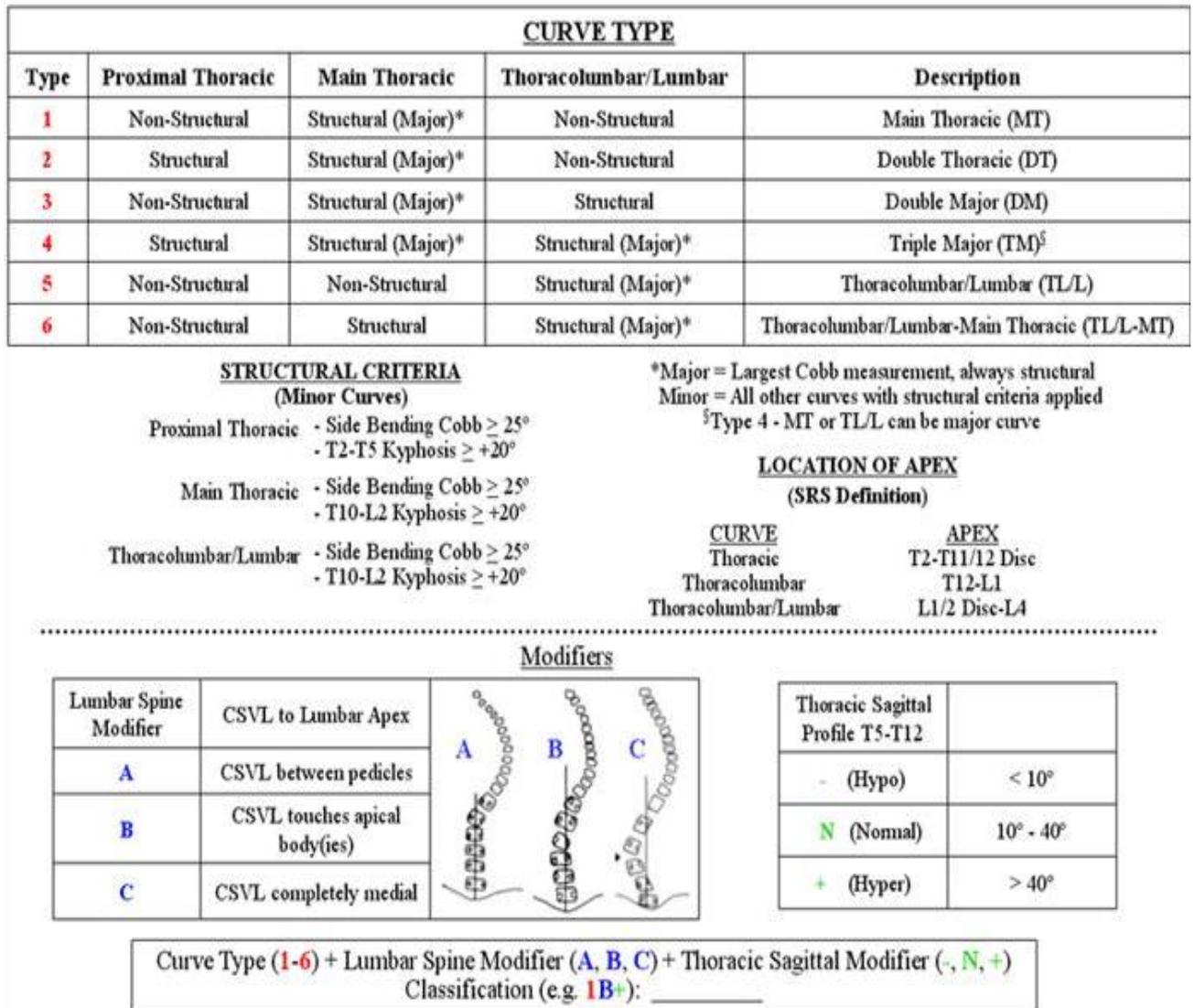


Figure 7 : Classification de Lenke

PATIENTS ET MÉTHODES

I. Patients

Il s'agit d'une étude rétrospective portant sur 7 patients opérés pour scoliose.

Les patients ont été opérés par l'équipe du Service de Traumatologie Pédiatrique du CHU Hassan II de Fès, en collaboration avec le Pr Brice, de l'hôpital Robert Debré de Paris.

La correction chirurgicale a été effectuée par ostéosynthèse postérieure, à l'aide de montages hybrides constitués par l'association de vis pédiculaires aux étages lombaires et de bandes sous lamaires (clamps universels) aux étages thoraciques.

Un recul minimum de trois ans a été requis. Tous les patients ont été évalués en préopératoire, postopératoire immédiat et au dernier recul.

II. Méthodes

La collecte des données a été faite à partir des dossiers archivés et de la base de données informatique « Hosix » des malades hospitalisées.

Pour mener ce travail, nous avons décrit les observations des 7 malades et nous avons regroupé les paramètres à analyser dans une fiche d'exploitation (annexe 1).

Fiche d'exploitation

Non :

IP :

Dossier :

Tel :

Age :

Sexe : F M

Analyse de la scoliose en préopératoire

Nombre de courbure : principale contre courbure 1 : oui non
contre courbure 2 : oui non

Niveau de la courbure principale (major) :

Thoracique Thoraco-lombaire Lombar

Niveau de la contre courbure 1 :

Thoracique proximale Thoracique Thoraco-lombaire
Lombar

Niveau de la contre courbure 2 :

Thoracique proximale Thoracique Thoraco-lombaire
Lombar

Apex :

Courbure principale (major) :

Contre courbure 1 :

Contre courbure 2 :

Angle de Cobb :

Courbure principale (major) :°

La contre courbure structurale au binding :

Contre courbure 1 : non oui Cobb :°

Contre courbure 2 : non oui Cobb :°

Plan sagittal :

Angle de la lordose cervicale :°

Angle de la cyphose thoracique (T5 ; T12) :° positif (+)
neutre (N) négatif (-)

Angle de la lordose lombaire :°

Modificateur lombaire : A B C

Classification Lenke :

L'intervention :

Technique :

Nombre de niveaux vertébraux inclus dans l'arthrodèse :

Nombre total d'implants utilisés : ...

Vis pédiculaire : **Crocher :** **Bande de polyester :**
....

Niveaux d'instrumentation

Vis pédiculaire :

Crocher :

Bande de polyester :

Utilisation de DTT pour fixation des deux tiges : oui non

Si oui, nombre :

Transfusion : oui non

Si oui, nombre de CG :

Complications per opératoire : oui non

Si oui, type :

Temps opératoire :min

Suites post op : ...

Analyse de la correction en post op

Correction frontale

Angle de Cobb

Courbure principale :

Contre courbure 1 :

Contre courbure 2 :

Correction du profil

Cyphose T4, T12 :

Évolution au dernier recul

Analyse de la correction au dernier recul

Correction frontale

Angle de Cobb :

Courbure principale :

Contre courbure 1 :

Contre courbure 2 :

Correction sagittale

Angle de la cyphose T4, T12 :

Complications à long terme :

OBSERVATIONS

Observation n°1 :

Il s'agit de l'adolescent Hatim H., âgé de 16 ans, sans ATCDS pathologiques, suivi dans notre formation pour une scoliose dorsale.

L'examen clinique avait objectivé une scoliose dorsale à convexité droite, avec un examen neurologique et somatique sans particularités.

La radiographie du rachis (Figure 8) de face ayant mis en évidence une scoliose thoracique avec un apex à T9, une vertèbre limite supérieure à D6, une vertèbre inférieure à D12, et un angle de Cobb de 120°. Sur le cliché de profil, l'angle de cyphose thoracique (T5–T12) était de 28°. Par ailleurs sur le bending test, la courbure principale était thoracique alors que la contre-courbure lombaire distale présentait un angle inférieur à 25° (non structurale). La contre-courbure thoracique proximale n'était pas prise dans le bending. La CSVL (Center Sacral Vertical Line) passait entre le bord médial du pédicule concave et le bord latéral du corps vertébral de la VS (Vertèbre Sommet) de la contre-courbure lombaire L3.

Au total, c'était une scoliose thoracique Lenke 1BN avec un apex à T9, une vertèbre neutre supérieure à T3 et une inférieure à L3.



Figure 8 : A) Radiographie de face, B) Bending latéralisée à gauche, C) Radiographie de profil

L'exploration fonctionnelle respiratoire (EFR) a objectivé un trouble ventilatoire restrictif sévère avec une capacité pulmonaire totale (CPT) à 2,63 et un volume expiratoire maximal seconde (VEMS) diminué à 48%.

Après préparation du malade et réalisation de la visite pré-anesthésique, le patient a été admis au bloc pour réduction chirurgicale avec ostéosynthèse.

Sous anesthésie générale, patient installé sur table orthopédique ordinaire, en décubitus ventral avec des billots de part et d'autre, placés sous ses deux flancs arrivant en sous iliaque. L'incision était verticale médiane postérieure allant du repère de l'apophyse de C7, jusqu'au niveau lombaire entre les deux crêtes. Après dissection sous cutanée et dissection des muscles trapèze et grand dorsal à partir de leurs insertions sur les processus épineux, dissection et écartement des muscles para vertébraux de chaque côté. Désinsertion des fibres musculaires et tendineuses intertransversaires des muscles spinaux. Les massifs articulaires sont ainsi dégagés jusqu'à leurs bords latéraux. L'hémostase est aussi assurée, par des compresses

roulées et tassées dans les gouttières vertébrales.

L'ostéosynthèse a été étalé sur 13 vertèbres, de T3 à L3. En utilisant 12 implants : quatre vis pédiculaires ont été implantés en L2 et L3, puis quatre liens sous-lamaires au niveau thoracique, dont l'un au niveau de T6, un au niveau de T10 et deux de part et d'autre de la vertèbre apex T9, un sur la convexité et l'autre sur la concavité. Par la suite, quatre crochets ont été placé plus haut, deux sous lamaires au niveau de T3 et deux sus-lamaires au niveau de T5. Après positionnement des implants, les deux tiges cintrées au préalable et équilibrées par deux ponts, ont été chargées sur les vis et les liens, puis serrées vers les crochets pour réduire la scoliose.

Après serrage final du matériel d'ostéosynthèse et contrôle de l'hémostase, l'avivement a été complété par la section des processus épineux suivi par la greffe de ces résidus pour l'arthrodèse. La fermeture a été réalisée en trois plans, sur deux drains de Redon rendus aspiratifs à H4 en postopératoire.

Le patient a été transféré en réanimation pour une durée de 24h. Après des suites postopératoires simples, le patient est sorti à J+8.

L'angle de Cobb sur la radiographie de contrôle (Figure 9) était de 49° par rapport à 120°, avec un pourcentage d'amélioration de 59%. Concernant l'angle de la cyphose thoracique (T5-T12), il est passé de 28° à 15°, restant toujours inclus dans la fourchette normale selon la classification de Lenke.

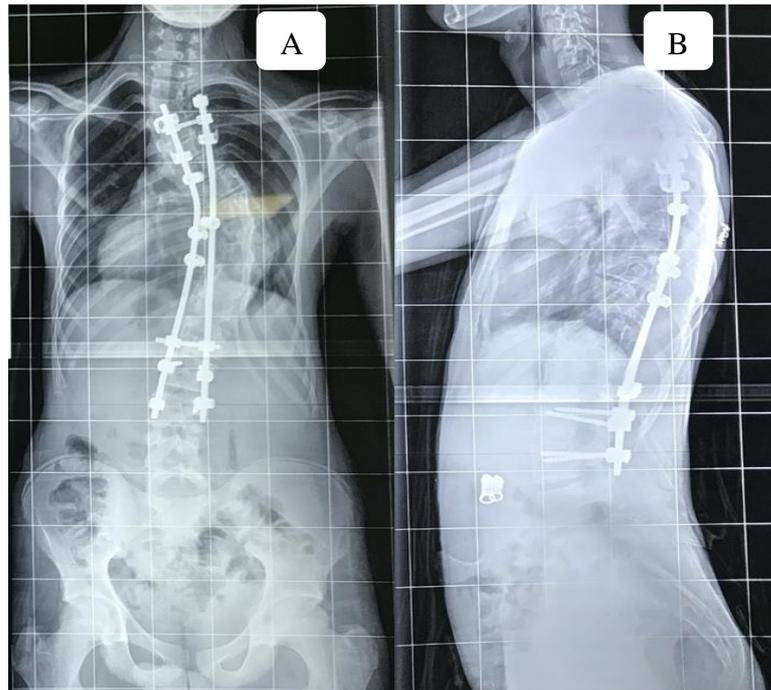


Figure 9 : Radiographie de contrôle en post-opératoire immédiat : A) de face, B) de profil

Après 4 ans de recul, le patient ne présente pas de plaintes notamment pas de douleur, hormis une légère gêne fonctionnelle lors de quelques activités physiques intenses. A l'examen clinique, les épaules sont symétriques avec persistance d'une petite gibbosité droite de 4 cm de hauteur.

La radiographie de contrôle (Figure 10) objective une légère perte de correction de 11% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate. L'angle de Cobb sur la radiographie de contrôle au dernier recul est à 62° par rapport à 49° du postopératoire.

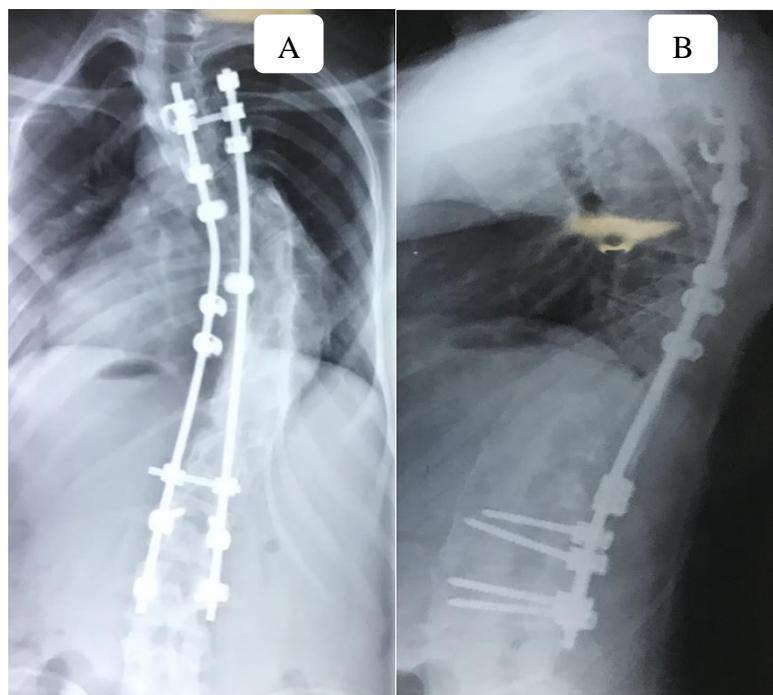


Figure 10 : Radiographie de contrôle après 4ans de recul : A) de face, B) de profil

Observation n°2 :

Il s'agit du patient Omar S., âgé de 17ans, sans antécédents pathologiques notable, suivi dans notre formation pour une scoliose dorsale.

L'examen clinique (Figure 11) avait objectivé une scoliose dorsale équilibrée, à convexité droite, avec une gibbosité dorsale droite mesurant 6 cm de hauteur, une asymétrie des épaules, des omoplates et des plis de la taille. Il avait un stade pubertaire de Tanner à 4. Et l'examen neurologique et somatique étaient sans particularités.

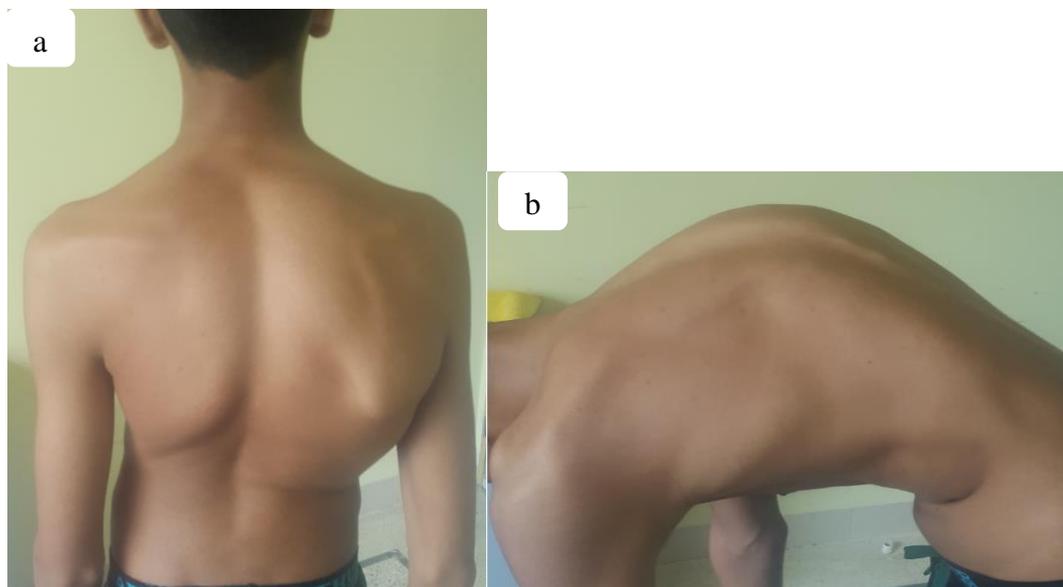


Figure 11 : Photo du dos debout (a) et en flexion antérieure du tronc (b) montrant la cypho-scoliose et la gibbosité droite

La radiographie du rachis (Figure 12) de face ayant mis en évidence une scoliose thoracique avec un apex à T9, une vertèbre limite supérieure à D5 et une inférieure à D11, et un angle de Cobb de 51°. Sur cliché de profil, l'angle de cyphose thoracique (T5-T12) était en hyper cyphose à 65°. Par ailleurs sur le bending test, la courbure principale était thoracique alors que les deux contre-courbures thoracique proximale et lombaire distale présentaient un angle inférieur à 25° (non structurales).

La CSVL passait entre le bord médial du pédicule concave et le bord latéral du corps vertébral de la VS de la contre-courbure lombaire L2.

Au total, c'était une scoliose thoracique Lenke BN+. Avec un apex à T9, une vertèbre neutre supérieure à T3 et une inférieure à L1.

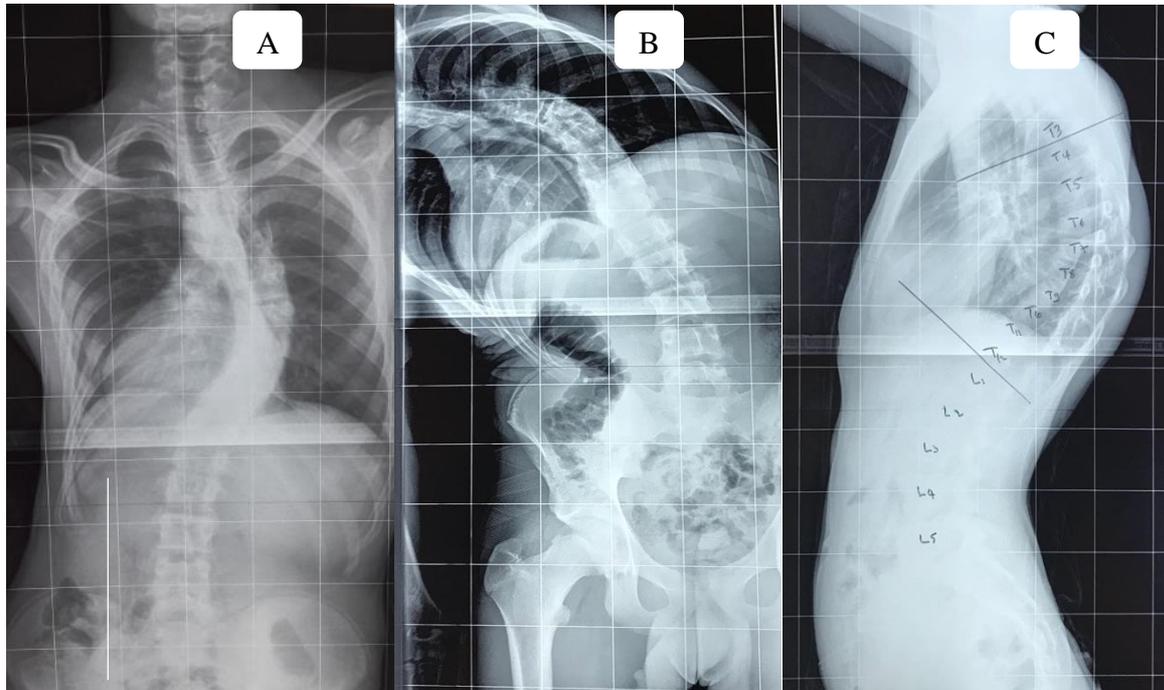


Figure 12 : A) Radiographie de face, B) Bending latéralisée à gauche, C) Radiographie de profil

Le patient avait une capacité fonctionnelle respiratoire conservée, et l'examen cardiovasculaire et pleuropulmonaires étaient normaux. Au bilan biologique ; l'hémoglobine était correcte à 13,7g/dl les plaquettes à 179000/mm³ et la fonction rénale normale.

Après préparation du malade et réalisation de la visite pré-anesthésique, le patient a été admis au bloc pour réduction chirurgicale avec ostéosynthèse. Le geste a duré 5heures et ayant consisté en une arthrodèse de 11 vertèbres, de T3 à L1, en utilisant 17 implants. Dont huit vis pédiculaires ont été implantées, une au niveau de T6, l'autre au niveau de T10, deux en bilatéral des pédicules de T11, T12 et L1. Puis,

sept liens sous-lamaires thoracique ont été placés, en bilatéral au niveau T4, et T9, et un par vertèbre au niveau de T6, T8 et T10. Et enfin, deux crochets sus-lamaires ont été inséré en bilatérale sur la vertèbre T3. Après positionnement des implants, les deux tiges cintrées au préalable, ont été chargées une par une sur les vis et les liens et serrées vers les crochets pour réduire la scoliose (Figure 13).



Figure 13 : Photo en per opératoire après instrumentation et réduction

La fermeture a été réalisée de la même façon sur 2 drains de Redon rendus aspiratifs à H4 en postopératoire.

Le patient a été extubé à H1 du post-op en réanimation, où il a été mis sous surveillance pour une durée de 24h, après des suites postopératoires simples, le patient est sorti à J+8.

L'angle de Cobb sur la radiographie de contrôle (Figure 14) était de 8° par rapport à 51°, avec un pourcentage d'amélioration de 84,3%. Et l'angle l'hypercyphose thoracique est passé de 65° à 36°.

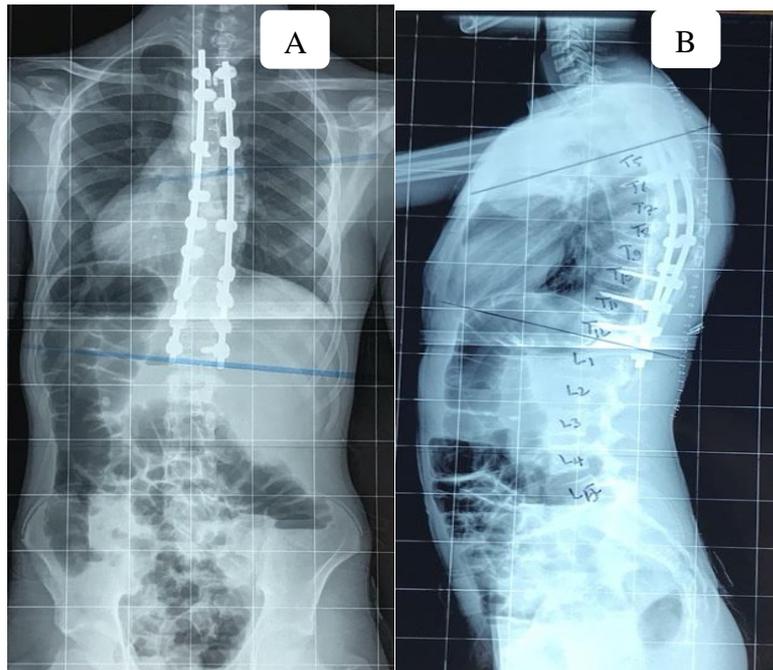


Figure 14 : Radiographie de contrôle en post-opératoire : A) de face, B) de profil

Après 3 ans et demi de recul, le patient se sent bien et garde une activité physique normale, par contre il présente une petite gêne par la saillie proximale de la tige en sous cutanée. A l'examen clinique (Figure 15), on notait la persistance de la gibbosité dorsale droite de 3cm de hauteur et une petite tuméfaction droite de la saillie proximale de la tige.



Figure 15 : Photo clinique du dos debout, après 3ans et demi de recul, vue postérieure (a) et latérale (b)

La radiographie de contrôle (Figure 16) a objectivé une perte de correction de 23,5% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate. L'angle de Cobb sur la radiographie de contrôle au dernier recul est à 20° par rapport à 8° du postopératoire.

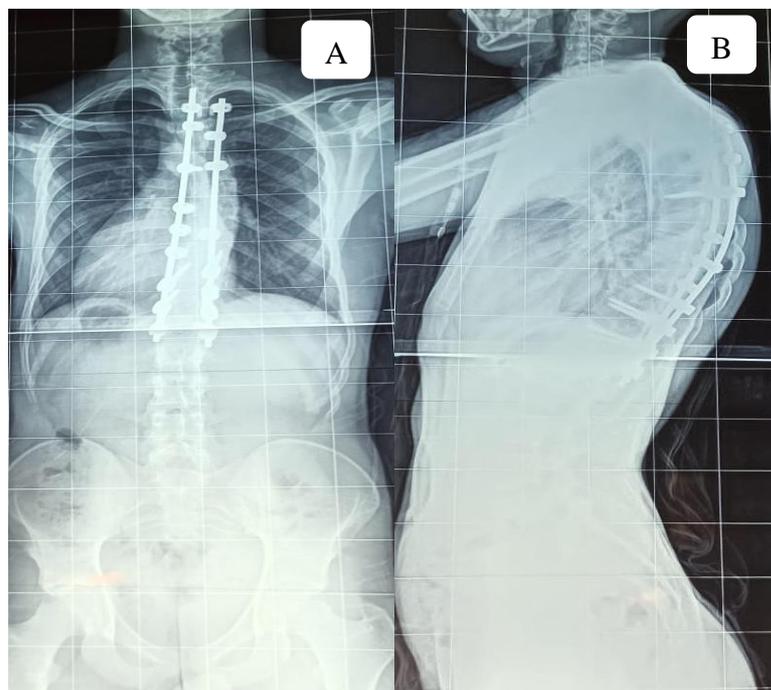


Figure 16 : Radiographie de contrôle, après 3ans et demi de recul : A) de face, B) de profil

Observation n°3 :

Il s'agit la fille Meriem K., âgée de 15ans, Ménarchée à l'âge de 13ans, ayant comme antécédents une fracture des 2 avant-bras traitée à l'âge de 6 ans. Suivi dans notre formation pour une scoliose dorsale.

L'examen clinique (Figure 17) avait objectivé une scoliose dorsale à convexité droite avec une asymétrie des épaules et des omoplates et une gibbosité de 4cm de hauteur, et l'examen neurologique sans particularité.



Figure 17 : Photo du dos debout montrant la déformation scoliotique et la gibbosité droite

Radiographie du rachis (Figure 18) de face ayant mis en évidence une double scoliose, avec une courbure thoraco-lombaire ayant un apex à T11, une vertèbre limite supérieure à T8 et une inférieure à L2 et un angle de Cobb de 65°, ainsi qu'une contre-courbure thoracique proximale avec un apex à T4, une vertèbre limite supérieure à T3 et l'autre inférieure à T8 et un angle de Cobb de 44°. Sur le cliché de profil, l'angle de cyphose thoracique (T5-T12) était de 30°. Et sur le bending test, la

courbure principale était thoraco-lombaire avec une contre-courbure thoracique proximale insuffisamment réductible (structurale). La CSVL passait au milieu de la VS de la contre-courbure lombaire L4.

Au total, c'était une scoliose thoraco-lombaire Lenke : 3AN. Avec l'apex de la courbure principale à T11 et de la contre courbure thoracique proximale à T4, la vertèbre neutre supérieure à T2 et l'inférieure à L3.

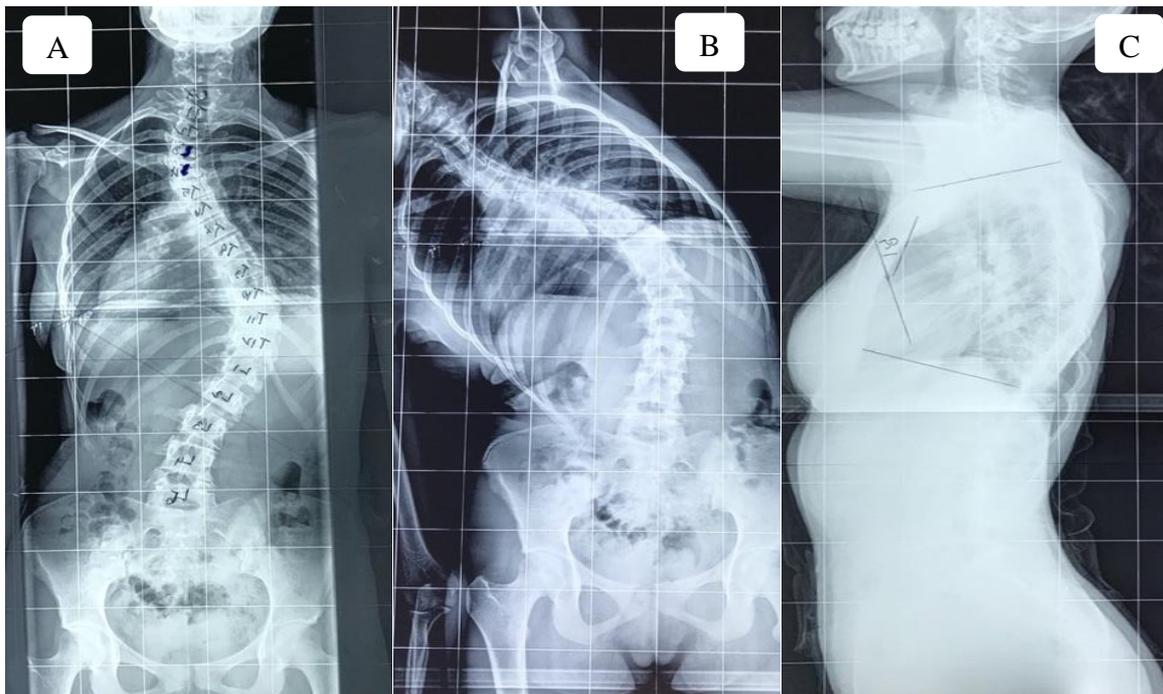


Figure 18 : A) Radiographie de face, B) Bending latéralisée à gauche, C) Radiographie de profil

La patiente avait une capacité fonctionnelle pulmonaire conservée, l'examen cardiovasculaire et pleuropulmonaire ainsi que l'exploration fonctionnelle respiratoire étaient normaux. Et le bilan biologique a été en faveur d'une hémoglobine à 14,4g/dl, des plaquettes à 321000/mm³ une TP correcte à 74%, et la fonction rénale normale.

Après préparation du malade et réalisation de la visite pré-anesthésique, la patiente a été admise au bloc pour réduction chirurgicale avec ostéosynthèse.

Par le même abord postérieur, treize vertèbres ont été inclus dans l'arthrodèse, de T3 à L3, en utilisant 19 implants. Huit vis pédiculaires ont été implantées, dont

deux en unilatérales au niveau de T7 et T12 et six en bilatérales au niveau de L1, L2 et L3. Puis sept liens sous-lamaires ont été placés en bilatéral au niveau de T6 et T11, et d'un seul coté au niveau de T9, T10 et T12. Et enfin quatre crochets ont été mis deux par deux, sus-lamaires à T3 et sous-lamaires à T4. Après positionnement des implants, les deux tiges cintrées au préalable ont été chargées simultanément sur les vis et les liens et serrées vers les crochets pour réduire la scoliose (Figure 19). La fermeture a été réalisée aussi sur 2 drains de Redon rendus aspiratifs à H4 en postopératoire.



Figure 19 : Photo en per opératoire après instrumentation et réduction

La patiente a été transférée en réanimation pour une durée de 24h. Après des suites postopératoires simples, la patiente est sortie à J+8.

L'angle de Cobb (major) sur la radiographie de contrôle (Figure 20) était de 10° par rapport à 65°, avec un pourcentage d'amélioration de 84,6%. Et l'angle de Cobb de la contre-courbure thoracique proximal est devenu à 7° par rapport à 44°, avec une amélioration de 84%. Concernant l'angle de cyphose thoracique (T5-T12), il est resté dans l'intervalle normal à 35°.

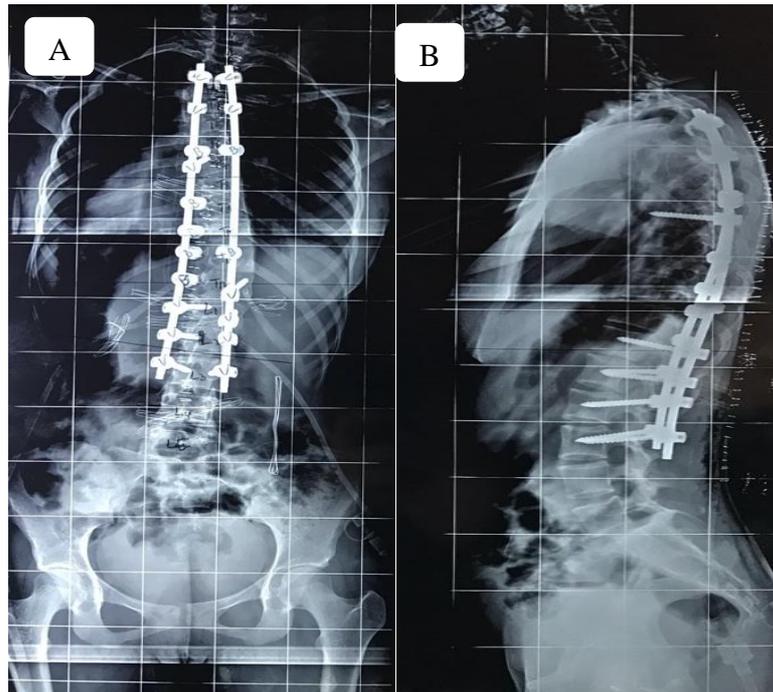


Figure 20 : Radiographie de contrôle en post-opératoire immédiat: A) de face, B) de profil

Après un recul de 3ans et 6mois, la patiente accusait des douleurs intermittentes à l'effort qui répondait au traitement symptomatique. A l'examen clinique (Figure 21), elle présentait une gibbosité de 3cm de hauteur thoraco-lombaire droite et une asymétrie des épaules.

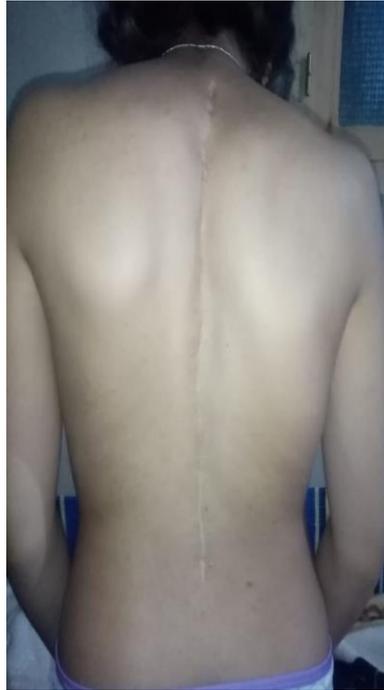


Figure 21 : Photo clinique du dos debout après 3ans et 6mois de recul, vue postérieure

Sur la radiographie de contrôle au dernier recul (Figure 22), l'angle de Cobb major est à 20° par rapport à 10° du postopératoire, avec une perte de correction de 15,3% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate. Aussi l'angle de la contre courbure thoracique proximal est à 22° par rapport à 7° du postopératoire, avec une perte de correction de 34% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate.

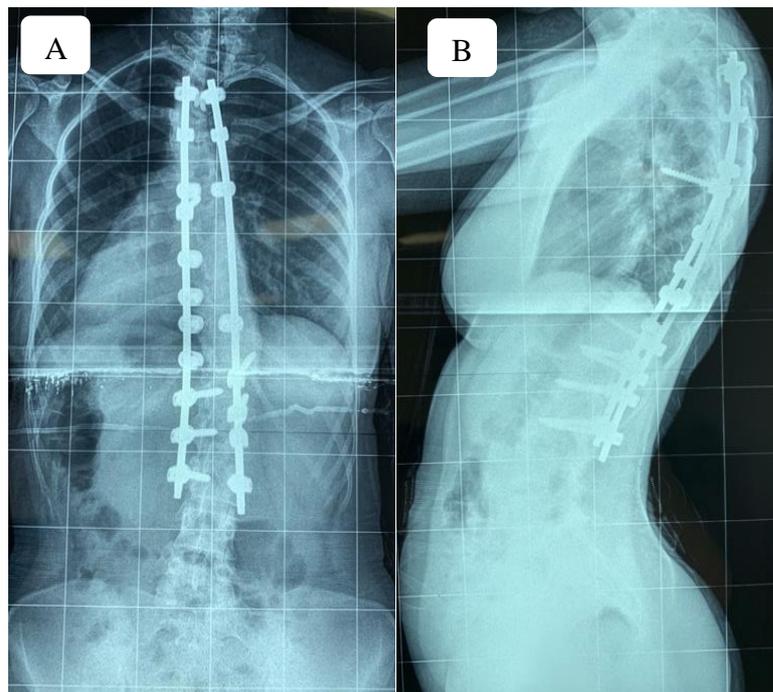


Figure 22 : Radiographie de contrôle, après 3ans et demi de recul: A) de face, B) de profil

Observation n°4 :

Il s'agit de la patiente Ichraq A., âgée de 15ans, sans antécédents pathologiques, suivi pour une scoliose dorsolombaire, qui présentait des douleurs intermittentes type décharges électriques du membre inférieur droit.

L'examen clinique (Figure 23) avait objectivé une scoliose dorsolombaire avec double courbure une thoracique à convexité droite et l'autre lombaire à convexité gauche avec la présence de deux gibbosités une thoracique de 6 cm de hauteur et une deuxième lombaire de 3cm de hauteur. L'examen neurologique et somatique étaient sans particularités.



Figure 23 : Photo du dos debout montrant la déformation scoliootique et la gibbosité droite

La radiographie du rachis (Figure 24) de face ayant mis en évidence une scoliose avec double courbure, une lombaire principale (major) avec un apex à L2, une vertèbre limite supérieure à T12 et une inférieure à L4 et angle de Cobb de 80°, une contre-courbure thoracique avec un apex à T8, une vertèbre limite supérieure à T5 et une inférieure à T12 et un angle de Cobb de 74°. Sur le cliché de profil, l'angle de cyphose thoracique (T5–T12) était de 40°. Par ailleurs sur le bending test, la courbure major était lombaire et la contre-courbure thoracique était aussi structural.

Au total, c'était une double scoliose, lombaire principale Lenke 6N. Avec l'apex de la courbure principale à L2 et de la contre courbure thoracique à T8, la vertèbre neutre supérieur à T3 et l'inférieure à L5.

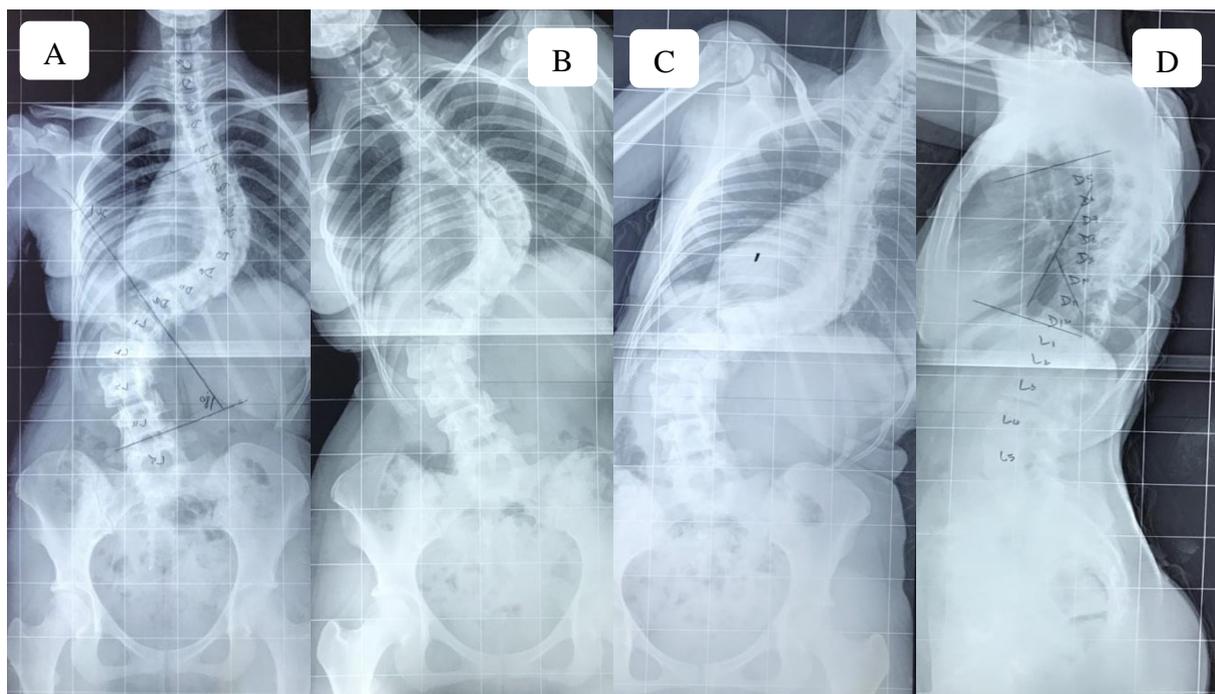


Figure 24 : A) Radiographie de face, B) Bending latéralisée à gauche, C) Bending latéralisée à droite, D) Radiographie de profil

La patiente avait une capacité fonctionnelle conservée et l'examen cardiovasculaire et pleuro-pulmonaire étaient normaux, à l'exploration fonctionnelle respiratoire, elle avait une restriction modérée. Et le bilan biologique était correct, avec une hémoglobine à 11,8g/dl, des plaquettes à 250000/mm³ et une fonction rénale normale.

Après préparation du malade et réalisation de la visite pré-anesthésique, le patient a été admis au bloc pour réduction chirurgicale avec ostéosynthèse. Le geste a duré 5 heures, ayant consisté en une arthrodeuse incluant 14 vertèbres, de T3 à L4, en utilisant 19 implants, dont dix vis pédiculaires qui ont été implantées, en bilatérale à T6, L3 et L4, et d'un seul côté au niveau de T11, T12, L1 et L2, puis sept liens sous-lamaires, deux ont été passés au niveau T5 et T9 puis une par vertèbre au niveau de T8, T10 et T11, et enfin deux crochets sus-lamaires en bilatéral au niveau de T3. Après positionnement des implants, les deux tiges cintrées au préalable ont été chargées sur les vis et les liens et serrées vers les crochets pour réduire la scoliose.

Le séjour en réanimation était d'une durée de 24h, où la patiente a bénéficié d'une analgésie et contrôle hémodynamique et respiratoire. Les suites post opératoire étaient simples et la patiente est sortie à J+8.

L'angle de Cobb (major) sur la radiographie de contrôle (Figure 25) était de 36° par rapport à 80°, avec un pourcentage de correction de 55%, et l'angle de Cobb de la contre-courbure thoracique proximal était de 32° par rapport à 76°, réalisant un pourcentage d'amélioration de 57,9%. Concernant l'angle de la cyphose thoracique, il persistait à 40°.

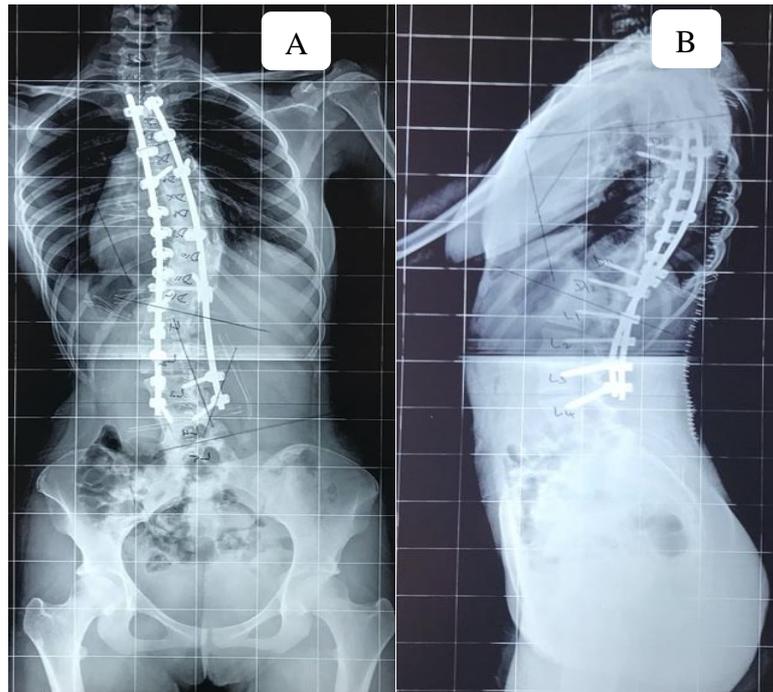


Figure 25 : Radiographie de contrôle en post-opératoire immédiat : A) de face, B) de profil

Après 2ans de recul, la patiente ne présentait pas de plaintes notamment pas de douleur, hormis une légère gêne fonctionnelle lors de quelques activités physiques intenses.

Sur la radiographie de contrôle au dernier recul (Figure 26), l'angle de Cobb major est à 33° par rapport à 36° du postopératoire, avec une amélioration de correction de 3,7% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate. Et l'angle de la contre courbure thoracique proximal est à 33° par rapport à 32° du postopératoire, avec une minime perte de correction de 2,5% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate.

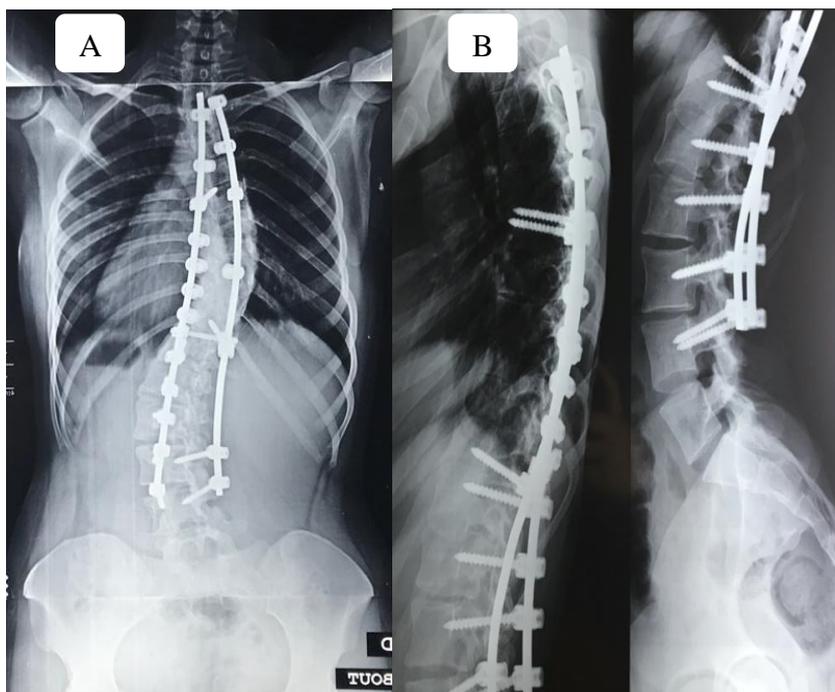


Figure 26 : Radiographie de contrôle après 2ans de recul : A) de face, B) de profil

Observation n°5 :

Il s'agit de la fille Chaimae H., âgée de 18 ans, ménarchée à l'âge de 15ans, ayant comme antécédents une cousine germaine opérée pour une scoliose et notion de déformation thoracique chez une cousine de deuxième degré. La patiente est suivie chez nous pour une scoliose pour laquelle elle avait bénéficié d'un corset orthopédique pendant 2ans.

L'examen clinique (Figure 27) avait objectivé une scoliose dorsale équilibrée ; à convexité droite, avec une gibbosité mesurant 2.5cm de hauteur, une asymétrie des épaules, des omoplates et des plis de la taille et un aspect de dos plat avec un creux interscapulaire. L'examen général avait trouvé stade pubertaire de Tanner à 4 et le reste de l'examen somatique ainsi que neurologique étaient sans particularités.

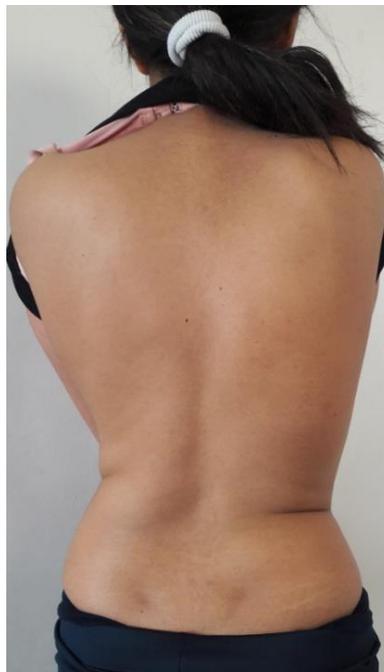


Figure 27 : Photo du dos debout montrant la déformation scoliotique et la gibbosité droite

La radiographie du rachis (Figure 28) de face ayant mis en évidence une scoliose avec double courbure, une thoracique principale avec un apex à T9, une vertèbre limite supérieure à T6 et une inférieure à T12 et un angle de Cobb de 51° et une contre-courbure lombaire avec un apex à L3, une vertèbre limite supérieure à T12 et une inférieure à L4 et un angle de Cobb de 40°. Sur le cliché de profil, l'angle de cyphose thoracique (T5-T12) était de 30°. Par ailleurs sur le bending test, la courbure principale était thoracique, la contre-courbure lombaire était structural et la contre-courbure thoracique proximal était non structurale. La CSVL passait entre le bord médial du pédicule concave et le bord latéral du corps vertébral de la VS de la contre-courbure lombaire L3.

Au total, c'était une double scoliose, thoracique principale Lenke 3BN. Avec l'apex thoracique à T9 et lombaire à L3, une vertèbre neutre supérieure à T3 et une inférieure est L5.

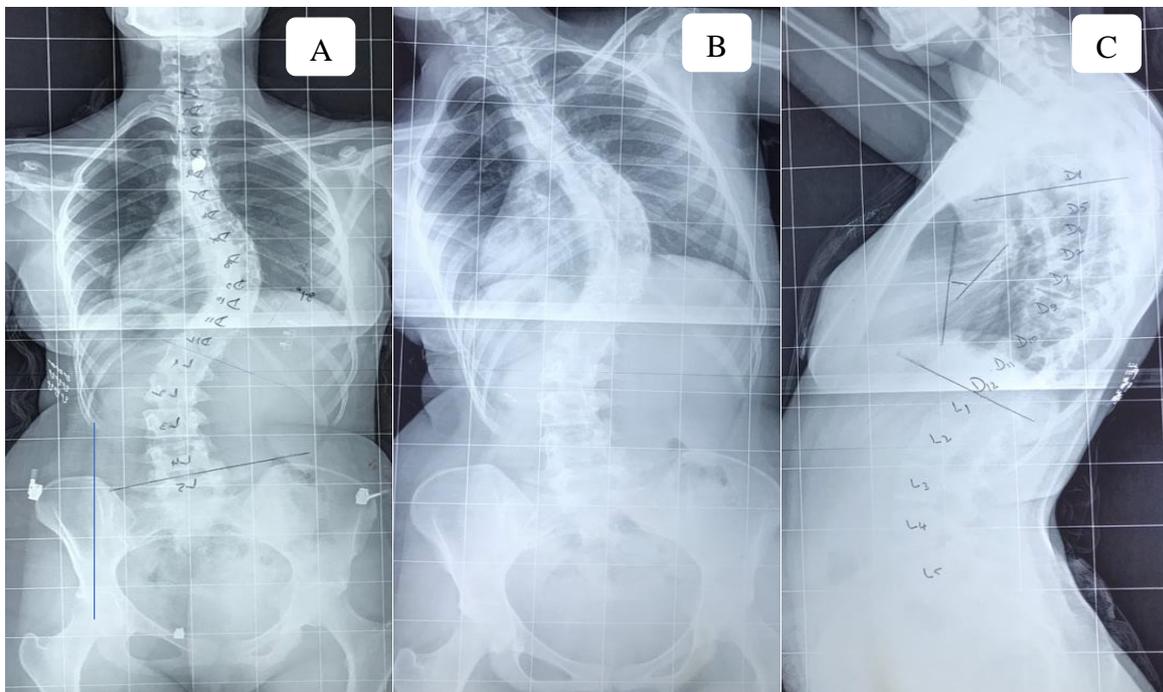


Figure 28 : A) Radiographie de face, B) Bending latéralisée à gauche, C) Radiographie de profil

La patiente avait une capacité fonctionnelle pulmonaire conservée, l'examen cardiovasculaire et pleuropulmonaire ainsi que l'exploration fonctionnelle respiratoire étaient normaux. Le bilan biologique a été en faveur d'une hémoglobine à 15,2dl/l, des plaquettes à 316000/mm³, une TP correcte à 97%, et la fonction rénale normale.

Après préparation du malade et réalisation de la visite pré-anesthésique, le patient a été admis au bloc pour réduction chirurgicale avec ostéosynthèse par un abord postérieur.

L'arthrodèse avait inclus 14 vertèbres, de T2 à L3, implantées par 18 matériels. Dont dix vis pédiculaires, qui ont été fixé en unilatéral au niveau de T11 et L1, et en bilatérale au niveau de T6, T12, L2 et L3. Puis par six liens sous-lamaires, dont quatre ont été mis en bilatéral au niveau T4 et T9, et deux unilatéral au niveau de T8 et T10. Et enfin deux crochers sus-lamaires en bilatéral au niveau de T2 (Figure 29).



Figure 29 : Photo en per opératoire après instrumentation et réduction

Après positionnement des implants, les deux tiges cintrées au préalable ont été chargées sur les vis et les liens et serrées vers les crochets pour réduire la scoliose.

La patiente a été mise sous surveillance en réanimation, pour une durée de 24h. Après des suites post opératoire simples, la patiente est sortie à J+8.

Sur la radiographie de contrôle en postopératoire (Figure 30), l'angle de Cobb (major) s'est amélioré, devenant à 22° par rapport à 51° avec une amélioration de 56,8%, et l'angle de la contre-courbure lombaire était de 20° par rapport à 40° avec un pourcentage d'amélioration de 50%. Concernant l'angle de cyphose thoracique (T5-T12), il est passé de 30° à 35°, restant toujours inclus dans la fourchette normale selon la classification de Lenke.

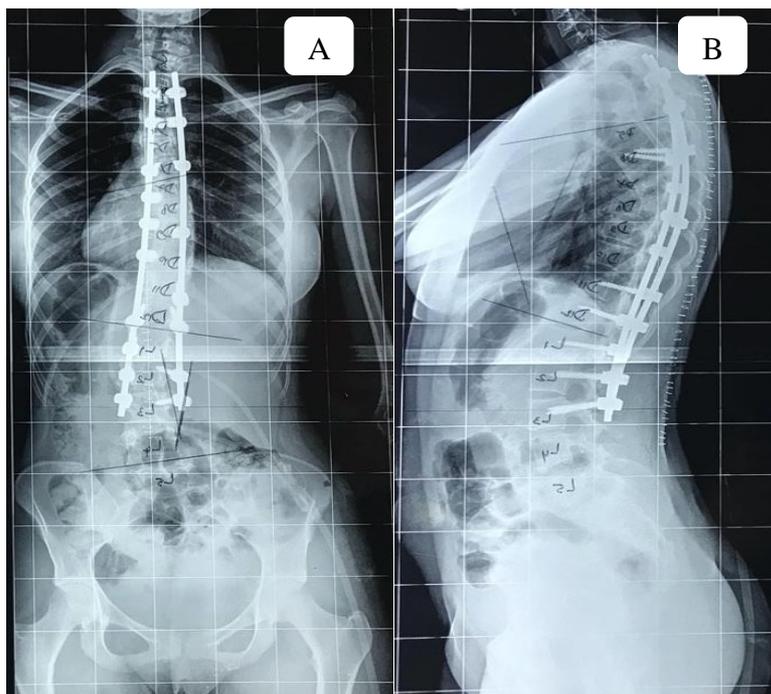


Figure 30 : Radiographie de contrôle en post-opératoire immédiat : A) de face, B) de profil

Après 3ans et demi de recul, la patiente n'accusait aucune douleur ou autre symptomatologie, elle gardait une activité physique normale. A l'examen clinique (Figure 31), on notait la présence d'une petite cyphose proximale cervicale et une légère asymétrie du bassin.



Figure 31 : Photo clinique du dos debout après 3ans et demi de recul, vue postérieure

Sur la radiographie de contrôle au dernier recul (Figure 32), l'angle de Cobb major est à 21° par rapport à 22° du postopératoire, avec une amélioration de la correction de 2% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate. Aussi l'angle de la contre courbure thoracique proximal est à 19° par rapport à 20° du postopératoire, avec une amélioration de la correction de 2,5% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate.

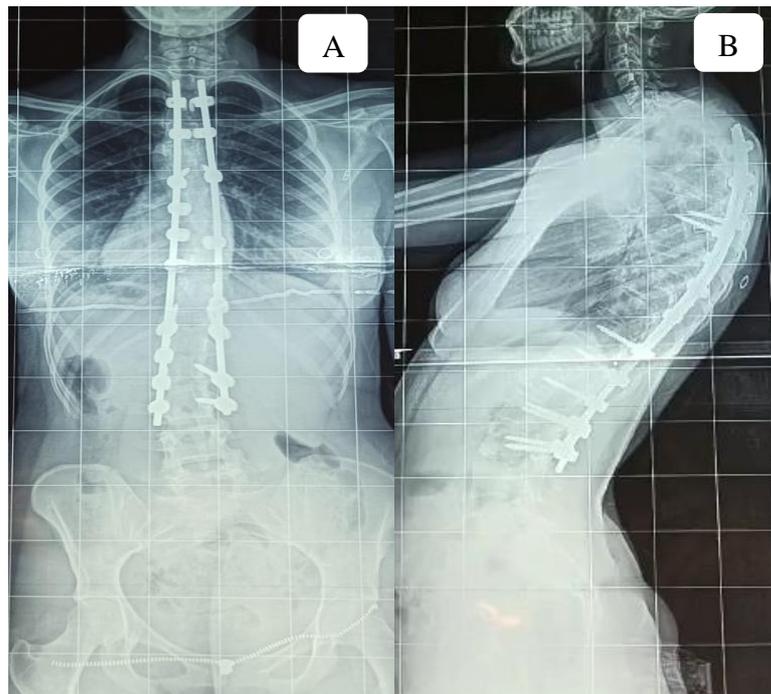


Figure 32 : Radiographie de contrôle après 3ans et demi de recul : A) de face, B) de profil

Observation n°6 :

Il s'agit de l'adolescente Rajae B., âgée de 16 ans, ménarchée à l'âge de 12ans, sans antécédents pathologiques. Suivi dans notre formation pour une scoliose avec un retard scolaire de 2 ans dû à l'impact psychosocial de sa maladie (se sentait stigmatisée).

L'examen clinique (Figure 33) avait objectivé une scoliose dorsolombaire gauche avec une gibbosité de 6cm de hauteur, une asymétrie des épaules et des omoplates, une limitation de l'inclinaison et des rotations du rachis cervical par contre la flexion-extension était conservée. Par ailleurs, le reste de l'examen somatique trouvait une marche avec discrète boiterie de TRENDELENBOURG et un stade pubertaire de TANNER à 4.



Figure 33 : Photo du dos debout montrant la déformation scoliotique et la gibbosité gauche

La radiographie du rachis de face (Figure 34) ayant mis en évidence une scoliose thoraco-lombaire avec un apex à T11, une vertèbre limite supérieure à T5 et une inférieure à L3 et un angle de Cobb de 74°. Sur le cliché de profil, l'angle de cyphose thoracique (T5-T12) était de 25°. Et sur le bending test, la courbure principale était thoraco-lombaire et les deux contre-courbures thoracique proximal et lombaire n'étaient pas structurales. La CSVL passait entre le bord médial du pédicule concave et le bord latéral du corps vertébral de la VS de la contre-courbure lombaire L3.

C'était une scoliose dorso-lombaire Lenke : 1BN. Avec un apex à T11, la vertèbre neutre supérieure à T3 et inférieure à L4.

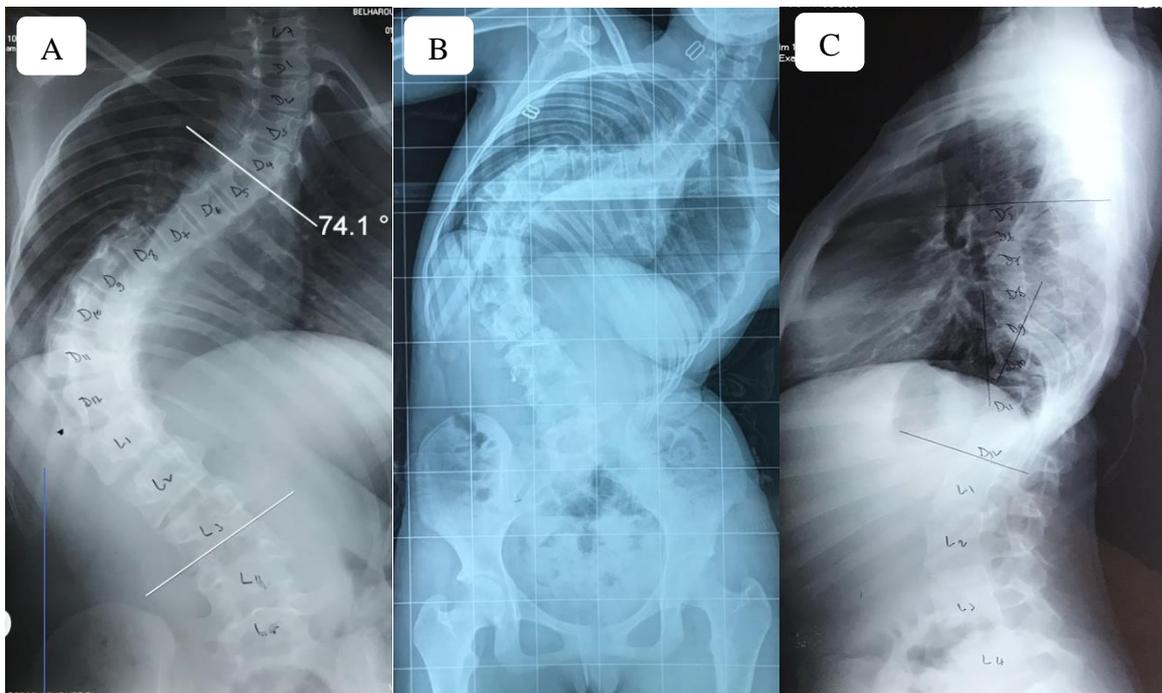


Figure 34 : A) Radiographie de face, B) Bending latéralisée à gauche, C) Radiographie de profil

La patiente avait une capacité fonctionnelle conservée et l'examen cardiovasculaire et pleuro-pulmonaire étaient normaux. L'exploration fonctionnelle respiratoire a objectivé un volume expiratoire maximal seconde (VEMS) diminué à 48%. Et le bilan biologique était correct, avec une hémoglobine à 13,8g/dl, des plaquettes à 340000/mm³ et une fonction rénale normale.

Après préparation du malade et réalisation de la visite pré-anesthésique, le patient a été admis au bloc pour réduction chirurgicale avec ostéosynthèse.

L'arthrodèse a été étalé sur 14 vertèbres, de T2 à L3. En utilisant 18 implants. Dont sept vis pédiculaires, qui ont été placées en bilatéral sur les vertèbres T6, L2 et L3 et une au niveau de L1. Puis neuf liens sous-lamaires ont été passés en bilatéral au niveau de T4 et T9, et d'un seul coté au niveau de T7, T8, T10, T11 et T12. Enfin deux crochets sus-lamaire au niveau de T2. Après positionnement des implants, les deux tiges cintrées au préalable ont été chargées sur les vis et les liens et serrées vers les crochets pour réduire la scoliose.

En postopératoire, la patiente a été mise sous surveillance en réanimation, pour une durée de 24h. Après des suites postopératoires simples, la patiente est sortie à J+7.

Sur la radiographie de contrôle (Figure 35), l'angle de Cobb s'est amélioré de 33,8%, il est à 49° par rapport à 74°. Aussi sur le plan frontale, l'angle de la cyphose thoracique a été légèrement diminuée mais restant dans l'intervalle normale, avec une angulation de 21° par rapport à 25°.

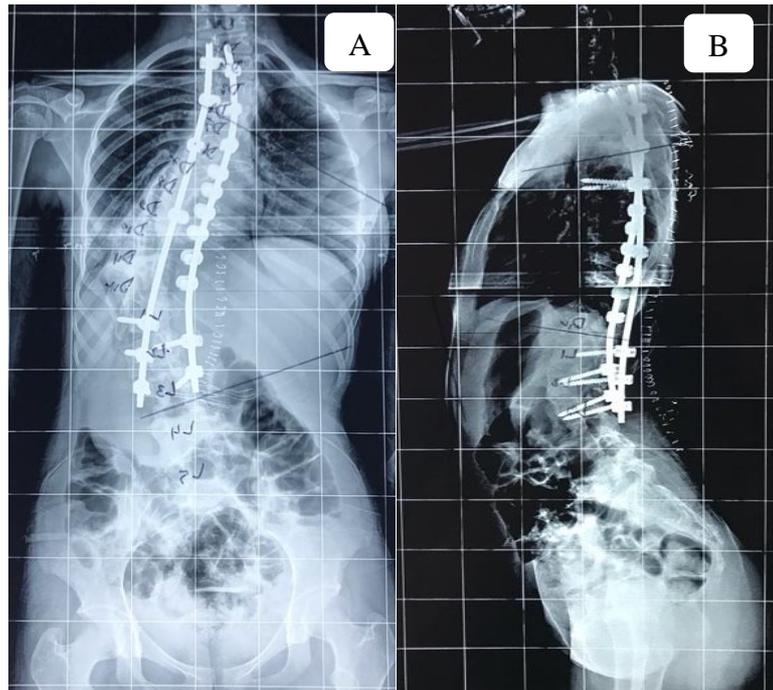


Figure 35 : Radiographie de contrôle en post-opératoire immédiat : A) de face, B) de profil

Après 3 ans et demi de recul, la patiente n'accusait pas de douleur, mais la persistance d'une gêne fonctionnelle, avec une boiterie. A l'examen clinique (Figure 36), les épaules étaient asymétriques avec persistance d'une gibbosité gauche de 6 cm de hauteur.



Figure 36 : Photo clinique du dos debout après 3 ans et demi de recul, vue postérieure

La radiographie de contrôle (Figure 37) a objectivé une perte de correction de 14,9% par rapport à la radiographie postopératoire immédiate. L'angle de Cobb sur la radiographie de contrôle au dernier recul est à 60° par rapport à 49° du postopératoire.

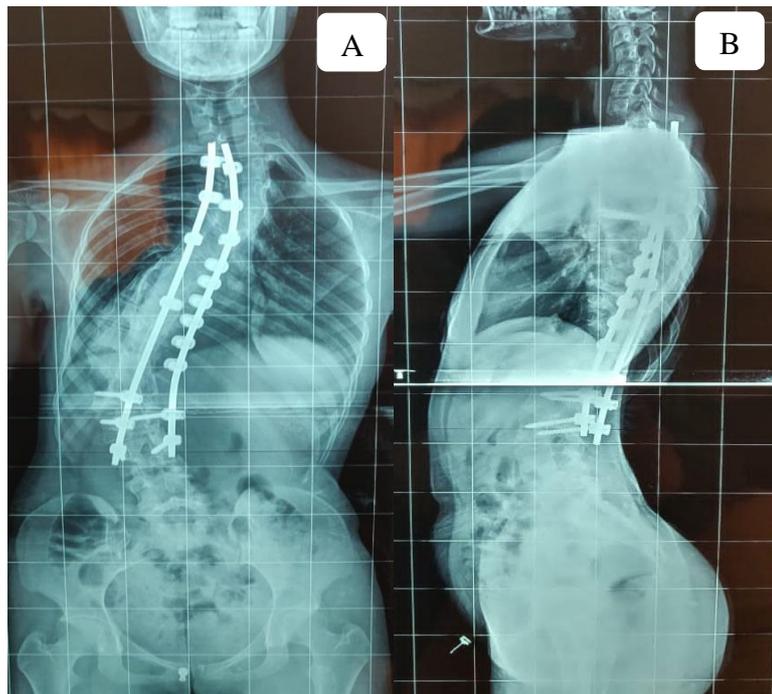


Figure 37 : Radiographie de contrôle après 3ans et demi de recul : A) de face, B) de profil

Observation n° 7 :

Il s'agit de l'adolescent Imad F., âgé de 16 ans, sans antécédents pathologiques, suivi pour une scoliose.

L'examen clinique avait objectivé une scoliose dorsolombaire droite, avec une gibbosité de 5 cm de hauteur, une asymétrie des épaules, des omoplates et des plis de la taille, aussi il avait un aspect de dos plat avec un creux inter scapulaire. Avec un examen neurologique ainsi que somatique sans particularités.

La radiographie du rachis (Figure 38) de face ayant mis en évidence une scoliose thoracique avec un apex à T9, une vertèbre limite supérieure à T6 et une inférieure à T12 et un angle de Cobb de 63°. Sur le cliché de profil, l'angle de la cyphose thoracique (T5–T12) était de 9°. Et sur le bending test, la courbure principale était thoracique et les deux contre-courbures thoracique proximal et lombaire distale n'étaient pas structurales. La CSVL passait au milieu de la VS de la contre-courbure lombaire L3.

Au total, c'était une scoliose thoracique Lenke 1AN-. Avec un apex à T9, une vertèbre neutre supérieure à T2 et une inférieure à L3.

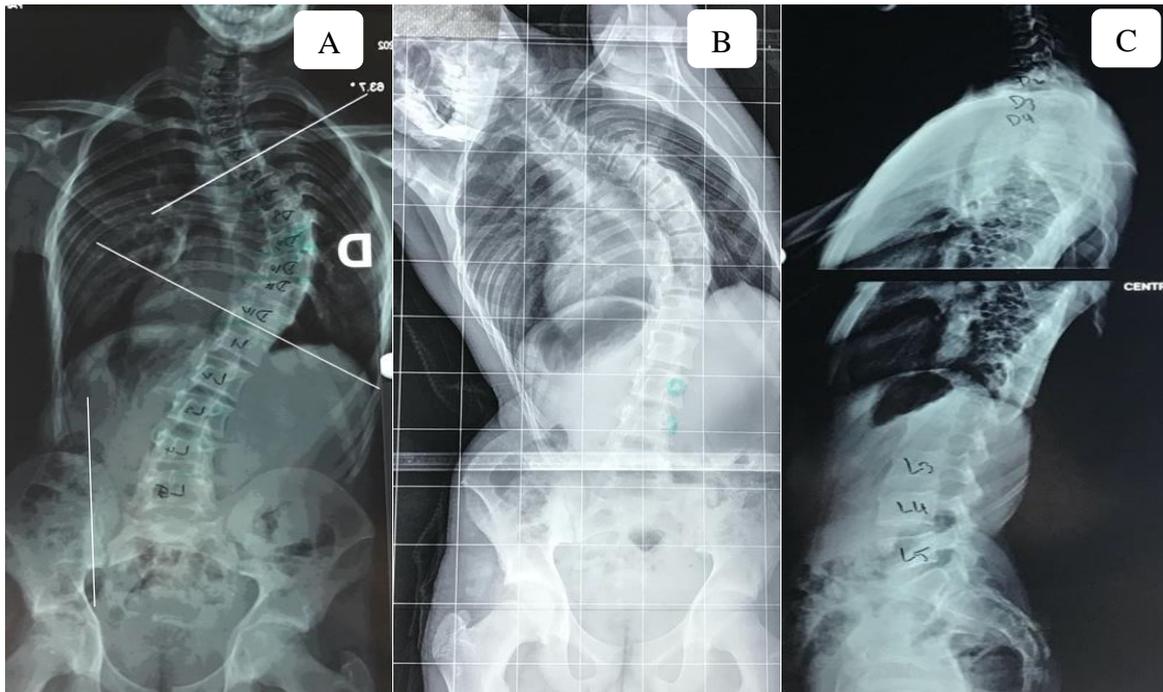


Figure 38 : A) Radiographie de face, B) Bending latéralisée à gauche, C) Radiographie de profil

L'exploration fonctionnelle respiratoire était en faveur d'un trouble ventilatoire obstructif avec une VEMS à 43%. Le bilan biologique pré-opératoire était en faveur d'une hémoglobine à 14.8g/dl, des plaquettes à 228000/mm³, et un TP correct à 100%.

Après préparation du malade et réalisation de la visite pré-anesthésique, le patient a été admis au bloc pour réduction chirurgicale avec ostéosynthèse. Un système de neuromonitoring médullaire a été mis en place par les neurophysiologistes, avec vérification des différents paramètres en préopératoire.

Le geste ayant consisté en une ostéosynthèse de 15 vertèbres, de T1 à L3, dont 14 implants ont été utilisés. Dont quatre vis pédiculaires qui ont été placés en bilatéral sur L2 et L3, puis six liens sous-lamaires ont été passés en bilatéral au niveau de T8 et d'un seul côté au niveau de T4, T7, T9 et T10, et en fin quatre crochets ont été insérés en bilatéral, sus-lamaire en T1 et sous-lamaire au niveau de T2. Après positionnement des implants, les deux tiges cintrées au préalable et équilibré par

deux ponts, ont été chargées sur les vis et les liens et serrées vers les crochets pour réduire la scoliose.

Aucune modification significative des potentiels n'a été enregistrée au cours de la mise en place des implants ou des manœuvres de réduction. Le geste a duré 7 heures, où le patient a été transfusé par 2 culots globulaires O+, et la sortie de sang a été estimée à 300ml.

En postopératoire, durant son séjour en réanimation, le patient a présenté un choc hypovolémique avec une tension artérielle à 08/04 et une tachycardie à 150 batt/min et une oligurie estimée à 0,5 cc/kg/h avec à la gazométrie une acidose métabolique. Ce choc a été jugulé par un remplissage à 30 cc/kg de sérum salé avec une transfusion d'un culot globulaire et de plasma frais congelé. Une nette amélioration clinique et biologique a été obtenue après les 48H du postopératoire. Puis le patient est sorti après un séjour hospitalier de 17 jours, où il n'a présenté aucune complication neurologique ou infectieuse.

L'angle de Cobb, sur la radiographie de contrôle (Figure 39), s'est amélioré de 55,5%, il est à 28° par rapport à 63°. Et sur le plan sagittal, l'angle de l'hypo cyphose thoracique s'est amélioré (15° / 9°).

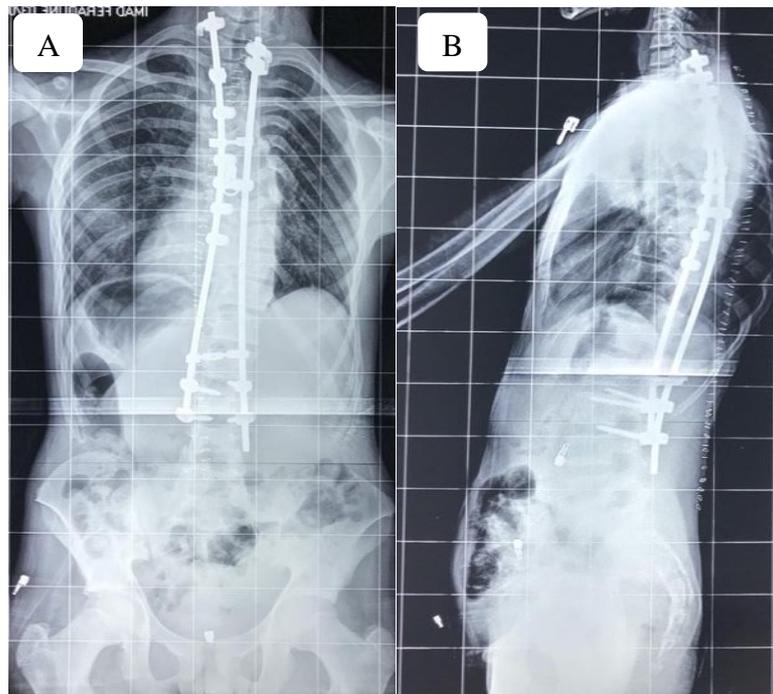


Figure 39 : Radiographie de contrôle en post-opératoire : A) de face, B) de profil

RÉSULTATS

I. Étude épidémiologique :

1. Age

L'âge de nos malades variait entre 15 et 18ans avec un âge moyen qui était de 16 ans. (Figure 40)

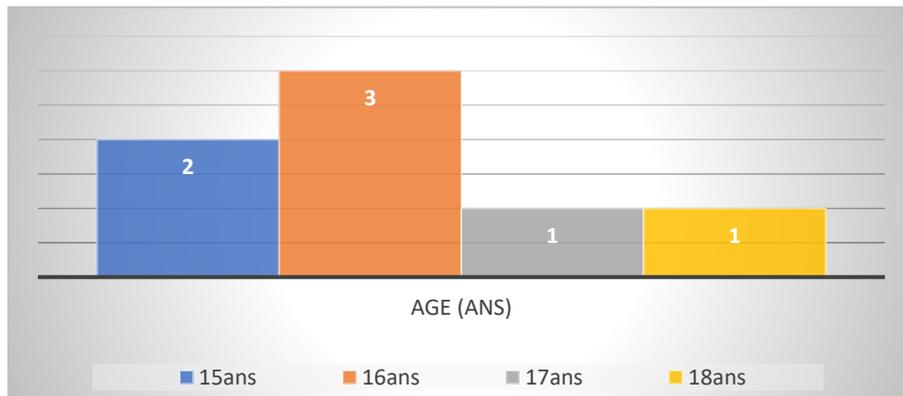


Figure 40 : répartition selon l'âge.

2. Sexe

Une légère prédominance féminine a été notée, constituée de 3 garçons et 4 filles avec un sexe ratio de 0,75 (Figure 41)

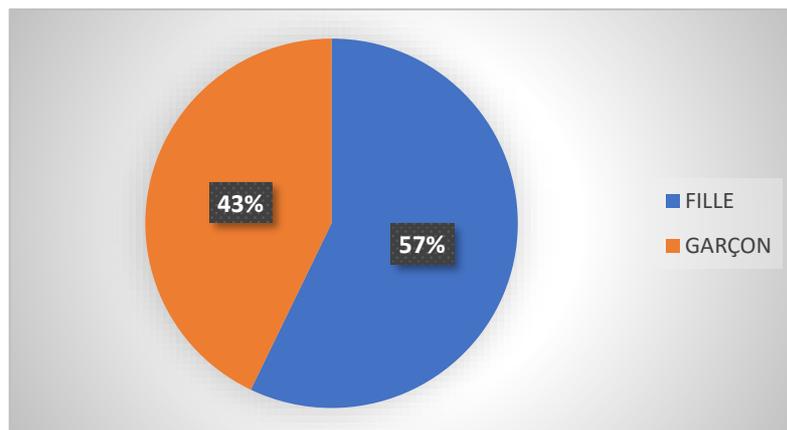


Figure 41 : répartition selon le sexe.

3. Étiologie :

La scoliose était idiopathique chez tous nos malades.

II. Caractéristique de la scoliose :

La valeur moyenne de l'angle de Cobb pour les courbures principale était de 72° (51° ; 120°), et pour les 3 patients qui avaient des doubles courbures, la valeur moyennes des contres courbures était de 52,66° (40° ; 74°).

Sur le plan sagittal, la valeur de l'angle de cyphose thoracique entre T5 et T12 était normale soit entre 10° et 40° chez 5 patients, les 2 autres avaient une hypocyphose et une hypercyphose, de 9° et de 65° respectivement (Tableau 1).

Tableau 1 : angle de Cobb en préopératoire

	Angle de Cobb (°)		
	Courbure principale	Contre courbure structurale 1	Plan sagittal (T5-T12) 10° < N < 40°
1	120°		28° N
2	51°		65° +
3	65°	44°	30° N
4	80°	74°	40° N
5	51°	40°	30° N
6	74°		25° N
7	63°		9° -
Angle moyenne	72°	52,66°	32,42°

La répartition des scolioses selon leurs niveaux, leurs caractères (à une seule courbure ou double) et selon la classification de Lenke ont été détaillés sur le tableau2.

Quatre patients qui avaient une seule courbure ont été classés type 1 selon Lenke et pour les 3 patients qui avaient des doubles courbures ; deux étaient type 3 de Lenke et l'autre type 6 de Lenke.

Tableau 2 : analyse radiologique et classification des scolioses en préopératoire

	Apex	Niveau de scoliose (courbures structurales)				Vertèbre neutre sup.	Vertèbre neutre inf.	LENKE
		Thoracique proximal	Thoracique	Thoraco-lombaire	Lombaire			
1	T9		Oui			T3	L3	1 B N
2	T9		Oui			T3	L1	1 B +
3	T4-T11	Oui		Oui (major)		T2	L3	3 A N
4	T8-L2		Oui		Oui (major)	T3	L4	6 N
5	T9-L3		Oui (major)		Oui	T2	L3	3 B N
6	T11			Oui		T2	L3	1 B N
7	T9		Oui			T1	L3	1 A -

III. Traitement :

1. Niveaux d'instrumentation :

Le nombre moyen de vertèbres instrumentées était de 13,4 (11–15). La vertèbre instrumentée la plus proximale était T1 pour un seul patient, T2 chez 2 patients, et T3 chez 3 patients (tableau 3).

Tableau 3 : limites et nombres de vertèbres inclus dans l'arthrodèse

	Niveau vertébraux inclus dans l'arthrodèse	Nombre de vertèbre inclus dans l'arthrodèse
1	T3-L3	13
2	T3-L1	11
3	T3-L3	13
4	T3-L4	14
5	T2-L3	14
6	T2-L3	14
7	T1-L3	15

2. Type d'implants :

Un montage hybride a été adopté chez tout nos patients, composé de Vis pédiculaires au niveau lombaire, de liens sous lamaire au niveau thoracique, et en proximal, des crochets sus et sous-lamaires (tableau 4). Le tout a été serré sur deux tiges cintrées qui étaient en Chrome et Cobalt avec un diamètre de 5,5mm. Ces tiges ont été maintenues parallèles, par des dispositifs de traction transversales (DTT) ou ponts, permettant d'obtenir un cadre rigide.

Le nombre et la densité d'implants (le rapport entre le nombre total d'implants et le nombre de niveaux instrumentés) dépend de la nature de la scoliose (rigide ou souple) et de son étendu. Ainsi, deux patients (n°1 et n°7) ont bénéficié d'une moyenne de 13 implants, avec une densité de 0,92, par rapport au reste des patients qui avait une moyenne de 17 implants, avec une densité de 1,38.

Tableau 4 : types, nombres et densité d'implants utilisés

	Nombre d'implants utilisés				Densité d'implants
	Vis pédiculaires	Crochers	Liens sous-lamaires	Total	
1	4	4	4	12	0,92
2	8	2	7	17	1,54
3	8	4	7	19	1,46
4	10	2	7	19	1,35
5	10	2	6	18	1,28
6	7	2	9	18	1,28
7	4	4	6	14	0,93

3. Répartition du montage :

La répartition de ce montage varie selon les vertèbres neutres proximales et distales des scolioses ainsi qu'au niveau des vertèbres apex des courbures (Tableau 5).

La limite d'instrumentation proximale était au niveau de la vertèbre neutre proximale (VN) ou au niveau de la VN-1 chez tous nos patients sauf un seul le n°3 où la limite était au niveau de la VN+1.

Et la limite d'instrumentation distale était au niveau de la vertèbre neutre distale chez 4 patients et au niveau de la VN-1 chez 2 autres et VN-2 chez un seul patient.

Six vertèbres sommets, dont 2 chez des malades qui avaient une double scoliose (soit 4 patients), ont été instrumentées par deux implants, des liens sous-lamaires pour 4 apex, et des vis pour les 2 autres.

Tableau 5 : Répartition du montage selon la vertèbre sommet et les vertèbres neutres

		N°1			N°2			N°3			N°4			N°5			N°6			N°7		
VERTÈBRES THORACIQUES		T1			C	T1	C															
		T2			T2			T2			T2		C	T2	C	C	T2	C		C	T2	C
		C	T3	C		T3			T3			T3										
		T4		L	T4	L	C	T4	C		T4		L	T4	L	L	T4	L	L	T4		
		C	T5	C		T5			T5		L	T5	L		T5			T5			T5	
		L	T6		V	T6	L	L	T6	L	V	T6	V	V	T6	V	V	T6	V		T6	
		T7			T7			V	T7			T7			T7		L	T7		L	T7	
		T8		L	T8			T8		L	T8	L										
		L	T9	L	L	T9	L	L	T9		L	T9	L	L	T9	L	L	T9	L	L	T9	
		L	T10		L	T10	V	L	T10													
		T11		V	T11	V	L	T11	L	L	T11	V		T11	V	L	T11			T11		
		T12		V	T12	V	L	T12	V	V	T12		V	T12	V	L	T12			T12		
VERTÈBRES LOMBAIRES		L1		V	L1	V	V	L1	V	V	L1		V	L1			L1	V		L1		
	V	L2	V		L2		V	L2	V	V	L2		V	L2	V	V	L2	V	V	L2	V	
	V	L3	V		L3		V	L3	V													
		L4			L4			L4		V	L4	V		L4			L4			L4		
		L5			L5			L5			L5			L5			L5			L5		

C : crocher, L : lien sous-lamaire, V : vis.

-  Vertèbre sommet ou Apex
-  Vertèbre neutre (VN)

IV. Résultats :

1. Déroulement de l'intervention :

Sous anesthésie générale, prise de voie centrale, monitoring tensionnel, le patient est installé sur table orthopédique ordinaire, en décubitus ventral avec des billots, placés sous le bassin, en basi-thoracique et sous les épaules.

La chirurgie était sous hypotension contrôlée pour maintenir une bonne hémostase, tous les patients ont bénéficié de transfusion avec une moyenne de 2 culots globulaires.

Un réveil peropératoire a été provoqué après mise en place des implants pour un contrôle neurologique. Chez un seul patient, ce contrôle était en parallèle au déroulement de l'intervention avec l'aide d'un système de neuromonitoring médullaire, aucune modification significative des potentiels n'a été enregistrée au cours de la mise en place des implants ou des manœuvres de réduction. En total, aucune complication neurologique per opératoire n'a été rapporté.

La durée moyenne des gestes était de 7 heures. Et aucun incident per opératoire n'a été rapporté.

2. Suivi postopératoire :

La durée moyenne d'hospitalisation était de huit jours, sans aucune complication.

Sauf un patient qui avait un séjour hospitalier de 17jours, il a présenté un choc volumique en postopératoire avec une tension artérielle à 08/04 et une tachycardie à 150 batt/min et une oligurie estimé à 0,5 cc/kg/h avec à la gazométrie une acidose métabolique. Ce choc a été jugulé par un remplissage à 30 cc/kg de sérum salé avec une transfusion de 2 culots globulaires et de plasma frais congelé. Une nette amélioration clinique et biologique a été obtenu après 48H du postopératoire. Puis le

patient est sorti après 17 jours d'hospitalisation, où il n'a présenté aucune complication neurologique ou infectieuse.

3. Analyse radiologique :

Les corrections obtenues dans le plan frontale et sagittal, ainsi que les pourcentages d'amélioration par rapport à l'état préopératoire, sont détaillés dans le tableau 8.

Tous les angles de Cobb ont été améliorés de façon significative, avec une moyenne de 63%.

Pour les deux patients qui présentaient une hyper et hypo-cyphose thoracique, ces cyphoses ont été améliorées devenant normal selon la classification de Lenke (Tableau 8).

Tableau 6 : la correction frontale et sagittale

	Correction frontale				Correction sagittale	
	Courbure 1 (%)		Courbure 2 (%)		(T5, T12)	
	Préop	Postop	Préop	Postop	Préop	Postop
1	120°	49° (59%)			28°	15°
2	51°	8° (84,3%)			65°	36°
3	65°	10° (84,6%)	44°	7° (84%)	30°	35°
4	80°	36° (55%)	74°	32° (57,9%)	40°	40°
5	51°	22° (56,8%)	40°	20° (50%)	30°	35°
6	74°	49° (33,8%)			25°	21°
7	63°	28° (55,5%)			9°	15°
Moyenne	72°	28,85° (61,3%)	52,66°	19,66° (63,96%)	32,42°	28,1°

V. Évolution à long terme :

Le recul moyen était de 3ans et 6mois (2ans - 4ans).

Aucune atteinte neurologique méningée ou rachidienne, ni infection du site opératoire n'a été relevée au cours du suivi des patients. Trois patients accusaient une douleur modérée lors d'une activité physique importante. Cependant, une proéminence postérieure de l'extrémité proximale de l'instrumentation a été observée chez deux patients.

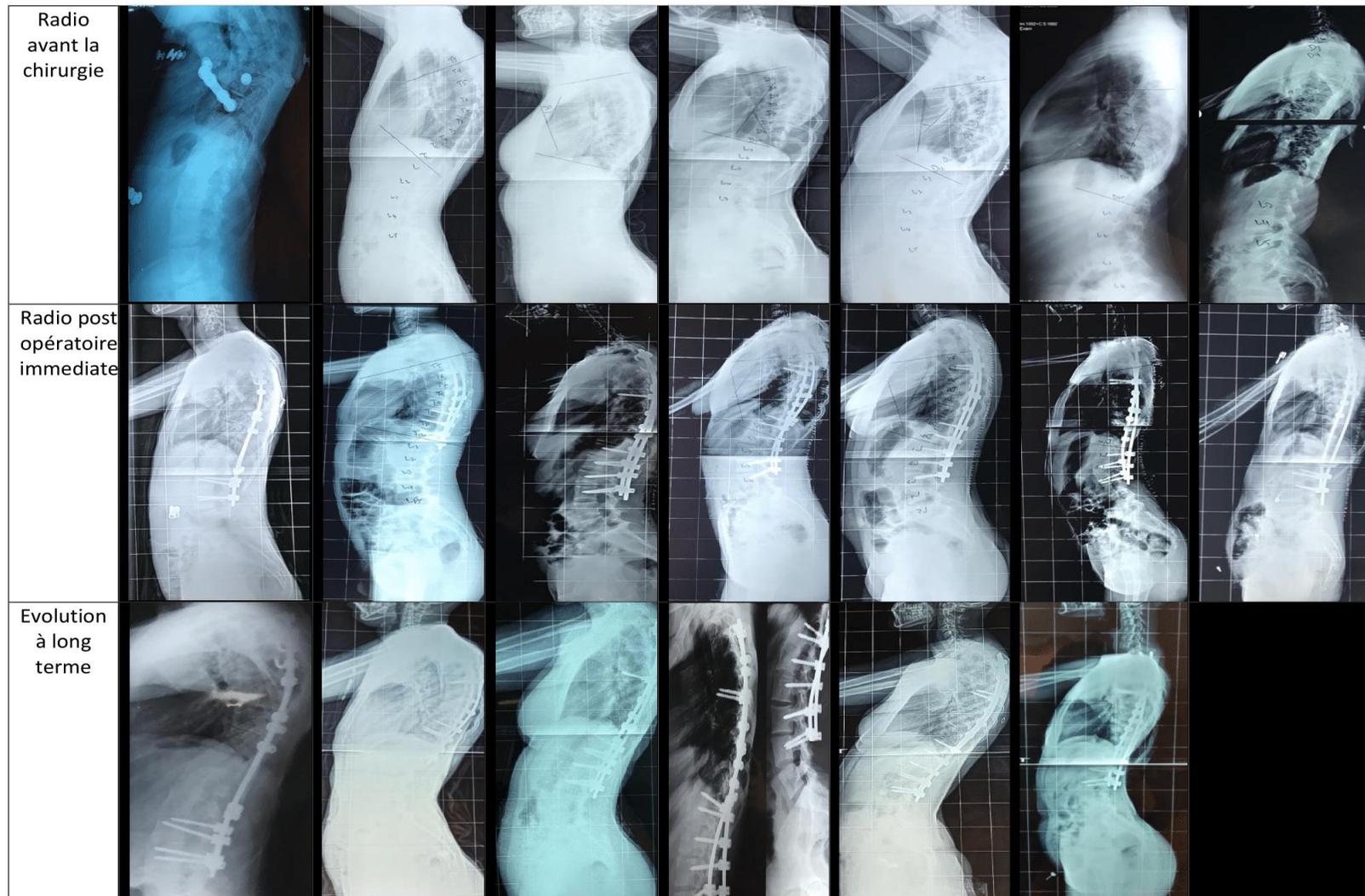
Et au contrôle radiologique, on notait une légère perte de correction des courbures entre le postopératoire immédiat et le dernier recul. (Tableau 7)

Tableau 7 : l'évolution de la correction au dernier recul

	Courbure major		Contre-courbure		Plan sagittal	
	Postop	Dernier recul	Postop	Dernier recul	Postop	Dernier recul
1	49°	62° (-11%)			15°	25°
2	8°	20° (-23,5%)			36°	40°
3	10°	20° (-15,3%)	7°	22° (-34%)	35°	40°
4	36°	33° (+3,7%)	32°	33° (-2,5%)	40°	40°
5	22°	21° (+2%)	20°	19° (+2,5%)	35°	40°
6	49°	60° (-14,9%)			21°	33°

(%) : pourcentage de perte ou de gain de la correction

Radio avant la chirurgie	 <p>N°1: Lenke 1B</p>	 <p>N°2: Lenke 1B</p>	 <p>N°3: Lenke 3A</p>	 <p>N°4: Lenke 6</p>	 <p>N°5: Lenke 3B</p>	 <p>N°6: Lenke 1B</p>	 <p>N°7: Lenke 1A</p>
Radio post opératoire immédiate	 <p>59%</p>	 <p>84,3%</p>	 <p>84,3%</p>	 <p>56,4%</p>	 <p>53,4%</p>	 <p>33,8%</p>	 <p>55,5%</p>
Evolution à long terme							



DISCUSSION

I. Étude épidémiologique :

La scoliose de l'enfant est une déformation tridimensionnelle du rachis, qui touche environ 1 à 3% des enfants âgés de 10 à 16 ans, avec une prédominance féminine (9), aussi le cas de notre petit échantillon. L'origine idiopathique de cette pathologie est le plus prédominant, notre étude ne comporte que des scolioses idiopathiques.

II. Étude diagnostique :

L'évaluation radiologique de la scoliose est l'élément important pour prononcer, confirmer et juger la déformation scoliotique et son potentiel de progression. Ainsi à la suite de cette évaluation, un algorithme décisionnel peut être suivi pour choisir un traitement. Ces directives représentent les grandes lignes en termes de choix de traitement bien qu'elles puissent être adaptées en fonction d'autres facteurs, telle la progression des courbures, la maturité osseuse, l'aspect cosmétique du patient ou encore les douleurs liées à la scoliose (9).

Nos patients ont bénéficié tous d'une téléradiographie du rachis de face et de profil pour la confirmation et l'analyse de la scoliose.

De nombreux auteurs ont souligné récemment la limite des mesures radiologiques 2D, ainsi que l'intérêt clinique des données obtenues à partir des reconstructions 3D (16 ;17). Hong et al. ont récemment retrouvé des corrélations significatives entre certains paramètres 3D mesurés par tomodensitométrie, tels la rotation vertébrale et la gibbosité, et les résultats cliniques (18). La stéréoradiographie ou système EOS (EOS Imaging, Paris, France) (19 ; 20) a permis d'obtenir, une analyse morphologique fiable en 3D de la déformation scoliotique en position debout, avec une faible irradiation (21). En effet, la dose de rayonnement ionisant est réduite d'environ 6 à 9 fois dans la région thoraco-abdominale, ce qui est d'un intérêt

particulier dans le suivi de patients pédiatriques (22). Malheureusement cette technique d'un cout cher n'est encors pas disponible au Maroc.

III. Etude thérapeutique :

1. Indication du traitement chirurgical :

A la suite de l'analyse radiologique, l'intervention chirurgicale devient nécessaire, lorsque la scoliose est importante (angle de Cobb supérieur à 40°) (4). Près de 10% des scolioses requièrent un traitement et 0.1% nécessitent une intervention chirurgicale (5). C'est ainsi que nos patients ont été sélectionnés.

La réduction chirurgicale peut être réalisée par approche postérieure (incision dorsale), ou antérieure (incision latérale pour accéder à la colonne vertébrale en avant). Bien qu'il existe des avantages et des inconvénients aux deux approches, l'approche postérieure est considérée optimale pour le traitement de cas de scoliose idiopathique thoraciques (23 ;24 ;25 ;26).

Dans ce mémoire, toutes les scolioses avaient une courbure thoracique structurale, alors la chirurgie par approche postérieure a été préconisée.

Le principe de l'intervention chirurgicale est de corriger au maximum la déformation rachidienne dans les trois plans de l'espace (frontal, sagittal et axial), tout en essayant de laisser libre un plus grand nombre d'étage vertébral. L'objectif est d'obtenir une masse de fusion solide, équilibrée et centrée sur le socle que constitue le bassin. Les conséquences secondaires sont une amélioration de la mécanique respiratoire et de l'image corporelle (27 ;28 ;29).

2. Le choix du niveau d'instrumentation :

Une longue instrumentation offre un plus grand nombre de points d'ancrage sur le rachis et permet plus de contrôle afin de manipuler les courbures scoliotiques, mais réduit cependant la mobilité du rachis (30). Au contraire, une fusion trop courte, bien que préservant la mobilité de plusieurs niveaux vertébraux, ne permet pas forcément une correction adéquate des courbures ce qui peut contribuer à une posture postopératoire déséquilibrée et dans certains cas, à une progression des courbures non instrumentées après la chirurgie (phénomène dit de *Adding-on*) (31).

Dans le cas de la classification de Lenke adoptée dans notre étude, les directives d'inclusion des courbures dans l'arthrodèse se basent sur leur sévérité dans le plan coronal (majeure/mineure) et leur caractère structurel. Seule l'instrumentation des courbures majeures et mineures structurelles est recommandée (32). On parle dans ce cas de fusion sélective.

Le cas pour une courbure de type Lenke 1C, courbe majeure thoracique structurelle avec une déviation importante, mais non structurelle de la courbure lombaire, il est recommandé de n'instrumenter que la courbure majeure. Une correction spontanée de la courbure lombaire non structurelle est attendue lors de la correction de la courbure thoracique. Le choix d'une fusion sélective dans les cas Lenke 1C n'est pourtant pas systématique parmi des chirurgiens. Lenke *et al.* recensent 38% de montages en contradiction avec les recommandations d'instrumentation (33). Cela démontre les difficultés de standardisation du traitement à partir d'une classification.

Le choix des courbures à instrumenter dépend principalement de l'appréciation de chaque chirurgien des risques de complications postopératoires (33).

Plusieurs études se sont spécifiquement intéressées à la sélection des vertèbres supérieures et inférieures à instrumenter afin d'éviter la progression des déformations suite à l'opération (31 ;36 ;37). L'inclusion des deux vertèbres limites de la courbure (vertèbres les plus inclinées dans le plan coronal) dans l'arthrodèse est recommandée (38). Suk *et al.* préconisent d'étendre l'instrumentation de la scoliose thoracique jusqu'aux vertèbres neutres supérieures et inférieures (36 ;26). D'autres études ont montré qu'étendre l'instrumentation jusqu'à la vertèbre stable, qui est la dernière vertèbre intersectée par la ligne sacrée centrale (CSVL), permet de diminuer les risques de phénomène de *Adding-on* (39 ;37).

Dans notre étude ont a pris en considération les niveaux de sélection des courbures à instrumentées selon la classification Lenke ainsi que la prise en considération des niveaux des vertèbres neutres supérieures et inférieures, par ailleurs, toutes les vertèbres limites ont été prise dans les arthrodèses.

3. Le choix du montage hybride :

De nombreux auteurs ont rapporté d'excellents taux de correction sur le plan frontal et sur le plan axial par dérotation vertébrale directe avec des vis pédiculaires mais la capacité de ce type d'instrumentation à corriger les hypocyphoses semble moins satisfaisante (41 ;42). La technique de la translation postéro-médiale, par montage hybride celle utilisée dans notre étude, permet d'obtenir de bons résultats à la fois dans le plan frontal et dans le plan sagittal (43 ;44 ;45 ;46). Il existe différents types d'instrumentation hybride associant des vis pédiculaires pour le segment lombaire à des crochets thoraciques ou des câbles ou des liens sous-lamaires. Les liens universels en polyester constituent une alternative fiable et efficace aux câbles

métalliques de Luque, leur plus grande surface de contact avec la lame autorise l'application de forces de réduction plus importantes sans risquer de fracturer la lame (47). Le matériau du clamp permet de diminuer le risque de lésions dures lors de l'insertion et du passage du clamp sous la lame qui ont été rapportées avec les câbles métalliques (48 ;49). La fiabilité et l'efficacité des liens universels sous-lamaires pour la correction des scolioses ont déjà été rapportées dans la littérature (50 ;51). Ilharreborde rapporte également une diminution des pertes sanguines et de la durée opératoire en comparaison avec une instrumentation hybride crochets + vis pédiculaires (50).

4. Description de la technique :

Tous nos patients ont bénéficié d'une correction par arthrodèse effectuée par voie postérieure classique, par un montage hybride. Nous avons suivi la même technique décrite par K. Mazda (52).

Les vis pédiculaires lombaire sont mises suivant la technique classique.

Les liens sous-lamaires respectant la technique originale décrite par Luque.

L'extrémité de ces liens contient une lame malléable. Celle-ci doit être modelée puis passée en sous-lamaire de caudale en crâniale. Il est absolument impératif de rester en permanence en contact avec le cortex antérieur des lames. Lorsque l'extrémité de la lame est visible à la portion proximale de la vertèbre instrumentée, celle-ci est saisie par l'intermédiaire d'une pince type Bengoléa et le passage du reste de la lame malléable est fait par mouvements de flexions et de poussées de caudale en crâniale pour rester en permanence au contact de la face antérieure des lames vertébrales sans jamais risquer d'aller appuyer sur la dure-mère et la moelle. Lorsque la bande est passée, celle-ci est réintroduite à l'intérieur de l'implant métallique afin de réaliser une boucle et cette boucle est fermée par l'intermédiaire d'une anse

métallique, à la manière d'un ceinturon.

Les crochets pédiculo-sus-lamaires et sous-lamaires sont implantées à l'extrémité proximale du montage de façon classique.

La réduction par l'intermédiaire des tiges peut se faire de deux façons :

- De façon classique, en n'utilisant qu'une seule tige pour la réduction puis la deuxième tige est mise en neutralisation. Cella est utilisée chez 4 patients.
- L'alternative technique consiste à réaliser un cadre rigide par connection transverse des 2 tiges à l'aides des ponts. Utilisée chez les 3 autres patients.

La réduction de la courbure lombaire sur les vis s'est faite par dérotation, contraction et cintrage in situ si cela est nécessaire et introduction dans les crochets pédiculo-sus-lamaires proximales. Ce crochet n'est pas verrouillée sur la tige car la réduction qui sera effectuée sur les courbures thoraciques va induire un allongement de la colonne vertébrale. Pour que la ou les tiges connectées en proximal puissent coulisser dans les implants.

La réduction des courbures thoraciques se fera par la mise en place de plusieurs outils réducteurs et une translation progressive se fera en mobilisant entièrement la courbure en passant d'un tendeur à l'autre afin de répartir les contraintes.

En fin d'intervention, avant la fermeture, des radiographies de contrôle peuvent être réalisées afin de juger de l'équilibre du montage et d'apporter les corrections nécessaires.

IV. Analyse des résultats thérapeutiques :

Selon nos résultats, la correction frontale est d'une moyenne de 61,3%, et pour les deux cas d'hyper et hypo cyphose, ils sont corrigés en post-opératoire. Ces résultats sont extrêmement similaires aux résultats rapportés par plusieurs équipes française et autres qui ont adopté la même technique chirurgicale (45 ;53 ;54). Elle parait donc reproductible.

Aucune complication neurologique n'est survenue chez nos patients. Une équipe de Marseille dans une étude publiée en 2014 à propos de 378 interventions et donc plus de 2000 liens sous-lamaires n'a pas rapporté de complication avec des séquelles neurologiques définitives et la conclusion a été que le risque de complications neurologiques lors de l'utilisation des liens sous-lamaires est identique à l'utilisation de n'importe quel type d'implant (55).

Aucun cas d'infection n'est noté au cours du suivi en post opératoire.

Cependant, on a noté deux cas (28,5%) de proéminence de l'extrémité proximale de l'instrumentation, cette complication constitue la principale limitation de la technique des liens sous-lamaires constituant un taux de 14,6% (54).

CONCLUSION

La scoliose est une pathologie complexe et évolutive du système musculo-squelettique causant une déformation tridimensionnelle de la colonne vertébrale, de la cage thoracique et du bassin. Dans le cas de déformations sévères ou à forte progression, une intervention chirurgicale est préconisée. La technique de réduction chirurgicale des scolioses par ostéosynthèse postérieure par montage hybride a démontré des capacités de correction dans les trois plans de l'espace.

Notre étude a inclus sept patients opérés par cette technique, de façon rétrospective. La correction chirurgicale a été effectuée à l'aide de montages hybrides constitués par l'association de vis pédiculaires aux étages lombaires et de clamps universels aux étages thoraciques. Un recul minimum de quatre ans a été requis. Tous les patients ont été évalués en préopératoire, postopératoire immédiat et au dernier recul. L'âge moyen était de 16 ans, avec une légère prédominance féminine 4/3, l'angle de Cobb varie de 44° à 120° avec une moyenne de 68,43°. On a adopté la classification de Lenke, les scolioses ont été classées de 1 à 6. Le choix des vertèbres à instrumenter, a pris en considération les niveaux de sélection des courbures selon la classification Lenke ainsi que les niveaux de chaque vertèbre neutre (supérieure et inférieure), et vertèbre limite, par ailleurs, toutes ces vertèbres limites ont été prise dans les arthrodèses. Le nombre moyen de niveaux vertébraux inclus dans l'arthrodèse était de 13,5 vertèbres. La vertèbre apicale de la courbure ou des courbures principales a été instrumentée par 2 clamps dans presque tous les cas.

Notre travail confirme l'efficacité de ce montage hybride pour la correction des courbures. Il a permis une correction tridimensionnelle en particulier, une correction frontale ainsi que sagittale au niveau de la déformation thoracique. Le pourcentage d'amélioration de l'angle de Cobb sur le plan frontal était d'une moyenne de 62% (soit entre 33,8% de gain et 84,6% de gain). Alors que dans le plan sagittal (l'angle

thoracique entre T5 et T12 : $10^{\circ} < \text{normal} < 40^{\circ}$), on a pu corriger la lordose et l'hypercyphose thoracique chez les deux patients qui avait des valeurs anormales.

L'évolution en post opératoire et au long court était sans complications infectieuses ou neurologiques, par contre sur le plan mécanique on a noté quelque cas de proéminence de l'extrémité proximale de l'instrumentation, ce qui est rapporté par la littérature, comme seule limite à cette technique.

Cette technique de réduction des scolioses semble être une technique sûre, fiable sans plus de complication par rapport aux autres techniques. Mais malheureusement, elle reste rarement utilisée au Maroc, et cela est due essentiellement à son coût ainsi que la rareté des centres hospitalités spécialisés.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1981 Jun;63(5):702-12
- [2]. Ascani E, Bartolozzi P, Logroscino CA, Marchetti PG, Ponte A, Savini R, Travaglini F, Binazzi R, Di Silvestre M. Natural history of untreated idiopathic scoliosis after skeletal maturity. *Spine (Phila Pa 1976)* 1986 Oct;11(8):784-9
- [3]. Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992 Sep;17(9):1091-688
- [4]. Asher, M. A. et Burton, D. C. (2006). Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and longterm treatment effects. *Scoliosis*, 1(1), 2. doi:10.1186/1748-7161-1-2
- [5]. Weiss, H. R. et Moramarco, M. (2013). Indication for surgical treatment in patients with adolescent Idiopathic Scoliosis – a critical appraisal. *Patient safety in surgery*, 7(1), 17. doi:10.1186/1754-9493-7-17
- [6]. Scoliosis Research Society – Traitement Chirurgical. (2016). Repéré 20 février 2016, à http://www.srs.org/french/patient_and_family/what_are_my_treatment_options/surgical_treatment.htm
- [7]. Asher M, Lai SM, Burton D, Manna B, Cooper A. Safety and efficacy of Isola instrumentation and arthrodesis for adolescent idiopathic scoliosis : two-to 12-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004 Sep 15;29(18):2013-23
- [8]. Lowe, T. G., Edgar, M., Margulies, J. Y., Miller, N. H., Raso, V. J., Reinker, K. A. et Rivard, C. H. (2000). Etiology of idiopathic scoliosis: current trends in

- research. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 82–A(8), 1157–1168.
- [9]. Weinstein, S. L., Dolan, L. A., Cheng, J. C. Y., Danielsson, A. et Morcuende, J. A. (2008). Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet (London, England)*, 371(9623), 1527–1537. doi :10.1016/S0140–6736(08)60658–3
- [10]. Martino, J. (2011, 1 juin). Analyse biomécanique de manœuvres de dérotation vertébrale pour la chirurgie d'instrumentation de la scoliose. Mémoire de maîtrise en génie mécanique, École Polytechnique de Montréal.
- [11]. Cammarata, M. (2013, 1 décembre). Facteurs biomécaniques de risques de la cyphose jonctionnelle proximale. Mémoire de maîtrise en génie mécanique, École Polytechnique de Montréal.
- [12]. Biswas, D., Bible, J. E., Bohan, M., Simpson, A. K., Whang, P. G. et Grauer, J. N. (2009). Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 91(8), 1882–1889. doi:10.2106/JBJS.H.01199
- [13]. Lam, G. C., Hill, D. L., Le, L. H., Raso, J. V et Lou, E. H. (2008). Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods. *Scoliosis*, 3, 16. doi:10.1186/1748–7161–3–16
- [14]. Rajasekaran, S., Kamath, V., Kiran, R. et Shetty, A. P. (2010). Intraspinous anomalies in scoliosis: An MRI analysis of 177 consecutive scoliosis patients. *Indian Journal of Orthopaedics*, 44(1), 57–63. doi:10.4103/0019–5413.58607
- [15]. Lenke LG, Betz RR, Bridwell KH, Clements DH, Harms J, Lowe TG, Shufflebarger HL. Intraobserver and interobserver reliability of the

- classification of thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1998 ;80 :1097–1106
- [16]. Steib JP, Dumas R, Mitton D, Skalli W. Surgical correction of scoliosis by in situ contouring: a detorsion analysis. *Spine* 2004 ;29 :193–9
- [17]. Gangnet N, Dumas R, Pomeroy V, Mitulescu A, Skalli W, Vital JM. Three-dimensional spinal and pelvic alignment in an asymptomatic population. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006 ;31: E507–12
- [18]. Hong JY, Suh SW, Easwar TR, Modi HN, Yang JH, Park JH. Evaluation of the three-dimensional deformities in scoliosis surgery with computed tomography: efficacy and relationship with clinical outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011 Sep 1 ;36(19): E1259– 65
- [19]. Dumas R, Mitton D, Laporte S, Dubousset J, Steib JP, Lavaste F, Skalli W. Explicit calibration method and specific device designed for stereoradiography. *J Biomech* 2003 Jun;36(6):827–34
- [20]. Dubousset J, Charpak G, Dorion I, Skalli W, Lavaste F, Deguise J, Kalifa G, Ferey S. A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system. *Bull Acad Natl Med*. 2005 Feb;189(2):287–97
- [21]. mémoire brice
- [22]. Deschênes S, Charron G, Beaudoin G, Labelle H, Dubois J, Miron MC, Parent S. Diagnostic imaging of spinal deformities: reducing patients radiation dose with a new slot-scanning X-ray imager. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Apr 20;35(9):989–94
- [23]. Daffner, S. D., Beimesch, C. F. et Wang, J. C. (2010). Geographic and demographic variability of cost and surgical treatment of idiopathic

- scoliosis. *Spine*, 35(11), 1165-1169. doi:10.1097/BRS.0b013e3181d88e78
- [24]. de Kleuver, M., Lewis, S. J., Germscheid, N. M., Kamper, S. J., Alanay, A., Berven, S. H., ... Shaffrey, C. (2014). Optimal surgical care for adolescent idiopathic scoliosis: an international consensus. *Eur Spine J.* doi:10.1007/s00586-014-3356-1
- [25]. Potter, B. K., Kuklo, T. R. et Lenke, L. G. (2005). Radiographic outcomes of anterior spinal fusion versus posterior spinal fusion with thoracic pedicle screws for treatment of Lenke Type I adolescent idiopathic scoliosis curves. *Spine*, 30(16), 1859-1866.
- [26]. Wang, Y., Fei, Q., Qiu, G., Lee, C. I., Shen, J., Zhang, J., ... Yuan, S. (2008). Anterior spinal fusion versus posterior spinal fusion for moderate lumbar/thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study. *Spine*, 33(20), 2166-2172. doi:10.1097/BRS.0b013e318185798d
- [27]. Misterska E, Głowacki M, Harasymczuk J. Assessment of spinal appearance in female patients with adolescent idiopathic scoliosis treated operatively. *Med Sci Monit.* 2011 Jul;17(7):CR404-10
- [28]. Carreon LY, Sanders JO, Diab M, Sturm PF, Sucato DJ, Spinal Deformity Study Group. Patient satisfaction after surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011 May 20;36(12):965-8
- [29]. Zhang J, He D, Gao J, Yu X, Sun H, Chen Z, Li M. Changes in life satisfaction and self-esteem in patients with adolescent idiopathic scoliosis with and without surgical intervention. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011 Apr 20;36(9):741-5
- [30]. Suk, S. I., Lee, SM., Chung, E. R., Kim, JH. et Kim, S. S. (2005). Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of

- thoracic idiopathic scoliosis: more than 5-year follow-up. *Spine*, 30(14), 1602-1609. doi:10.1097/01.brs.0000169452.50705.61
- [31]. Cho, R. H., Yaszay, B., Bartley, C. E., Bastrom, T. P. et Newton, P. O. (2012). Which Lenke 1A curves are at the greatest risk for adding-on and why? *Spine*, 37(16), 1384-1390. doi:10.1097/BRS.0b013e31824bac7a
- [32]. Lenke, L. G. (2005). Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. *Instructional Course Lectures*, 54, 537-542.
- [33]. Lenke, Betz, R. R., Clements, D., Merola, A., Haher, T., Lowe, T., Blanke, K. (2002). Curve prevalence of a new classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: does classification correlate with treatment? *Spine (Phila Pa 1976)*, 27(6), 604-611.
- [34]. Suk, S. I., Lee, S. M., Chung, E. R., Kim, J. H., Kim, W. J. et Sohn, H. M. (2003). Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic scoliosis. *Spine*, 28(5), 484-491. doi:10.4184/jkss.2002.9.2.98
- [35]. Wang, Y., Hansen, E. S., Høy, K., Wu, C. et Bünger, C. E. (2011). Distal adding-on phenomenon in Lenke 1A scoliosis: risk factor identification and treatment strategy comparison. *Spine*, 36(14), 1113-1122. doi:10.1097/BRS.0b013e3181f51e95
- [36]. Min, K., Sdzuy, C. et Farshad, M. (2012). Posterior correction of thoracic adolescent idiopathic scoliosis with pedicle screw instrumentation: results of 48 patients with minimal 10-year follow-up. *European Spine Journal*, 1-10. doi:10.1007/s00586-012-2533-3
- [37]. Parisini, P., Di Silvestre, M., Lolli, F. et Bakaloudis, G. (2009). Selective

- thoracic surgery in the Lenke type 1A: King III and King IV type curves. *European spine journal*, 18 Suppl 1, 82–88. doi:10.1007/s00586-009-0990-0
- [38]. Wang, Y., Hansen, E. S., Høy, K., Wu, C. et Bünger, C. E. (2011). Distal adding-on phenomenon in Lenke 1A scoliosis: risk factor identification and treatment strategy comparison. *Spine*, 36(14), 1113–1122. doi:10.1097/BRS.0b013e3181f51e95
- [39]. Vora V, Crawford A, Babekhir N, Boachie-Adjei O, Lenke L, Peskin M, et al. A pedicle screw construct gives an enhanced posterior correction of adolescent idiopathic scoliosis when compared with other constructs: myth or reality. *Spine* 2007;32:1869–74.
- [40]. Lonner BS, Lazar-Antman MA, Sponseller PD, Shah SA, Newton PO, Betz R, et al. Multivariate analysis of factors associated with kyphosis maintenance in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2012;37:1297–302.
- [41]. Winter RB, Lonstein JE, Denis F. How much correction is enough? *Spine* 2007;32:2641–3.
- [42]. Watanabe K, Nakamura T, Iwanami A, Hosogane N, Tsuji T, Ishii K, et al. Vertebral derotation in adolescent idiopathic scoliosis causes hypokyphosis of the thoracic spine. *BMC Musculoskelet Disord* 2012;13:99.
- [43]. Cheng I, Kim Y, Gupta MC, Bridwell KH, Hurford RK, Lee SS, et al. Apical sublaminar wires versus pedicle screws – Which provides better results for surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis? *Spine* 2005;30: 2104–12.
- [44]. Ogawa H, Hori H, Oshita H, Akaike A, Koyama Y, Shimizu T, et al. Sublaminar wiring stabilization to prevent adjacent segment degeneration after lumbar

- spinal fusion. Arch Orthop Trauma Surg 2009;129:873–8.
- [45]. Clément J–L, Chau E, Vallade M–J, Geoffray A. Simultaneous translation on two rods is an effective method for correction of hypokyphosis in AIS: radiographic results of 24 hypokyphotic thoracic scoliosis with 2 years minimum follow–up. Eur Spine J 2011;20:1149–56.
- [46]. Hongo M, Ilharreborde B, Gay RE, Zhao C, Zhao KD, Berglund LJ, et al. Biome–chanical evaluation of a new fixation device for the thoracic spine. Eur Spine J 2009;18:1213–9.
- [47]. Wilber RG, Thompson GH, Shaffer JW, Brown RH, Nash Jr CL. Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation. A study using spinal cord monitoring. J Bone Joint Surg Am 1984;66:1178–87.
- [48]. Ilharreborde B, Even J, Lefevre Y, Fitoussi F, Presedo A, Penneçot G–F, et al. Hybrid constructs for tridimensional correction of the thoracic spine in adolescent idiopathic scoliosis: a comparative analysis of universal clamps versus hooks. Spine 2010;35:306–14.
- [49]. Sale de Gauzy J, Jouve J–L, Accadbled F, Blondel B, Bollini G. Use of the Universal Clamp in adolescent idiopathic scoliosis for deformity correction and as an adjunct to fusion: 2–year follow–up. J Child Orthop 2011;5:273–82.
- [50]. Mazda (scoliose idiopathique Livre 2016)
- [51]. Paul R. P. Rushton · Michael P. Grevitt Do vertebral derotation techniques offer better outcomes compared to traditional methods in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis?
- [52]. Keyvan Mazda, Brice Ilharreborde, Julien Even, Yan Lefevre, Franck Fitoussi, Georges–François Penneçot Efficacy and safety of posteromedial

translation for correction of thoracic curves in adolescent idiopathic scoliosis using a new connection to the spine: the Universal Clamp

- [53]. E. Polirsztok · M. Gavaret · T. Gsell · I. Suprano · E. Choufani · G. Bollini
· Jean-Luc Jouve Sublaminar bands: are they safe?