

Techniques récentes de traitement des scolioses du jeune enfant - Perspectives

Recent Techniques for Treatment of Early Onset Scoliosis

Vincent Cunin

Service d'orthopédie pédiatrique - Hôpital Femme Mère Enfant - Hospices civils de Lyon - 59 boulevard Pinel - 69677 Bron cedex - Université Lyon 1.

Mots clés

- ◆ Scolioses infantiles et juvéniles
- ◆ Nouveaux procédés

Résumé

Les scolioses qui surviennent avant l'âge de 8 ans peuvent retentir gravement sur le développement pulmonaire et diminuer l'espérance de vie de façon significative par rapport aux scolioses de l'adolescence. Leur traitement doit éviter la réalisation d'une arthrodesse étendue afin de ne pas aggraver l'insuffisance respiratoire restrictive par freinage de la croissance du tronc. De nombreuses innovations techniques ont vu le jour ces dernières années pour corriger ces scolioses sans fusion.

Le traitement chirurgical de référence est la tige de croissance qui, allongée chirurgicalement régulièrement, permet de stabiliser la scoliose sans trop interférer avec la croissance de l'enfant. La connaissance de cette technique et de ses fréquentes complications a abouti à de nombreuses innovations techniques au premier rang desquelles l'usage de tiges qui peuvent être allongées magnétiquement en consultation.

La seconde catégorie de dispositif chirurgical repose sur l'utilisation de tiges qui vont servir de tuteur à la croissance rachidienne, ne nécessitant pas d'interventions chirurgicales répétées.

Enfin la troisième catégorie de traitement chirurgical précoce vise à freiner, sans fusion, la croissance de la convexité de la scoliose pour espérer diminuer progressivement avec l'aide de la croissance, l'angle de Cobb.

Ces techniques innovantes très séduisantes peuvent conduire à des indications chirurgicales abusives ne tenant pas compte des risques de la chirurgie et du potentiel évolutif de chaque scoliose.

Le traitement orthopédique, responsable de moins de complications que la chirurgie, reste le traitement de première intention.

Keywords

- ◆ Early onset scoliosis
- ◆ New surgical devices

Abstract

Early onset scoliosis occurs before the age of eight and may sound seriously on lung development and reduce life expectancy significantly compared with scoliosis adolescence. Their treatment should avoid the creation of an extensive fusion in order not to aggravate restrictive respiratory failure by slowdown in growth of the trunk. Many technical innovations have emerged in recent years to correct the scoliosis without fusion.

The standard surgical treatment is a growing rod, surgically lengthened regularly; helps stabilize scoliosis without interfering too much with the growth of the child. The knowledge of this technology and its frequent complications led to many technical innovations first and foremost the use of rods that can be elongated magnetically non-invasively, with outpatients distractions

The second category of surgical device is based on the use of rods that will serve as a spinal growth guidance, not requiring repeat surgery

Finally, the third category of early surgical treatment is to slow the growth of the convex side of the scoliosis without fusion, order to improve Cobb angle during growth.

These very attractive innovative techniques can lead to inappropriate procedures without consider the risks of surgery and progression of each scoliosis

Conservative treatment is responsible for fewer complications than surgery, thus it should remain the first-line treatment.

Les scolioses du jeune enfant ou scolioses de survenue précoce (early onset scoliosis) apparaissent avant l'âge de 8 ans. Elles posent des problèmes spécifiques liés à leur précocité. Leur évolution s'étend sur toute la croissance, pouvant aboutir à des déviations très importantes. Elles surviennent pendant la multiplication alvéolaire qui est maximale avant 5 ans et qui est terminée à 8 ans. Ces scolioses peuvent donc gravement retentir sur le développement pulmonaire. Enfin elles

surviennent à un âge où l'arthrodesse vertébrale, traitement chirurgical conventionnel des scolioses évoluées, n'est pas réalisable car elle nuirait à la fonction respiratoire par blocage de la croissance du tronc.

Le traitement de ces scolioses est avant tout orthopédique. La balance bénéfique risque est, très en faveur de ce traitement non chirurgical dont l'efficacité a largement été rapportée.

Correspondance :

Vincent Cunin, Service d'orthopédie pédiatrique

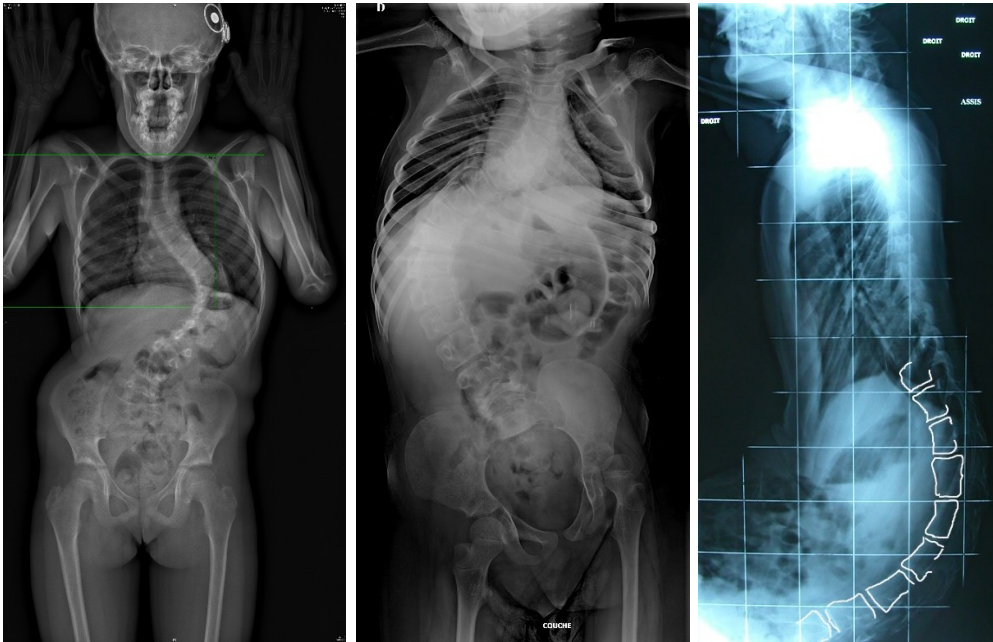
Hôpital Femme Mère Enfant - Hospices civils de Lyon - 59 boulevard Pinel - 69677 Bron cedex - Université Lyon 1.

E-mail : vincent.cunin@chu-lyon.fr

Disponible en ligne sur www.acad-chirurgie.fr

1634-0647 - © 2015 Académie nationale de chirurgie. Tous droits réservés.

DOI : 10.14607/emem.2015.1.094



Figures 1, 2, 3. Formes anatomiques.

Toutefois, lorsque la scoliose évolue de façon importante malgré un traitement orthopédique bien conduit, des techniques chirurgicales alternatives à l'arthrodèse peuvent être proposées pour tenter de ralentir ou stabiliser l'évolution de ces scoliozes afin d'attendre l'âge de l'arthrodèse qui pourra idéalement être réalisée au moment de la puberté.

Les principales techniques de correction de scoliose sans fusion seront décrites dans ce travail en insistant plus particulièrement sur les tiges de croissance à allongement magnétique.

Ces nouvelles méthodes chirurgicales ont fait l'objet de nombreuses publications et innovations ces dernières années, donnant aux chirurgiens de la scoliose et à leurs patients un espoir de correction des scoliozes sans arthrodèse quel que soit l'âge de survenue de la déformation. Cet espoir ne doit pas faire céder aux sirènes du progrès. L'usage de ces nouvelles techniques particulièrement séduisantes expose à de nombreuses complications et ne donne malheureusement pas des résultats toujours à la hauteur des espoirs. Leur usage ne se justifie. Le choix du traitement doit prendre en compte le profil évolutif de la scoliose et l'usage des méthodes chirurgicales invasives ne se justifie qu'en cas de probabilité évolutive importante de la scoliose. La décision thérapeutique devra privilégier la méthode qui offre le meilleur rapport bénéfice risque.

Rappel sur l'évolutivité, les conséquences et le traitement des scoliozes

La scoliose est une déformation de la colonne vertébrale dans les trois plans de l'espace qui retentit plus ou moins sévèrement sur l'anatomie et la fonction du tronc. Ses étiologies sont multiples et elle revêt des formes anatomiques très diverses (Fig.1,2,3). Elle peut être responsable de contraintes mécaniques disco-ligamentaires qui vont évoluer à l'âge adulte vers l'arthrose. Si la déformation touche le thorax elle peut conduire à une insuffisance respiratoire (1).

Ces conséquences sont l'apanage des scoliozes les plus sévères qui pour la majorité d'entre elles débutent précocement, avant la puberté.

Lorsque le traitement orthopédique par corset n'a pas permis d'enrayer l'évolution de la scoliose il peut être proposé, lorsque la puberté est démarrée, de réaliser une arthrodèse ver-

tébrale pour éviter l'aggravation à l'âge adulte qui serait synonyme d'une chirurgie plus étendue et plus préjudiciable sur le plan fonctionnel.

Cette chirurgie, appelée arthrodèse vertébrale, consiste à réaxer la colonne vertébrale à l'aide d'un matériel d'ostéosynthèse et à la stabiliser par une greffe osseuse étendue (Fig.4,5). Elle stoppe l'évolution de la scoliose mais prive toute la zone opérée de mouvements et de croissance. Cette intervention est contre-indiquée avant la puberté pour ne pas interagir de façon trop importante avec la croissance du tronc et par conséquent sur le développement pulmonaire.

Conséquences respiratoires des scoliozes de survenue précoce

Les scoliozes qui surviennent avant l'âge de 8 ans diminuent de façon significative l'espérance de vie à l'âge adulte avec une mortalité augmentée dès l'âge de 20 ans (2) par insuffisance respiratoire restrictive qui évolue vers une hypertension artérielle pulmonaire, elle-même responsable d'insuffisance cardiaque droite ou cœur pulmonaire (3). Au contraire les patients dont la scoliose débute à la puberté ont statistiquement une espérance de vie comparable à une population saine témoin indemne de toute scoliose.

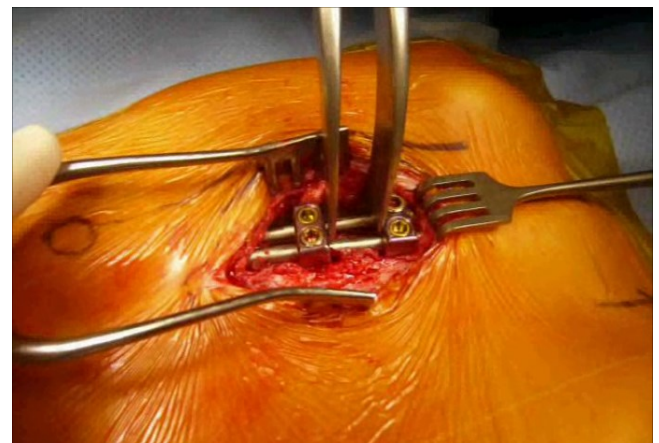
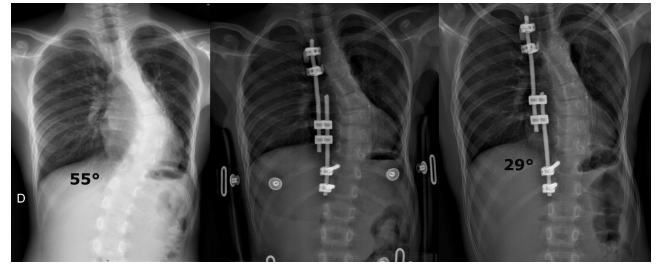
Lorsqu'une arthrodèse est réalisée avant la puberté elle retentit de façon importante sur la croissance du tronc et peut aggraver l'insuffisance respiratoire liée à la scoliose. Karol (4) a montré qu'une arthrodèse réalisée avant 8 ans sur plus de 60 % du rachis thoracique diminue la capacité vitale de plus de 50 %.

Pour ces raisons, avant la puberté, l'arthrodèse vertébrale doit être évitée. Le traitement orthopédique est un traitement conservateur connu depuis longtemps qui donne de bons résultats et qui, avec les techniques d'appareillage les plus modernes, est capable de respecter la croissance du tronc. Ce traitement est donc la méthode thérapeutique de choix des scoliozes de survenue précoce (5).

Pour autant, certaines déformations évoluent de façon inexorable malgré le port d'un corset. Il existe des techniques chirurgicales qui stabilisent la scoliose sans réaliser de fusion vertébrale afin de respecter la croissance des vertèbres instrumentées.



Figures 4, 5. Ostéosynthèse étendue d'une scoliose.

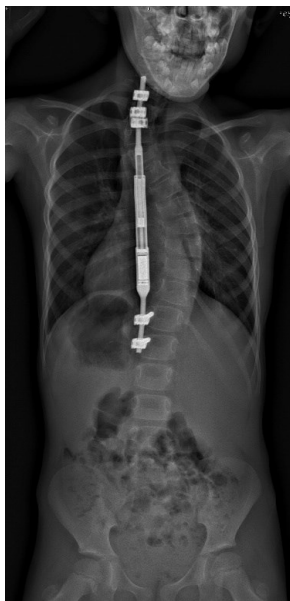


Figures 6,7. Allongement de la tige.

Techniques chirurgicales sans fusion

Ces techniques ont pour objectif au moins de stabiliser la scoliose sans retentir sur la croissance de la colonne vertébrale opérée. Il existe trois grandes catégories de dispositif chirurgical permettant de corriger les scolioses sans fusion (6).

Les tiges de croissance qui sont positionnées dans la concavité de la scoliose et qui sont allongées régulièrement pour suivre la croissance et espérer diminuer l'angulation de la scoliose. Les guides de croissance qui fonctionnent comme un tuteur positionné le long de la colonne vertébrale par des liens qui laissent la colonne grandir librement le long de ce tuteur. Enfin les dispositifs de freinage de croissance qui, positionnés le long de la convexité de la scoliose, vont en ralentir la croissance en laissant la croissance s'exprimer librement dans la concavité de façon à corriger progressivement la déformation.



Figures 8, 9. Allongement de la tige en consultation.



Tiges de croissance

C'est la méthode la plus ancienne et la plus utilisée (7). Une tige, dont la longueur est modulable, est mise en place dans la concavité de la scoliose et n'est fixée qu'aux deux extrémités de la courbure scoliotique. Lors de la chirurgie initiale la tige est allongée une première fois afin de corriger au maximum la scoliose. Puis la tige est allongée, en générale tous les 6 mois afin, de poursuivre la correction et de suivre la croissance du rachis ostéosynthésé (Fig.6,7).

Cette technique impose des interventions chirurgicales itératives jusqu'à l'âge de l'arthrodèse pour faire régulièrement grandir le dispositif. Les tiges de dernière génération peuvent être allongées en consultation (Fig.8,9) sous l'effet d'un champ magnétique. Elles améliorent considérablement cette prise en charge puisqu'elles évitent les interventions chirurgicales itératives et leurs complications potentielles et permettent ainsi d'augmenter la fréquence des allongements qui sont réalisés tous les deux mois. Les complications mécaniques comme les ruptures de tiges ou les désamarrage d'implants ne sont pas évités par les tiges magnétiques. L'enraidissement progressif de la zone instrumentée qui est immobile entre chaque allongement est l'écueil principal de cette technique et conduit à une perte d'efficacité du système qui s'allonge de moins en moins au fur et à mesure des allongements qu'ils soient chirurgicaux ou magnétiques (11,12). Le bénéfice retenu est essentiellement l'amélioration de la qualité de vie des patients avec un nombre d'hospitalisation pour chirurgie très inférieur mais des résultats sur l'angle de Cobb de la scoliose et sur le taux de complications inchangés par rapport aux tiges allongées chirurgicalement. La diminution du nombre d'hospitalisation permet à ce dispositif coûteux, non encore



Figure 10. Fils sous laminaire de Luque.

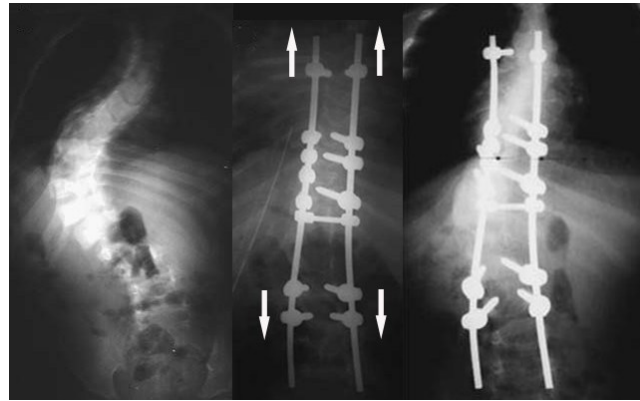


Figure 11. Technique de Shilla.

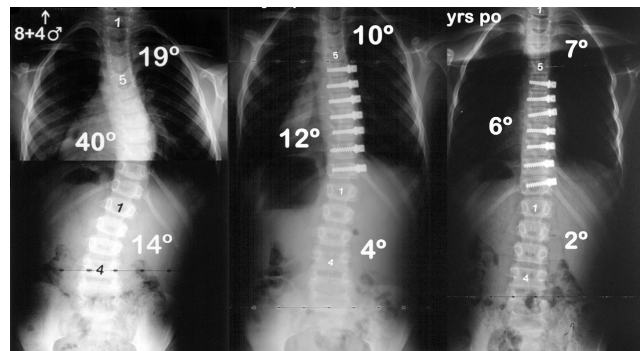


Figure 12. Traitement par ligament.



Figure 13. Traitement par ligament qui ne freine pas l'évolution.

remboursé par la sécurité sociale en France, de diminuer les coûts liés aux hospitalisations nécessaires à l'allongement des tiges non magnétiques (13).

Guides de croissance

Ces guides, lorsqu'ils sont fixés sur la colonne vertébrale, redressent au maximum la déformation puis agissent de façon passive en guidant la croissance des vertèbres le long de l'axe vertical. En théorie il s'agit du dispositif de correction des scolioses en croissance sans fusion le plus idéal car il ne nécessite aucune intervention itérative. Mais sa mise en place occasionne tout de même la survenue de phénomènes viblebrequin c'est à dire une aggravation de la scoliose liée à un freinage postérieur de la croissance alors que les corps vertébraux antérieurs continuent de grandir. Ce freinage de croissance non souhaité est lié à l'abord du rachis postérieur qui va être responsable inévitablement de zones de fusion et par l'effet mécanique des tiges qui probablement brident quelque peu la croissance. L'autre complication régulièrement observée est la perte de correction par faillite des implants sur lesquels s'exercent de très importantes contraintes nécessaires à la correction de la déformation. La multiplication des implants peut s'opposer au démontage mais elle favorisera le freinage de la croissance du rachis s'opposant ainsi à l'objectif initial.

Trois types de dispositifs ont été décrits. Les fils sous-laminaire de Luque (Fig.10) posés en extrapériosté qui coulisent le long de la tige avec la croissance (14) mais avec un risque important de fusion spontanée (15-17). La technique de Shilla (Fig.11) utilise des vis spécifiques qui coulisent librement le long de la tige sous l'effet de la croissance (18). Enfin le « Luque-trolley modifié » qui instrumente la scoliose à l'aide de deux tiges solidarisiées entre elles par des fils de Luque et qui vont coulisser librement l'une par rapport à l'autre sous l'effet de la croissance (19). D'autres dispositifs, non encore évalués, utilisent des tiges à crémaillères le long de laquelle

coulisent les implants dans le sens de la croissance sans pouvoir revenir en arrière du fait des crémaillères.

Modulation de croissance

Il s'agit d'une méthode basée sur une technique connue et utilisée depuis de nombreuses années pour traiter les scolioses malformatives qui réalise une épiphysiodese par fusion de la convexité d'une déformation pour au moins stabiliser la déformation et au mieux lorsque le geste est réalisé suffisamment précocement profiter de la croissance de la concavité pour voir la déviation se corriger progressivement. Les méthodes les plus récentes ont pour objectif de réaliser un freinage de croissance de la convexité mais sans fusion. En effet une épiphysiodese convexe doit pour être efficace être assez étendue et être faite précocement. Si elle fait appel à une technique de fusion (greffe osseuse) elle risque d'avoir des conséquences néfastes sur la croissance du thorax et s'oppose donc aux principes de correction sans fusion des scolioses précoces. Ces épiphysiodeses convexes par greffes osseuses sont actuellement de moins en moins utilisées.

Les techniques alternatives utilisent des implants, agrafes ou ligaments qui brident la croissance de la convexité de la scoliose. Le recul et l'expérience de ces techniques est très faible. Une publication (20) fait état d'un très bon résultat à l'aide d'un ligament faisant passer une scoliose de 40° à 8 ans à une déviation de 6° en 4 ans (Fig.12) alors que les résultats sont plus mitigés avec les agrafes (21) qui semblent donner de bons résultats en dessous de 30° mais qui ne freinent pas l'évolution des scolioses de plus grande angulation (Fig.13).

Aucune étude n'a aujourd'hui montré l'efficacité de ces dispositifs sur une importante déviation de plus de 60° et n'a prouvé que la croissance puisse reprendre après ablation des implants ce qui est impératif si on envisage d'utiliser ces techniques pour des scolioses avant l'âge de 5 ans.

La mise en place de ces implants n'est pas anodine même si elle peut être réalisée sous thoracoscopie, au moins en région thoracique. La question qui se pose est donc la légitimité de

telles chirurgies chez des enfants en pleine croissance alors que pour des scolioses modérées, le traitement orthopédique peut donner de bons résultats. Il est tout de même vraisemblable que ces techniques vont encore évoluer et gagner en efficacité et en sûreté. Pour être vraiment efficace il faudra utiliser ces méthodes assez précocement avant que la déformation ne soit trop importante et structuralisée.

La question essentielle à laquelle il faudra pouvoir répondre pour justifier l'usage de ces nouvelles techniques de correction sans fusion, tige, guide ou modulation de croissance, au lieu du traitement orthopédique est celle du potentiel évolutif de chaque scoliose.

Prévision de l'évolutivité d'une scoliose

Pour décider d'abandonner le traitement orthopédique au profit de méthodes chirurgicales, certes très séduisantes mais encore en phase d'évaluation et qui resteront malgré les progrès que l'on peut attendre, toujours beaucoup plus invasives et iatrogènes qu'un traitement par corset, il faut avoir connaissance de l'évolutivité de la scoliose considérée.

Aujourd'hui la seule méthode validée, utilisée en pratique courante est l'observation et la mesure de l'angle de Cobb au fur et à mesure du temps. Il est ainsi possible comme l'a montré Mme Duval Beaupère (22) de déterminer une pente d'évolution qui est stable pour un patient donné. Pour autant il reste toujours très difficile de connaître à l'avance quelle va être l'influence du corset sur cette évolutivité et, par définition, observer une scoliose pour juger de son évolutivité, c'est la laisser évoluer.

Peu de travaux ont vraiment permis de mettre en avant des critères prédictifs fiables et facilement accessibles de l'évolutivité d'une scoliose.

Graf et Dubousset (23) en 1983, à partir des travaux de Perdrille (24) qui considérait la rotation des vertèbres apicale d'une scoliose comme l'élément prédictif principal d'une scoliose, ont montré de façon rétrospective que les scolioses infantiles évolutives avaient un profil torsionnel au tout début de leur évolution très différent d'un autre groupe de scoliose infantile qui avait eu une évolution beaucoup moins sévère. Ce n'est que tous récemment que Drevelle (25), toujours sous l'impulsion de Dubousset, à l'aide des outils moderne d'imagerie 3D que représente le système EOS™ (26), a déterminé un indice de sévérité basé sur le profil torsionnel d'une scoliose pour en prédire l'évolutivité. Courvoisier (27) a validé cet indice sur 78 scolioses de moins de 25° et a montré que 91 % des scolioses classées « évolutives » par l'indice se sont effectivement aggravées et que 73 % des scolioses classées « non évolutives » sont effectivement restées stables. Ces travaux qui nécessitent d'être validés à plus grande échelle devront également être confrontés à l'influence du corset sur l'évolutivité afin de pouvoir prédire l'inefficacité du traitement orthopédique pour pouvoir décider d'un traitement chirurgical précoce sans fusion.

Conclusions

Les scolioses évolutives de survenue précoce représentent encore aujourd'hui un défi thérapeutique majeur.

De nombreuses techniques chirurgicales réalisables précocement, au contraire de l'arthrodèse, se sont développées ces dernières années. Elles sont encore en phase d'évaluation avec des résultats encore mitigés qui ne règlent pas efficacement les problèmes posés par ces scolioses précoces.

Le traitement orthopédique, connu depuis longtemps reste le traitement de première intention (et souvent le plus efficace quand on considère la balance bénéfice-risque) de la majorité de ces scolioses de survenue précoce.

Toutefois les progrès technologiques sont prometteurs et annoncent probablement d'importantes modifications dans la

prise en charge chirurgicale des scolioses sévères qui pourrait être plus conservatrice. Ces progrès techniques ne pourront être diffusés largement sans une amélioration significative des possibilités de prévoir l'évolutivité d'une scoliose.

Références

1. Canavese F, Dimeglio. A Normal and abnormal spine and thoracic cage development. *World J Orthop.* 2013;4:167-74.
2. Pehrsson K, Larsson S, Oden A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality causes of death, and symptoms. *Spine.* 1992;17:1091-6.
3. Swank SM, Winter RB, Moe JH. Scoliosis and cor pulmonale. *Spine.* 1982;7:343-54.
4. Karol LA, Johnston C, Mladenov K, Schochet P, Walters P, Browne RH. Pulmonary function following early thoracic fusion in non-neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1272-81.
5. Morin C et al. ED plaster-of-Paris jacket for infantile scoliosis. *Eur Spine J.* 2014;23(Suppl 4):S412-8.
6. Skaggs DL, Akbarnia BA, Flynn JM, Myung KS, Sponseller PD, Vitale MG. Approved by the Chest Wall and Spine Deformity Study Group, the Growing Spine Study Group, Pediatric Orthopaedic Society of North America and the Scoliosis Research Society Growing Spine Study Committee. A Classification of Growth Friendly Spine Implants. *J Pediatr Orthop.* 2014;34:260-74.
7. Moe JH, Kharrat K, Winter RB, Cummine JL. Harrington instrumentation without fusion plus external orthotic support for the treatment of difficult curvature problems in young children. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;185:35-45.
8. Miladi L, Dubousset J. Magnetic powered extensible rod for thorax or spine. In: Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GH, eds. *The growing spine: management of spinal disorders in young children.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2010:585-93.
9. Cheung K, Cheung JP, Samartzis D et al. Magnetically controlled growing rods for severe spinal curvature in young children: a prospective case series. *Lancet.* 2012;379:1967-74.
10. Dannawi Z, Altaf F, Harshavardhana N, El Sebaie H, Noordeen H. Early results of a remotely-operated magnetic growth rod in early-onset scoliosis. *J Bone Joint Surg Br.* 2013;95:75-80.
11. Sankar WN, Skaggs DL, Yazici M et al. Lengthening of dual growing rods and the law of diminishing returns. *Spine.* 2011;36:806-9.
12. Noordeen HM, Shah SA, Elsebaie HB, Garrido E, Farooq N, Al-Mukhtar M. In Vivo Distraction Force and Length measurements of growing rods: which factors influence the ability to lengthen? *Spine.* 2011;36:2299-303.
13. Charroin C, Abelin-Genevois K, Cunin V, Berthiller J, Constant H, Kohler R, Aulagner G, Serrier H, Armoiry X. Direct costs associated with the management of progressive early onset scoliosis: estimations based on gold standard technique or with magnetically controlled growing rods. *Orthop traumatol Surg Res.* 2014;100:469-74.
14. Luque ER. Treatment of scoliosis without arthrodesis or external support: preliminary report. *Orthop Trans.* 1977;1:37-8.
15. Mardjetko SM, Hammerberg KW, Lubicky JP et al. The Luque trolley revisited. Review of nine cases requiring revision. *Spine.* 1992;17:582-9.
16. Rinsky LA, Gamble JG, Bleck EE. Segmental instrumentation without fusion in children with progressive scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 1985;5:687-90.
17. Eberle CF. Failure of fixation after segmental spinal instrumentation without arthrodesis in the management of paralytic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70:696-703.
18. McCarthy RE, Luhman S, Lenke LG. The Shilla growth guidance technique for early onset spinal deformities at two year follow-up: a preliminary report. *J Pediatr Orthop.* 2014;34:1-7.
19. Ouellet J. Modern Luque Trolley, a Self-growing Rod Technique. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:1356-67.
20. Crawford CH, Lenke LG. Growth modulation by means of anterior tethering resulting in progressive correction of juvenile idiopathic scoliosis: a case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:202-9.
21. Betz RR, Ranade A, Samdani AF et al. Vertebral body stapling: a fusionless treatment option for a growing child with moderate idiopathic scoliosis. *Spine.* 2010;35:169-76.
22. Duval-Beaupère G, Lamireau T. Scoliosis at less than 30 degrees Properties of the evolutivity (risk of progression). *Spine.* 1985;10:421-4.
23. Graf H, Hecquet J et al. 3-dimensional approach to spinal deformities. Application to the study of the prognosis of pediatric scoliosis. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1983;69:407-16.
24. Perdrille R, Vidal J. A study of scoliotic curve. The importance of

- extension and vertebral rotation (author's transl). *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1981;67:25-34.
25. Drevelle X, Lafon Y, Ebermeyer E, Courtois I, Dubousset J, Skalli W. Analysis of idiopathic scoliosis progression by using numerical simulation. *Spine.* 2010;35:E407-12.
 26. Dubousset J, Charpak G et al. EOS stereo-radiography system: whole-body simultaneous anteroposterior and lateral radiographs with very low radiation dose. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2007;93(Suppl 6):141-3.
 27. Courvoisier A, Drevelle X, Dubousset J, Skalli W. Transverse plane 3D analysis of mild scoliosis. *Eur Spine J.* 2013;22:2427-32.