



REVUE DES DISPOSITIFS MEDICAUX UTILISES DANS LA PRISE EN CHARGE CHIRURGICALE DES SCOLIOSES IDIOPATHIQUES INFANTILES.

REVIEW OF MEDICAL DEVICES USED IN THE SURGICAL MANAGEMENT OF INFANTILE IDIOPATHIC SCOLIOSIS.

DUFOSSE Margaux¹, DEROUSSEN François², GOURON Richard², PETIT Abir¹

¹ Pharmacie à Usage Intérieur, CHU Amiens-Picardie, 1 rond-point du Professeur Christian Cabrol 80054 Amiens Cedex

² Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Amiens-Picardie, 1 rond-point du Professeur Christian Cabrol 80054 Amiens Cedex

Auteur correspondant : Margaux DUFOSSE, Pharmacien Assistant Hospitalo-Universitaire, CHU Amiens-Picardie, Pharmacie à Usage Intérieur, 1 rond-point du Professeur Christian Cabrol 80054 Amiens Cedex, dufosse.margaux@chu-amiens.fr

RESUMÉ

Les scolioses sont des déformations tridimensionnelles de la colonne vertébrale. La chirurgie est indiquée pour des courbures supérieures à 40° lorsque les enfants sont encore en croissance et supérieures à 45° une fois la maturité squelettique atteinte, lors d'échecs de traitement orthopédique (corsets), ou pour les scolioses évolutives.

Cet article présente dans une première partie le diagnostic, le pronostic et le traitement non chirurgical des scolioses. La seconde partie est dédiée au traitement chirurgical avec une revue

des dispositifs médicaux utilisés lors de chirurgies de fusion, à la fin de la croissance des patients, et lors de chirurgies sans fusion, possibles lorsque le potentiel de croissance de l'enfant le permet.

Mots-clés : Scolioses, chirurgie pédiatrique, dispositifs médicaux

ABSTRACT

Scoliosis is a three-dimensional deformity of the spine. Surgery is appropriate for curvatures greater than 40° when children are still growing or greater than 45° when the patient reaches skeletal maturity. Learned societies also recommend surgery when orthopaedic treatment (corsets) fails, or for progressive scoliosis.

The first part of this article briefly presents the diagnosis, prognosis and non-surgical treatment of scoliosis. The second part details the medical devices used during fusion surgery, at the end of the patient's growth, and the third part discusses the implants used during non-fusion surgery, which is possible when the child's growth potential allows it.

Keywords: Scoliosis, paediatric surgery, medical devices

I. INTRODUCTION :

1. DEFINITION :

Les scolioses sont des déformations tridimensionnelles de la colonne vertébrale, formant un angle supérieur à 10° sur une vue de face du rachis [1]. 20% d'entre elles sont d'origine neuromusculaire, syndromique (syndrome d'Ehlers-Danlos, maladie de Marfan, neurofibromatose...) ou congénitale. Cependant, la majorité (80%) sont dites « idiopathiques », c'est-à-dire que leur étiologie est encore inconnue. C'est cette catégorie qui nous intéresse puisqu'elle regroupe les principales indications à la prise en charge chirurgicale.

2. DIAGNOSTIC ET PRONOSTIC :

Le diagnostic regroupe des critères cliniques et d'imagerie. Lors de l'examen clinique, des données générales telles que le poids, la taille en position debout et la taille en position assise sont récoltées. Chez l'enfant, les courbes de croissance sont analysées et l'apparition des caractères sexuels secondaires sont recherchés afin d'évaluer le stade de maturation osseuse du rachis. L'examen clinique spécifique consiste en la recherche et la mesure d'une gibbosité, c'est-à-dire une surélévation du gril costal par rapport à la ligne médiane dans le plan transversal. L'examen est réalisé sur le patient debout et penché en avant.

L'imagerie permet de confirmer le diagnostic de scoliose. Deux clichés du patient debout, un de face et un de profil, vont permettre de mesurer l'angle de la courbure et de déterminer le sens de rotation des vertèbres. D'autre part, ils permettent la mesure de « l'angle de Cobb », qui va caractériser la sévérité de la scoliose. Les droites tangentes aux plateaux vertébraux à la limite supérieure et à la limite inférieure de la scoliose sont tracées et l'angle formé par l'intersection de ces deux droites (Figure 1) est mesuré. Pour confirmer le diagnostic de scoliose, cet angle doit être au moins supérieur à 10° .

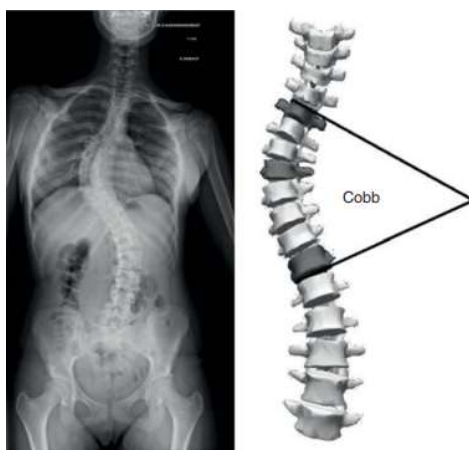


Figure 1: Mesure de l'angle de Cobb sur une radiographie de face du rachis [2].

La radiographie de face permet également le calcul du « score de Risser ». Ce score évalue la maturité squelettique, qui va conditionner la prise en charge. Il est déterminé à partir de l'opacité de la crête iliaque sur une radiographie de face du bassin. L'échelle s'étend de 0 (pas d'ossification du cartilage) à 5 (ossification complète) (Figure 2). Un score entre 0 et 1 traduit un potentiel de croissance encore important tandis qu'un score entre 4 et 5 montre que la croissance est quasiment terminée.



- ➔ Risser 0 : absence de cartilage ⇒ immaturité.
- ➔ Risser I : cartilage apparu au 1/3 externe.
- ➔ Risser II : cartilage apparu au 2/3 externes.
- ➔ Risser III : cartilage apparu sur toute la crête iliaque.
- ➔ Risser IV : cartilage accolé à la partie interne de la crête iliaque.
- ➔ Risser V (fusion) : cartilage complètement accolé à la crête iliaque ⇒ maturité = adulte.

Figure 2 :Détermination du score de Risser [3].

L'évolutivité de la scoliose est détectée lors du suivi clinique et radiologique des patients, sur minimum deux consultations comparatives espacées de 4 à 6 mois. L'âge au diagnostic, la topographie de la scoliose, son angulation sont recueillis. La scoliose est dite évolutive si une augmentation d'au moins 5° de l'angle de la déformation est observée sur 2 radiographies lors des consultations comparatives. Une courbure supérieure à 30° sur un cliché unique fait

considérer d'emblée la scoliose comme évolutive. Le stade de maturation osseuse et sexuelle du patient est également un facteur déterminant pour le potentiel d'évolution.

Parmi les principales complications des scoliozes, on compte la diminution de l'estime de soi et de la qualité de vie des enfants et adolescents [4], et des douleurs rachidiennes, aiguës comme chroniques [5]. Dans les cas les plus graves, on observe des insuffisances respiratoires restrictives, qui peuvent engendrer une hypertension artérielle pulmonaire voire une insuffisance cardiaque droite [6]. Ces complications sévères sont à l'origine de la surmortalité observée chez les patients scoliotiques [7].

3. PRISE EN CHARGE NON CHIRURGICALE :

Au début de la prise en charge, il convient de mettre en place les mesures hygiéno-diététiques adaptées (alimentation équilibrée, activité physique régulière et adaptée).

Les corsets, plâtrés ou en plastique, sont proposés pour les scoliozes infantiles évolutives à partir de 20°. Ils visent surtout à stopper l'évolution de la scoliose, et à retarder la prise en charge chirurgicale et ses éventuelles complications. Pour autant, les corsets peuvent induire une baisse de l'estime de soi. La compression et le port quasi-permanent entraînent des paresthésies, des escarres, des mycoses, voire des troubles respiratoires ou digestifs [8].

4. TRAITEMENT CHIRURGICAL :

La prise en charge chirurgicale est pertinente pour des courbures supérieures à 40° lorsque les enfants sont encore en croissance et supérieures à 45° une fois la maturité squelettique atteinte. La HAS la recommande donc pour les courbures les plus sévères, les échecs de traitements orthopédiques ou les scoliozes évolutives [9]. D'autres critères tels que le retentissement sur la fonction respiratoire et plus généralement sur la qualité de vie des enfants entre en jeu lors de la prise de décision.

Deux grandes familles d'interventions existent :

- La correction avec fusion des vertèbres, qui stoppe la croissance du rachis. Elle est donc réservée aux grands adolescents ou adultes, ayant achevé leur croissance.
- Les techniques de correction sans fusion, qui respectent la croissance et le développement du tronc. Elles sont indiquées chez les enfants.

II. CHIRURGIE DEFINITIVE AVEC FUSION :

La chirurgie de fusion du rachis, ou arthrodèse, est définitive. La croissance est stoppée, et la mobilité articulaire est perdue. Cette technique n'est pratiquée qu'à la fin de la croissance de l'enfant, lorsque la maturité squelettique est atteinte, après échec d'une prise en charge par corset ou d'une chirurgie sans fusion ou en cas de scoliose trop sévère avec retentissement clinique important [10].

1. TECHNIQUE CHIRURGICALE :

L'abord chirurgical est généralement postérieur pour minimiser les incisions. Deux techniques sont possibles :

- Premier montage : Pour une scoliose sur quatre niveaux vertébraux par exemple, huit vis pédiculaires mono ou polyaxiales sont insérées de part et d'autre sur les pédicules vertébraux (Figure 3), ou huit crochets si un abord sous-laminaire est souhaité (Figure 4). Deux tiges sont glissées dans les têtes de vis ou dans l'orifice des crochets, et sont maintenues en place par des verrous. Elles sont fixées l'une à l'autre par des connecteurs pour appliquer une force de traction qui corrige la scoliose. Le nombre varie en fonction des besoins de correction, dans cet exemple, on peut avoir un à quatre connecteurs sur le montage.

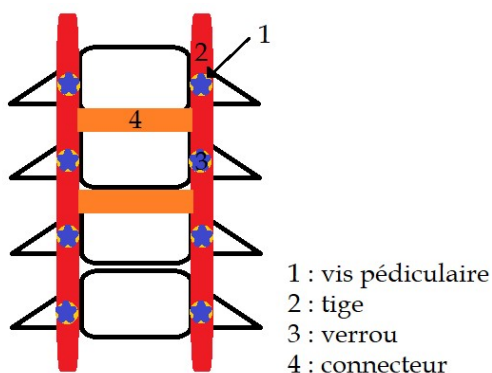


Figure 3 : Schéma du montage d'arthrodèse avec vis et connecteurs.

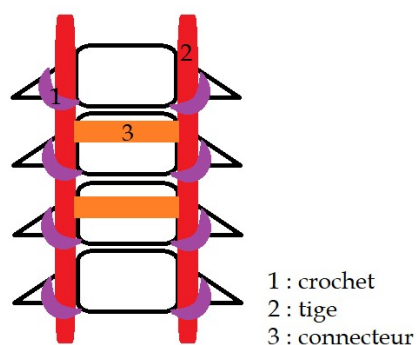


Figure 4 : Schéma du montage d'arthrodèse avec crochets et connecteurs.

- Second montage (Figure 5) : Pour quatre niveaux à instrumenter, six tresses en polyéthylène-téréphtalate (PET) sont glissées sous les lames vertébrales. Elles sont maintenues à deux tiges pour appliquer la force de traction nécessaire à la correction

de la scoliose. La fixation des tiges au rachis est renforcée par deux vis pédiculaires dites de verrouillage de part et d'autre de la vertèbre la plus basse.

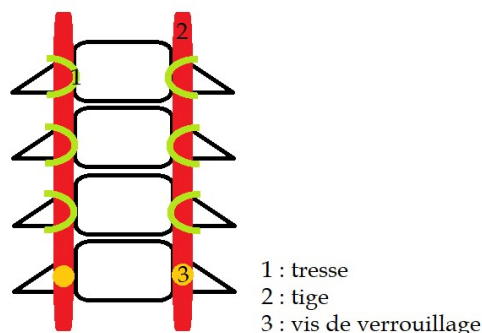


Figure 5 : Schéma du montage d'arthrodèse avec tresses.

Ces deux techniques peuvent être combinées pour les scolioses thoraco-lombaires notamment, avec l'utilisation de tresses sur les niveaux thoraciques et de connecteurs au niveau lombaire.

Quelle que soit la méthode choisie, la fusion du rachis peut être obtenue en utilisant les fragments d'ostéotomie des vertèbres instrumentées (greffon), et si nécessaire du substitut osseux d'origine biologique viro-inactivé provenant de dons humains ou synthétique à base d'hydroxyapatite, placés directement sur les vertèbres.

2. CRITERES DE CHOIX DES IMPLANTS :

Actuellement, six principaux fabricants et distributeurs commercialisent ces implants :

- Implanet avec la gamme Jazz™
- Stryker avec la gamme Nile™ et Xia™
- Zimmer Biomet avec la gamme Universal Clamp™
- Cousin Spine avec le système de fixation souple Naja™, à associer avec des tiges déjà en place
- Spinevision avec les gammes Plus™, Ulis™ et Lumis™
- Johnson&Johnson avec la gamme Expedium 5.5™

En fonction de la morphologie du patient, et pour les gammes incomplètes telles que Xia™ (pas de tresse), Universal clap™ (pas de tige, pas de crochet, pas de vis pédiculaire), Naja™ (pas de crochet, pas de vis pédiculaire), Plus™ (pas de tresse), Lumis™ (pas de tresse, pas de connecteur), Ulis™ (pas de tresse, pas de connecteur) ou Expedium™ (pas de tresse) les

chirurgiens peuvent être amenés à combiner les gammes entre elles, ce qui n'est pas explicitement recommandé par les fabricants.

A. Tiges :

Généralement deux tiges sont utilisées, de part et d'autre de la colonne vertébrale qui viennent agir comme un tuteur pour la redresser. Elles peuvent être droites ou pré-cintrées voire sur-mesure pour s'adapter au mieux à l'anatomie du patient. Concernant le choix des matériaux, le titane pur est plus résistant. Les alliages de titane ou de chrome-cobalt sont plus légers et résistent mieux à la traction et à la corrosion. La longueur et le diamètre des tiges doivent être choisis par le chirurgien selon la morphologie du patient.

B. Vis pédiculaires :

Plusieurs possibilités techniques permettent l'ostéo-intégration des vis, afin d'éviter l'arrachement. Elles peuvent être couvertes d'hydroxyapatite, mais le corps de la vis en lui-même n'est pas intégré dans l'os. Une autre possibilité est d'utiliser du titane imprimé en trois dimensions, avec des rugosités pour favoriser par leur conformation la croissance des ostéoblastes et intégrer plus solidement la vis dans le tissu osseux. D'autre part, le choix entre vis mono ou polyaxiale se base sur les besoins : les vis polyaxiales, avec leur tête mobile, s'adaptent mieux à la morphologie du patient. Tandis que les vis monoaxiales, à tête fixe, bougent moins une fois vissées dans l'os. Contrairement aux vis polyaxiales, les monoaxiales présentent moins de risque de dé-rotation progressive à distance. Les vis peuvent aussi être canulées pour pouvoir être posées à l'aide d'un robot chirurgical, notamment pour les scolioses les plus complexes.

C. Tresses :

Les tresses ou bandes permettent un ancrage anatomique autour de l'os. Elles doivent être suffisamment solides pour corriger la déformation du rachis sans se déchirer prématurément. Le polyéthylène est un matériau solide et relativement inerte, permettant de laisser la bande en place sur le long terme.

Généralement, deux à quatre tresses sont utilisées en haut du montage, le bas n'étant fixé qu'avec les vis. Il est possible d'utiliser un plus grand nombre de liens pour répartir les forces de tractions tout le long du rachis et éviter une traction trop importante sur les vis, limitant ainsi le risque d'arrachement ou de casse.

D. Connecteurs transversaux :

Des connecteurs en alliage de titane sont utilisés pour s'adapter à des tiges d'union de différents diamètres.

E. Crochets :

Les crochets viennent renforcer le montage et aider à la rotation du rachis pour le corriger. Les tailles et formes sont choisies pour s'adapter au mieux à l'anatomie des vertèbres du patient.

F. Greffons et substituts osseux :

Pour permettre la fusion des vertèbres et le comblement de lésions osseuses, l'utilisation de fragments osseux issus d'autogreffe est privilégiée. Si le volume récupéré au niveau des vertèbres durant l'intervention est insuffisant pour assurer cette fusion, un substitut osseux biologique (Tableau II) ou synthétique (Tableau III) y est ajouté.

Tableau I : Caractéristiques techniques des implants pour arthrodeèse.

Laboratoire	Implanet	Stryker	Zimmer	Cousin Spine	Spinevision	Johnson & Johnson
Gamme	Jazz™	Nile™ / Xia™	Universal Clamp™	Naja™	Plus™ / Lumis™ / UHis™	Expedium 5.5™
Abord	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Ouvert	Ouvert (Plus™) ou percutané (Lumis™, UHis™)	Ouvert ou percutané
Tiges	Alliage de titane ou alliage chrome-cobalt D.4 ou 5,5mm, L.70mm Droites ou pré-cintrées	Nile™ : Alliage de titane D. 6 ou 6,30mm, L.30-120mm Xia™ : Alliage de titane ou titane pur D.6mm, L.30-120mm	Pas de tige	Alliage de titane, D. 5,5 ou 6mm	Plus™ : Alliage de titane ou chrome-cobalt, D. 6 mm Lumis™ : Alliage de titane, D. 6mm, L. 30mm à 140mm UHis™ : Alliage de titane ou chrome-cobalt, D. 6 mm	Titane, chrome-cobalt, inox ou PEEK D.4,5, 5,5, 6,35mm L. 30 à 95mm (incrément 5mm) 480 ou 600mm Droites ou pré-cintrées
Tresse	PET Taille unique	Nile™ : PET 3 ou 4mm Xia™ :	PET Taille unique	PET Taille unique	Pas de tresse	Pas de tresse

		Pas de tresse				
Connecteurs	Alliage de titane D. 3,5; 4,0; 4,5; 4,75; 5,5 et 6,0 mm	Alliage de titane D. 4,5 ; 4,75 ; 5,5 ; 6 ou 6,35mm	Alliage de titane D. 4,5 ; 4,75 ; 5,5 ou 6mm	Alliage de titane Taille unique	Plus™ : Alliage de titane Taille unique Lumis™ et UHis™ : pas de connecteur	Alliage de titane D. 4,75, 5,50 ou 6,35mm
Crochets	Droits, gauches, petits ou larges, en alliage de titane	Laminaires ou pédiculaires, étroits ou larges, gauches ou droits, en alliage de titane	Pas de crochet	Pas de crochet	Pédiculaire, laminaire ou décalé	Laminaires ou pédiculaires, étroits ou larges, gauches ou droits, en alliage de titane
Vis	D. 6,5mm, L. 40, 45 ou 50mm alliage de titane, polyaxiales	Mono ou Polyaxiales, en alliage de titane Nile™ : Taille unique, Xia™ : D. 4,5 à 9,5mm, L. 30 à 90mm, canulées ou non	Pas de vis pédiculaires	Pas de vis pédiculaires	Mono ou polyaxiales, en alliage de titane Plus™ : D. 4,5 à 8,5mm, L. 20 à 90mm, fermeture par clip Lumis™ : D. 5,5 à 8,5mm, L. 30 à 60mm	Mono ou polyaxiales, en titane, D. 4.35, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10mm, L. 20 à 65mm (incrément 0,5mm), 80 et 100mm

					Ulis™ : D. 4,5 à 8,5mm, L. 25 à 90mm	
Stérilisation	Implants usage unique, stérilisation par rayon gamma	Implants à stériliser (vapeur d'eau) sauf tresse Nile™ usage unique stérilisée aux rayons gamma	Implants usage unique stérilisation par rayons gamma	Implants usage unique, stérilisation par rayons gamma	Implants usage unique, stérilisation par rayons gamma	Implants usage unique, stérilisation par rayons gamma
Ancillaire	Restérilisable, stérilisation vapeur	Restérilisable, stérilisation vapeur	Restérilisable, stérilisation vapeur	Usage unique, stérilisation par rayons gamma	Restérilisable, stérilisation vapeur	Restérilisable, stérilisation vapeur

Tableau II : Caractéristiques techniques des substituts osseux biologiques utilisés pour l'arthrodèse.

Laboratoire	OST	Biobank	Lepine	Novomedics
Nom de marque	Ostéopure™	Biobank™	Phoenix TBF™, Phoenix DBM™	DBM™
Origine	Donneur vivant	Donneur vivant	Donneur vivant La gamme DBM contient en plus une association <i>bone morphogenetic protein*</i> et collagène d'origine humaine	Donneur vivant
Formes disponibles	Poudre, fragments ou formes géométriques, à réhydrater	Poudre, granules ou formes géométriques, à réhydrater	Poudre, lamelles, formes géométriques, à réhydrater	Fragments, formes géométriques, à réhydrater
Traitement inactivant viral	CO2 supercritique ou lyophilisation	CO2 supercritique, peroxyde d'hydrogène, soude molaire,	Lyophilisation, chloroforme éthanol, peroxyde d'hydrogène, hypochlorite de sodium,	Lyophilisation, chloroforme éthanol
Stérilisation	Non communiqué	Stérilisation par rayons gamma	Stérilisation par rayons gamma	Acide peracétique-éthanol

Tableau III : Caractéristiques techniques des substituts osseux synthétiques utilisés pour l'arthrodèse.

Laboratoire	Biotech	B MCP	FH ortho	Noraker	Spinevision
Nom de marque	Collapat TM	Inoss TM	Ostibone TM	Glassbone TM	Smart TM Os TM
Composition	Hydroxyapatite, collagène bovin	Hydroxyapatite, phosphate tricalcique, hydrogel	Hydroxyapatite, hydrogel	Céramique bioactive à base de silice, sodium, hydroxyapatite	Hydroxyapatite, phosphate tricalcique
Forme	Eponge à humidifier avec du sérum physiologique pour obtenir une pâte malléable	Pâte prête à l'emploi contenue dans une seringue, fragments ou formes géométriques prêts à l'emploi	Gel prêt à l'emploi contenu dans une seringue	Granules ou pâte prête à l'emploi contenus dans une seringue	Granules ou pâte prête à l'emploi contenus dans une seringue
Présentations	Eponges de 3,5 x 6 x 0,6 cm, 7 x 11 x 0,6 cm ou 1 x 1 x 1 cm	Seringues de 0,5mL, 1mL, 2,5mL, 5mL ou 10mL	Seringues de 1mL, 2mL ou 5mL	Granules : Seringues de 1 ou 5mL Pâte : Seringues de 1, 2,5 ou 5mL	Granules : Seringues de 10 ou 20mL Pâte : Seringues de 1, 2,5, 5 ou 10 mL

3. COMPLICATIONS ET INCONVENIENTS DE L'ARTHRODESE :

Toute intervention chirurgicale comporte des risques, notamment de troubles du rythme cardiaque, d'évènements thrombo-emboliques, hémorragiques, ou de troubles respiratoires [11].

Plus spécifiquement, les chirurgies de correction définitive des scolioses peuvent donner lieu à des complications liées à l'instrumentation en général (infections, pneumothorax) et à l'implantation de vis (malpositions, déchirures de la dure-mère, fracture pédiculaire) [12].

L'inconvénient majeur est de devoir attendre la fin de la croissance, avec le port du corset pendant l'enfance et l'adolescence, dont les complications possibles sont décrites dans la première partie.

III. CHIRURGIE SANS FUSION :

Les chirurgies sans fusion sont préconisées chez les patients plus jeunes, n'ayant pas achevé leur croissance (score de Risser inférieur à 5). La correction est obtenue de façon progressive, en s'appuyant sur les forces liées à la croissance de l'enfant pour redresser la colonne vertébrale. Plusieurs dispositifs médicaux permettent cette correction sans fusion : les tiges de croissance, les prothèses costales extensibles et les implants pour Vertebral Body Tethering.

1. TIGES DE CROISSANCE :

Une tige de croissance est fixée au rachis par des vis insérées dans la corticale des vertèbres à chaque extrémité de la scoliose. Elles vont restreindre la croissance du côté convexe de la courbure. L'intervention dure entre 2 et 3 heures. Les patients restent hospitalisés 5 à 10 jours. Pour guider efficacement la croissance du rachis, les tiges doivent être allongées régulièrement pour rester adaptées à la taille du patient.

Il existe deux systèmes d'allongement des tiges : mécanique et électromagnétique. Les tiges mécaniques, en titane ou en inox, sont allongées par un système de connecteur, ou domino, accessible par incision chirurgicale. Il est nécessaire de réintervenir tous les 4 à 6 mois environ jusqu'à ce que la maturité squelettique soit atteinte [13], c'est pourquoi elles sont remplacées progressivement par les tiges de croissance électromagnétiques.

Les tiges de croissance électromagnétiques (Tableau IV) sont indiquées chez les enfants de moins de 2 à 11 ans, pesant de 11 kg à 36kg. En raison de leur caractère magnétique, elles sont contre-indiquées chez les patients porteurs de pacemaker ou de défibrillateur ou devant

bénéficier d'une IRM. Elles sont constituées d'une tige mâle insérée dans une tige femelle par un système de vis sans fin aimantée, permettant l'allongement via une télécommande elle aussi aimantée, sans avoir besoin de ré-inciser le patient. Son diamètre est choisi selon le poids de l'enfant : on choisira une tige de 4.5mm de diamètre pour les enfants de moins de 27kg et une tige de 5,5 mm pour les patients de moins de 36 kg.

Tableau IV : Caractéristiques techniques des tiges électromagnétiques MAGEC™.

Nom	MAGEC
Laboratoire	Nuvasive
Matériau	Titane
Dimensions	L. 70 ou 90mm l. 4,5 5,5 ou 6mm
Distraction	Aimant

L'allongement des tiges de croissance électromagnétiques est réalisé lors d'une consultation d'environ 30 minutes. La fréquence est décidée par le chirurgien en fonction de l'évolution de la scoliose et de la croissance de l'enfant, *a minima* tous les six mois. Le patient est en décubitus ventral, sous un mélange équimolaire oxygène-protoxyde d'azote permettant de limiter la douleur et l'anxiété liée au geste. Le chirurgien place la télécommande sur la peau, en regard de l'aimant de la tige implantée (Figure 6). L'aimant entre en rotation, ce qui allonge la tige de quelques millimètres par le système de vis sans fin. L'allongement maximal des tiges à la fin de la prise en charge est de 48mm.



Figure 6 : Télécommande externe permettant l'allongement des tiges de croissance magnétiques [14].

Le 30 mars 2021, l'organisme notifié MEDIZINPRODUKTE GmbH a suspendu le marquage CE des tiges de croissance à allongement électromagnétique MAGEC™ (Nuvasive) [15]. Cette suspension a été levée le 19 novembre 2021, avec une restriction de leur utilisation aux patients de moins de 10 ans, souffrant de scoliose sévère, avec un angle de Cobb supérieur ou égal à 30°, dont la hauteur de colonne thoracique est inférieure à 22 cm et exposés au risque de syndrome d'insuffisance thoracique, pour une durée maximale d'implantation de 2 ans [16].

2. PROTHESES COSTALES VERTICALES EXTENSIBLES (VEPTR) :

Le système VEPTR est de moins en moins utilisé en France, cette intervention n'est pas réalisée dans notre centre. Il s'agit d'une prothèse costale verticale extensible en titane (Figure 7). Elle augmente le volume thoracique et est indiquée lors de syndromes d'insuffisance thoracique (poumons comprimés, croissance empêchée).

Les implants (Tableau V) sont fixés :

- Pour le point supérieur, perpendiculairement aux côtes du patient
- Pour le point de fixation inférieur, à une des côtes caudales, à une vertèbre lombaire ou à l'os iliaque.

Tableau V : Caractéristiques des implants du système VEPTR™.

	VEPTR
Laboratoire	Depuy-Synthes
Support costal crânien	Se fixe aux semi-anneaux de fermeture et à l'attelle de prolongation pour soutenir la côte crânienne. En alliage de titane.
Support costal caudal	Neutre, coudé à droite ou à gauche selon morphologie du patient, rayon 220mm ou 70mm. Se fixe aux semi-anneaux de fermeture et à l'attelle de prolongation pour soutenir la côte caudale. En alliage de titane.
Semi-anneau de fermeture	Neutre, coudé à droite ou à gauche selon morphologie du patient, rayon 220mm ou 70mm. Se fixe au support costal crânien ou caudal pour entourer la côte crânienne ou caudale. Disponibles en deux tailles : standard et prolongé
Fermetures	La fermeture de support costal (bleue) connecte le semi-anneau de fermeture au support costal crânien ou au support costal caudal. La fermeture pour attelle de prolongation (dorée) connecte l'attelle de prolongation au support costal crânien, au support costal caudal ou à la barre de prolongation lombaire
Attelles de prolongation	Fixe le support costal crânien au support costal caudal ou à la barre de prolongation lombaire. En alliage de titane Rayon 220mm ou 70mm.
Crochet laminaire	Coudé à droite ou à gauche Profil peu élevé pour minimiser l'interférence avec les tissus mous L'ouverture permet le passage d'une tige de 6,0 mm et permet un ajustement longitudinal le long de la tige avant le serrage Une vis de blocage 3,5 mm verrouille la mise en place En alliage de titane
Crochet ALA 90°	Utilisé avec la barre de prolongation lombaire et la douille d'allongement pour la fixation à l'ilium. Gauche ou droit
Douille d'allongement	Connecte le crochet Ala (tige de 5,0 mm) à la barre de prolongation lombaire (tige de 6,0 mm)
Tige de D. 2.0 mm	Maintient les côtes ostéotomisées contre la structure.

L'intervention dure plusieurs heures et est suivie d'une hospitalisation de 5 à 14 jours. L'incision laisse une cicatrice assez large. De plus, le dispositif est rallongé à l'aide d'une pince de distraction tous les 4 à 6 mois et jusqu'à la fin de la croissance.



Figure 7 : Radiographie montrant une prothèse costale verticale extensible en place [17].

3. TECHNIQUE VERTEBRAL BODY TETHERING (VBT) :

Il s'agit d'une technique mini-invasive de freinage de croissance de la partie convexe. Elle est indiquée pour les courbures supérieures à 35°, réductibles à moins de 30° au test de traction. Les enfants doivent encore avoir un potentiel de croissance (score de Risser 0 à 3). Elle peut également être proposée aux adultes qui souhaitent une correction souple. Elle ne nécessite ni fusion vertébrale ni ré-intervention programmée. La mobilité est ainsi préservée, on évite de prolonger le port du corset ou le recours à l'arthrodèse.

Cette fois, ce ne sont plus des tiges métalliques mais un hauban (cordon flexible et robuste en polyéthylène) qui va venir tirer délicatement l'extérieur de la courbe de scoliose. L'abord chirurgical est postérieur pour limiter le nombre et la taille des incisions. Le chirurgien utilise des trocars avec valve d'insufflation de CO₂ pour créer le pneumothorax et des trocars simples sans valve pour passer les ancillaires et l'optique. Le patient est installé en décubitus latéral gauche ou droit selon la déformation présentée.

Pour sécuriser la procédure, des images sont prises à l'aide d'un amplificateur de brillance pour vérifier à chaque fois le bon positionnement des vis avant implantation définitive. Pour mesurer et créer le trajet de vis, le dispositif Pediguard™ (Spineguard) est utilisé. Il s'agit d'un instrument chirurgical destiné au forage des pédicules vertébraux. Il prévient le chirurgien d'une éventuelle effraction du cortex osseux vertébral au cours de la réalisation des forages. Il est composé d'une broche de guidage filetée restérilisable intégrant un capteur bipolaire, et

d'une poignée électronique à usage unique qui analyse et retranscrit les informations obtenues par le capteur sous forme de signaux sonores.

Une petite plaque est d'abord insérée dans le pédicule vertébral à chaque niveau concerné par la scoliose. Elles permettent de limiter les mouvements de la vis pédiculaire dans la corticale de l'os.

Une vis pédiculaire monoaxiales autotarauseuse (qui perce son propre trajet grâce à son filetage), est ensuite placée dans chaque plaque.

Le hauban est ensuite inséré dans les têtes des vis, et l'ensemble est resserré à l'aide d'écrous (Figure 8).

La pression du cordon ralentit la croissance du côté le plus long de la colonne vertébrale de sorte que le côté plus court puisse rattraper le retard de croissance. La progression de la scoliose est arrêtée, la colonne vertébrale est réalignée et peut continuer à se développer tout en maintenant sa flexibilité.

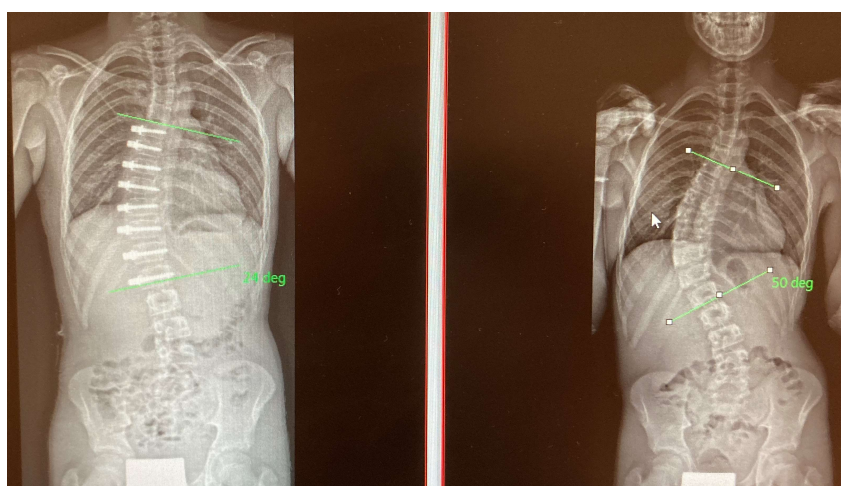


Figure 8 : Radiographie de face d'un patient ayant bénéficié d'une VBT : avant (droite) et après (gauche) l'intervention.

Trois laboratoires se positionnent actuellement sur la technique (Tableau VI) :

- Zimmer Biomet, avec le système Tether™, indiqué en Europe pour les scolioses thoraciques, incluant vis, plaques, écrous et le hauban.
- Globus, avec le système Reflect™, distribué en France par Implanet, qui est marqué CE pour le rachis thoracique et lombaire. Il comporte des vis pédiculaires, des plaques vertébrales de stabilisation des vis, un hauban et des verrous. A noter, les ancillaires associés sont à usage unique

- Medtronic, avec le système Braive™, déjà utilisé par des équipes Nord-Américaines, qui a obtenu le marquage CE pour le territoire Européen dans le traitement des scolioses idiopathiques infantiles au niveau thoracique. Il comprend des vis pédiculaires, des plaques vertébrales de stabilisation des vis, un hauban et des verrous.

Tableau VI : Caractéristiques techniques des systèmes Braive™, Reflect™ et Tether™.

	Braive	Reflect	Tether
Laboratoire	Medtronic	Globus/Implanet	Zimmer
Vis	<p>Pédiculaire Monoaxiale Auto-tarandouses Alliage de titane</p> <p>L. 20, 22,5, 25, 27,5, 30, 32,5, 35 et 40mm D. 5,5 et 6,5mm</p>	<p>Pédiculaire Monoaxiale Auto-tarandouses</p> <p>Alliage de titane + hydroxyapatite</p> <p>L. : 20-50 mm, incrément 2,5 mm D. : 5,5 ; 6 ; 6,5 ; 7 mm</p> <p>Emballage : vis + écrou conditionnés ensemble</p>	<p>Pédiculaire Monoaxiale Auto-tarandouses</p> <p>Alliage de titane</p> <p>L.20-45 mm avec 2,5 mm d'incrément puis 45-55 mm avec 5 mm d'incrément, D. 5,5 ou 6mm</p>
Plaques	<p>Alliage de titane H. 2,5mm D. 12mm</p>	<p>Alliage de titane D. 12mm Livré non stérile</p>	<p>Alliage de titane D. 5 ; 5,5 ; 6 ou 6,5mm</p>
Ecrous	<p>Alliage de titane Autocassant</p>	<p>Alliage de titane Autocassant</p>	<p>Alliage de titane Autocassant</p>
Tresse	<p>Polyéthylène recouvert de polyester 500mm</p>	<p>Polyéthylène 300mm</p>	<p>Polyéthylène 250 ou 350mm</p>
Indications	Scoliose thoraciques	Scoliose thoraciques et lombaires	Scoliose thoraciques et lombaires
Ancillaire	Re-stérilisable	Usage unique	Re-stérilisable

Concernant les critères de choix, il faut un matériel permettant une répartition uniforme de la tension le long du hauban pour éviter les casses et ruptures de matériel. Les vis ne doivent pas creuser la corticale de l'os et s'intégrer dans le tissu. Pour éviter que les vis ne se déplacent dans la corticale de l'os, il faut un système tel que des plaques à positionner entre la vis et l'os.

En avril 2021, les bouchons du système Braive™ ont fait l'objet d'un retrait de lot pour un défaut de filetage pouvant rendre difficile l'insertion de ces bouchons et le serrage du système [18].

4. COMPLICATIONS OPERATOIRES LIEES AUX TECHNIQUES DE CORRECTION SANS FUSION :

Hormis les risques inhérents à l'anesthésie et à la chirurgie, on retrouve, comme pour l'arthrodèse, des infections du site opératoire, superficielles ou profondes [19]. Si l'infection se développe sur le matériel implanté, elle peut conduire à la reprise chirurgicale. Le risque d'infection est d'autant plus important si la technique nécessite des interventions itératives [20]. L'atteinte de la moelle épinière peut donner lieu à des complications neurologiques [21]. Des complications purement mécaniques peuvent également être rencontrées, telles que des douleurs liées au matériel en place, des casses d'implants, des inversions de courbures, ou des pseudarthroses (mauvaise consolidation osseuse) [22].

IV. CONCLUSION :

La chirurgie des scolioses idiopathiques infantiles fait appel à des techniques toujours plus innovantes. Les techniques mini-invasives se développent et s'améliorent, au bénéfice des patients. Un second axe d'amélioration est le recours à la chirurgie robotisée du rachis, associée à l'imagerie en temps réel, permettant la prise en charge de patients porteurs de scolioses plus complexes.

V. LIENS D'INTERET :

Les auteurs n'ont pas de conflit d'intérêt à déclarer en lien avec le sujet présenté dans cet article.

VI. REFERENCES :

1. Grivas TB, Vasiliadis ES, Rodopoulos G. Aetiology of Idiopathic Scoliosis. What have we learned from school screening? *Stud Health Technol Inform.* 2008;140:240-4.
2. Courvoisier A, Eid A, Bourgeois E, Griffet J. Growth tethering devices for idiopathic scoliosis. *Expert Rev Med Devices.* juill 2015;12(4):449-56.
3. Reamy BV, Slakey J. Adolescent Idiopathic Scoliosis: Review and Current Concepts. *AFP.* 1 juill 2001;64(1):111.
4. Payne WK, Ogilvie JW, Resnick MD, Kane RL, Transfeldt EE, Blum RW. Does scoliosis have a psychological impact and does gender make a difference? *Spine (Phila Pa 1976).* 15 juin 1997;22(12):1380-4.
5. Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF, Peterson KK, Spoonamore MJ, Ponseti IV. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study. *JAMA.* 5 févr 2003;289(5):559-67.
6. Swank SM, Winter RB, Moe JH. Scoliosis and cor pulmonale. *Spine (Phila Pa 1976).* août 1982;7(4):343-54.
7. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders.* 10 janv 2018;13(1):3.
8. Letac R, Saint-Supery G, Bondonny JM. Gastric perforations and lacerations caused by necrosis in patients wearing plaster corsets for scoliosis or kyphosis. *Med Chir Dig.* 1972;1(3):153-5.
9. Haute Autorité de Santé. Scoliose structurale évolutive (dont l'angle est égal ou supérieur à 25°) jusqu'à maturation rachidienne [Internet]. 2018 [cité 15 févr 2021]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/guidem_scoliose_web.pdf
10. Odent T, Ilharreborde B, Miladi L, Khouri N, Violas P, Ouellet J, et al. Fusionless surgery in early-onset scoliosis. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 1 oct 2015;101(6, Supplement):S281-8.

11. Thakar C, Kieser DC, Mardare M, Haleem S, Fairbank J, Nnadi C. Systematic review of the complications associated with magnetically controlled growing rods for the treatment of early onset scoliosis. *Eur Spine J.* sept 2018;27(9):2062-71.
12. Hicks JM, Singla A, Shen FH, Arlet V. Complications of pedicle screw fixation in scoliosis surgery: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976).* 15 mai 2010;35(11):E465-470.
13. Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, Thompson AG, Asher MA. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1 sept 2005;30(17 Suppl):S46-57.
14. Cheung JPY, Cheung KM. Current status of the magnetically controlled growing rod in treatment of early-onset scoliosis: What we know after a decade of experience. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 1 sept 2019;27(3):2309499019886945.
15. Information de sécurité - Suspension du marquage CE des gammes - ANSM [Internet]. [cité 26 août 2021]. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/informations-de-securite/suspension-du-marquage-ce-des-gammes-de-dispositifs-medicaux-magec-et-precice>
16. Information de sécurité - Levée de suspension du marquage CE de - ANSM [Internet]. [cité 26 juill 2022]. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/informations-de-securite/systeme-magec-nuvasine>
17. Ramirez N, Flynn JM, Serrano JA, Carlo S, Cornier AS. The Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib in the treatment of spinal deformity due to progressive early onset scoliosis. *J Pediatr Orthop B.* juill 2009;18(4):197-203.
18. ANSM. Information de sécurité - Système de modulation de la croissance/ Bouchon autocassant Braive™ - Medtronic [Internet]. [cité 13 oct 2022]. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/informations-de-securite/systeme-de-modulation-de-la-croissance-bouchon-autocassant-braivetm-medtronic>
19. Kabirian N, Akbarnia BA, Pawelek JB, Alam M, Mundis GM, Acacio R, et al. Deep Surgical Site Infection Following 2344 Growing-Rod Procedures for Early-Onset Scoliosis: Risk Factors and Clinical Consequences. *J Bone Joint Surg Am.* 6 août 2014;96(15):e128.

20. Bess S, Akbarnia BA, Thompson GH, Sponseller PD, Shah SA, El Sebaie H, et al. Complications of growing-rod treatment for early-onset scoliosis: analysis of one hundred and forty patients. *J Bone Joint Surg Am.* 3 nov 2010;92(15):2533-43.
21. Reames DL, Smith JS, Fu KMG, Polly DW, Ames CP, Berven SH, et al. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Spine (Phila Pa 1976).* 15 août 2011;36(18):1484-91.
22. Yang JS, Sponseller PD, Thompson GH, Akbarnia BA, Emans JB, Yazici M, et al. Growing rod fractures: risk factors and opportunities for prevention. *Spine (Phila Pa 1976).* 15 sept 2011;36(20):1639-44.