

Histoire naturelle des scolioses idiopathiques de l'adolescent au cours de la vie adulte

SIMON VANDERGUGTEN¹, DIDIER FORT²

1 : Service orthopédie Pédiatrique, GHdC - UCL, Charleroi, Belgique

2 : Service de radiologie pédiatrique à l'Hôpital d'Enfants de Vandœuvre lès Nancy, France

La volonté de l'orthopédiste et du médecin de médecine physique pédiatrique est d'amener le rachis de l'adolescent en « sécurité » pour sa vie adulte. Par rapport à un patient non scoliotique, on veut lui éviter de majorer le risque de :

- limitation fonctionnelle dans la vie quotidienne à cause de douleurs rachidiennes ou radiculaires, ou d'une déformation trop importante et évolutive
- détérioration de la fonction cardio-respiratoire et diminution de son espérance de vie,
- troubles psychologiques : manque d'estime de soi, dépression.

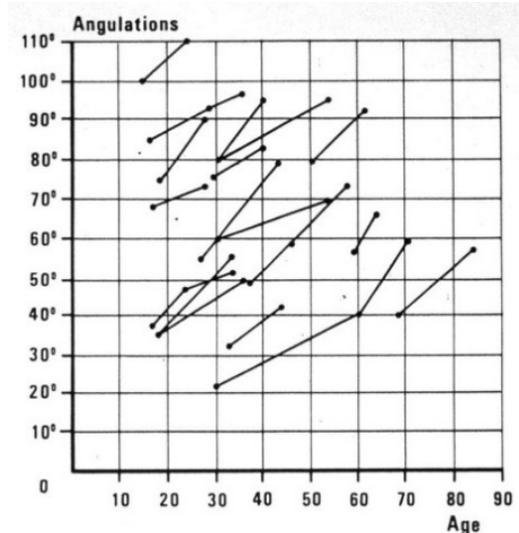
Les scolioses idiopathiques des enfants et adolescents (SIA) dont l'importance a été jugée « modérée » ont été longtemps considérées comme étant stables après la fin de croissance et au cours de la vie adulte. La poursuite de la progression de la scoliose après la croissance est pourtant loin d'être rare et les modalités d'évolution sont désormais établies ; Les conséquences anatomiques, physiopathologiques et mécaniques au cours de la vie adulte sont mieux connues et conditionnent le retentissement fonctionnel et les douleurs.

Dans ce chapitre, sur la base des données de la littérature, nous résumerons l'histoire naturelle de l'évolution à l'âge adulte des SIA non opérées qui permet de discuter les indications chirurgicales en fin de croissance ; Nous discuterons du rapport entre douleur, dégénérescence et scoliose à l'âge adulte ; Nous verrons quelles scolioses auront un impact sur la fonction respiratoire et l'espérance de vie ; et enfin nous discuterons de la répercussion des scolioses sur la qualité de vie. Nous tenterons ensuite de répondre à 2 questions : Quelles sont celles qui doivent être surveillées à l'âge adulte ? Quelles sont celles où la question d'une chirurgie mérite d'être posée à la lumière des connaissances concernant l'évolution à l'âge adulte ?

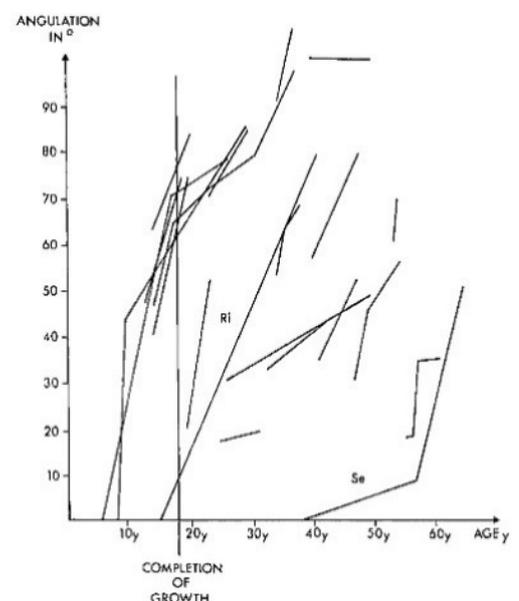
1. EVOLUTIVITÉ DES SCOLIOSES IDIOPATHIQUES DE L'ADOLESCENCE AU COURS DE LA VIE ADULTE

Les indications de correction chirurgicale des scolioses en fin de croissance sont largement basées sur l'histoire naturelle des scolioses non opérées avant l'avènement des techniques de correction de Cotrel-Dubousset dans les années 80. Les plus larges séries de patients non opérés mais avec des scolioses importantes ont donc été publiées à cette période car ensuite, la

chirurgie est devenue plus efficace et plus répandue. Duriez publie en 1967 les premières constatations d'évolution de scoliose idiopathique après la fin de la croissance à partir de 19 patients [1] ; ce travail montre que les scolioses à forte angulation en fin de croissance poursuivent leur évolution à l'âge adulte ; mais l'évolutivité concerne également des scolioses à forte angulation plus faible (25 – 30°).



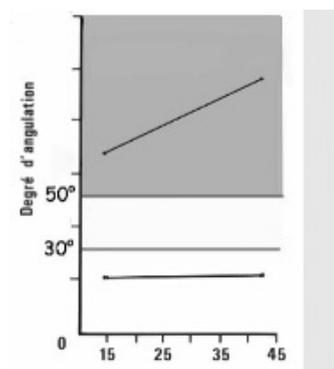
Dans les années 1970, Mahon décrit une évolution moyenne de l'ordre de 1° / an pour les scolioses idiopathiques lombaires supérieures à 40° à l'âge adulte [2].



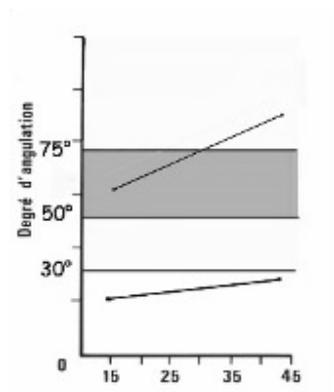
Les travaux de Weinstein et Ponseti en 1983 sont d'un intérêt considérable et portent sur 102 patients traités pendant la croissance entre 1932 et 1948, et avec un

HISTOIRE NATURELLE DES SCOLIOSES IDIOPATHIQUES DE L'ADOLESCENT AU COURS DE LA VIE ADULTE

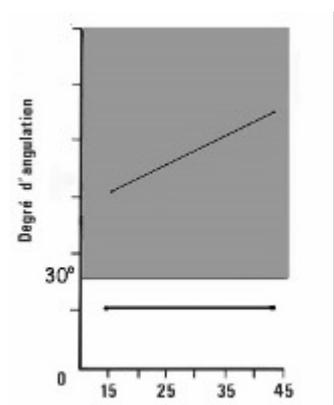
suivi angulaire ensuite au cours de la vie adulte sur une période de 40 ans [3]; 68 % des scolioses sont évolutives ; L'évolution de la scoliose varie selon la localisation de la scoliose et l'importance de l'angle de Cobb. Ainsi les courbures doubles majeures ou lombaires inférieures à 30° restent stables (sauf les courbures lombaires où L5 n'est pas horizontale ou avec une rotation de plus de 33%) ; alors que les autres formes de scolioses sont évolutives avec une progression plus importante au-delà du seuil de 50° .



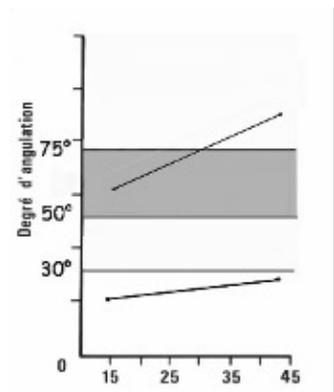
Scoliose double majeure



Scoliose thoraco-lombaire



Scoliose lombaire



Scoliose thoracique

périodes de suivi en 1950, 1969, 1983 et 2003 reste la référence sur laquelle se base la communauté scientifique qui a retenu le seuil chirurgical des 50° car elle reste la plus importante en termes de volume de patients et de durée de suivi (50 ans !) mais comporte de nombreux biais :

- perte de suivi : des 358 en 1950, il en reste 102 en 1983, et ils en ont retrouvé quelques-uns en 2003 (117) [4,5,3,6].

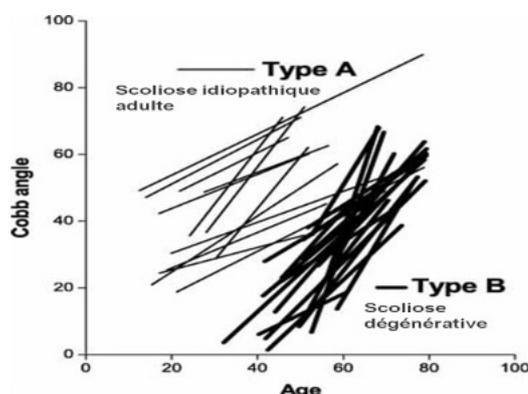
- il n'y a que 11 courbures thoraciques en fin de croissance entre 50-75°, c'est pourtant sur ce petit nombre de patients qu'a été établi le seuil de 50°. De la même manière, il n'y a que 17 courbures lombaires >30° [3].

En 1985, Ascani rapporte un taux d'évolution de 100% lors du suivi de 187 scolioses durant 33 ans [7] : les courbures thoraciques initialement entre 40-49° progressent de 0.4°/an, celles entre 50-59° de 0.56°/an, les courbures thoraco-lombaires inférieures à 40° progressent de 0.29°/an et celles au-delà de 40° de 0.55°/an.

En 1986, Bernard étudie l'évolution de 363 patients atteints de scoliose lombaire idiopathique au cours de la vie adulte [8] ; La perte de taille moyenne est de 8 centimètres entre 20 et 70 ans ; Et l'angulation de la scoliose passe en moyenne de 28° à 25 ans à 45° à 70 ans et plus. L'évolution semble la même qu'elle que soit l'angulation de départ (inférieure ou supérieure à 30°) ; L'évolution globalement cyphosante et l'inclinaison progressive du tronc du tronc en avant est relatée par une avancée de T1 par rapport au bassin (53 mm à 20 ans et 117 mm au-delà de 70 ans).

En 1987, Edgar ayant suivi 78 scolioses durant 17 ans rapporte un taux de progression de 0.5°/an pour les courbures au-delà de 55° [9].

Marty en 2007 définit 2 types de scoliose à l'âge adulte [10] : type A correspondant aux scolioses idiopathiques à l'âge adulte ; type B avec les scolioses dégénératives de l'adulte ; L'évolution de la scoliose idiopathique à l'âge adulte (type A) est linéaire et est évaluée en moyenne à 0,82°/an.



En 2015, Pesenti et la SOFCOT ont rapporté l'évolution de 158 scolioses à courbure unique (Lenke 1 ou 5) durant une période d'au moins 20 ans [11] : la progression des courbes entre 30-40° est jugée faible avec progression de 8.8° en 33 ans, mais la progression des courbures lombaires ou thoraco-lombaires au-delà de 35° en fin de croissance ont un risque significatif de progression

A l'heure actuelle, cette série publiée à plusieurs

HISTOIRE NATURELLE DES SCOLIOSES IDIOPATHIQUES DE L'ADOLESCENT AU COURS DE LA VIE ADULTE

de plus de 20°.

L'équipe Japonaise de Ohashi et Watanabe a publié en 2018, 2019 et 2020 des résultats de suivi sur 25 ans d'une cohorte de 107 patients non opérés :

- taux moyen de progression de 0.5°/an pour les 107 patients [12].

- 56 scolioses lombaires et thoraco-lombaires > 30° à maturité : évolutivité moyenne de 0,4° / an ; L'inclinaison des vertèbres L3 au-delà de 16° par rapport à l'horizontale semblent constituer un facteur de risque d'évolutivité de la scoliose à l'âge adulte au-delà de 0.5°/an (OR 1.17) [13];

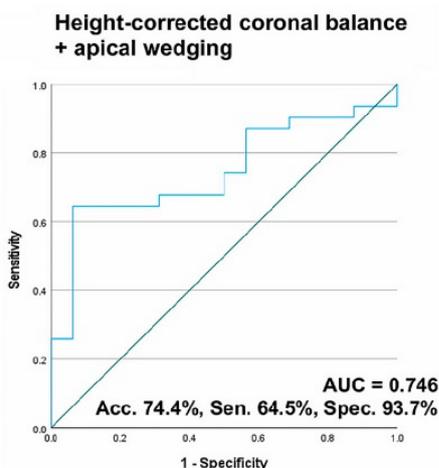
-51 scolioses thoraciques droites > 30° à maturité : toutes ont progressé de 0,38°/an en moyenne mais la contre-courbure lombaire ne progresse qu'en cas de modificateur B de Lenke : si la verticale au centre du plateau sacré (CSVL) ne passe pas entre les pédicules de la vertèbre apicale lombaire [14].

La même équipe a communiqué au congrès de la SRS de 2024 les résultats de progression sur 25 ans de 58 courbures modérées mesurées entre 30 et 40° à maturité [15] : 42% étaient au-delà de 50° au dernier suivi. Progression de 0,4°/an pour les courbures thoraciques, de 0,3°/an pour les courbures TL/L et de 0,5°/an pour les doubles majeures. Ils ont établi que la progression était la plus importante entre la maturité Risser 4 et 18 ans (1.3°/an) qu'après 18 ans (0.3°/an).

En 2023, Yu s'est focalisé sur l'évolution de courbures entre 40-50° à maturité avec un suivi moyen de seulement 11,8 ans portant sur 73 patients [16] : 61,6% de progression, en moyenne de 1,47° / an ; il a identifié 2 facteurs de risque de progression rapide, supérieure à 2°/an :

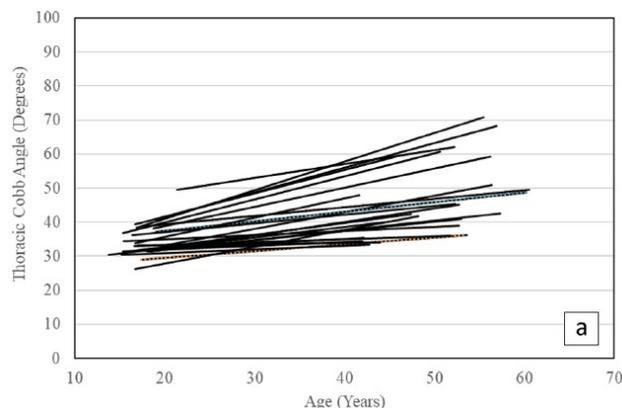
-déformation trapézoïdale de la vertèbre apicale thoracique avec rapport entre hauteur concave/convexe <85.

-déséquilibre coronal de > 16mm.

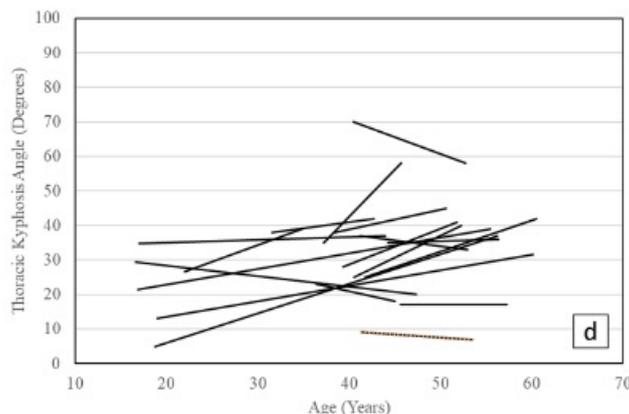
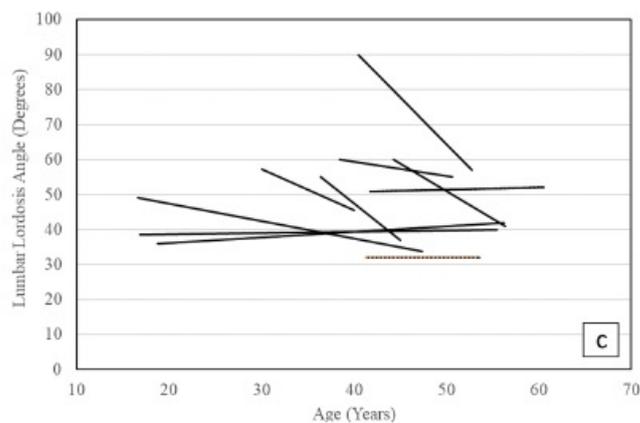


Enfin Alcalá en 2024 s'est aussi intéressé à l'évolution durant un suivi de minimum 20 ans (35 ans en moyenne) de 31 courbures modérées entre 30-50° en fin de croissance (âge moyen de 17 ans) [17] : le Cobb moyen thoracique était de 35° et de 33° en lombaire. A l'âge moyen de 35 ans, le Cobb thoracique était de 47° (0,4°/an) et de 40° (0,3°/an) en lombaire. Ils ont identifié que les courbures thoraco-lombaires évoluaient

lentement durant 20 ans puis plus rapidement entre 20-30 ans de suivi (0,6°/an).



Nous n'avons pas retrouvé de preuve d'influence du profil sur l'évolutivité des scolioses en fin de croissance, même s'il est établi qu'avec l'âge, la lordose diminue et la cyphose augmente.



2. CONSÉQUENCES ANATOMIQUES ET MÉCANIQUES

Au cours de la vie adulte, le rachis scoliotique va subir des modifications anatomiques et mécaniques :

Les phénomènes arthrosiques

Les phénomènes dégénératifs surviennent précocement au cours de l'évolution de la scoliose et sont essentiellement en lien avec l'asymétrie

HISTOIRE NATURELLE DES SCOLIOSES IDIOPATHIQUES DE L'ADOLESCENT AU COURS DE LA VIE ADULTE

des contraintes mécaniques ; la diminution de la hauteur discale dans la convexité ; les modifications de positionnement du nucleus pulposus dans la convexité (où les contraintes mécaniques sont moins marquées). La perte d'hydratation du disque et la fissuration précoce au niveau de l'apex, l'apparition de phénomènes arthrosiques au niveau des articulaires postérieures dans la concavité entraînent une dégénérescence précoce et une perte de mobilité locale avec enraidissement progressif.

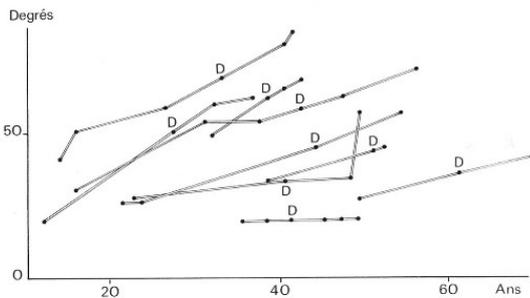
La dislocation

Collis et Ponseti en 1969 publient une étude rétrospective portant sur le suivi de 215 patients atteints d'une scoliose idiopathique de l'adolescence non traitée chirurgicalement, et relatent un taux de dislocation de 13% [5].

Trammel étudie rétrospectivement l'évolution de 636 patients avec scoliose idiopathique, et retrouve un listhésis rotatoire chez 19,2 % surtout au niveau lombaire et principalement en L2, L3 et L4 [18]. L'âge moyen de survenue est de 41 ans.

Selon Marty, l'âge de survenue de la dislocation dans l'évolution des scoliose idiopathiques lombaires à l'âge adulte est en moyenne de 42 ans [10].

En 1990, Tassin décrit l'évolution des scoliose lombaires et thoraco-lombaires de face à partir de 135 dossiers radiologiques et note le moment d'apparition de la dislocation (autour de 40 ans) et la valeur angulaire de la scoliose [19].



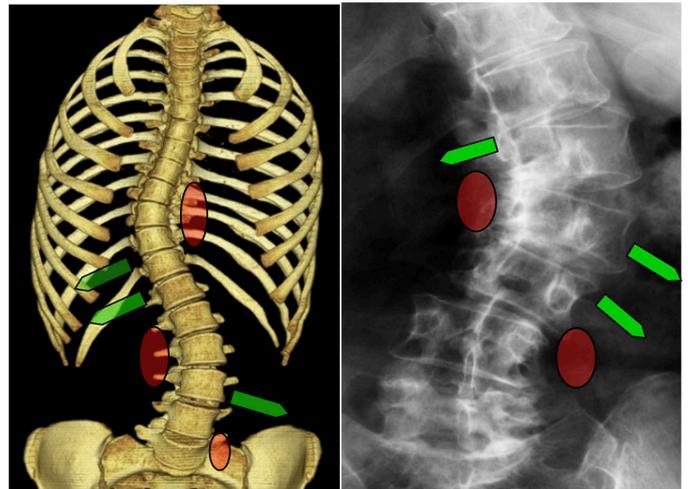
Il définit les dislocations ouvertes et fermées : la dislocation est ouverte lorsque le disque est ouvert du côté du glissement. Elles surviennent habituellement au-dessus de la vertèbre limite.

La dislocation est fermée lorsque le disque est pincée du côté du listhésis ; et siègent en dessous de la vertèbre limite.



Aebi en 2005 propose le cercle d'auto aggravation de la scoliose au cours du vieillissement, avec une déformation rachidienne qui génère une asymétrie anatomique, elle-même à l'origine de contraintes asymétriques qui vont entraîner des discopathies asymétriques et un fonctionnement musculaire asymétriques des articulaires postérieures [20]. L'atteinte dégénérative étant asymétrique et pouvant être à l'origine de l'accentuation de la scoliose.

Il existe simultanément une atteinte arthrosique majoritaire dans les concavités avec un enraidissement progressif et une perte de mobilité locale inter vertébrale, dans les zones où les disques sont les plus inclinés.

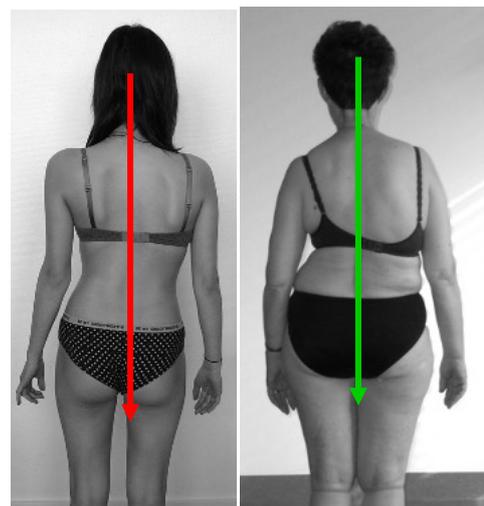


 Zone d'enraidissement par arthrose

 Zone de glissement et listhésis rotatoire ou dislocation

La perte de l'alignement entre la tête et le bassin

Les patients atteints de scoliose lombaire, thoraco-lombaire ou thoracique ont fréquemment un défaut d'alignement entre le haut du rachis et le bassin avec une gîte frontale majoritairement du côté de la convexité de la scoliose. Les patients avec scoliose double majeure ont plus de facilité à garder la verticalité et l'axe thorax / bassin.



Ce défaut d'axe n'est habituellement pas perçu par le patient et génère des modifications au niveau musculaire (étirement ilio-lombaire du côté opposé au déséquilibre, stratégie d'adaptation et de compensation au niveau des membres inférieurs avec flexion du genou du côté opposé au déséquilibre ou modification de l'axe frontal des membres inférieurs). Il existe fréquemment un défaut d'alignement du thorax avec le bassin :



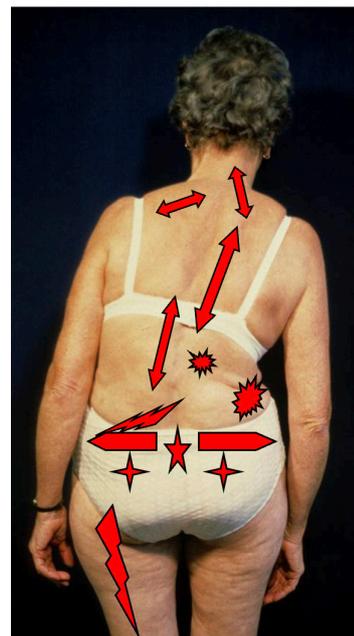
Les effets du poids du corps, de la gravité accentuent les contraintes au niveau lombaire et tend à accentuer les pressions mécaniques dans la zone de l'apex de la scoliose.

3. LES DOULEURS, LE RETENTISSEMENT RESPIRATOIRE ET LA QUALITÉ DE VIE

Douleurs et scoliose à l'âge adulte

Une des raisons qui peut être invoquée pour s'orienter vers un traitement chirurgical en fin de croissance est d'éviter la survenue de douleurs à l'âge adulte et une altération de la qualité de vie, alors que la majorité des adolescents en fin de croissance n'ont aucune plainte. Toutes courbures confondues, Ascani rapporte une incidence de la douleur à 61% (surtout pour les scoliose thoraco-lombaires 79%) [7], Edgar 79% [9], Cordover 65% [21], Danielson 76,1 % [22]; Weinstein 61% [6].

Néanmoins, toutes les courbures sont mélangées et les causes de douleurs sont nombreuses et pas forcément liées à la scoliose. Même s'il est difficile d'établir avec certitude la responsabilité de la scoliose dans l'explication des douleurs, elle peut tout de même en être à l'origine :



↕ Douleurs **musculo-ligamentaires** dans les zones **d'étirement** : convexités lombaires ; thoraco-lombaires ; thoraciques ; cervico-scapulaires en cas de cyphose cervicale avec positionnement du cou et de la tête ;



★ Douleurs **ostéo-articulaires** dans les zones de concavité de la scoliose et arthrosique ; au niveau de la charnière lombo-pelvienne ; au niveau d'un contact costo-iliaque dans les évolutions sévères avec perte de lordose lombaire et évolution en cyphose thoraco-lombaire ; en regard des articulations sacro-iliaques lors de rétroversion pelvienne ;



⚡ Douleurs par **compression neurologique** : par étirement des racines des nerfs du côté opposé au glissement dans les dislocations ouvertes, ou par compression dans les dislocation fermées ; dans les zones de concavité ; par sténose canalaire centrale ou foraminale au niveau lombaire ;

Pour les courbures TL/L, Ohashi a montré en 2018 (suivi sur 25 ans d'une cohorte de 107 patients non opérés) que l'inclinaison de L4 de $>16^\circ$ est un facteur de risque de douleur lombaire (EVA lombaire et score d'Oswestry) et dégénérescence discale sur l'IRM (OR 1.2); alors que l'inclinaison de L3 $>16^\circ$ était un facteur de progression [13]. Ensuite, en 2022, la même équipe a montré que l'importance de la courbure et du pincement discal sont corrélés aux douleurs lombaires ; que la flexibilité du disque L4-L5 et l'amplitude de mouvement latéral du rachis lombaire est négativement corrélé au risque de douleur lombaire et de dégénérescence discale sur l'IRM [23].

Détérioration de la fonction respiratoire et diminution de l'espérance de vie

La répercussion sur la fonction respiratoire a été très bien résumée dans la revue de Agabegi en 2015 [24]. Il en ressort que :

- 66-83% des scolioses > 60° ont une diminution de la capacité vitale mais sans forcément de répercussion clinique.
- Si la capacité vitale est < 50% aux valeurs prédites, une chirurgie est recommandée pour éviter la détérioration significative de la fonction respiratoire.
- Les patients qui présentent une courbure de > 80° sont plus à risque de dyspnée.
- La mortalité augmente par hypertension artérielle pulmonaire (HTAP) et insuffisance du ventricule droit pour les courbures > 100°.

Il est vraisemblable que les scolioses thoraciques avec effacement de la cyphose et aspect de dos plat voire lordose thoracique ont une altération plus marquée des performances respiratoire avec diminution du diamètre antéro-postérieure du thorax ; et diminution de l'ampliation thoracique.

La qualité de vie liée à la scoliose (Health-related quality of life HRQOL)

Comment vont les patients scoliotiques non opérés ? Globalement, ils vont bien. Mêmes si dans les anciennes études, il a été établi qu'une proportion importante des patientes scoliotiques n'étaient pas mariées ; dans la grande étude de Weinstein sur 50 ans, il n'y a pas de relation entre l'arthrose radiologique et l'importance de la douleur lombaire par rapport aux cas contrôles [6]. Les questionnaires de HRQOL n'ont pas montré de différence par rapport à la population contrôle sauf concernant les questions sur l'image de soi [24]. Pas de différence du taux de dépression par rapport à la population générale. Dans les études plus récentes mais moins longues : Schwab a publié en 2003 une étude de la qualité de vie des scolioses adultes basée SF36 ; avec scoliose 22 SIA et 27 scoliose de novo, Cobb > 20°, âge moyen 63 ans ; Il a montré un impact significatif de la scoliose sur les critères de qualité de vie corrélé avec la perte de lordose lombaire [25]. Ohashi a communiqué au congrès de la SRS en 2024 qu'il n'y avait pas de différence dans les scores SF12, SRS 22, ODI et VAS pour la douleur lombaire entre les 58 patients scoliotiques et les 116 cas contrôles sauf pour les questions relatives à l'image corporelle du SRS 22, en corrélation avec l'importance de la courbe [15]. L'aspect esthétique peut être une préoccupation importante, un motif de consultation à l'adolescence et parfois être à l'origine d'une demande chirurgicale, mais celle-ci diminue franchement à l'âge adulte, surtout après 40ans [24]. Il faut donc rester très prudent dans les réponses à apporter à ces demandes et informer le patient et sa famille sur la diminution de

cette préoccupation avec l'âge.

Il y a donc peu de perturbations de la qualité de vie et si les douleurs sont fréquemment mentionnées, elles n'ont pas de retentissement fonctionnel majeur ; Les douleurs deviennent plus invalidantes que dans les groupes témoins au-delà de 50 - 60 ans avec les phénomènes dégénératifs, la perte progressive de la lordose lombaire et les discopathies lombaires dégénératives.

4. INDICATIONS DE TRAITEMENT SUR LA BASE DES CRITÈRES PRÉDICTIONNELS DE L'ÉVOLUTIVITÉ À L'ÂGE ADULTE

Sur la base de ces données, on peut confirmer/ conclure que

- Les scolioses <30° à maturité ne progressent pas de manière significative.
- Les courbures >50° en fin de croissance doivent faire discuter une chirurgie pour éviter une déformation sévère à l'âge adulte.
- Contrairement aux idées reçues, **les scolioses entre 30-50° à maturité vont progresser** : l'évolutivité varie de 0,3 à 1,4° / an en fonction de la localisation.
- Pour les courbures thoraciques entre 40-50°, un déséquilibre **coronal >16mm**, une déformation trapézoïdale de la vertèbre apicale thoracique avec rapport entre hauteur **concave/convexe <85** et la CSVL en dehors des pédicules de la vertèbre apicale de la contre-courbure lombaire (**modificateur B de Lenke**) sont 3 facteurs de mauvais pronostic et plaident en faveur de la chirurgie.
- Les courbures TL/L >35-40° pourraient également faire discuter d'une correction chirurgicale étant donné le risque de progression importante, surtout si **l'inclinaison de L3 est au-delà de 16°** par rapport à l'horizontale.
- La perte de cyphose thoracique est un facteur de mauvais pronostic sur la fonction respiratoire, la perte de la lordose lombaire est également de mauvais pronostic sur le risque de douleurs invalidantes.

Pour les patients avec scoliose ne nécessitant pas de traitement chirurgical, les traitements conservateurs peuvent être indiqués ; les traitements de kinésithérapie, de rééducation et de thérapie manuelle sont indiqués en cas de déséquilibre frontal ; de douleurs mécaniques musculaires ou ostéo-articulaires ; Les traitements orthopédiques peuvent être indiqués en cas d'accentuation de déséquilibre frontal avec douleurs rachidiennes mécaniques dans un objectif de rééquilibration et antalgique ;

Une **surveillance régulière** au cours de la vie adulte est recommandée : en tenant compte d'une évolution moyenne de l'ordre de 0.5 à 1° / an, il peut être proposé de réaliser une surveillance clinique et avec imagerie EOS à l'âge de 18 ans puis à 20 ans et ensuite tous les 5 ans au cours de la vie adulte jusque 50 ans ou jusqu'à l'âge de la ménopause. Au-delà et en raison

de la survenue des phénomènes dégénératifs et d'un risque accru de majoration des scolioses lombaires et thoraco-lombaire (Lenke 5), le rythme de la surveillance est tous les 3 ans.

Pour les scolioses inférieures à 30° : nous estimons qu'elles doivent aussi être suivies car certaines vont aussi évoluer. Nous proposons un suivi de 5 à 10 ans pour les scolioses très modérées en fin de croissance.

5. CONCLUSION

L'évolution des scolioses idiopathiques de l'adolescent a été dans un premier temps ignorée, comme si l'arrêt de la croissance générerait une « certaine immunité » par rapport au risque d'évolutivité. Les travaux de Weinstein et Ponseti ont permis d'établir les seuils angulaires pour lesquels les traitements de stabilisation chirurgicale sont indiqués ; Mais l'évolutivité des scolioses inférieures à 50° existe et se poursuit habituellement au cours de la vie adulte ; A la lumière des connaissances concernant l'évolution à l'âge adulte, et en tenant compte des facteurs actuellement identifiés comme étant prédictifs d'évolutivité, la question d'une chirurgie en fin de croissance mérite d'être posée pour :

→ Les courbures thoraciques entre 40-50°, en cas de

- déséquilibre coronal >16mm, et
- une déformation trapézoïdale de la vertèbre apicale thoracique avec rapport entre hauteur concave/convexe <85, ou
- CSVL en dehors des pédicules de la vertèbre apicale de la contre-courbure lombaire (modificateur B de Lenke).

→ Les courbures TL/L >35-40° si l'inclinaison de L3 ou L4 est > 16° par rapport à l'horizontale.

Les perturbations de l'organisation rachidienne de profil méritent sans doute d'être davantage évaluées dans le risque d'évolutivité.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Duriez J. Évolution de la scoliose idiopathique chez l'adulte. *Acta Orthop Belg* 1967;547-50.

[2] Mahon J. A propos de la scoliose idiopathique lombaire de l'adulte. Thèse, Lille 1976.

[3] Weinstein SL, Ponseti IV. Curve progression in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65:447-55.

[4] Ponseti IV, Friedman B. Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1950;32A:381-95.

[5] Collis DK, Ponseti IV. Long-term follow-up of patients with idiopathic scoliosis not treated surgically. *J Bone Joint Surg Am* 1969;51:425-45.

[6] 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* 2003;289:559. <https://doi.org/10.1001/jama.289.5.559>.

[7] Ascani E, Bartolozzi P, Logroscino CA, Marchetti PG, Ponte A, Savini R, et al. Natural History of Untreated Idiopathic Scoliosis After Skeletal Maturity: *Spine* 1986;11:784-9. <https://doi.org/10.1097/00007632-198610000-00007>.

[8] Bernard J-C. Histoire naturelle de la scoliose lombaire idiopathique à l'âge adulte. Thèse, Lyon 1986.

[9] Edgar MA. The natural history of unfused scoliosis. *Orthopedics* 1987;10:931-9. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-19870601-12>.

[10] Marty-Poumarat C, Scattin L, Marpeau M, Garreau De Loubresse C, Aegerter P. Natural History of Progressive Adult Scoliosis: *Spine* 2007;32:1227-34. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000263328.89135.a6>.

[11] Pesenti S, Jouve J-L, Morin C, Wolff S, Sales De Gauzy J, Chalopin A, et al. Evolution of adolescent idiopathic scoliosis: Results of a multicenter study at 20 years' follow-up. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2015;101:619-22. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.05.004>.

[12] Watanabe K, Ohashi M, Hirano T, Katsumi K, Mizouchi T, Tashi H, et al. Health-Related Quality of Life in Nonoperated Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis in the Middle Years: A Mean 25-Year Follow-up Study. *Spine* 2020;45:E83-9. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003216>.

[13] Ohashi M, Watanabe K, Hirano T, Hasegawa K, Katsumi K, Shoji H, et al. Predicting Factors at Skeletal Maturity for Curve Progression and Low Back Pain in Adult Patients Treated Nonoperatively for Adolescent Idiopathic Scoliosis With Thoracolumbar/Lumbar Curves: A Mean 25-year Follow-up. *Spine* 2018;43:E1403-11. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002716>.

[14] Ohashi M, Watanabe K, Hirano T, Hasegawa K, Katsumi K, Shoji H, et al. The Natural Course of Compensatory Lumbar Curves in Nonoperated Patients With Thoracic Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 2019;44:E89-98. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002779>.

[15] Ohashi M, Watanabe K, Hirano T, Hasegawa K, Tashi H, Minato K, et al. Natural Course of Moderate Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Mean 25-Year Follow-Up Study. Free Paper at 59th SRS Annual Meeting 2024.

[16] Yu S-H, Ng C-M, Cheung JP-Y, Shea GK-H. Post-Maturity Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis Curves of 40° to 50°. *Journal of Bone and Joint Surgery* 2023;105:277–85. <https://doi.org/10.2106/JBJS.22.00939>.

[17] Alcalá C, Mehbod AA, Ramos O, Dawson JM, Denis F, Garvey TA, et al. Moderate scoliosis continues to progress at 30-year follow-up: a call for concern? *Spine Deform* 2024;12:89–98. <https://doi.org/10.1007/s43390-023-00765-z>.

[18] Trammell TR, Schroeder RD, Reed DB. Rotatory Olisthesis in Idiopathic Scoliosis: *Spine* 1988;13:1378–82. <https://doi.org/10.1097/00007632-198812000-00009>.

[19] Tassin JL. Dislocations arthrosiques des scoliozes lombaires adultes. La scolioze lombaire idiopathique de l'adulte, Paris: Masson; 1990, p. 46–56.

[20] Aebi M. The adult scoliosis. *Eur Spine J* 2005;14:925–48. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-1053-9>.

[21] Cordover AM, Betz RR, Clements DH, Bosacco SJ. Natural history of adolescent thoracolumbar and lumbar idiopathic scoliosis into adulthood. *J Spinal Disord* 1997;10:193–6.

[22] Danielsson AJ. What Impact Does Spinal Deformity Correction for Adolescent Idiopathic Scoliosis Make on Quality of Life?: *Spine* 2007;32:S101–8. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318134ed0e>.

[23] Ohashi M, Watanabe K, Hirano T, Hasegawa K, Katsumi K, Tashi H, et al. Impact of the flexibility of the spinal deformity on low back pain and disc degeneration in adult patients nonoperatively treated for adolescent idiopathic scoliosis with thoracolumbar or lumbar curves. *Spine Deform* 2022;10:133–40. <https://doi.org/10.1007/s43390-021-00402-7>.

[24] Agabegi SS, Kazemi N, Sturm PF, Mehlman CT. Natural History of Adolescent Idiopathic Scoliosis in Skeletally Mature Patients: A Critical Review. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2015;23:714–23. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-14-00037>.

[25] Schwab F, Dubey A, Pagala M, Gamez L, Farcy JP. Adult Scoliosis: A Health Assessment Analysis by SF-36: *Spine* 2003;28:602–6. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000049924.94414.BB>.