

LISTE DES ABREVIATIONS :

AK	: Apex de la cyphose
CL	: Cyphose locale
CR	: Cyphose régionale
CT	: Cyphose thoracique
GS	: Gite sagittale
IF	: Facette articulaire inférieure
IP	: Incidence pelvienne
IRM	: Imagerie par résonnance magnétique
LL	: Lordose lombaire
NR	: Racine nerveuse
OSP	: Ostéotomie de soustraction pédiculaire
PS	: Pente sacrée
PVCR	: Résection vertébrale par voie postérieure.
SAV	: Equilibre sagittale global
SC	: Cordon médullaire
SF	: Facette articulaire supérieure
SP	: Processus épineux
TDM	: Tomodensitométrie
VP	: Version pelvienne

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS	1
I - INTRODUCTION :	2
II - GENERALITES :	4.
1 - Analyse de l'équilibre du rachis.....	4
2- Différentes techniques d'ostéotomie vertébrale :	13
III - PATIENTS ET METHODES :	27
1 - Type d'étude :	27
2 - Objectifs de l'étude :	27
3 - Observations cliniques	28
IV - RESULTATS :	42
1 - Profil épidémiologique : ..	42
2 - Données cliniques :	43
3 - Analyse radiologique :	45
4 - Paramètres relatifs à la chirurgie : .	46
5 - Evolution :	47
6 - Complications :	49
V - DISCUSSION :	50
1 - Indications chirurgicales.....	50
2 - Evolution.....	52
3 - Complications.....	56
4 - Ostéotomie Versus abord antérieur dans le traitement des déformations rigides post-traumatique	59
VI - CONCLUSION :	60
VII - BIBLIOGRAPHIE :	61

I – INTRODUCTION :

Les déformations rachidiennes sévères ont de forte répercussion sur l'état physique et psychique des patients. La prise en charge des déformations rachidiennes de l'adulte est un véritable défi thérapeutique pour le neurochirurgien. Les ostéotomies vertébrales sont dans certains cas le seul moyen thérapeutique de résoudre les problèmes de déséquilibre rachidien dans plusieurs plans de l'espace. Le choix de la technique d'ostéotomie dépend de l'analyse du déséquilibre rachidien dans le plan sagittal, de l'orientation du bassin et des déséquilibres associés dans le plan frontal [1, 2]. L'objectif du traitement chirurgical est de décompresser, stabiliser, restituer et optimiser l'équilibre rachidien dans les différents plans de l'espace. Les différentes techniques de correction des déformations du rachis restent néanmoins difficiles et nécessitent au préalable une bonne expérience chirurgicale rachidienne. Les complications neurologiques définitives ou temporaires sont à craindre au décours de ces différentes ostéotomies [3-7].

La présente étude a comme objectif d'analyser et de comparer les différentes techniques d'ostéotomies rachidiennes réalisées chez les patients ayant des déformations de la colonne vertébrale au service de neurochirurgie du CHU Hassan II de Fès.

Le premier chapitre de ce mémoire est une introduction à l'équilibre du rachis sain, aux déformations tridimensionnelles de la colonne vertébrale et à leur évaluation. Par la suite, les différentes techniques d'ostéotomies de la colonne vertébrale sont décrites de manière détaillée. Cette partie du mémoire se conclut avec l'introduction de la nouvelle classification des ostéotomies proposée par (Schwab, F. et al., 2014) afin de rendre possibles des comparaisons et standardiser les résultats.

Le second chapitre présente les matériels et méthodes de notre étude, par le biais d'observations cliniques de patients opérés dans notre service de neurochirurgie.

Le troisième chapitre rapporte les résultats cliniques, radiologiques et évolutives de nos patients. Le quatrième volet de cette étude est consacré à une discussion de ces résultats comparée à la littérature, ainsi qu'une comparaison des différentes techniques d'ostéotomies, et leurs avantages par rapport aux abords classiques du rachis. Enfin une conclusion avec des recommandations qui se réfèrent à l'ensemble des résultats obtenus terminent ce mémoire.

II – GENERALITES :

1 – Analyse de l'équilibre du rachis :

Afin de permettre la station debout prolongée, les éléments ostéoligamentaires et musculaires ont dû trouver au cours de l'évolution un état d'équilibre le plus économique possible. L'analyse de cet équilibre a fait l'objet de nombreuses études [1, 2] avec pour objectif, outre sa compréhension, une meilleure prise en charge des troubles de l'équilibre rencontrés. La préservation ou l'optimisation de cet équilibre font maintenant du cahier des charges de la chirurgie rachidienne, et en particulier des ostéotomies vertébrales.

1.1– L'équilibre coronal du rachis :

L'étude de la radiographie du rachis de face en position debout permet d'analyser l'équilibre pelvi-rachidien frontal, la ou les courbures scoliotiques ainsi que leurs amplitudes.

Par convention, le cliché est présenté vu de dos avec la gauche du patient à gauche du cliché et la droite à droite, car l'examen clinique est fait vu de dos, et les interventions chirurgicales se font en majorité par abord postérieur

- **La ligne plomb de C7 :**

L'équilibre coronal du rachis s'apprécie en fonction de la verticale abaissée par l'épineuse de C7 qui doit passer par la médiane sacrée. Cet équilibre est dit économique si la ligne de gravité du tronc se projette au centre de cette base de sustentation. **Figure 1**

L'écart avec celle-ci définit et quantifie un déséquilibre rachidien positif ou négatif (7)

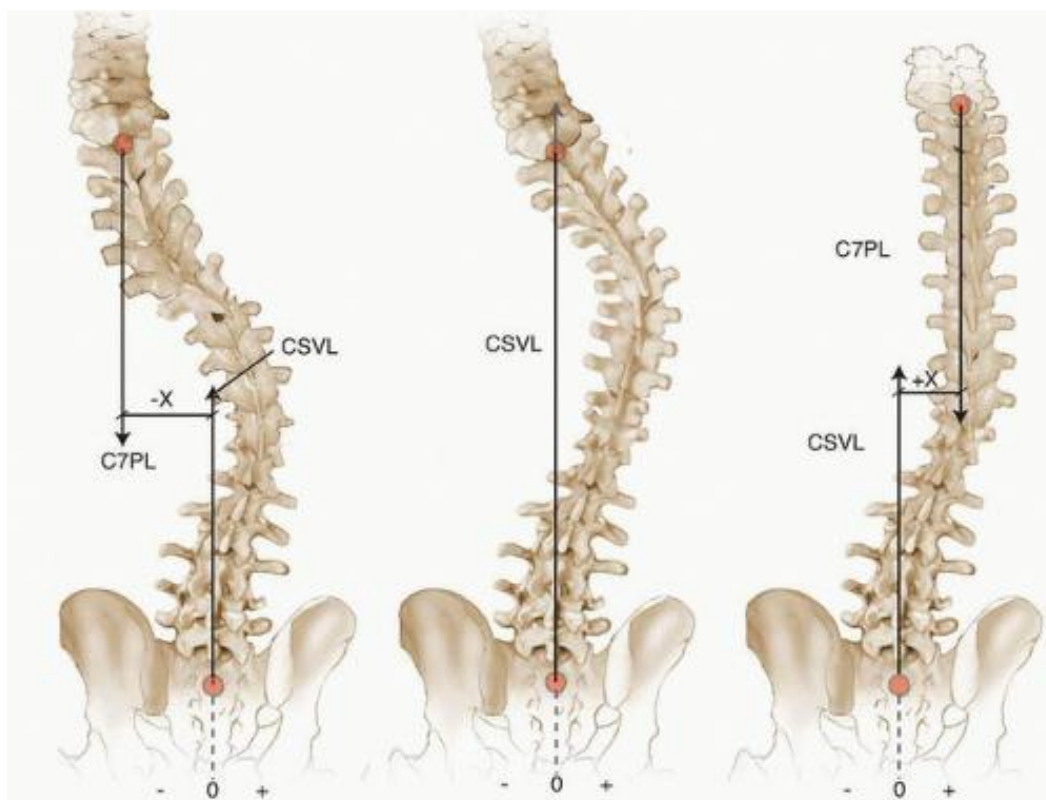
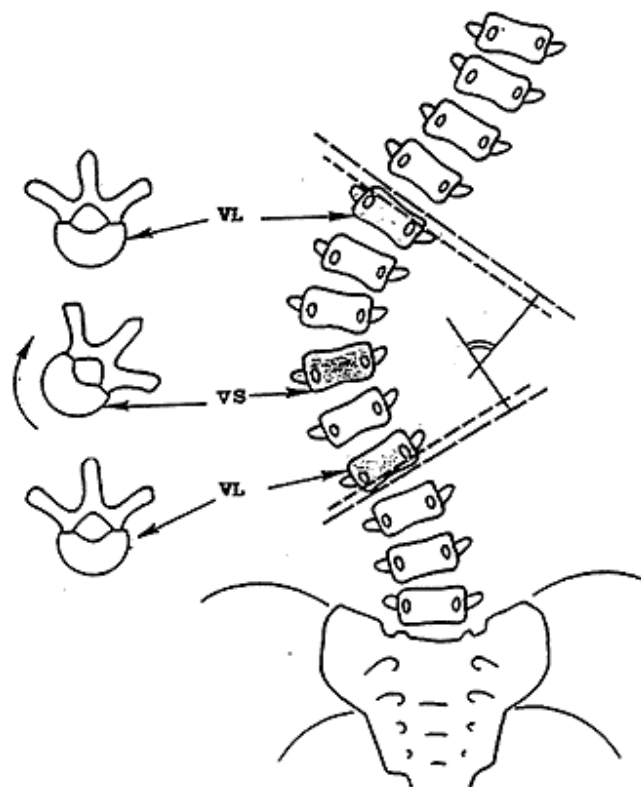


Figure 1 : L'équilibre coronal du rachis est évalué par la ligne plomb de C7 ;(de gauche à droite) déséquilibre rachidien négatif, équilibre compensé, déséquilibre positif. CSVL : ligne verticale sacrée

• Évaluation des courbures scoliotiques

- *le côté* se définit par la convexité.
- *l'amplitude de la scoliose* s'apprécie par l'angle de Cobb [Figure 2](#). C'est l'angle formé à partir de l'intersection de deux droites tangentes l'une au plateau supérieur de la vertèbre limite supérieure, l'autre au plateau inférieur de la vertèbre limite inférieure.
- *la vertèbre sommet* est la vertèbre qui, au sommet de la courbure est la plus horizontale et présente le maximum de rotation axiale.
- *les vertèbres limites* sont celles qui, à la limite supérieure (vertèbre limite supérieure) ou à la limite inférieure (vertèbre limite inférieure), présentent le maximum d'inclinaison par rapport à l'horizontale et le minimum de rotation.



[Figure 2 : mesure de l'amplitude d'une scoliose simple selon la méthode de Cobb. VL : vertèbre limite, VS : vertèbre sommet](#)

L'analyse de l'équilibre coronal n'est pas si simple qu'elle paraît car elle dépend de deux facteurs, la position de l'ensemble du rachis bien sûr, mais également la position du bassin. En effet, un bassin déséquilibré, oblique, peut induire un déséquilibre du rachis. Il convient donc, avant de parler de déséquilibre rachidien de face, de s'assurer de la bonne position du bassin. (6)



Figure 3 Radiographie de face d'un sujet scoliotique

1.2 – L'équilibre sagittal du rachis :

Au début des années 80 puis par la suite, plusieurs études ont permis de définir différents paramètres rachidiens (8,9,10,11,12) mais surtout d'analyser les relations entre ces différents paramètres. Ces travaux ont permis de montrer entre autres que l'équilibre sagittal est avant tout une stratégie posturale d'économie qui peut être très différente d'un individu à l'autre. Les différents paramètres pelviens définis sont nombreux, parmi ceux-ci : *l'incidence pelvienne, le version pelvienne, la pente sacrée, la lordose lombaire, la cyphose thoracique, les gites sagittales en T9* (centre de gravité du corps) et en T1, la C7 « *plumb-line* » (ou porte à faux de C7). Les travaux de Stagnara (10) ont permis d'établir une corrélation forte entre la pente sacrée et la lordose lombaire : plus la pente sacrée est forte, plus la lordose lombaire est forte. Duval-Beaupère (9) a complété ces travaux en établissant une relation entre le paramètre anatomique « incidence pelvienne » et le paramètre positionnel « *pente sacrée* ». Plus l'incidence pelvienne est grande, plus la pente sacrée est forte. La version pelvienne est également corrélée à l'incidence pelvienne : elle est d'autant plus importante que l'incidence pelvienne est grande.

Ces différents paramètres permettent de décrire un trouble de l'équilibre mais surtout de mieux appréhender le caractère segmentaire ou global de celui-ci.

L'incidence pelvienne joue un rôle primordial dans le déterminisme des courbures sagittales rachidiennes (9). Elle correspond à l'angle formé entre la droite joignant le milieu du plateau supérieur de S1 et le centre des têtes fémorales avec la droite perpendiculaire au plateau de S1 (figure 4). Il s'agit d'un paramètre anatomique unique à chaque individu et constant puisqu'il est indépendant de la position du bassin dans l'espace. La valeur de l'incidence pelvienne est de 48 à 55°.

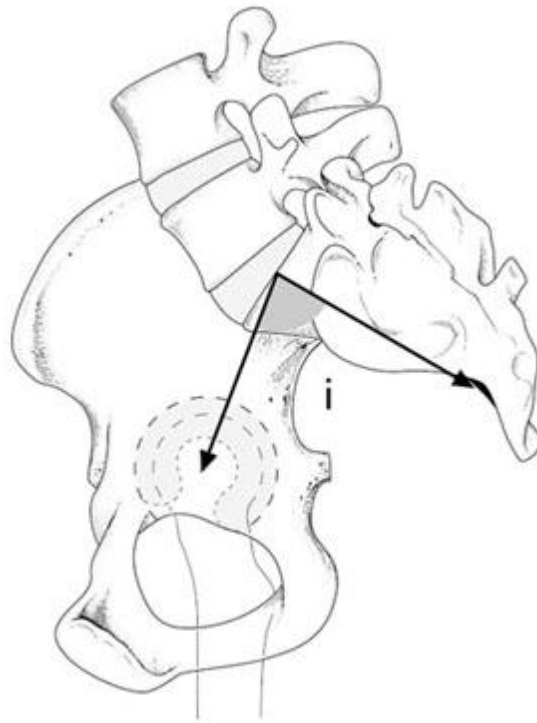


Figure 4 : mesure de l'incidence pelvienne IP

La version pelvienne correspond à l'angle entre la verticale et la droite joignant le milieu du plateau supérieur de S1 et le centre des têtes fémorales (figure 5). La valeur de celle-ci est de 8 à 13°, elle traduit l'orientation du bassin autour des têtes fémorales par rapport à la verticale.

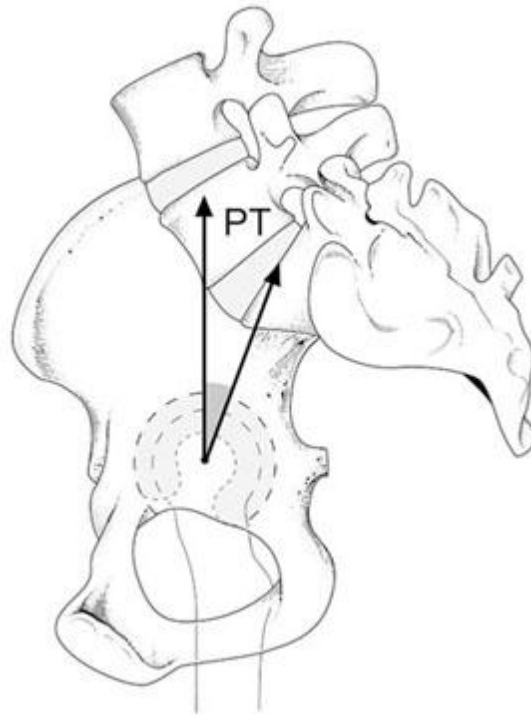


Figure 5: mesure de la version pelvienne PT

La **pente sacrée** correspond à l'angle formé entre l'horizontale et la tangente au plateau sacre (figure 6), sa valeur est de 40 à 42°. Elle traduit la position du sacrum par rapport à l'horizontale.

La somme de pente sacrée **ST** et la version pelvien **PT** définit l'incidence pelvienne **IP** ($IP = ST + PT$)

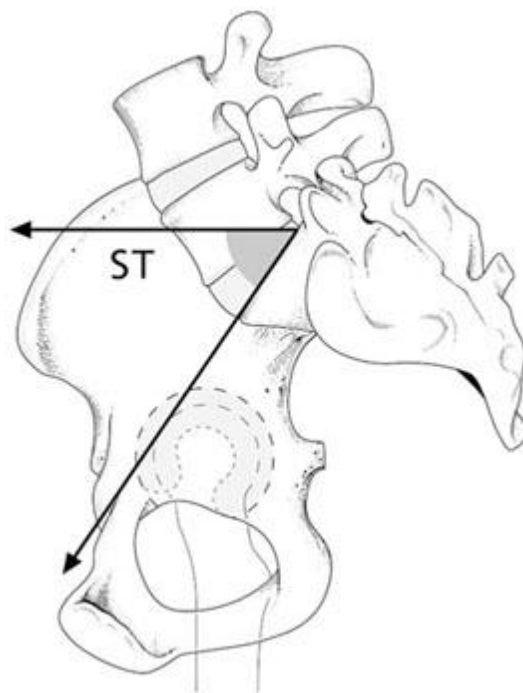


Figure 6 : mesure de la pente sacrée

La **lordose lombaire** correspond à la courbure lombaire du rachis. Sa mesure est très variable selon les auteurs, en effet certains se basent pour le repère supérieur sur la dernière vertèbre thoracique, d'autres sur la première lombaire et pour le repère inférieur les mesures varient entre la dernière vertèbre lombaire et le plateau sacré. La lordose lombaire **LL** est un paramètre adaptatif, tout comme la cyphose thoracique **CT**, sa valeur physiologique est assez proche de l'incidence pelvienne **IP**. ($LL = IP \pm 9^\circ$) elle est d'environ 60 à 64°.

La **cyphose thoracique** représente la courbure thoracique du rachis, elle se mesure entre le plateau inférieur de T12 et le plateau supérieur de T1. Sa valeur varie de 34 à 47°.

La **C7 plumb-line** ou porte à faux de C7 utilisée par les auteurs anglosaxons représente la mesure de la distance (en cm) entre l'angle postérosupérieur du plateau sacré et la droite verticale passant par le centre de C7. Sa valeur normale est inférieure à 4cm et représente schématiquement le fait d'avoir la tête au dessus du sacrum.

Les gîtes sagittales en T9 et T1, correspondent à l'angle formé entre la verticale et la droite joignant le centre des têtes fémorales et respectivement le centre de la 9ème vertèbre thoracique (figure 7). La gîte en T9 reflète la position de la 9ème vertèbre thoracique, approximation du centre de gravité de l'organisme (9) par rapport aux têtes fémorales. Lorsque la vertèbre est en arrière des têtes fémorales, la gîte sagittale est exprimée avec des valeurs négatives. Leurs valeurs sont respectivement de -11 et -1° .

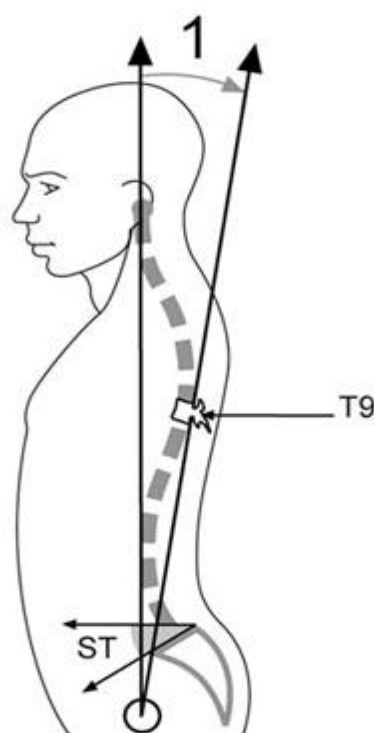


Figure 7 : mesure de la gîte sagittale en T9 (ST : pente sacrée)

Tableau I : Valeurs physiologiques des principaux paramètres pelviens et rachidiens de l'équilibre sagittal du rachis (cohorte de 250 volontaires). (11)

	Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-Type	Erreur-Standard
Cyphose	40,69	6,84	65,82	9,43	0,59
CT max.	42,37	7,40	65,06	9,24	0,58
Lordose	- 43,14	- 62,08	- 13,57	11,28	0,71
LL max.	- 62,57	- 100,80	- 37,46	12,71	0,80
GS-T9	- 10,45	- 19,80	- 1,72	3,10	0,19
GS-T1	- 1,42	- 9,16	7,12	2,70	0,17
PS	42,23	19,08	63,55	8,46	0,53
IP	54,99	33,23	104,02	11,21	0,71
VP	13,34	- 4,47	44,75	6,49	0,41

Cyphose : Angle T4–T12 ; **CT max.** : Angle T4– plateau inférieur de la vertèbre la plus inclinée sur l'horizontale ; **Lordose** : Angle plateau supérieur L1–plateau inférieur L5 ; **LL max.** : Angle plateau supérieur de la vertèbre la plus inclinée sur l'horizontale–plateau S1 ; **GST1** : Gîte sagittale en T1 ; **GST9** : Gîte sagittale en T9 ; **PS** : Pente sacrée ; **VP** : Version pelvienne ; **IP** : Incidence pelvienne

Dans la mesure où le centre de gravité (T9) est situé en arrière des têtes fémorales, le tronc a tendance à basculer vers l'arrière. La situation d'équilibre est alors assurée par les muscles abdominaux avec une dépense énergétique faible car leur bras de levier est long. Certaines situations pathologiques peuvent être à l'origine de troubles de l'équilibre sagittal.

Les déséquilibres antérieurs mettent en jeu les muscles spinaux afin de compenser cette antéflexion du tronc. Le bras de levier de ces muscles étant court, la dépense énergétique est importante, la fatigabilité également ce qui est souvent à l'origine de lombalgies.

A l'inverse les déséquilibres postérieurs sont souvent peu symptomatiques et donc bien tolérés. Les troubles de l'équilibre vers l'avant peuvent être compensés soit par une rétroversion du bassin associée ou non à un flexum des hanches, soit par la modification des courbures rachidiennes. Ces modifications permettent de maintenir un équilibre sagittal global et ainsi diminuer les dépenses énergétiques. Dès lors que ces compensations ne sont plus suffisantes apparaît un déséquilibre.

2 – Les techniques d'ostéotomies vertébrales :

Les ostéotomies utilisées ont pour objectif de restituer un équilibre sagittal le plus proche de la normale en évitant toute hypercorrection. Chaque technique d'ostéotomie a ses exigences et ses limites. On distingue les ostéotomies de Smith–Petersen, des ostéotomies de soustraction en coin transpédiculaire et pédiculo–discales et les corporectomies par voie postérieur.

Installation du patient :

L'installation du patient se fait généralement sur une table à rachis. Le patient est installé en décubitus ventral sur une table orthopédique [13] ou sur une table de traction avec les membres inférieurs dans l'axe du corps au début de l'intervention. La table orthopédique permet de relever les membres inférieurs à la demande afin d'accentuer la lordose et la réduction de l'ostéotomie. On limite ainsi les fortes contraintes sur le matériel d'ostéosynthèse lors des manœuvres de correction de l'ostéotomie vertébrale.

Monitoring électrophysiologique peropératoire :

L'utilisation des potentiels évoqués peropératoire a pour but de contribuer à la prévention des complications neurologiques liées à la pratique d'ostéotomie.

Elle implique la réalisation systématique d'un bilan fonctionnel des voies nerveuses en préopératoire, celui-ci permettant également d'apprécier la faisabilité de la surveillance peropératoire. Les potentiels évoqués somesthésiques (PES) sont enregistrés en continu, mais ils ne renseignent qu'incomplètement sur le fonctionnement des voies médullaires. Il est nécessaire, pour s'assurer du fonctionnement des voies motrices, de leur adjoindre l'enregistrement des potentiels évoqués moteur (PEM).

L'annulation des réponses ou une dégradation progressive des réponses en cours d'intervention est un précieux signal d'alarme pouvant avoir une valeur prédictive quant à l'évolution clinique ultérieure.

Technique d'ostéotomie de soustraction de Smith–Petersen [14]

Les ostéotomies rachidiennes de Smith–Petersen sont réservées aux courbures longues et harmonieuses du segment thoracique et lombaire comme celles de la maladie de Scheuermann. Aucune mobilisation des racines, du sac dural ou de la moelle épinière n'est nécessaire.

Le prérequis pour obtenir le maximum de correction de l'ostéotomie est d'avoir au préalable un espace intersomatique ouvert. L'ostéotomie de Smith–Petersen n'est pas indiquée à un niveau précédemment arthrodésé, l'espace intersomatique étant généralement fusionné ou peu mobile. L'ostéotomie de Smith–Petersen peut être reproduite à plusieurs niveaux en fonction de l'étendue de la cyphose et du gain de réduction souhaité [15].

Les ostéotomies de Smith–Petersen offrent une correction de 9.3° à 10.7° par niveau d'ostéotomie.

Technique opératoire

Le rachis est abordé en dégageant les gouttières paravertébrales jusqu'à exposer les apophyses transverses. L'hémostase est faite au fur et à mesure des plans de dissection. Le niveau de l'ostéotomie est repéré sur une radiographie de profil. On réalise une laminectomie partielle de la forme d'un losange en réséquant les bords inférieur et supérieur des vertèbres adjacentes. Le ligament interépineux ainsi que le ligament jaune sont retirés de manière bilatérale. On effectue alors les arthrectomies supérieures des vertèbres sous-jacentes, préférentiellement à l'aide du ciseau de Kapner. La libération latérale est poursuivie par l'arthrectomie inférieure. Les isthmectomies sont réalisées avec les pinces rongeur ou emporte-pièce. Les racines nerveuses sont alors parfaitement suivies latéralement au-delà du foramen. L'étendue de la résection osseuse est généralement de 7 à 10 mm de hauteur (Fig. 8). On peut considérer que 1 mm de résection permet d'obtenir 1° de correction.

L'ostéotomie est fermée soit par la mise en extension des membres inférieurs, soit par la mise en compression de l'instrumentation pédiculaire postérieure. Il est important de vérifier l'absence de compression radiculaire dans les foramens

dans les sites d'ostéotomies en fin de fermeture de cette dernière.

(Fig. 9 ;10).

Suites opératoires

Le patient est rapidement verticalisé. Un corset en plastique thermoformé moulé sur mesure est réalisé au décours de l'intervention chirurgicale. Il est généralement porté pendant deux à trois mois .

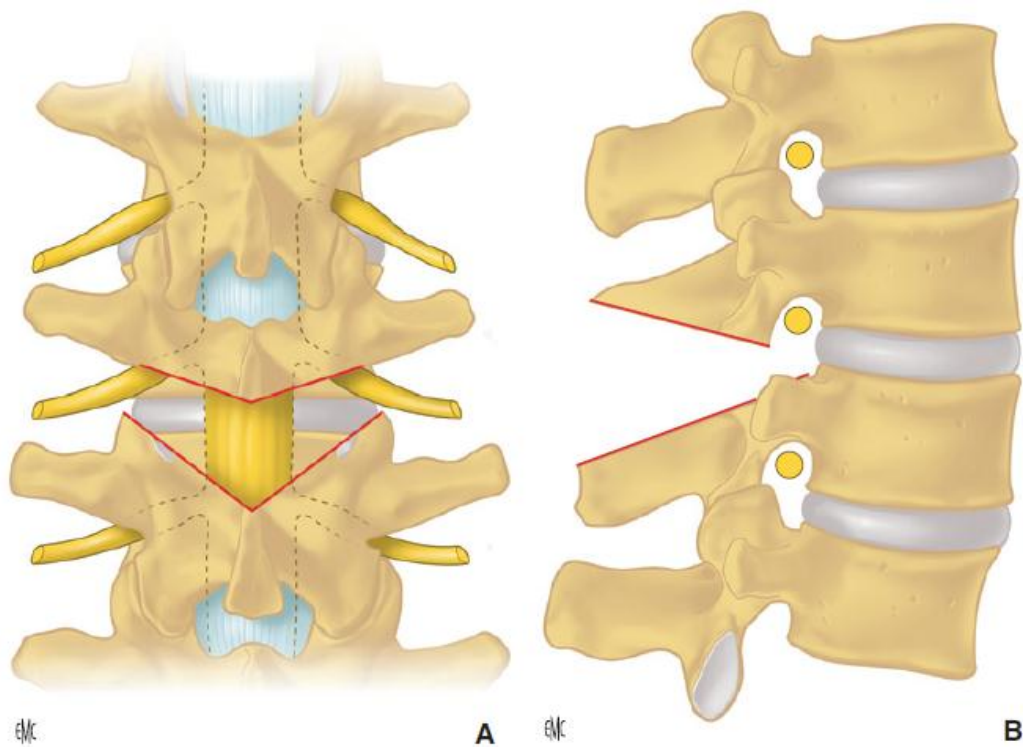


Figure 8. Résection osseuse en losange selon Smith-Petersen (A, B).

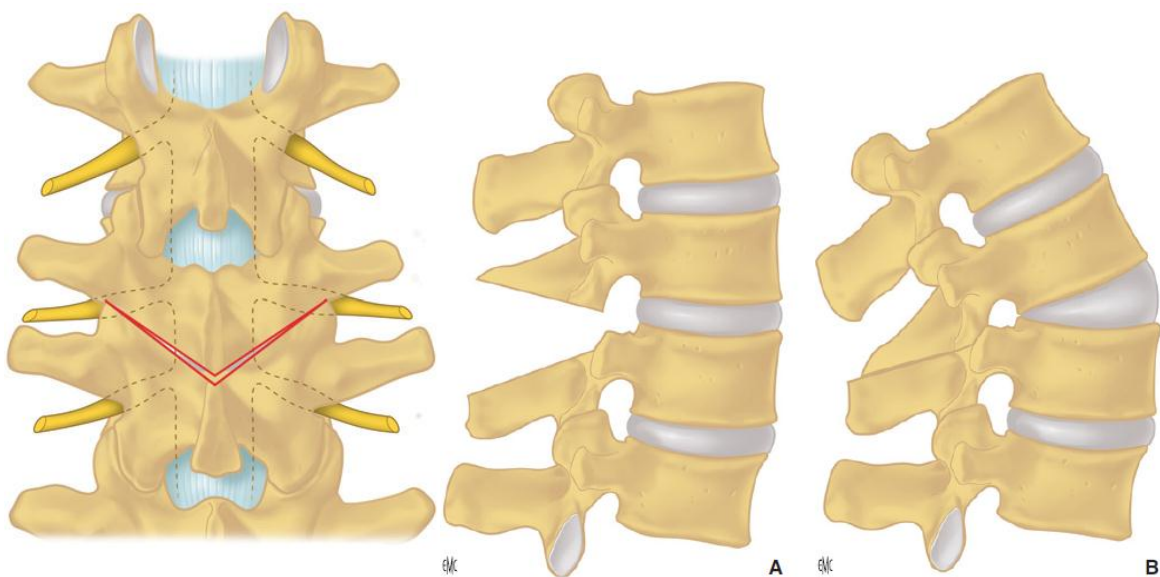


Figure 9. Fermeture de l'ostéotomie de Smith-Petersen vue de face et de profil

L'ostéotomie vertébrale par soustraction Trans pédiculaire

Le principe de l'ostéotomie à coin postérieur est de réaliser une ostéotomie de fermeture postérieure par impaction intracorporeale ou corporéodiscal d'un coin osseux à sommet antérieur. La charnière antérieure de l'ostéotomie doit être la plus proche du mur vertébral antérieur sans le rompre. C'est en 1984 que Heinig [17] décrit le principe de la coquille d'oeuf ou *eggshell procedure*. Il s'agit d'un évidement du corps vertébral par voie transpédiculaire, suivi d'une fracture par compression du corps vertébral. L'année suivante, Thomassen [16] réalise une résection postérieure emportant les pédicules et un coin du corps vertébral dont le sommet est à distance du mur antérieur. L'ostéotomie est terminée par un trait horizontal allant du sommet du coin au mur vertébral antérieur. En 1993, Thiramont et Netrawichien [19] décrivent une ostéotomie avec résection vertébrale allant jusqu'au mur vertébral antérieur mais en le respectant. Les ostéotomies de soustraction pédiculaire se font par deux techniques différentes suivant l'âge et la qualité osseuse. L'ostéoclasie par fragmentation spongieuse [18] est réservée aux adultes ostéoporotiques aux disques déjà ossifiés alors que la résection cortico-spongieuse avec ostéotomes est plus facile chez le sujet jeune dont le tissu osseux est solide surtout quand les disques sont présents et potentiellement fonctionnels. Cette technique est indiquée pour les déformations dans le plan sagittal et coronal, et peut être réalisée même sur des rachis déjà fusionnés. L'indication principale étant les cyphoses angulaires, avec une ligne plombe C7 > 12 cm. le taux de correction de cyphose obtenue par cette technique est 30 à 40 %, et entre 9 à 19 cm de correction sagittal

Technique opératoire

Une fois la planification per-opératoire réalisée et le niveau d'ostéotomie choisi, l'intervention chirurgicale se déroule suivant différentes étapes. Le patient est installé en décubitus ventral sur cadre (la réduction se fera alors par compression sur les tiges

et/ou par cintrage in situ) ou sur table orthopédique (la réduction se fera par mise en hyperextension des membres inférieurs). L'abord est postérieur médian, centre sur l'étage choisi pour l'ostéotomie, exposant latéralement jusqu'aux apophyses transverses. Le niveau est ensuite repéré et vérifié au moyen d'une radiographie de contrôle de profil. Les implants sont mis en place (vis pédiculaires) avant toute libération canalaire. La laminectomie est ensuite réalisée au niveau de l'étage de l'ostéotomie ainsi qu'à l'étage sus-jacent et latéralement jusqu'aux pédicules

(figure 10).

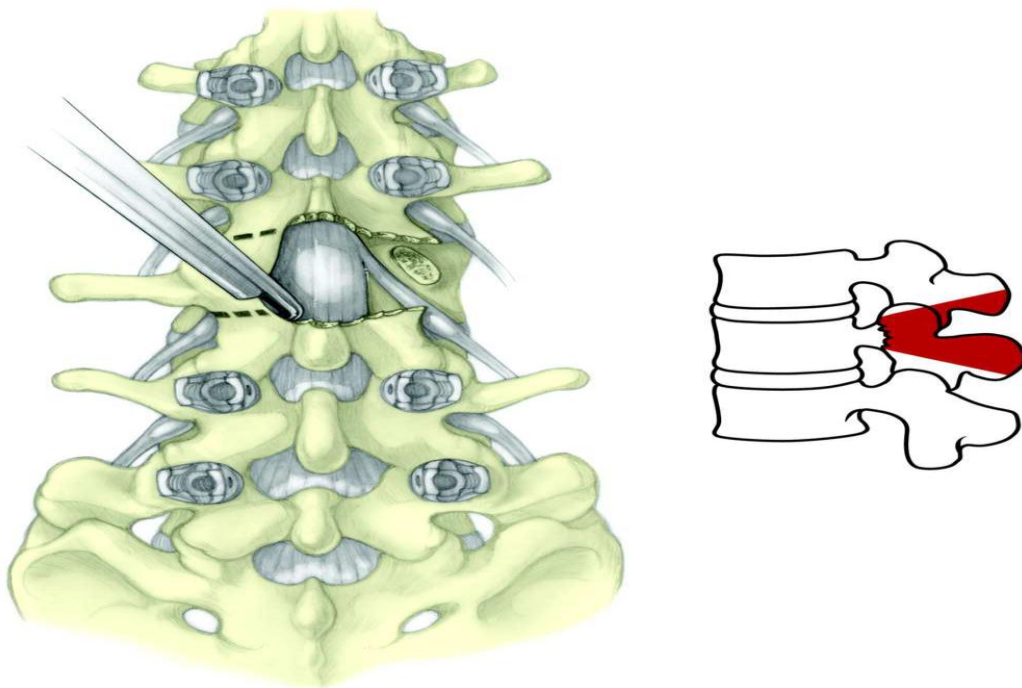


Figure 10 : résection des éléments postérieurs jusqu'aux pédicules

Après repérage des pédicules de la vertèbre concernée par l'osteotomie, ceux-ci sont évidés progressivement à l'aide de curettes de taille croissante (figure 11), puis le corps vertébral est évidé en respectant le mur vertébral antérieur, le mur vertébral postérieur et les murs latéraux

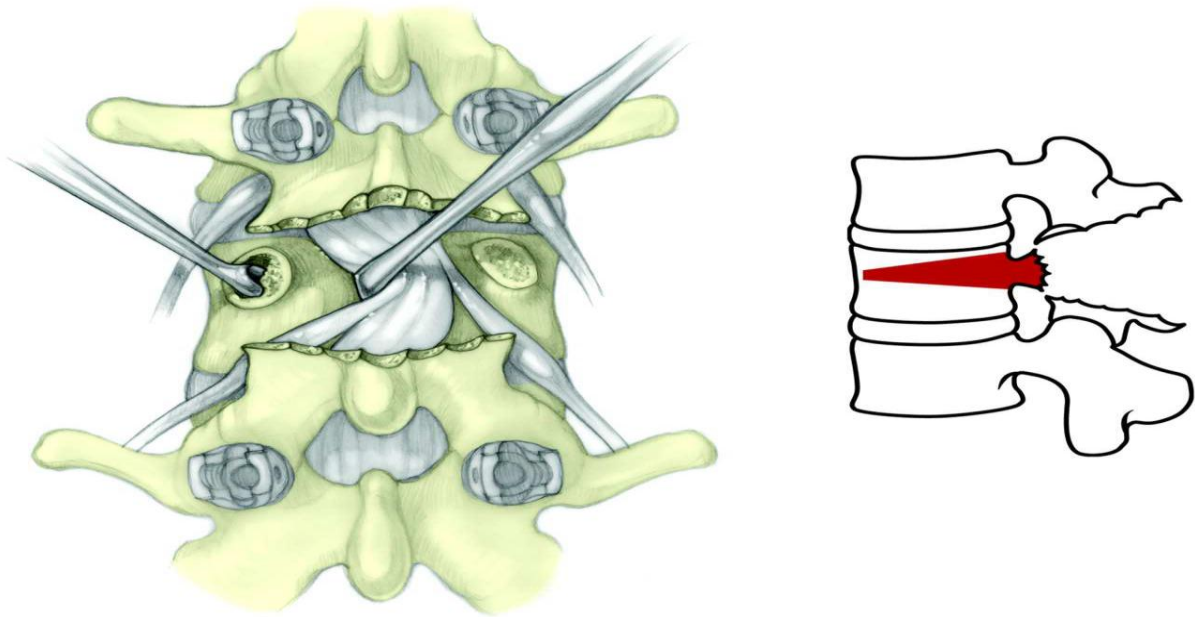


Figure 11: les pédicules et le corps vertébral sont évidés

Les pedicules sont ensuite reseques (figure 12), puis le mur posterieur est effondré (figure 13). A ce point de l'intervention, la vertebre demeure stable bien que fragilisee puisque les murs lateraux ainsi que le mur anterieur du corps vertebraal ont ete respectes.

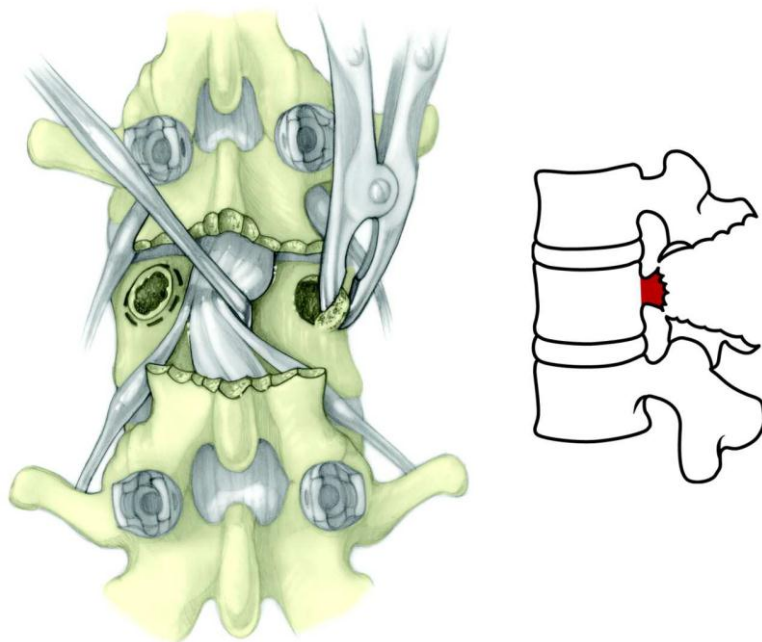


Figure 12 : résection des pédicules

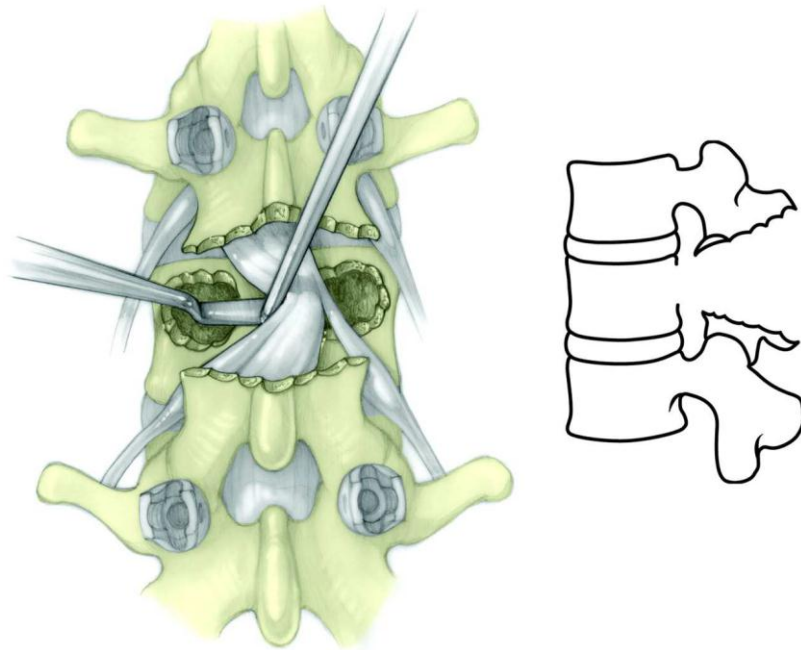


Figure 13 : effondrement du mur vertébral postérieur

Avant d'affaïsser les murs latéraux, il faut s'assurer que le sac dural est bien libre et que les racines le sont également, après quoi les murs latéraux peuvent être réséqués progressivement permettant une fermeture de l'ostéotomie (figure 14).

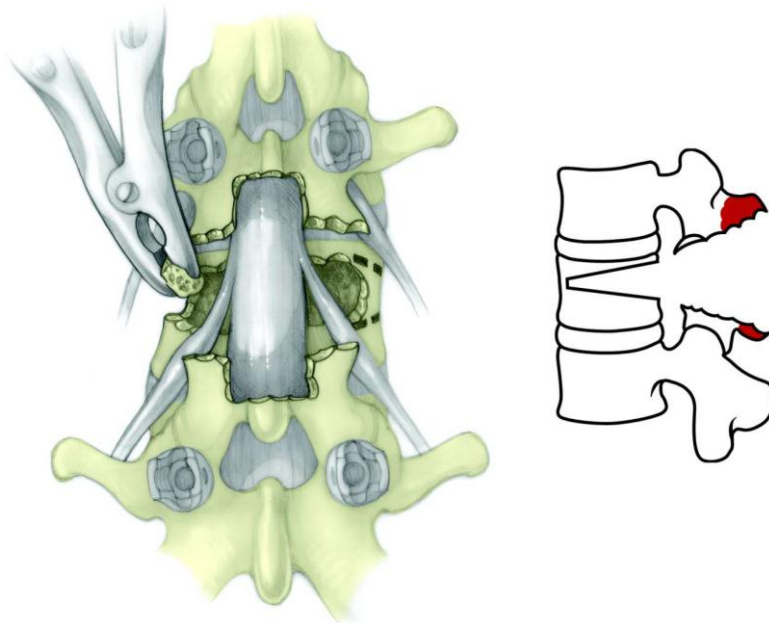
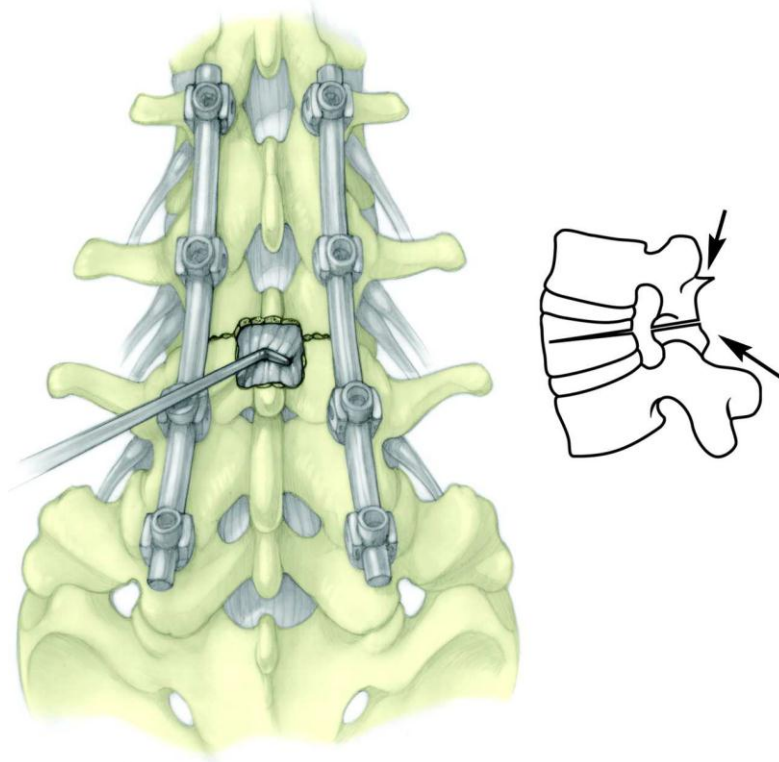


Figure 14 : résection des murs latéraux

L'ostéotomie est mise en compression soit à l'aide de la table (installation sur table orthopédique) par mise en hyperextension des membres inférieurs, soit à l'aide du matériel (compression sur les tiges ou cintrage in situ). Il est important d'obtenir

un contact complet et symétrique des plans de coupe ([figure 15](#)). Une fois l'ostéotomie fermée, une fenêtre osseuse doit persister afin de minimiser le risque de compression du sac dural par un hématome. De même, la liberté des racines doit être vérifiée. Les différents implants sont alors mis en place, complétés par une greffe osseuse (produits de laminectomie, crête iliaque) associée ou non à des substituts osseux. La fermeture se fait plan par plan sur drain aspiratif



[Figure 15 : mise en compression de l'ostéotomie](#)

Suites opératoires

Le patient est levé le premier ou deuxième jour postopératoire, la station assise est proscrite pendant 45 jours. Un corset rigide en trois points en plastique thermoformé est confectionné sur mesure et conservé pour une durée de trois mois.

Technique de soustraction pédiculodiscale

En 1994, Lehmer [\[20\]](#) décrit une technique d'ostéotomie de soustraction transpédiculaire selon Steffee où l'on résèque un coin de corps vertébral de part en part d'un espace discal. On la dénomme l'ostéotomie pédiculodiscale ou transdiscale.

L'indication principale de cette techniques sont les déformations rachidiennes sévères dont l'apex est le disque. Elle offre une correction entre 38° à 49° dans le plan sagittal, une meilleure stabilité et moins de risque de pseudarthrose comparée à une ostéotomie par soustraction pédiculaire.

Technique opératoire

L'installation du patient et l'exposition chirurgicale restent la même que l'ostéotomie transpédiculaire. Avant le geste d'ostéotomie sont mises en place les vis pédiculaire de part et d'autre de la zone d'ostéotomie. Le temps de résection osseuse avec décompression du canal vertébral par laminarthrectomie totale est ensuite réalisé. Les pédicules vertébraux sont retirés en totalité des deux côtés. L'espace discal est repéré et l'ostéotomie débute par un trait restant parallèle au plateau vertébral inférieur qui se prolonge jusqu'à la face ventrale du corps vertébral. La progression de l'ostéotomie est contrôlée par une radioscopie de profil. Un deuxième trait d'ostéotomie part de la face postérieure du corps vertébral sous-jacent oblique vers le haut et l'avant, venant rejoindre le premier trait d'ostéotomie. Le coin d'ostéotomie et l'espace discal sont vidés à l'aide de différentes curettes de courbures diverses. On effondre également le mur vertébral postérieur ainsi que le bord latéral du corps vertébral. La fermeture de l'ostéotomie se fait sous contrôle de la vue en contractant le matériel d'ostéosynthèse par cintrage in situ ([Fig. 16](#)). On s'assure lors de la fermeture de l'ostéotomie de l'absence de conflit avec les structures nerveuses.

Suites opératoires

Les suites postopératoires sont identiques aux ostéotomies Trans pédiculaires.

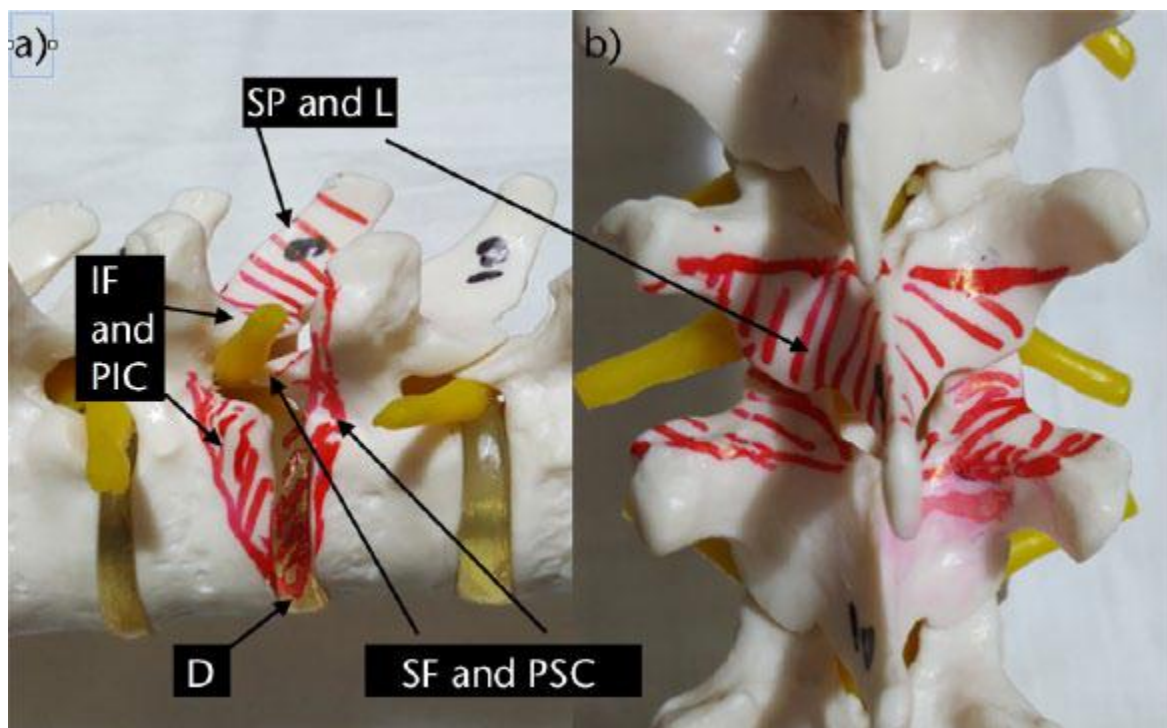


Fig. 16 : ostéome par soustraction pédiuclodiscale vue de face (b) et de profil (a)
Les zones à réséquer sont marquées en rouge ; SP : procecuss épineux ;L : lame ; IF
facette articulaire inférieure ; SF facette articulaire supérieur ; PIC : coin postéro
inferieur ; PSC : coin postéro supérieur, D : disque

La résection de la colonne vertébrale (VCR) :

La résection de la colonne vertébrale est réservée pour les déformations rachidiennes complexes, les tumeurs résécables du rachis, déformations post-traumatiques et les spondyloptoses. [21]

L'indication principale de cette technique reste les formes grave de scoliose rigide (idiopathiques ou congénitale), pour laquelle une ostéotomie de soustraction pédiculaire ou un abord combiné antéro-postérieur ne suffit pas à résoudre le problème.

Cette technique d'ostéotomie permet une correction de l'ordre de 62° dans le plan coronal et 45.2° dans le plan sagittal. [22] il s'agit d'une procédure très technique qui nécessite une équipe expérimentée.

Technique chirurgicale :

L'installation du patient et l'abord chirurgical est idem pour une ostéotomie transpédiculaire. On commence d'abord par une vissée pédiculaire d'au moins deux niveau sus et sous-jacent de la zone d'ostéotomie. On procède après à une décompression du canal vertébral par une large laminarthrectomie. Les pédicules sont ensuite reséqués.

Pour atteindre l'équilibre, la colonne vertébrale ne doit pas seulement être raccourci mais aussi translaté. Cela nécessite la résection du corps vertébral avec les deux disques adjacents et devrait être suivie d'une préparation des plateaux vertébraux pour la fusion. (Fig. 17)

Une attention particulière doit être prêtée au cours de cette étape, vu le risque élevé d'une dislocation rachidienne. Ce risque est majoré en cas de cyphose sévère. L'utilisation d'une tige temporaire peut prévenir la survenue de cette complication.

Le geste sera poursuivi par la mise en place d'une cage vertébrale rempli d'os spongieux autologue et fermeture de l'ostéotomie. (Fig. 18)

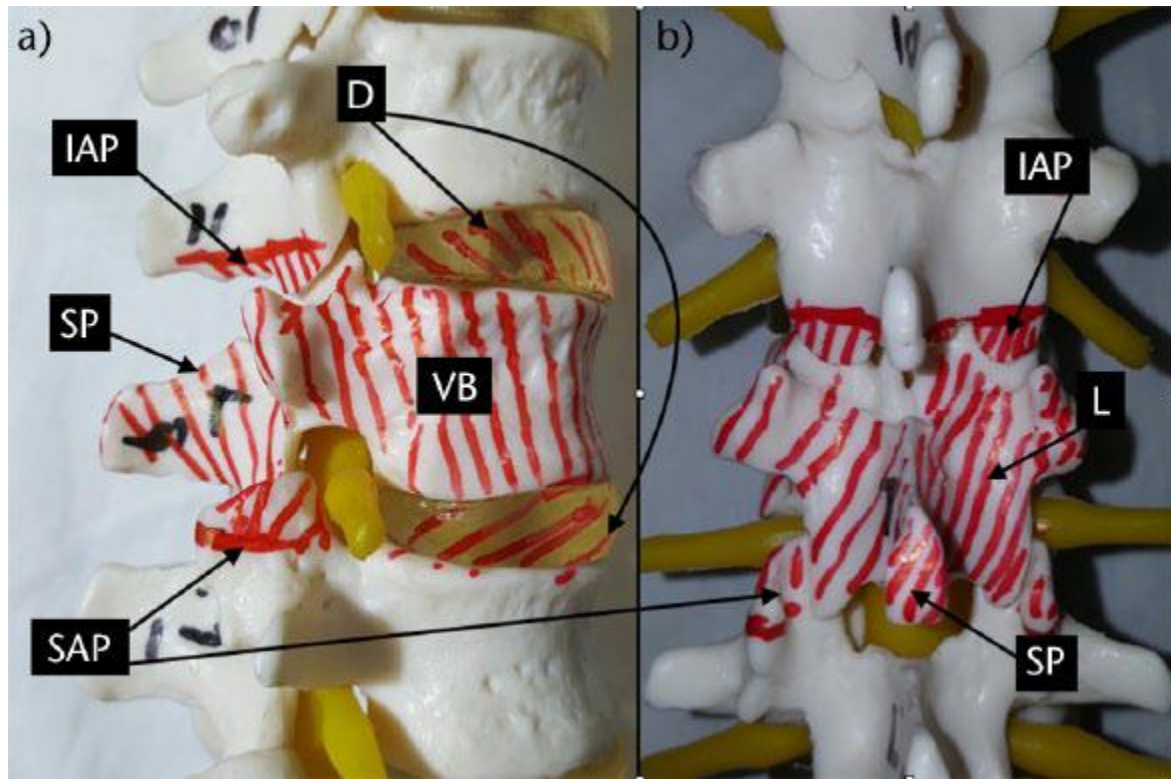


Fig. 17 : résection de la colonne vertébrale vue de face (b) et de profil Les zones à reséquer sont marquées en rouge ; SP : proceuss épineux ;L : lame ; IAP facette articulaire inférieure ; SAP facette articulaire supérieur ; VB : corps vertébral

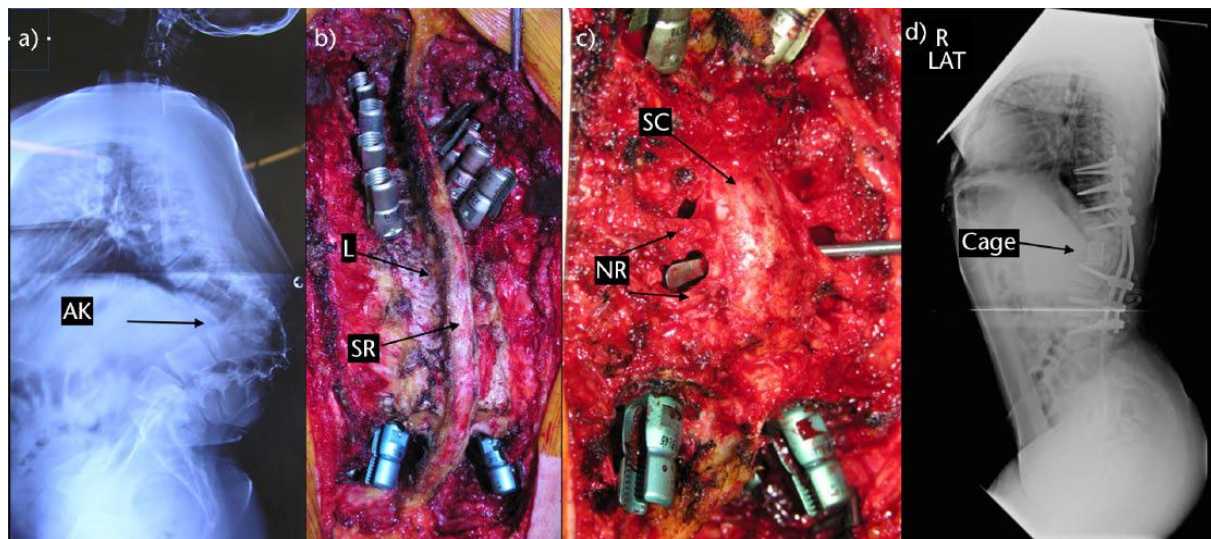


Fig. 18 : a) femme de 33ans avec une cyphose congénitale sévère b) & c) vue per-opératoire d'une résection de la colonne vertébrale intéressant T11, T12 et L1. d) contrôle de profil post opératoire après PVCR .

AK : apex de la cyphose, SC : cordon médullaire, NR : racine nerveuse

Classification des ostéotomies vertébrales :

Une grande variété de techniques d'ostéotomie existe, et des variantes de chacune ont été développées au cours des dernières décennies. De même, plusieurs noms sont couramment utilisés pour la même procédure et il arrive souvent que des techniques distinctes, telles que l'ostéotomie de Smith–Petersen et celle de Ponte, soient citées de façon interchangeable dans la littérature. Cela a fait naître le besoin d'une classification facile et efficace des ostéotomies afin de rendre possibles des comparaisons et standardiser les résultats. En 2014, F. Schwab et collègues (Schwab, F. et al., 2014) [23] ont proposé pour la première fois une classification des ostéotomies de la colonne vertébrale qui se base sur l'étendue de la résection osseuse ainsi que sur le degré de déstabilisation induite par chaque technique. Ils ont divisé les ostéotomies en 6 groupes, le premier étant caractérisé par une faible quantité d'os enlevé (Figure 19).

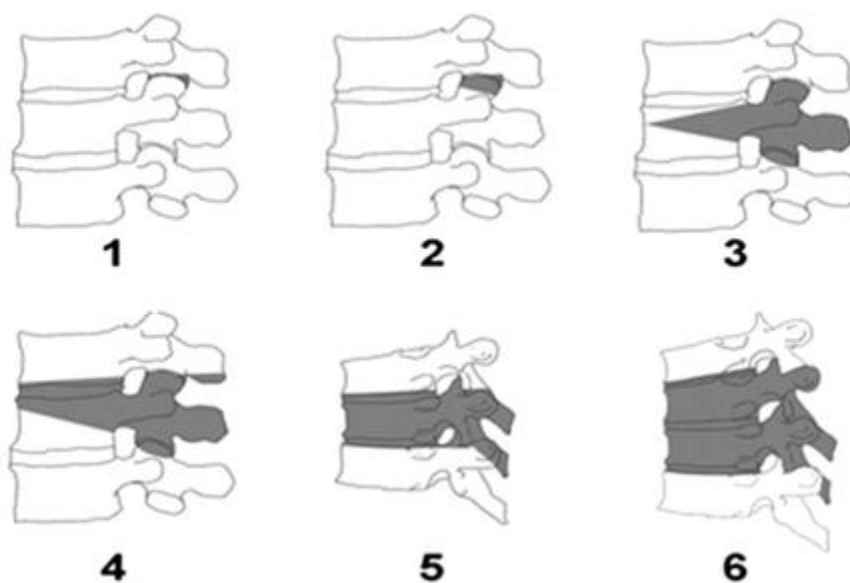


Figure 19: Classification des ostéotomies du rachis proposée par F. Schwab et collègues

Les grades 1 et 2 regroupent les ostéotomies de la colonne postérieure (Figure 19). Ils incluent l'ostéotomie de Smith–Petersen (grade 1) et celle de Ponte (grade 2). Toute technique qui prévoit l'enlèvement d'une partie du corps vertébral (grades 3 et 4) et d'une ou plusieurs vertèbres (grades 5 et 6), est exclue des deux premiers groupes [23].

III – Patients et méthodes :

1 – Type d'étude :

Il s'agit d'une étude rétrospective portant sur les patients atteints de déformations rachidiennes, traités par ostéotomie vertébrale, au service de neurochirurgie du Centre Hospitalier Universitaire Hassan II de Fès au Maroc.

Nous rapportons dans ce travail 04 observations cliniques de patients ayant bénéficié d'ostéotomie vertébrale dans notre formation, entre Mars 2016 et Mai 2019.

2 – Objectifs de l'étude :

Cette étude, même si portée sur un nombre réduit de candidat (04 cas), a pour objectifs de :

- ✚ Étudier les profils épidémiologiques, cliniques et radiologiques des patients pris en charge dans notre établissement.
- ✚ Discuter les indications et les résultats de ces différentes techniques chirurgicales, en se basant sur nos cas cliniques et une revue récente de la littérature.
- ✚ Connaître nos moyens et limites pour la prise en charge de malades souffrant de déformations rachidiennes.
- ✚ Évaluer les complications postopératoires de la série.
- ✚ Comparer les différentes techniques d'ostéotomies vertébrales, et leurs avantages par rapport aux abords classiques du rachis.

3 – Observations cliniques :

Cas clinique N° 1 :

Patient de 16 ans, suivi dans notre formation pour une hydatidose vertébro-médullaire au niveau de la charnière dorso-lombaire. Opéré pour la première fois à l'âge de 14 ans suite à un tableau de compression médullaire lente ; ayant bénéficié d'une laminectomie, ostéosynthèse et cure de son hydatidose. Il fut repris un an après pour démontage de matériel.

Il se présente aux urgences dans un tableau de compression médullaire rapidement progressive, à l'examen le patient est conscient, stable sur le plan hémodynamique et respiratoire. On objective une paraplégie Frankel B, avec un niveau sensitif ombilical.

L'examen rachidien retrouve une déformation cypho-scoliotique sévère dont l'apex est centré sur la charnière dorso-lombaire, empêchant le décubitus dorsal stricte.

Le bilan neuroradiologique met en évidence une récurrence de son hydatidose vertébro-médullaire au niveau de T11-T12 ([Figure 21](#)) avec un affaissement de ces dernières. Une cyphose angulaire dont l'apex se situe en T12 ([Figure 20](#))

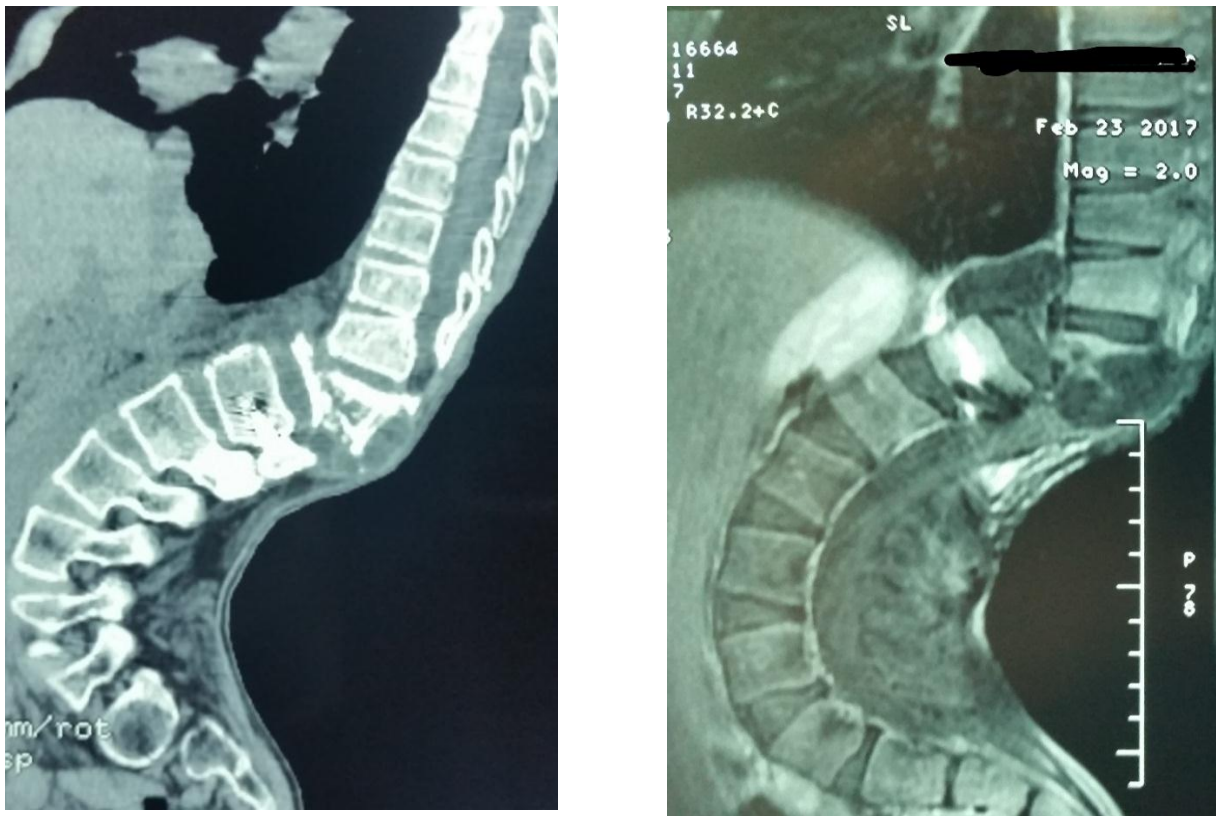


Figure 20 : Cyphose angulaire sévère, sur un scanner en coupe sagittale (à gauche) et sur l'IRM en reconstruction sagittale (image de droite)

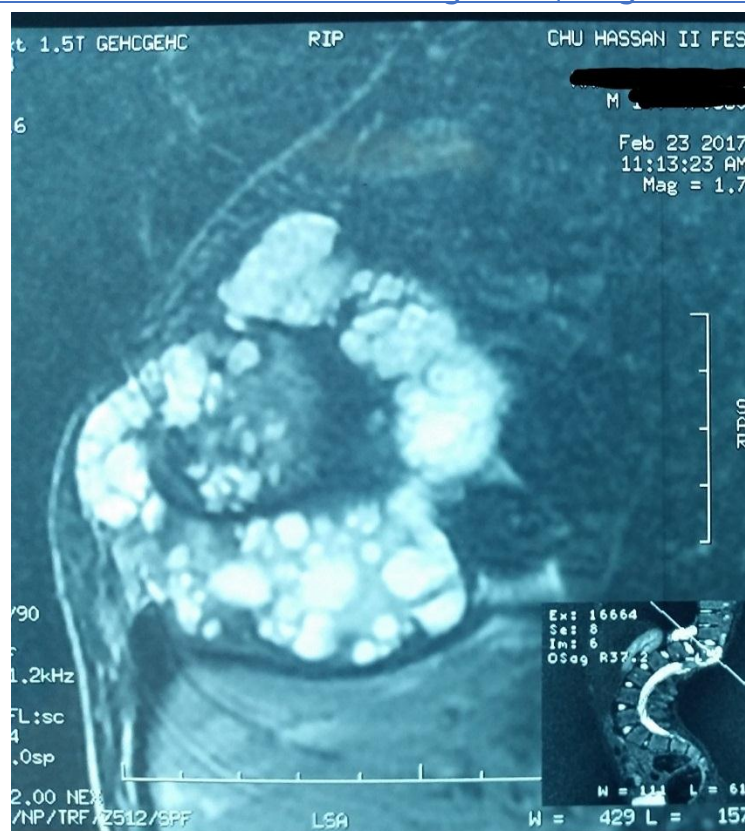


Figure 21 : IRM médullaire en coupe axiale T2 passant par D12, objectivant une récurrence d'hydatidose vertebro-médullaire.

Le patient a beneficié d'une resection de la colonne vertebrale par voie postérieure (PVCR) de T11-T12 avec fixation de 3 niveau sus et sous jacents, mise en place d'une cage type pyramereche non extensible entre T10-L1 ; et reduction de la cyphose sous controle scopique. (Figure : 22,23,24,25)

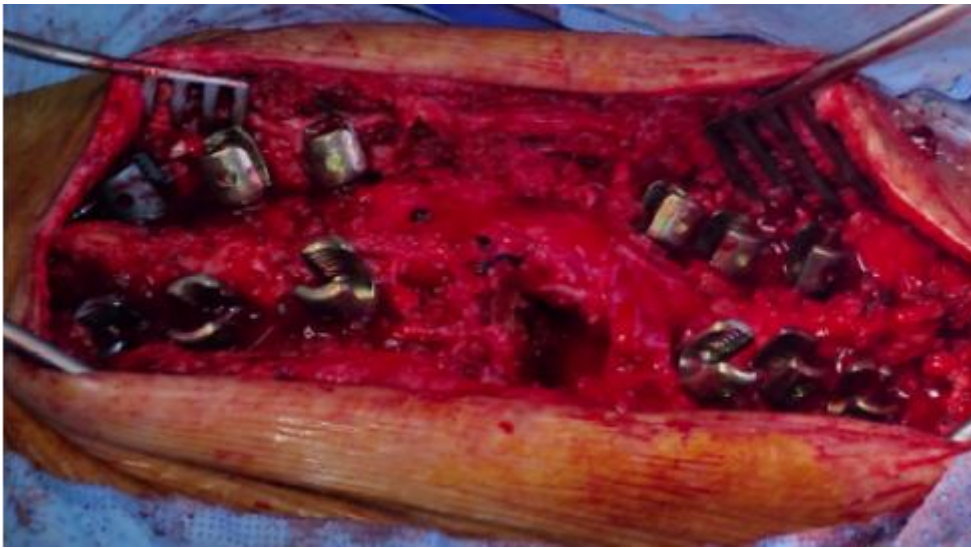


Figure 22 : image peropératoire d'une PVCR de D11-D12

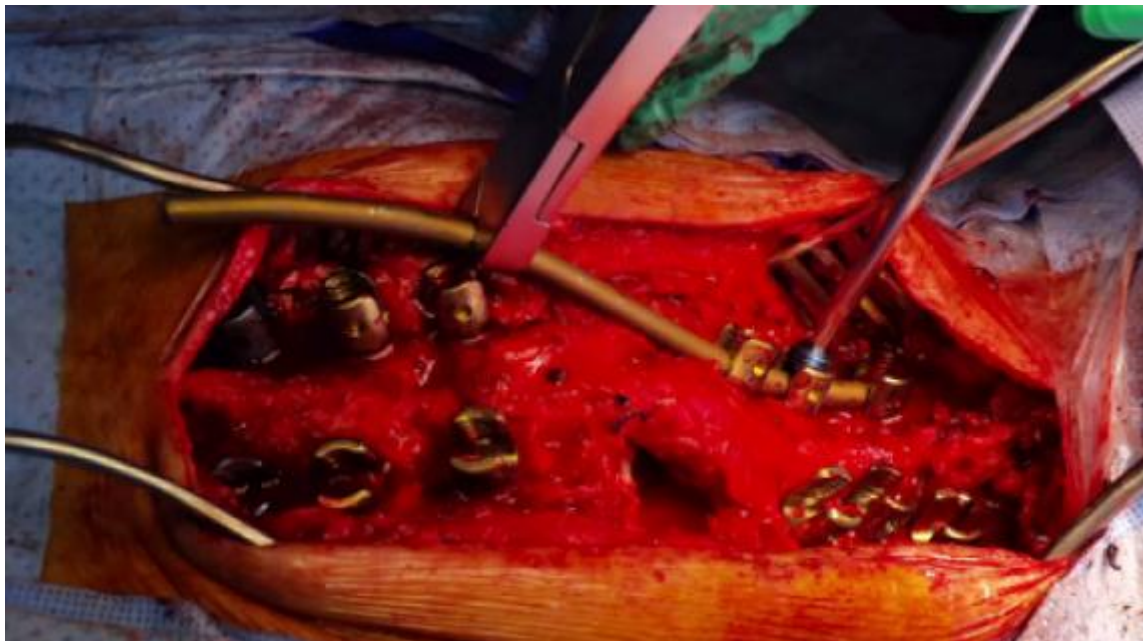


Figure 23 : Mise en place de tiges en titan

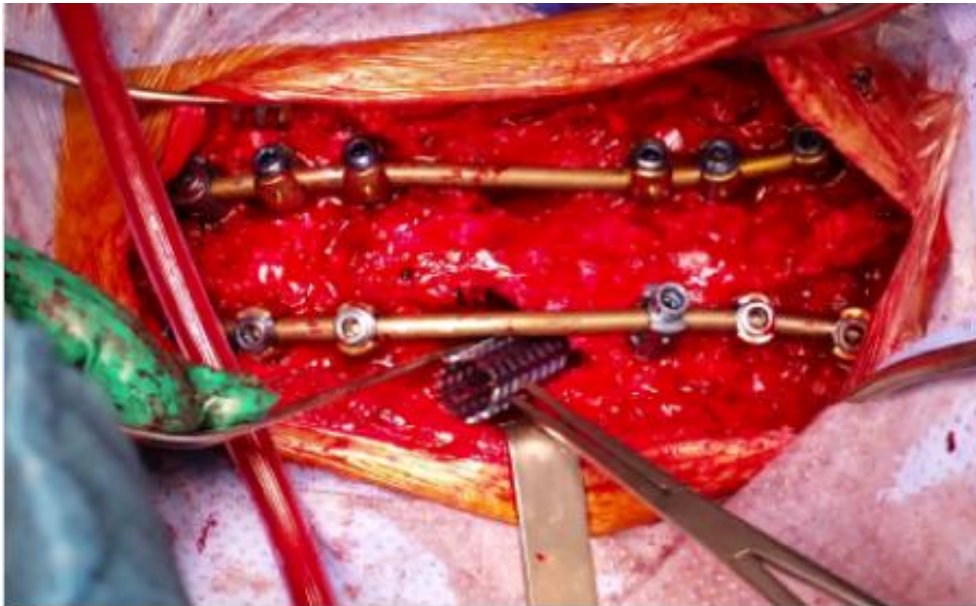


Figure 24 : Mise en place d'une cage type pyrameche entre T10-L1

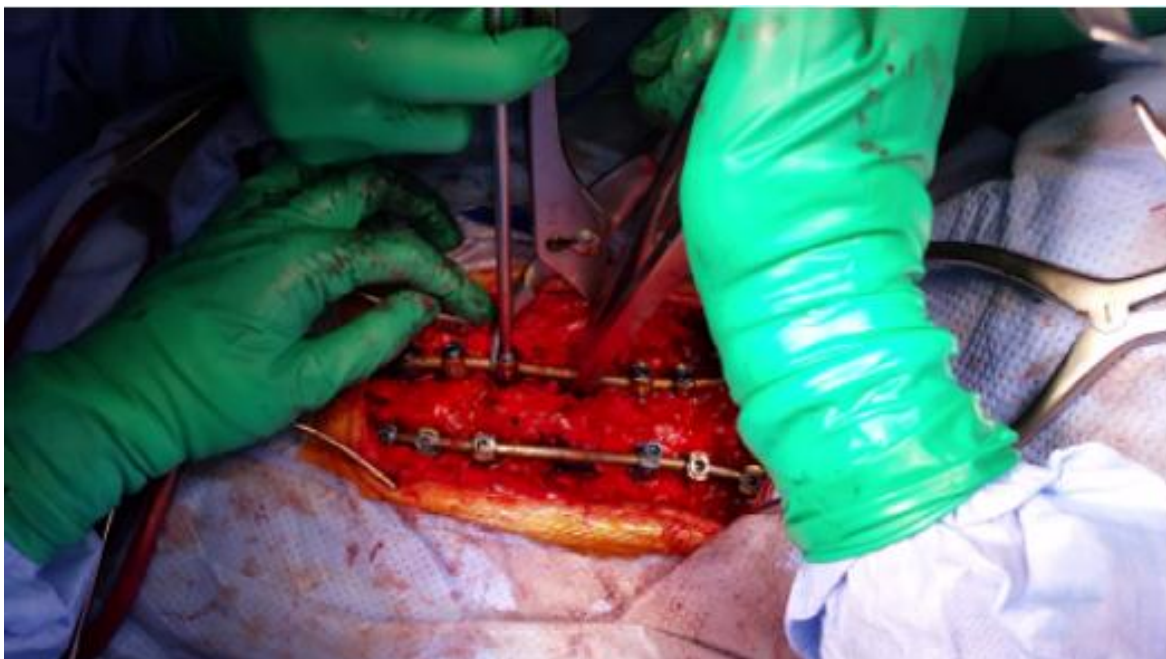


Figure 25 : réduction de la cyphose par compression de matériel d'ostéosynthèse

Les suites post-opératoires étaient simples, amélioration du statut neurologique passant d'un Frankel B à un Frankel C. Correction du déséquilibre sagittal de 68° et coronal de 50°. (Figure : 26,27)

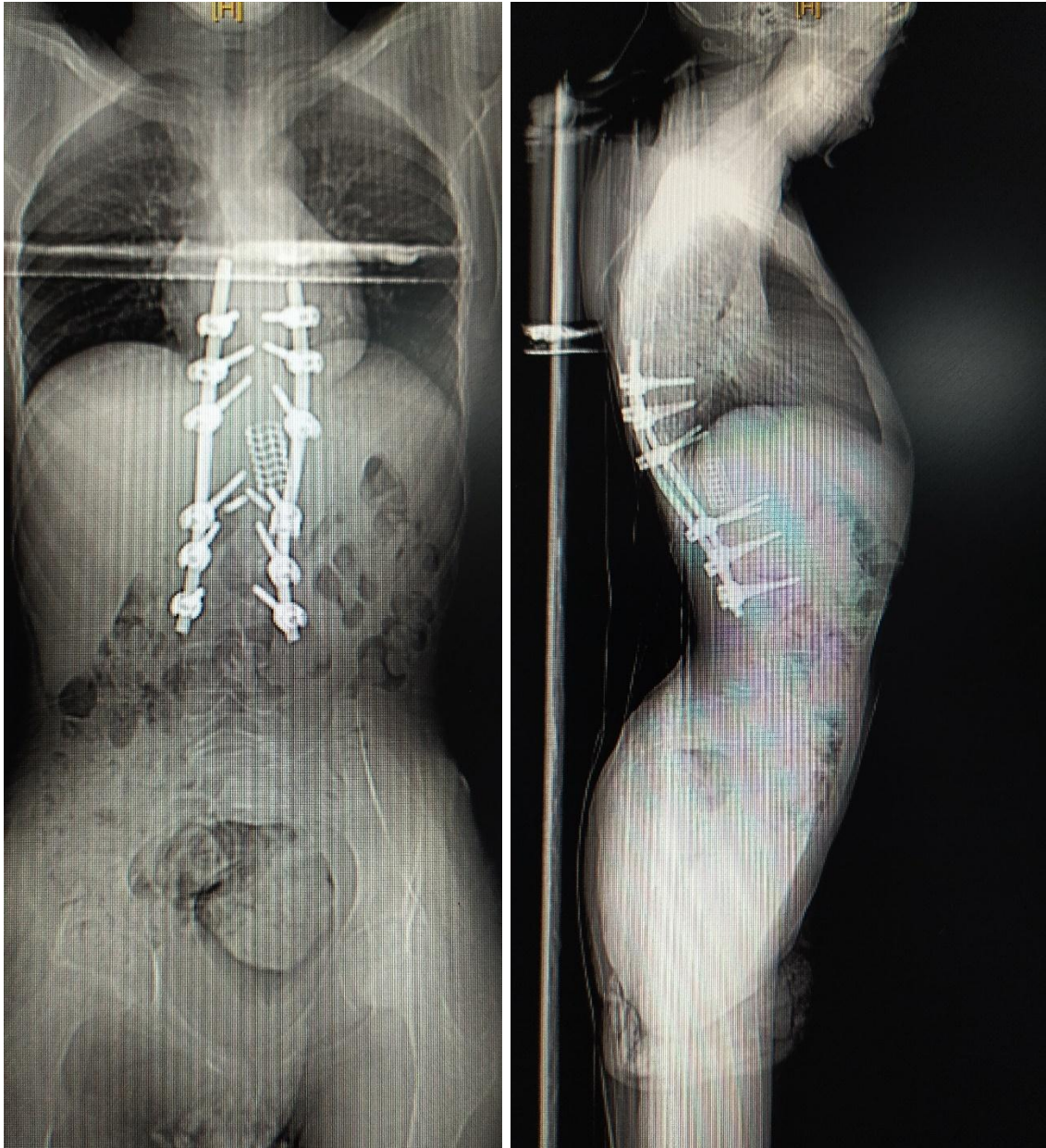


Figure 26 : radio de contrôle de face (gauche) et de profil (droite) après une PVCR de T11-T12

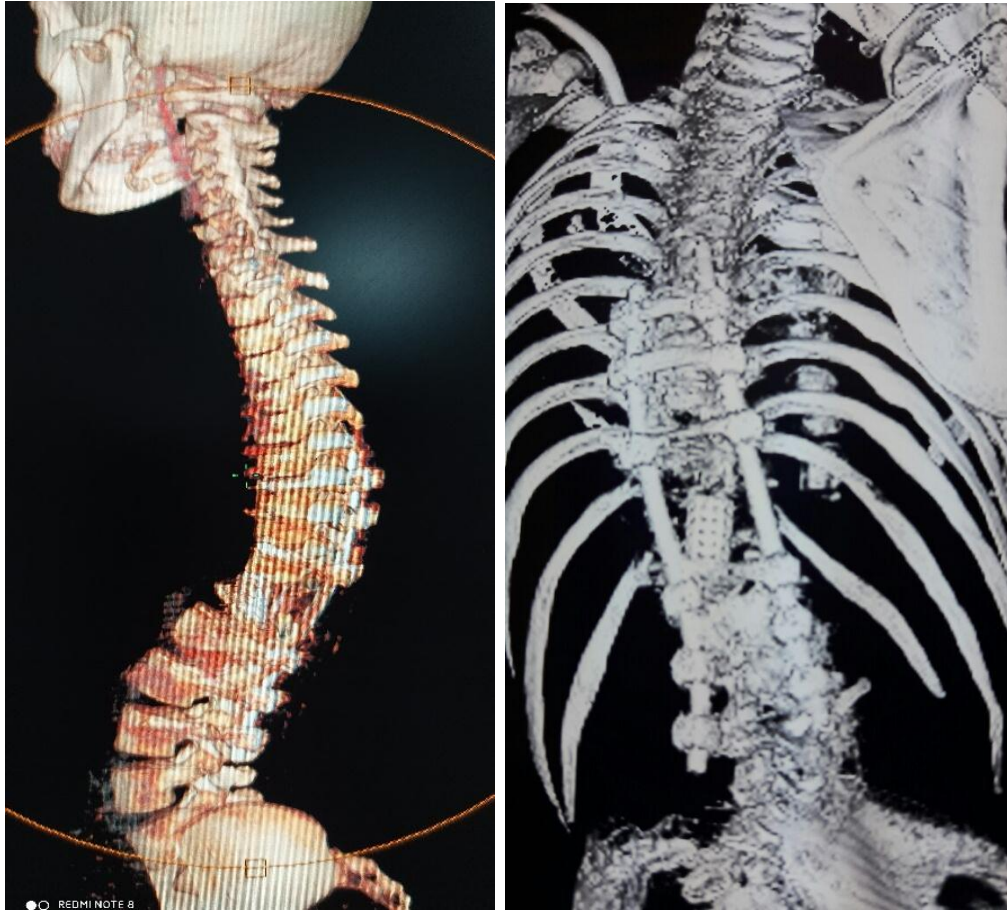


Figure 27 : TDM rachidienne de contrôle post-opératoire en reconstruction 3D vue de face et de profil après une PVCR de T11-T12

Cas clinique N°2 :

Patient de 14ans, sans antécédent pathologique notable. Il consulte aux urgences pour une lourdeur des deux membres inférieurs évoluant depuis un mois, l'ayant rendu grabataire depuis quelques jours.

On retrouve à l'examen un enfant en bon état général, une paraparésie Frankel C, et une force musculaire segmentaire coté à 3/5 aux 2 membres inférieurs.

L'examen du rachis : un syndrome rachidien douloureux en regard de T5, une accentuation de la cyphose dorsale.

Le bilan d'imagerie réalisé pour ce patient a pu déceler un kyste anévrysmal de T5 avec un tassement pathologique de celle-ci, responsable d'une compression médullaire en regard. Une cyphose locale estimé à 45° et une cyphose régionale à 30°.

(Figure: 28)

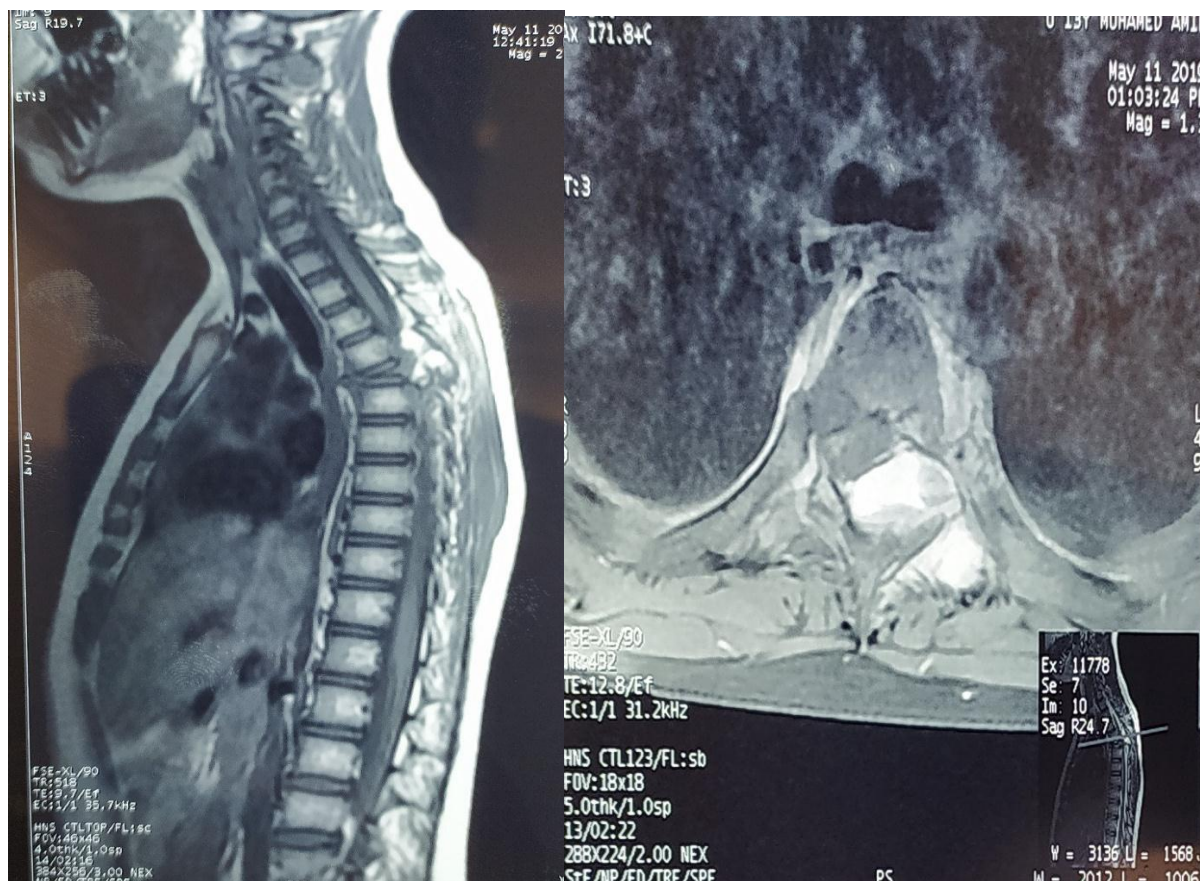


Figure 28 : IRM médullaire en coupe axiale (à droite) et sagittale (à gauche) montrant un tassement de T5 secondaire à une kyste anévrysmal, responsable d'une déformation en cyphose

On a retenu l'indication d'une ostéotomie par résection de la colonne vertébrale (PVCR). Le geste a consisté en une stabilisation par vissée pédiculaires de T3T4 et T6T7. Ensuite une lamino–arthrectomie large de T5 a été réalisé, associé à une transversectomie bilatérale. Une corporectomie de T5 emportant les disques adjacents, suivie par la mise en place d'une cage entre T4–T6. A la fin la mise en place de tiges, et le cintrage in situ du matériel d'ostéosynthèse a permis la fermeture de l'ostéotomie et la correction de la cyphose.

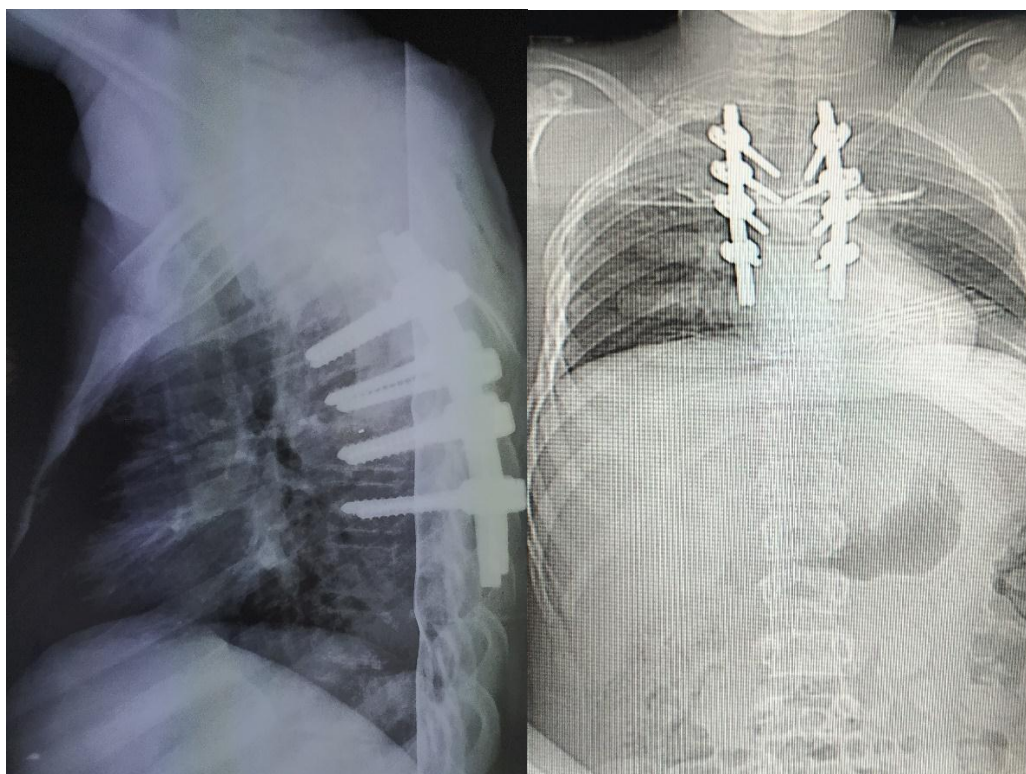


Figure 29 : radio de contrôle post-opératoire de face et de profil, après une PVCR de T5.

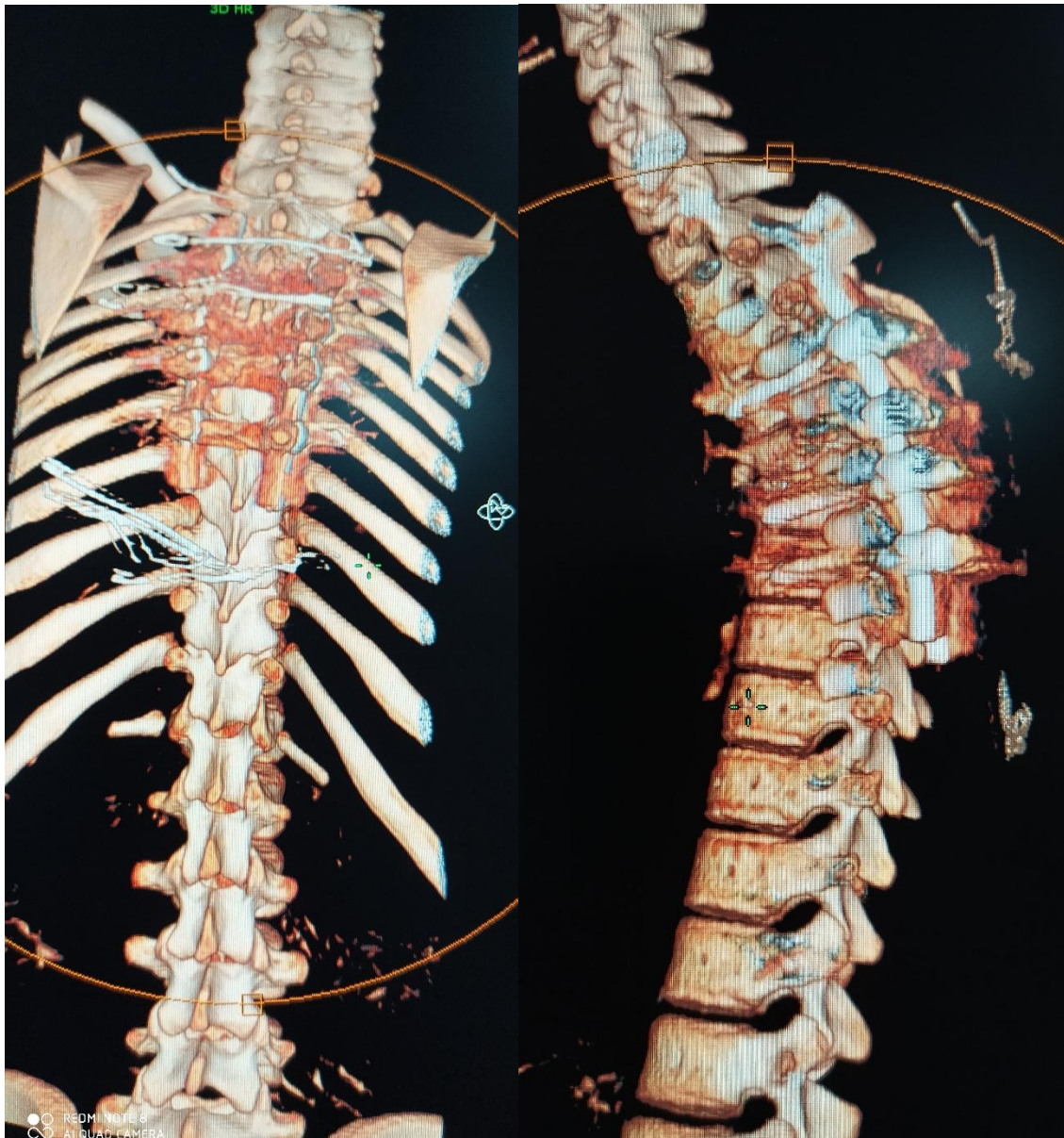


Figure 30 : TDM rachidienne de contrôle en reconstruction 3D, de face et de profil, après PVCR de T5.

Les suites post-opératoires immédiates étaient marquées par une aggravation du déficit neurologique passant de 3/5 à 2/5 aux membres inférieurs. Une correction de la cyphose locale (CL) et regionale (CR) à été obtenue ; CL: 44° CR : 40°.

(Figure :29,30)

L'évolution se fera vers une régression du déficit neurologiques, puis une nette améliorations dans les quelques jours qui ont suivi son intervention, il passe d'un Fränkel C à un Frankel D.

Cas clinique N°3 :

Homme de 33ans, traumatisme vertébral lombaire opéré il y'a 3ans, fixation par ostéosynthèse de L1– L3. Une ablation de matériel d'ostéosynthèse fut réalisée il y'a un an, suite à une rupture.

Le patient consulte pour un syndrome rachidien douloureux au niveau lombaire, on ne retrouve pas de déficit neurologique sensitif ou moteur, ni troubles génito-sphinctériens. À l'examen du rachis, on constate un inversement de la lordose lombaire, avec une limitation de l'antéflexion et extension du rachis. Le déséquilibre sagittal est compensé par une flexion des genoux et des hanches.

Le bilan neuroradiologique met en évidence un cal vicieux post traumatique de L2 avec une cyphose sévère. (Figure :31)



Figure 31 : Radio du rachis dorso-lombaire de profil montrant un cal vicieux en L2 responsable d'une cyphose sévère.

Le choix d'une ostéotomie par soustraction pédiculaire a été privilégié chez ce patient. L'ostéotomie a été réalisée au niveau de l'apex de la cyphose en L2, avec fixation par vis pédiculaire en D12-L1 et L3-L4.

Les suites opératoires sont simples. La stabilisation et la restitution d'un équilibre sagittal optimal a été obtenue, ainsi qu'une amélioration de l'image corporelle du patient. (Figure :32,33)

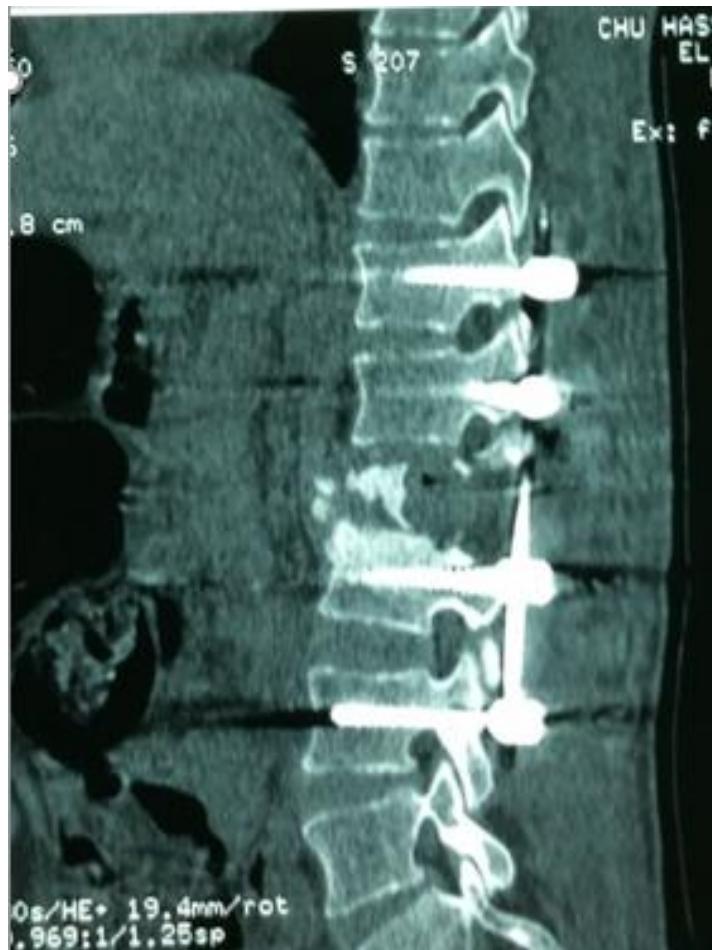


Figure 32 : TDM rachidienne de controle post-opératoire, en reconstruction sagittale apres une OSP de L2



Figure 33 : resitution de l'équilibre sagittal en post-opératoire suite à une OSP de L2.

Cas clinique N°4 :

Patiente de 27 ans, admise pour la prise en charge d'un traumatisme vertébro-médullaire suite à un AVP. A l'examen neurologique on retrouve une parapégie flasque complete Frankel A, avec un niveau sensitif xiphoidien. L'examen rachidien revele la présence d'une déformation en marches d'escaliers en regard de T6-T7, avec une accentuation de la cyphose dorsale.

Le bilan neuroradiologique met en évidence une fracture communitive de T7, responsable d'une cyphose angulaire sévère. (Cyphose locale : 50°, cyphose régionale : 42°).

On a retenu l'indication d'une ostéotomie par résection vertébrale postérieure. Le geste a consisté en une fixation de T5-T6, T8-T9, l'ostéotomie a été réalisé au niveau de l'apex de la déformation qui correspond au niveau fracturaire T7.

Découverte en peropératoire d'une breche durale complexe ayant nécessité une plastie, le cordon médullaire était contus et laminé.

L'ostéotomie est ensuite fermée par cintrage in situ sous contrôle radiologique. La correction de la cyphose est obtenue, la fermeture se fait plan par plan en laissant un drain de redon en siphonnage.

L'évolution post-opératoire est satisfaisante. La stabilisation et la correction du déséquilibre sagittal ont été obtenus. La cyphose locale post-opératoire est de 15° par rapport à 50° en préopératoire. Le statut neurologique en l'occurrence demeure inchangé (Frankel A). (Figure : 34,35)

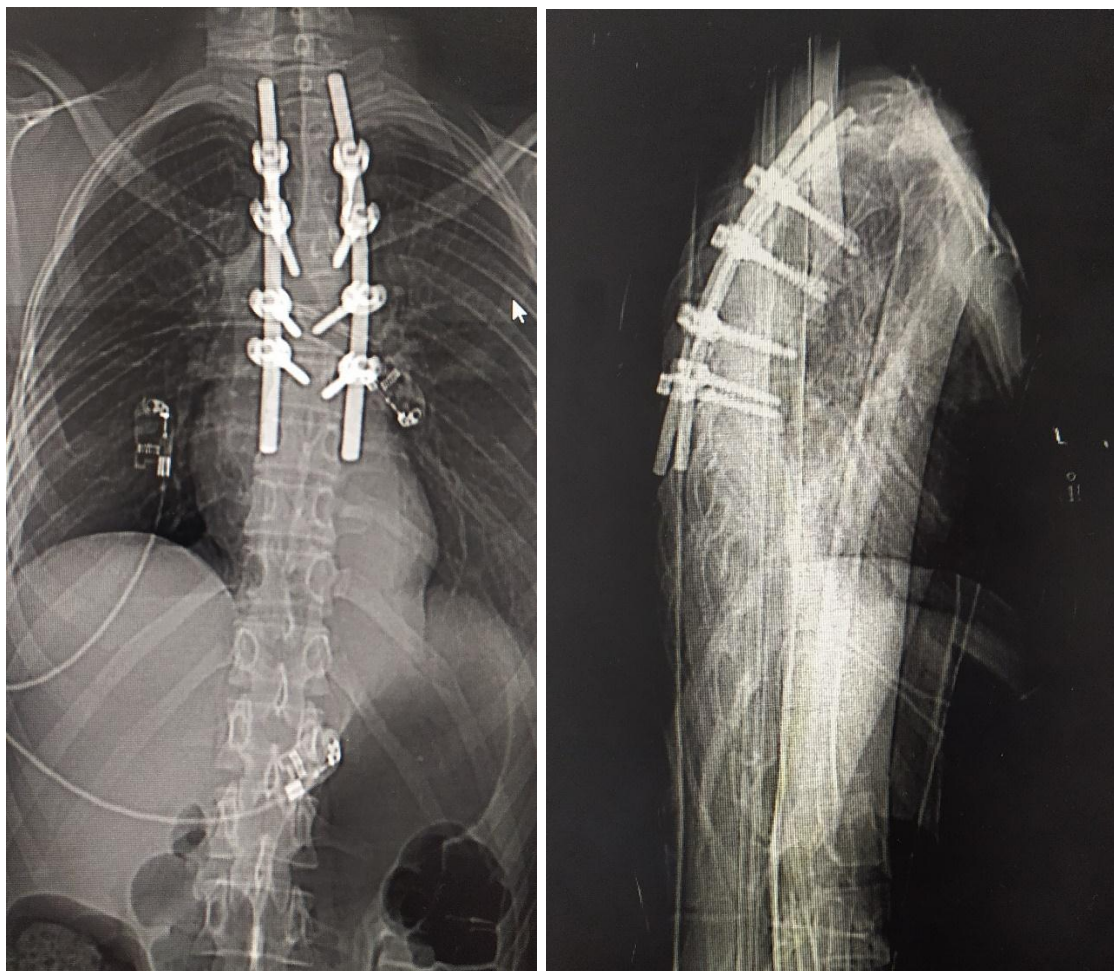


Figure 34 : radiographie du rachis de contrôle post-opératoire de face et de profil, après une PVCR de T7.

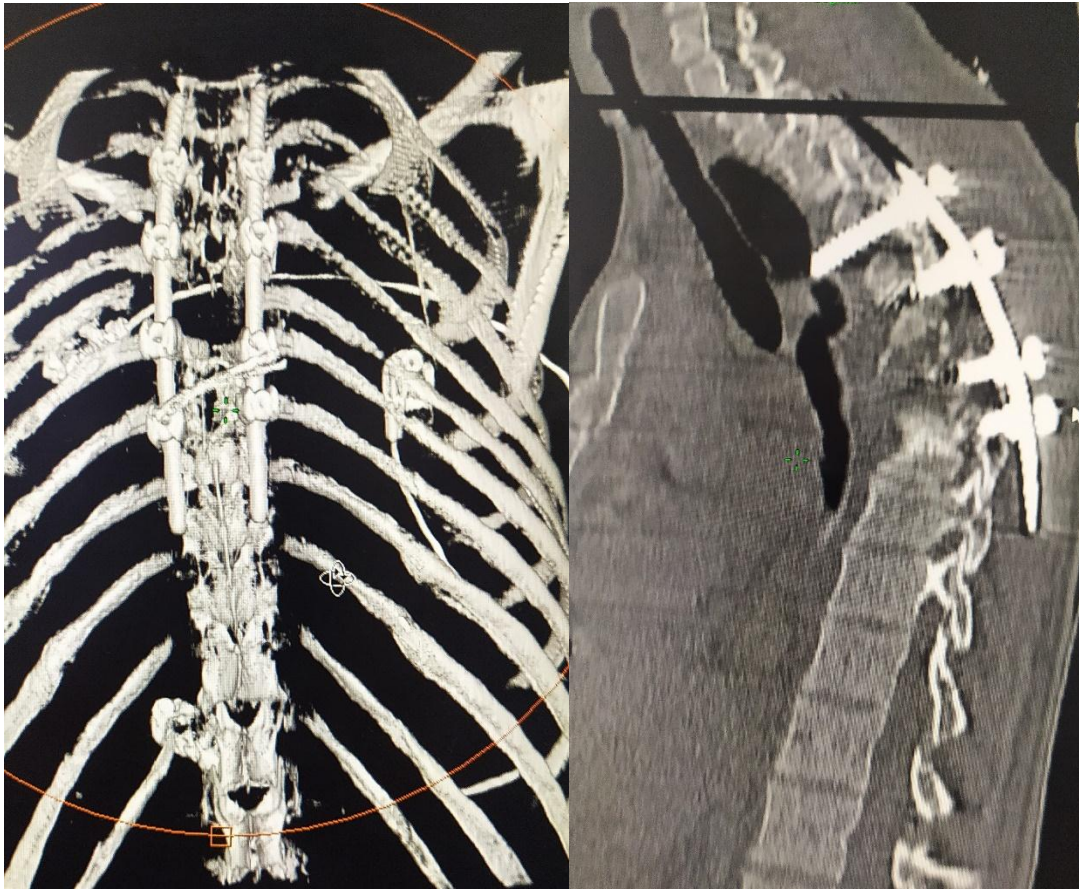


Figure 35 : TDM de Contrôle rachidienne en reconstruction sagittale (à droite) et en reconstruction 3D (gauche) après une PVCR de T7

IV – RESULTATS :

1 – Profil épidémiologique :

Tous les patients opérés dans notre étude sont des sujets jeunes de sexe masculin, dont la moyenne d'âge est de 22,5ans ; avec des extrêmes variant de 14 à 33ans.

Outre les facteurs usuels que sont l'âge, le sexe, nous avons pris en compte les facteurs de comorbidités évalués par L'intermédiaire du score ASA (de I à V) établi par l'American Society of Anesthésiologie. Deux patients dans notre série correspondent à un score ASA III.

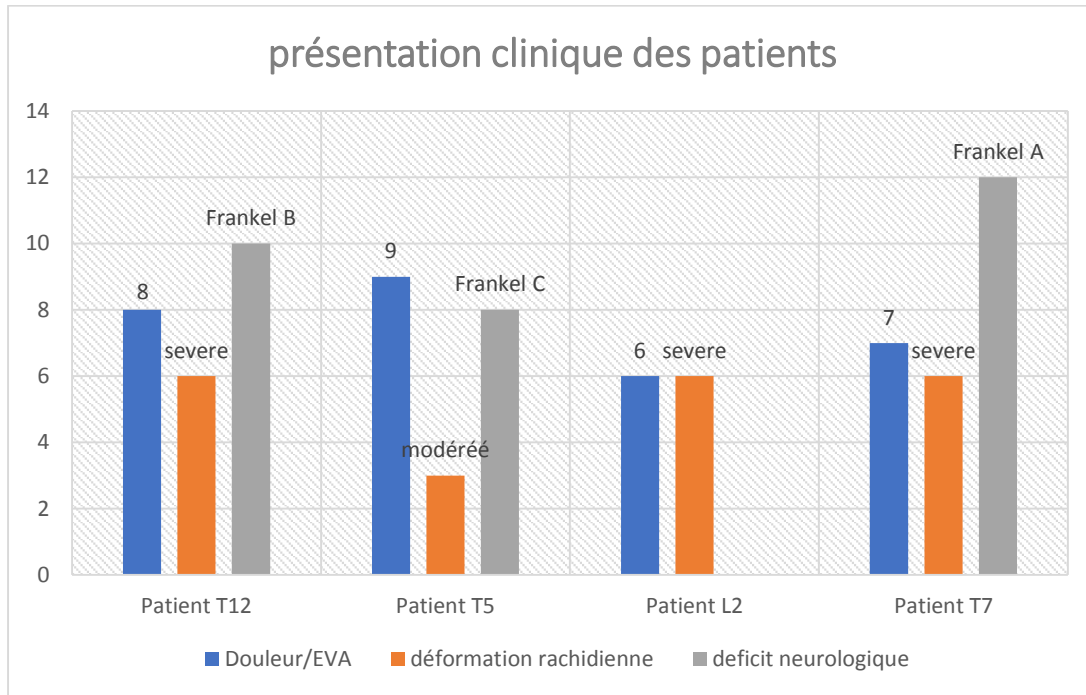
Deux de nos patients ont des antécédents de chirurgie rachidienne, avec notamment une fusion à l'étage de la future ostéotomie. On note le cas particulier d'un patient porteur d'hydatidose vertébro-médullaire, qui-lui a été repris 3 fois en l'espace de 4ans pour des récives locales.

Tableau I : répartition des malades en fonction de leurs âges et antécédents

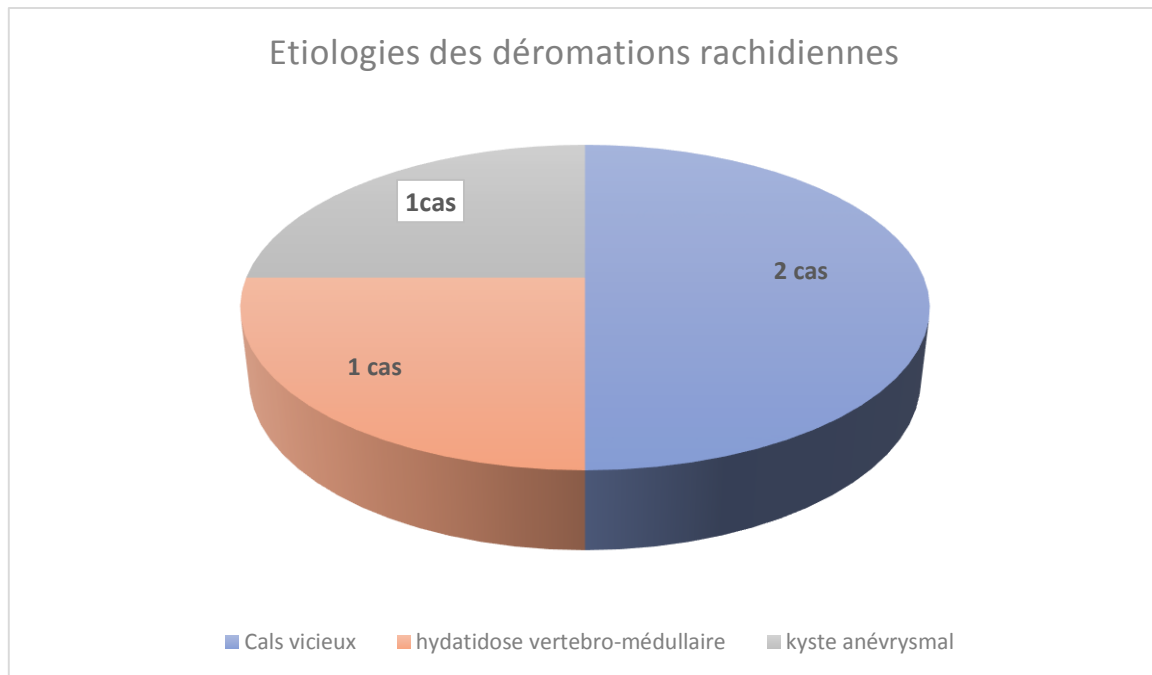
	Age/année	Score ASA	ATCD chirurgie rachidienne/fusion	ATCD abord intra-canalair
Patient T12	16	III	3	1
Patient T5	14	I	0	0
Patient L2	33	I	2	1
Patiente T7	47	III	0	0

2 – Données cliniques :

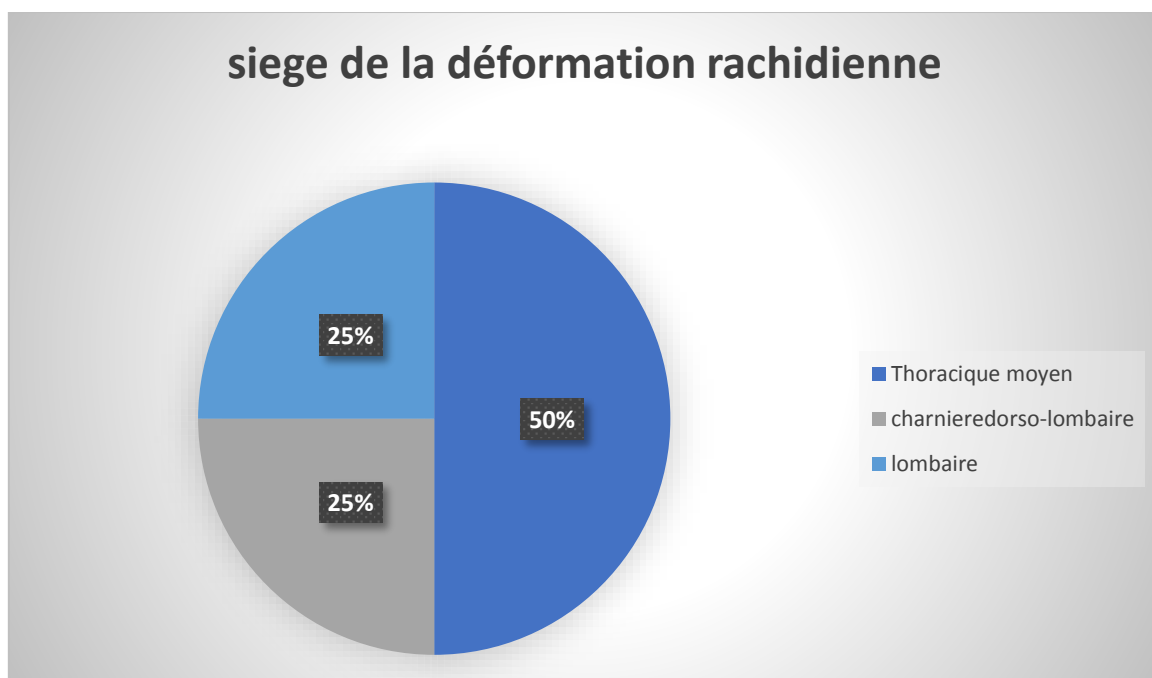
La douleur et la déformation rachidienne ont été retrouvée chez tous les patients traités dans cette étude. Trois de nos patients présentaient une atteinte neurologique préopératoire, allant d'une paraparésie grade C à une paraplégie complète Frankel A.



Les étiologies de la déformation rachidienne dans notre série, sont prédominées par les causes post-traumatiques (2cas). L'hydatidose vertebro-médullaire et le kyste anévrysmal vertébral ont été retrouvé dans un cas chacun.



Le siège de la déformation rachidienne se situe au niveau dorsal moyen (T4–T9) pour 2 cas, au niveau de la charnière dorso-lombaire : 1 cas, et lombaire 1 cas.



3 – Données radiologiques :

L'évaluation clinique du déséquilibre rachidien du patient est complétée par un bilan radiographique détaillé afin de planifier au mieux le type et la localisation de l'ostéotomie. Tous nos patients ont bénéficié d'un bilan d'imagerie fait de scanner rachidien, ainsi que des radiographies standards de la zone à opérer, des clichés entiers de face et de profil, réalisés les bras tendus à 30° d'antépulsion.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) médullaire a été indiqué dans 3 cas présentant une atteinte neurologique.

La déformation rachidienne est caractérisée par sa localisation et par l'importance du déséquilibre sagittal & coronal s'il existe.

Il est à noter que certains paramètres rachidiens, à savoir l'équilibre sagittal global (SVA) ne peuvent être analysés chez les patients grabataires. Les résultats des différents paramètres étudiés sont regroupés dans le tableau ci-dessous : [\(tableau :II\)](#)

Tableau II : Résultats des paramètres radiologiques préopératoires

	Cyphose locale (CL)	Cyphose régionale (CR)	Courbure scoliotique/ Angle de Cobb	Equilibre sagittal Global (SVA) C7 plumb line
Patient T12	+110°	+88°	56°	–
Patient T5	+45°	+30°	–	–
Patient L2	+40°	+40°	–	13 cm
Patient T7	+50°	+42°	–	–

4 – Paramètres relatifs à la chirurgie :

La chirurgie de correction rachidienne par ostéotomie est lourde en termes de perte sanguine et d'impact sur les fonctions vitales du patient. Tous nos patients ont bénéficié d'une consultation préanesthésique, ainsi qu'un bilan exhaustif afin de limiter les complications per- et postopératoires.

L'indication d'une ostéotomie par soustraction pédiculaire a été retenue pour un patient, porteur d'un cal vicieux post traumatique, tandis que la technique de résection colonne par voie postérieure a été préférée pour les Trois autres.

Le choix du niveau d'ostéotomie dépend de l'analyse préalable du déséquilibre rachidien. Il a été réalisé au niveau de l'apex de la déformation. Les niveaux fusionnés varient en fonction de la sévérité de la déformation, et ne sont pas moins de deux niveau sus et sous-jacents du siège de l'ostéotomie. (tableau : II)

La chirurgie est pratiquée sous contrôle radiologique par un amplificateur de brillance. Il n'y a pas eu de monitoring peropératoire par les potentiels évoqués, en raison d'un plateau technique insuffisant.

Nous rapportons un seul incident dans notre série. Il s'agit d'une brèche durale qui a été réparé au cours du geste, avec un bon control d'étanchéité.

La durée moyenne du geste était de 240 min avec des extrêmes de 180 et 350 min.

Les pertes sanguines peropératoire étaient en moyenne de 500ml avec des extrêmes entre 250 et 1000ml.

Tableau III : tableau récapitulatif des paramètres opératoires

	Niveau d'ostéotomie	Type D'ostéotomie	Niveaux fusionnés/nombre d'étages	Pertes sanguines/ml	Incidents peropératoire
Cas N°1	T12	PVCR	6	1000	Brèche dure-mérienne
Cas N°2	T5	PVCR	4	250	–
Cas N°3	L2	OSP	4	400	–
Cas N°4	T7	PVCR	4	350	–

5 – Evolution :

Les suites post opératoires ont été favorables chez 3 patients. Tandis qu'un patient a rapporté une aggravation de son déficit neurologique en post opératoire, passant de 3/5 à 2/5 aux membres inférieurs. Le patient a bénéficié d'un control radiologique qui s'est révélé satisfaisant. Il a été mis ensuite sous protocole de corticothérapie et kinésithérapie physique avec une bonne évolution neurologique.

La stabilité et la correction ont été obtenu chez tous nos patients. La correction de la cyphose locale (CL) est de 35° chez le patient traité par ostéotomie de soustraction pédiculaire, et de 56° en moyenne pour une résection de la colonne par voie postérieure. (Tableau III)

Les trois patients ayant un déficit neurologique ont été adressé à des centres de rééducation physique à leurs sorties de l'hôpital. L'évolution était marquée par une nette amélioration du statut neurologique chez d'entre eux, passant d'un grade B et C à un Fränkel D et E respectivement. tandis que le déficit demeure permanant chez la patiente Frankel A.

A un recul moyen de 9 mois (6 à 14 mois) la consolidation osseuse est acquise sans perte de correction chez les 4 patients.

L'indice clinique de satisfaction a été de 90 % en moyenne, avec une transformation de l'image corporelle chez deux de nos patients.

Tableau IV : résultats cliniques et radiologiques post-opératoires

SVA : équilibre sagittal global ; CL : cyphose locale, CR : Cyphose régionale

	CL préopératoire	CR préopératoire	Correction CL	Correction CR	SVA préopératoire	SVA Post opératoire	Statut neurologique Préopératoire	Statut neurologique Post- opératoire
Cas N°1	110°	88°	68°	60°	-	-	Frankel B	Frankel D
Cas N°2	45°	30°	44°	40°	-	-	Frankel C	Frankel E
Cas N°3	40°	40°	35°	35°	13cm	4cm	Indemne	Indemne
CasP N°4	50°	42°	31°	27°	15cm	-	Frankel A	Frankel A

6 – Complications :

On rapporte deux complications mineures dans notre série. Il s'agit d'une brèche durale chez un patient, et un déficit neurologique transitoire chez un autre. L'évolution clinique était favorable dans les deux cas.

Un seul patient a présenté une complication tardive, faite d'une thrombose veineuse profonde du membre inférieur survenue à 3 semaines du post-opératoire. Le patient a été mis sous héparine bas poids moléculaire, et relais par des antivitamine K.

Nous n'avons pas eu de complications mécaniques ou infectieuse dans notre série.

V – Discussion :

1 – Indications chirurgicales :

Les ostéotomies de la colonne vertébrale sont des techniques chirurgicales employées surtout pour adresser des déformations cyphotiques très rigides (24) (25). L'utilisation des ostéotomies est devenue de plus en plus fréquente, surtout grâce au développement de l'instrumentation spinale et, en particulier, à l'introduction de celle multi segmentaire avec vis pédiculaires (26) (27) Une grande variété de techniques existe et des variantes de chacune ont été développées au cours des dernières décennies.

Les indications opératoires sont généralement peu définies dans la littérature, il n'y a pas de paramètres standardisés en préopératoire. Les indications de choix restent la spondylarthrite ankylosante, le cal vicieux post-traumatique, le dos plat postopératoire (*flat back*) et la cyphose lombaire arthrogénique. Notre série comporte deux cas de cyphose post traumatique, un cas de cypho-scoliose sur récurrence d'hydatidose vertebro-médullaire, et un cas de cyphose sur kyste anévrysmal vertébral.

Depuis quelques années, l'indication des ostéotomies par soustraction pédiculaire OTP a été élargie aux cals vicieux traumatiques. Les ostéotomies transpédiculaires dans les cals vicieux traumatiques ont été largement étudiées dans la littérature. Plusieurs modifications et variantes techniques ont été proposées. Gertsbein (28) était le premier à préconiser le traitement des cyphoses post traumatique par voie postérieure. Dans son article il décrit une technique d'évidement corporel associé à une instrumentation en compression.

Lazennec et al (29) ont noté un résultat anatomique moins satisfaisant dans la région lombaire que dans la région thoracolombaire en utilisant une technique qui reprend les mêmes principes que celle décrite par Gertsbein (28). Wu SS décrit une

modification de la technique d'ostéotomie. Il propose une osteotomie conservant la moitié inférieure du pédicule. L'arc posterieur de la vertèbre ostéotomisée est donc respecté ce qui permet une meilleure surface de greffe. (30)

Enfin, la technique d'évidement corporéal associé à la résection latérale permet d'obtenir une correction supérieure (28,9°) par rapport à la technique par impaction du spongieux (25,1°) [Mazel *et al.* (12)].

L'évidement transpédiculaire associé à une résection du disque sus jacent a été décrite par Alejandro Reyes-Sanchez et al (31) dans le cas de fractures récentes. Cette technique permet une correction de la déformation en raccourcissant la colonne moyenne et postérieure en évitant de créer un vide antérieur. Elle permet en un seul temps opératoire postérieur de corriger la cyphose traumatique et d'obtenir une bonne stabilité primaire.

Dans notre étude, l'OSP a été choisi pour le traitement d'un cals vicieux cyphosant chez un patient. Cette technique permet d'agir sur les trois colonnes en épargnant les structures disco-ligamentaires antérieures, réduisant la morbidité (16,19,32).

L'ostéotomie de Smith-Petersen *et al.* (14) enlevant juste les éléments postérieurs, provoque une élévation de la colonne antérieure avec ouverture des ligaments avec un risque élevé de complications antérieures non négligeables par élongation des structures vasculaires et neurologiques.

Les ostéotomies multi-étagées dorsales de Zielke et Rodegerds (33) offrent une correction acceptable mais s'adressent aux patients ayant des disques intervertébraux sains, non calcifiés. Elles posent la question de la prise en charge de l'ouverture discale antérieure. Faut-il faire une greffe secondaire antérieure multi-étagée ? Dans notre série, où la plupart des patients sont multi-opérés avec le plus souvent un rachis fusionné, l'ostéotomies de Smith-Peterson n'a pas d'indication.

Suk et al dans (SPINE Volume 30, Number 23, pp E703–E710) (34) décrit une série de résections vertébrales par voie postérieure PVCR dans le traitement des déformations rachidiennes complexes, notamment celles associées à des tumeurs résécables du rachis, et les cypho-scolioses sévères. Le risque de complications opératoires reste néanmoins relativement élevé.

Lenke et al. Rapporte son expérience à propos de 43 cas de déformations complexes (adulte et pédiatrique) (35), Ayant bénéficié d'une PVCR. Le taux de correction obtenu est nettement supérieur à celui offert par les autres techniques d'ostéotomies, notamment dans le plan coronal.

On a réalisé la résection vertébrale par voie postérieure PVCR chez trois patients dans notre série. L'indication est justifiée par la présence d'une tumeur résécable cyphosante dans un cas, et une déformation cypho-scoliotique complexe chez les deux autres.

Bridwell *et al.* (3), en 2004, rapportent ses contre-indications qui sont les patients trop âgés avec des facteurs de comorbidités trop importants (troubles psychiatriques sévères, diabète, ostéoporose, pathologie cardio-pulmonaire), le risque de non-fusion étant trop élevé. Notre série inclus deux patients classés ASA III. La technique employée doit tenir compte du contexte général du sujet, et de ses tares associées, en ajoutant une greffe antérieure, un corset en postopératoire et une ostéosynthèse longue pontant la charnière dorsolombaire.

2 – Evolution :

L'ostéotomie par soustraction pédiculaire est devenue la technique de référence dans le traitement des déformations rachidiennes rigides post-traumatiques (36). Cela permet de corriger, dans le même temps opératoire, l'équilibre sagittal global et la déformation cyphosante locale tout en décomprimant les éléments neurologiques.

Les candidats idéaux pour l'ostéotomie de soustraction pédiculaire sont les patients ayant un déséquilibre sagittal important ($SVA > 12\text{cm}$), avec une cyphose angulaire, ainsi que les patients ayant subi des arthrodèses rachidiennes ultérieures, dont la fusion empêche la réalisation d'une ostéotomie de Smith–Peterson.

La réalisation de l'OSP au niveau de l'apex de la déformation permet d'avoir une correction optimale.

Notre série comporte un seul patient opéré par OSP, suite à un cals vicieux cyphosant. L'ostéotomie a été pratiquée au niveau de l'apex de la cyphose ; qui correspond à un niveau L2.

Le taux de correction décrit dans la littérature pour une OSP est de 30° à 40° par niveau d'ostéotomie réalisé. Cho et al rapportent leurs expériences à propos de 41 patients traités par OSP, la correction moyenne était 31.7° . L'équilibre sagittal global a été restitué d'une moyenne de 9cm, et une extrême de 19 cm. (37)

Kim et al décrivent une amélioration du déséquilibre sagittal global de $11.2 \pm 7.2\text{ cm}$ et de $0.48 \pm 1.4\text{ cm}$ dans le plan coronal sur une série de 41 patients. (38)

Lorsque la déformation cyphotique est trop importante, dépassant les 40° avec un déséquilibre coronal ($> 6 - 8\text{cm}$), il est préférable d'avoir recours à des techniques plus invasives, notamment les résections vertébrales postérieures PVCR. (34)

Le saignement peropératoire est estimé à environ 2litres en moyenne dans la plupart des séries. Cho et al ont comparé les pertes sanguines occasionnées par un seul niveau de OSP, par rapport à 3 niveaux d'ostéotomie de Smith–Peterson sur une série de 71 patients. Ils ont constaté qu'un seul niveau de OSP entraînerait deux fois plus de saignement que 3 niveaux d'ostéotomie de Smith–Peterson. (37)

Le taux de correction obtenue par OSP dans notre série était de 35° en, avec un gain de 12cm dans l'équilibre sagittal global, ce qui rejoint les résultats rapportés dans la littérature. La perte sanguine peropératoire n'a été que de 500 cc en moyenne,

ce qui est inférieur aux chiffres rapportés par toutes les séries (1450 à 3500 cc). Ce point a bénéficié de l'association de plusieurs facteurs : la préparation anesthésique, l'hypotension contrôlée, et le maintien d'une hémostase parfaite tout au long du geste.

La résection vertébrale postérieure (PVCR) est réservée pour les déformations complexe multi-planaire du rachis. C'est une chirurgie techniquement imposante, qui comporte un risque hémorragique et neurologique non négligeable. Bradford and Tribus étaient les uns des premiers à rapporter leur expérience concernant cette technique. Sur une série de 24 patients opérés pour des scolioses rigides, le déséquilibre sagittal et coronal a été corrigé en moyenne de 82% et 87% respectivement. Cependant la durée moyenne du geste était de 12 heures, avec une perte sanguine estimée à 5500 ml, et plus de 31 complications toutes catégories confondues. (39)

En 2005, Suk et al ont présenté une série de 16 patients (Age moyen : 29ans) ayant subi une résection vertébrale postérieure, avec un recul minimum de 24 mois. L'indication pour cette technique était les scolioses sévères de plus de 80° avec une flexibilité inférieure à 25%. La résection vertébrale était en moyenne de 1,3 vertèbre, dont 15 au niveau thoracique, et 6 au niveau lombaire. L'amplitude moyenne de la scoliose en préopératoire était de 109°, a été corrigé à 46° (un gain de 59°). L'auteur rapporte une réduction du temps chirurgical et du saignement peropératoire. Cependant, 4 complications majeures ont été déploré, dont une paraplégie complète permanente. L'usage du monitoring peropératoire a été limité aux potentiels évoqués somato-sensitifs. (34)

Lenke quant à lui, a publié une série mixte de 43 patients (adultes & enfants), opérés de PVCR, pour des déformations complexes incluant : les scolioses sévères, la cyphose angulaires et les cyphoscolioses. Le gain apporté par cette technique était de 69% pour les scolioses sévères, 63% pour les cyphoses angulaires, et 55% pour les cyphoscolioses. (35)

On a retenu l'indication d'une résection vertébrale postérieure chez trois patients. La correction moyenne dans le plan sagittal était de 56°, et 50° dans le plan coronal. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans la littérature, avec un saignement peropératoire contenu au-dessous de la barre de 1000 ml.

Le suivi à moyen terme montre une bonne consolidation osseuse sans échec de l'instrumentation. L'évolution clinique relevée est favorable du point de vue de la douleur et du déficit neurologique.

Tableau V : récapitulatif des résultats de notre série comparé aux données de la littérature.

Série	Nombre de cas	Age moyen	Type ostéotomie	Gain	Durée (min)	Saignement (cc)	Niveaux d'ostéosynthèse	Recul /mois	Perte correction	Complications
Bridwell 2003 (3)	33	53	33 OSP	31°	225	2400	Long	24	2,3°	2 brèches dures 5 déficits neurologiques, 1 compression queue de cheval, 6 pseudarthroses
Murrey 2002 (18)	59		59 eggshell	27		2300	Long	52	5,5°	2 infections 3 déformations matériel 1 œdème pulmonaire
Mazel 2005 (42)	22	52	22 OSP	25°	180	1680	Long avec fixation pelvienne	25	1	1 paraplégie 1 pseudarthrose
Chiffolot 2006 (43)	34	47	34 OSP	31°	260	1400	Long	48	-	2 cruralgies 2 sciatiques 8 pseudarthrose
Sharkaoui 2011 (44)	80	41	43OSP 37 VCR	22° 29°	149 210	1107 1070	Long	24	-	4 pseudarthroses 2 déficit
Bourghili 2015 (45)	10	37	10 OSP	45°	210	1390	-	12	-	
Lenke 2014 (35)	43	28	43 PVCR	63°	480	3100	Long prise sacrée & pelvienne	48	-	5,6% déficit neurologique 4% infection site
Notre série	4	22,5	1 OSP 3 PVCR	35° 56°	500	240	Long	9	- -	1 brèche dure 1 déficit transitoire

3 – Complications :

Les différentes techniques d'ostéotomies permettent une correction efficace des déformations de la colonne vertébrale. Leur utilisation est cependant liée à une augmentation du nombre de complications en postopératoire par rapport aux cas chirurgicaux qui ne subissent pas d'ostéotomies (36). De plus, la fréquence et la nature de ces complications varient selon le type d'ostéotomie.

Les complications rencontrées sont classées en générales, infectieuses, neurologiques et mécaniques.

Les complications générales :

Les complications hémorragiques et thrombo-emboliques sont un problème majeur de cette procédure chirurgicale. Ils mettent en péril le pronostic vital du patient. Pour tenter de palier au risque hémorragique peropératoire, un travail a comparé l'efficacité de l'administration d'antifibrinolytique intra opératoire dans la

diminution de la perte sanguine. L'administration d'aprotinine a montré une diminution significative des pertes sanguines avec moins de transfusion de culots érythrocytaires en postopératoire par rapport à un groupe contrôle et par rapport à un groupe ayant reçu de l'acide tranexamique. (40) Cette procédure médicale serait peut-être une thérapeutique à adopter de manière régulière selon les résultats de la littérature à venir, tout en gardant un œil sur le risque thromboembolique potentiel.

Lazennec et al ont démontré dans une étude multicentrique à propos de 402 cas, que plus le score ASA est élevé, plus l'incidence de complications générales sévère est importante. De même, la survenue d'une complication sévère était significativement liée à l'étiologie de la déformation : les patients opérés pour scoliose ou cyphose sévère avaient plus de complications sévères. (13)

On a recensé une seule complication thrombo-embolique chez un patient, classé ASA III, survenue à 3 semaines du post-opératoire.

Les complications infectieuses :

Dans sa série, Lazennec rapporte 22 complications infectieuses chez 22 patients (5,5% de la cohorte) parmi lesquelles 16 sont survenues de façon précoce (avant 3 mois) et 6 de façon tardive. Les facteurs qui ont été incriminés sont les comorbidités (score ASA) et la durée totale du geste (13). Nous ne rapportons pas de complications infectieuses dans notre série, grâce éventuellement à l'emploi d'une antibiothérapie prophylactique jusqu'à H48, et la réduction du temps opératoire (240min en moyenne).

Les complications neurologiques :

Lazennec et al ont recensés 89 complications neurologiques chez 78 patients, se répartissant de la façon suivante : 50 brèches méningées et 39 déficit neurologiques. 11 patients ont présenté les deux types de complications. Le seul facteur associé à la survenue d'un trouble neurologique secondaire était la notion

d'antécédent chirurgical. Plus le nombre d'interventions préalables était important, plus le risque de survenue d'un trouble neurologique secondaire était important. (13)

En 2014, Lenke et al publient leur série à propos de 43 patients, opérés d'une PVCR. Ils rapportent 5,6% de déficit neurologique post-opératoire. La cyphose angulaire constitue le facteur de risque majeur dans cette série. (35)

On déplore une seule brèche durale, de découverte peropératoire dans notre série, suturée sans conséquence. Un autre cas a présenté une aggravation du déficit neurologique en post-opératoire, spontanément régressif. Les complications neurologiques peuvent être prévenu par l'emploi de monitoring peropératoire des potentiels évoqués sensitifs et moteurs.

Les complications mécaniques :

Les complications mécaniques des ostéotomies sont nombreuses, on cite la pseudarthrose, la cyphose évolutive, la rupture de matériel d'ostéosynthèse.

Trois facteurs sont significativement associés aux complications mécaniques : le type d'ostéotomie, l'étiologie de la déformation et les patients ayant un grand déséquilibre coronal. (13)

En général, le taux de complications postopératoires est plus élevé pour l'ostéotomie de soustraction pédiculaire (39.1%) par rapport à celles de Ponte ou de Smith-Petersen (28.1%) (Smith et al., 2011). (36) Parmi toutes les complications possibles d'une ostéotomie de soustraction pédiculaire, le taux de rupture des tiges publié dans la littérature peut atteindre 28.6% (Berjano et al., 2013). (41)

Nous ne rapportons pas de complications mécaniques dans notre série, à un recul moyen de 9 mois.

4 – Ostéotomie Versus abord antérieur dans le traitement des déformations rigides post-traumatique :

Les différentes techniques proposées dans le traitement des déformations rigides présentent chacune ses avantages et ses limites.

La chirurgie par voie antérieure unique est souvent insuffisante pour corriger et fixer une déformation déjà solide. Elle est aussi insuffisante en cas d'échec d'une chirurgie préalable par voie postérieure. Dans certain cas de fracture vertébrale unique datant de moins d'un an, une chirurgie unique par voie antérieure peut être proposée. (Teoman Benli et al SPINE Volume 32, Number 9, pp 986–994).⁽⁴²⁾

La chirurgie de correction par voie postérieure, pour traiter un cal vicieux en cyphose, doit être accompagnée d'un geste corporéal. Ce geste est indispensable pour permettre la réduction et pour avoir un bon comblement de la perte de substance au niveau de la colonne antérieure. Le geste corporéal peut se faire, soit par voie antérieure (corporectomie et greffe), soit par voie postérieure (ostéotomie). Dans le premier cas deux ou trois temps chirurgicaux sont nécessaires. L'intervention débute par un temps postérieur avec libération et pose des implants, suivi d'un temps antérieur de corporectomie et de correction et enfin un dernier temps postérieur de fixation compression. Les deux derniers temps peuvent être faits simultanément (double temps simultanée). Cette chirurgie comporte donc plusieurs temps opératoires associé souvent à une prise de greffe soit costale en cas de thoracotomie soit le plus souvent iliaque. ⁽³⁹⁾

Depuis quelques années, l'indication des OSP a été élargie aux cals vicieux traumatiques. Cette technique permet en un seul temps opératoire postérieur, la correction de la cyphose traumatique et d'obtenir une bonne stabilité primaire. La capacité de correction peut atteindre 30° sur un seul niveau. Il s'agit d'une ostéotomie raccourcissante ⁽¹³⁾ ce qui diminue sa morbidité neurologique par opposition aux ostéotomies d'allongement antérieur.

VI – Conclusion :

Les troubles de l'équilibre rachidien sont de plus en plus fréquents en pathologie rachidienne et ce en rapport notamment avec une étiologie iatrogène croissante.

La prise en charge des déformations rachidiennes continue de poser des problèmes notamment en ce qui concerne les indications chirurgicales mais également la technique à utiliser. L'indication chirurgicale est posée au cas par cas en fonction de la gêne. Il s'agit donc bel et bien d'une chirurgie fonctionnelle.

Il existe différentes techniques sans qu'aucune n'ait fait preuve de sa supériorité par rapport aux autres aussi bien en termes de correction qu'en terme de complications. Quelle que soit la technique utilisée, il s'agit d'une chirurgie spécialisée nécessitant une grande maîtrise et un plateau technique adapté. Un bilan radiologique est nécessaire afin de préciser les troubles de l'équilibre, de fixer les objectifs de la chirurgie et de pouvoir planifier la correction en définissant le niveau à opérer.

Cette étude descriptive avait pour objectif de rapporter notre expérience dans le traitement du déséquilibre rachidien par ostéotomie, et de comparer nos résultats avec les données de la littérature.

Comme le rapporte notre série, de nombreuses complications parfois majeures sont rencontrées, notamment neurologiques. Malgré ces complications fréquentes, le taux de satisfaction est de l'ordre de 90%, avec une transformation de l'image corporelle chez la plupart des patients.

Ces différentes constatations rendent donc la chirurgie de correction légitime des lors que les patients sont bien informés des risques et bénéfices de cette chirurgie.

VII – Bibliographie :

- [1] Guigui P, Levassor N, Rillardon L, Wodecki P, Cardinne L. Valeur physiologique des paramètres pelviens et rachidiens de l'équilibre sagittal du rachis. Rev Chir Orthop 2003;89: 496–506.
- [2] Duval–Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis. Ann Biomed Eng 1992;20:451–62.
- [3] Bridwell KH, Lewis SJ, Edwards C, Lenke LG, Iffrig TM, Berra A, et al. Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance. Spine 2003;28: 2093–101.
- [4] Kumar S, Sengupta D, Grevitt M, Webb J. Corrective osteotomy in ankylosing spondylitis: outcome and complications. J Bone Joint Surg[Br] 1998;80(Suppl. 3):276.
- [5] Charosky S, Guigui P, Blamoutier A, Roussouly P, Chopin D, Study Group on Scoliosis. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients. Spine 2012;37:693–700.
- [6] Booth KC, Bridwell KH, Lenke LG, Baldus CR, Blanke KM. Complications and predictive factors for the successful treatment of flatback deformity (fixed sagittal imbalance). Spine 1999;24:1712–20.
- [7] Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, Kuhns CA, Lehman Jr RA, Kim YJ, et al. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy: a 10–year assessment. Spine 2007;32:
- [8] During J, Goudfrooij W, Beeker TH, Crowe A. Towards standard of posture. Postural characteristics of the lower back system in normal and pathological conditions. Spine. 1985; 10:83–7.

- [9] Duval–Beaupère G, Schmidt C, Cosson PN. A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis. *The annals of biomedical Engineering*. 1992; 20:451–62
- [10] Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane : approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine*. 1982 Jul–Aug;7(4):335–42
- [11] Legaye J, Hecquet J, Marty C, Duval–Beaupère G. Sagittal equilibration of the spine. Relationship between pelvis and sagittal spinal curves in the standing position. *Rachis*. 1993, vol 5, n°5:215–226.73
- [12] Legaye J, Duval–Beaupere G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three–dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*. 1998;7(2):99–103.
- [13] Lazennec JY, Neves N, Rousseau MA, Boyer P, Pascal–Mousselard H, Saillant G. Wedge osteotomy for treating post–traumatic kyphosis at thoracolumbar
Technique smith–peterson :
- [14] Smith–Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg [Am]* 1945;27:1–11.
- [15] Hehne HJ, Zielke K, Bohm H. Polysegmental lumbar osteotomies and transpedicled fixation for correction of long–curved kyphotic deformities in ankylosing spondylitis: report of 177 cases. *Clin Orthop* 1990;258:49–55.
- [16] Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis. *Clin Orthop* 1985;194:142–52.
- [17] Heinig CG. Eggshell procedure. In: Luque ER, editor. *Segmental spinal instrumentation*. Thorofare NJ: Slack; 1984, p. 221–34.

- [18] *Murrey D, Brigham C, Kiebzak G, Finger F, Chewning S. Transpedicular decompression and pedicle subtraction osteotomy (eggshell procedure): a retrospective review of 59 patients. Spine 2002;27:2338-45.*
- [19] *Thiranont N, Netrawichien P. Transpedicular decancellation closed wedge vertebral osteotomy for treatment of fixed flexion deformity of spine in ankylosing spondylitis. Spine 1993;18:2517-22.*
- [20] *Lehmer SM, Keppler L, Biscup RS, Enker P, Miller SD, Steffee AD. Posterior transvertebral osteotomy for adult thoracolumbar kyphosis. Spine 1994;19:2060-7.*
- [21] : *Kamil Cagri Kose1 Omer Bozduman Ali Erkan Yenigul, Servet Igrek. Spinal osteotomies: indications, limits and pitfalls :*
- [22] . *H amzaoglu A, Alanay A, Ozturk C, et al. Posterior vertebral column resection in severe spinal deformities: a total of 102 cases. Spine (Phila Pa 1976) 2011;36:E340-E344.*
- [23] *Schwab F, Blondel B, Chay E, et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. Neurosurgery, 2014. 74(1): p. 112-20;discussion 120.*
- [24] *Enercan M, Ozturk C, Kahraman S, et al. Osteotomies. spinal column resections in adult deformity. Eur Spine J 2013*
- [25] *Gill et al. Corrective Osteotomies in Spine Surgery, 2008*
- [26] *Bakaloudis G, Lolli F, Di Silvestre M, et al. Thoracic pedicle subtraction osteotomy in the treatment of severe pediatric deformities. Eur Spine J, 2011. 20 Suppl 1: p. S95-104.*
- [27] *Dorward G, Lenke G. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review 2010*
- [28] *Gertsbein dans Spine. 1992 Mar;17(3):374-9*
- [29] *Lazennec et al (J Spinal Disord Tech 2006;19:487-494)*

- [30] Wu SS ; Spinal transpedicle drill Spine. 1996 Oc 1;21(19):2260–6
- [31] Alejandro Reyes–Sanchez et al (Eur Spine J (2002) 11 :8–12)
- [32] Jaffray D ; Closing wedge osteotomy with transpedicular fixation in ankylosing spondylitis. 1992
- [33] ZIELKE K, RODEGERDS U : Operative Behandlung der fixierten Kyphose bei spondylitis Ankylosans. Indikation, Komplikationen und Ergebnisse. Vorlaufiger bericht uber 78 falle. *Z Orthop*, 1985, 123, 679–682.
- [34] Suk SI, Chung ER, Kim JH, et al. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:1682–1687.
- [35] Lenke LG, Sides BA, Koester LA, Hensley M, Blanke KM. Vertebral column resection for the treatment of severe spinal deformity. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:687–699.
- [36] C. Mazel, L. Ajavon, cals vicieux throcolombaires post–traumatique
- [37] Cho KJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Comparison of Smith–Petersen versus pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005. 30(18): p. 2030–7; discussion 2038.
- [38] Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Cheh G, Baldus C. Results of lumbar pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance: a minimum 5–year follow–up study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007;32:2189–2197.
- [39] BRADFORD D, CLIFFORD B : Vertebral column resection for the treatment of rigid coronal decompensation. *Spine*, 1997, 22, 1590–1599.
- [40] . Baldus CR, Bridwell KH, Lenke LG, Okubadejo GO. Can we safely reduce blood loss during lumbar pedicle subtraction osteotomy procedures using tranexamic acid or aprotinin? A comparative study with controls. *Spine*. 2010 Jan 15;35(2):235–9.

- [41] Berjano P, Langella F, Ismael M-F, Damilano M, Scopetta S, Lamartina C. Successful correction of sagittal imbalance can be calculated on the basis of pelvic incidence and age. Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc. 2014 Oct;23 Suppl 6:587-96.
- [42] Teoman Benli et al SPINE Volume 32, Number 9, pp 986-994
2 JM Vital et al : Ostéotomie transpédiculaire modifiée dans le Traitement des cals vicieux traumatiques du rachis thoracique et lombaire. 2003, 28, 2093-2101.
- [43] Chiffolot , J.-P. Lemaire , I. Bogorin *, J.-P. Steib Ostéotomie de soustraction pédiculaire dans le traitement des déséquilibres antérieurs du rachis À propos de 34 cas ; 2006
- [44] El Sharkawi et al, comparison between pedicle subtraction osteotomy and antero corpectomy and plating for correcting of post traumatic kyphosis : a multicenter study 2011
- [45] Bourghli et al, Modified opening-closing wedge osteotomy for the treatment of sagittal malalignment in thoracolumbar fracture malunion, Spine 2015