

Existe-t-il des indications chirurgicales dans le Scheuermann de l'adolescent ?

F.X. LAMBERT, C. DECANTE, E. MAYRARGUE, S. GUILLARD, A. CHALOPIN, A. HAMEL

Introduction

La dystrophie rachidienne de croissance (DRC), ostéochondrose spinale ou maladie de Scheuermann, a été décrite pour la première fois par le Docteur Holger Wefel Scheuermann, un chirurgien orthopédiste et radiologue Danois, en 1920, comme une hypercyphose thoracique raide, chez de jeunes apprentis horlogers (1). Il s'agit d'une des causes les plus fréquentes de douleurs rachidiennes chez l'adolescent (2-6). Son incidence varie entre 0,04 et 10% selon les études (2,7-10). La prévalence a augmenté au fil des années, passant de 3,6 à 7,5/100 000 de 2003 à 2012 (11). La maladie apparaît entre 8 et 12 ans et les formes les plus raides se concernent principalement les 12-16 ans (9). Il existe une prédominance masculine avec un sex ratio de 2 pour 1 (11).

L'étiologie est à ce jour indéterminée. Des facteurs mécaniques ont été évoqués, en raison d'association à de mauvaises postures ou à l'obésité, mais aucune preuve n'a été apportée. Selon une étude sur une cohorte danoise chez 35 000 jumeaux, la maladie de Scheuermann est héréditaire dans 74% des cas (12). Une cause syndromique est retrouvée dans 1,8% des cas avec majoritairement le Syndrome de Prader Willi et le syndrome de Marfan (11).

Le traitement de la maladie de Scheuermann peut faire intervenir la kinésithérapie, le traitement orthopédique par corset, et parfois la chirurgie. Il s'agit d'une maladie dite « de croissance », car elle survient au cours de la croissance, dont l'évolution à l'âge adulte est mal connue à ce jour, ce qui rend les indications du traitement chirurgical controversées.

Présentation clinique

La maladie de Scheuermann se caractérise par une hypercyphose thoracique ou thoraco-lombaire, associée à une hyperlordose lombaire et cervicale compensatrice afin de maintenir au mieux l'équilibre sagittal du rachis. L'évolution vers l'enraidissement d'une courbure peut entraîner des douleurs et des

troubles esthétiques importants auprès des patients à l'âge adulte. Une rétraction des ischio-jambiers, des muscles ilio-psoas et un enraidissement de la ceinture scapulaire peuvent être associées. Par ailleurs, un tiers des patients présente une scoliose non structuralisée et/ou un spondylolisthésis L5-S1 (2).

Il y a souvent une confusion entre la maladie de Scheuermann et l'hypercyphose posturale. Cliniquement, les patients présentant une hypercyphose posturale n'ont pas de courbure raide ni de rétraction des ischio-jambiers (13).

Des troubles psychologiques peuvent être associés et sont souvent sous-estimés. Pour Horn et al. (11), dans une série pédiatrique de 1070 patients atteints par la maladie de Scheuermann, 5,5% souffraient de dépression et 4,5% présentaient des signes d'anxiété tandis qu'ils étaient respectivement de 1,7% et 0,8% dans la population générale à présenter les mêmes signes.

Présentation radiographique

Le diagnostic radiographique repose sur les critères établis par Sorensen en 1964 (14). La cunéiformisation antérieure supérieure à 5° d'au moins trois vertèbres adjacentes confirme le diagnostic de Maladie de Scheuermann (14). Des irrégularités des plateaux vertébraux ou des hernies intra-spongieuses (nodules de Schmorl) peuvent être associées (2,15). La raideur de la courbure est appréciée sur les clichés en hyperextension.

Il est également important de rechercher un déséquilibre sagittal sur les radiographies du rachis complet de profil en traçant la verticale passant par le conduit auditif externe. Cette droite passe normalement juste en arrière des têtes fémorales. L'équilibre global du rachis est également évalué en mesurant l'angle spino-sacral, le tilt spinal et le tilt spino-pelvien (16). Un déséquilibre sagittal influe beaucoup plus sur la qualité de vie des patients que sur les troubles esthétiques ce qui conditionne également l'évolution de la maladie (17-20).

L'imagerie par Résonance Magnétique peut utilement compléter le bilan radiographique standard car elle évalue la sévérité de l'atteinte discale, elle met en évidence toutes les hernies intra-spongieuses et les atteintes des plateaux vertébraux. Enfin, elle est utile pour dépister les anomalies de la moelle spinale secondaires ou non à la dystrophie rachidienne de croissance (5,21,22).

Evolution naturelle de la maladie de Scheuermann

La maladie de Scheuermann est une pathologie du rachis en fin de croissance en dont l'évolution naturelle est à ce jour encore difficile à appréhender. Cependant, le plus souvent une diminution des symptômes survient à l'âge adulte alors que la déformation en cyphose progresse peu dans le temps. Malgré tout, dans certains cas, la déformation peut progresser à l'âge adulte et causer, au-delà des troubles esthétiques importants, des douleurs mécaniques ou des complications neurologiques (23).

Bartynski et al. (24) ont étudié les valeurs moyennes de cyphose thoracique et de lordose lombaire chez des personnes sans anomalie vertébrale. Chez les jeunes adultes (18-35 ans) la cyphose thoracique moyenne était de 27° ; chez les patients de plus de 65 ans, elle était de 42°. Pour d'autres, la cyphose «normale» chez les adolescents varie de 27 à 44° (15,25) et chez l'adulte de 20 à 50° (26-28). Pour Stagnara et al. (28), il n'est pas adapté de parler de cyphose ou lordose normale. Ces valeurs sont uniquement indicatives, la normalité n'existe pas.

Ristolainen et al. (29) en 2017 dans une étude sur 19 patients atteints de la maladie de Scheuermann non opérés avec un suivi moyen de 46 ans ont conclu que la déformation progressait lentement. Cette progression ne prédisait pas la survenue de symptômes. L'âge moyen au dernier contrôle était de 64,7 ans et les patients avaient une cyphose moyenne de 60°. Dans leur série, la cyphose avait progressé de 14° mais de manière non uniforme. 42% des patients avaient une progression inférieure à 10° et 32% une progression supérieure à 20°. Il y a eu 3 cas de progression de 32° (une femme de 65 ans chez qui la cyphose avait augmenté de 48° à 80° en 36 ans, un homme de 73 ans chez qui la cyphose avait augmenté de 28° à 60° et un homme de 76 ans chez qui la cyphose avait augmenté de 50° à 82° en 59 ans). L'importance de la cyphose au diagnostic ne prédisait

pas la progression de la déformation. Il n'y avait pas de différence significative en terme de qualité de vie en fonction de la progression de la courbure. Ils observaient par ailleurs une augmentation significative de la déformation des corps vertébraux ainsi que de la lordose lombaire.

Murray et al. (30) ont rapporté dans leur étude concernant 67 patients atteints de la maladie de Scheuermann, dont le suivi était en moyenne de 32 ans, que les patients non opérés pouvaient présenter quelques limitations fonctionnelles mais sans interférence majeure avec leurs activités de la vie quotidienne. Ils ont rapporté, chez les patients atteints de leur série, plus de douleurs rachidiennes que chez les patients non atteints, mais les symptômes douloureux n'interféraient pas avec les activités de la vie quotidienne ou leur travail. En effet, il n'y avait pas de différence concernant le type de travail, le nombre de jours d'absence au travail à cause de douleurs rachidiennes, les troubles esthétiques, l'utilisation d'antalgique, les loisirs et la présence de douleurs dans les membres inférieurs. Ils mettaient en évidence que la déformation thoraco-lombaire semblait causer plus de limitations fonctionnelles que les déformations thoraciques pures. Ils n'ont pas retrouvé de différence entre les patients atteints et les patients non atteints de la maladie de Scheuermann en ce qui concerne le statut marital, mais les patients avec une cyphose supérieure à 85° étaient plus souvent célibataires et avaient par ailleurs une capacité pulmonaire totale plus faible.

Ristolainen et al (31) ont constaté, au cours d'un suivi moyen de 37 ans chez 49 patients atteints de la maladie de Scheuermann non opérés, un risque plus important de rachialgie et de handicap au cours des activités de la vie quotidienne par rapport à la population générale. Ce risque accru n'était cependant pas corrélé avec l'importance de la cyphose. En effet, aucune différence d'intensité des douleurs et de limitation fonctionnelle n'a été constatée entre les patients ayant une cyphose thoracique inférieure à 40° et ceux ayant une cyphose thoracique supérieure à 60°.

Traitement de la maladie de Scheuermann

Traitement non chirurgical

Le choix du traitement dans la maladie de Scheuermann dépend principalement de l'intensité de la douleur, du développement de troubles

neurologiques ou cardiopulmonaires, des troubles esthétiques, mais également du degré et de la progression de la déformation en relation, tout en tenant compte de la croissance résiduelle de la colonne vertébrale.

La kinésithérapie incluant l'assouplissement des hanches, l'étirement des ischio-jambiers, des érecteurs et des stabilisateurs du rachis ne permettent pas de ralentir la progression de la déformation mais elle est recommandée pour les patients symptomatiques avec une courbure raide ou en complément d'un corset pour lutter contre la raideur de la déformation. Weiss et al. (32) ont suivi 351 patients de 17 à 21 ans qui ont bénéficié de kinésithérapie. Ils ont rapporté une diminution de 16 à 32% de la douleur ce qui suggère l'effet bénéfique de ce traitement sur la plainte principale de ces jeunes adultes.

Le traitement par corset chez des patients en cours de croissance peut améliorer la cyphose et même favoriser un remodelage vertébral. Cependant, une fois le corset retiré, une perte de correction est souvent constatée pouvant aller jusqu'à 30% [30–34]. Une cyphose souple, une prise en charge précoce avec une déformation inférieure à 65°, une correction initiale supérieure à 15° avec le corset et une croissance résiduelle d'au moins 1 an sont considérées comme des facteurs prédictifs de bonne évolution sous corset (32,33). Une cyphose rigide de plus de 65°, une cunéiformisation vertébrale de plus de 10° et une croissance rachidienne terminée ou limitée sont considérées comme des facteurs de risque d'échec du traitement par corset.

Traitement chirurgical

Les indications

Les indications chirurgicales restent controversées, et les évaluations objectives restent peu nombreuses dans la littérature. La grande variabilité de l'histoire naturelle de la maladie de Scheuermann rend difficile l'estimation du rapport bénéfices-risques de son traitement chirurgical. Il faut garder à l'esprit que la chirurgie de la maladie de Scheuermann est complexe et est pourvoyeuse de complications potentiellement graves (34). Selon la Scoliosis Research Society, moins de 1% des chirurgies rachidiennes réalisées concernent les patients atteints d'une maladie de Scheuermann (35). Le recours à la chirurgie dans la maladie de Scheuermann est actuellement de stable (11) à en augmentation (36) suivant les séries récemment publiées

Alors que l'importance de la déformation dans le plan frontal est un critère majeur du choix du traitement chirurgical, la valeur angulaire de la cyphose ne semble pas être au centre de la décision chirurgicale. La valeur de l'angle de Cobb sagittal est donc très variable selon les équipes chirurgicales (34,37–44). Dans l'étude de Polly et al. (45), il n'y avait pas de différence d'angle de Cobb maximal entre les patients non opérés (70°) et les patients opérés (73°). La plupart des auteurs recommandent une prise en charge chirurgicale pour les déformations évolutives supérieures à 60-75° non contrôlées par corset, en cas de douleurs rachidiennes résistantes aux mesures hygiéno-diététiques (modification des activités, exercices physiques, AINS > 6 mois), en cas d'apparition de troubles neurologiques ou cardiopulmonaires ou en cas de demande de prise en charge esthétique importante (23,34,38–40,46–55). Il est bien sûr indispensable d'informer le patient et les parents des bénéfices attendus et des risques de la chirurgie. La prise en compte de l'équilibre sagittal global est également une notion importante. En particulier dans les localisations touchant la jonction thoraco-lombaire, car cette atteinte rompt l'harmonie des courbures dans le plan sagittal et perturbe l'équilibre sagittal.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que la pression des parents concernant la douleur et les troubles esthétiques de leur enfant joue un rôle non négligeable voire important auprès du chirurgien lors de sa réflexion en vue d'une potentielle prise en charge chirurgicale (45).

Le choix de la technique : voie postérieure ou voies combinées ?

Bradford et al. furent en 1975 les premiers auteurs à rapporter une série de 22 patients traités chirurgicalement (56) en effectuant une correction postérieure seule par tige de Harrington. Ils ont obtenu une correction moyenne satisfaisante de 25° (de 72° à 47°). Ils ont également observé une perte de correction moyenne de 21° chez 16 patients (72% des cas) (23).

Pour éviter cette perte de correction, l'approche combinée par libération antérieure et arthrodèse postérieure fut pendant longtemps le gold standard et fut particulièrement recommandée pour traiter les déformations sévères et raides (37,43,46,55,57–61). Le développement de l'arsenal chirurgical et notamment du vissage pédiculaire permet maintenant d'obtenir de très bons résultats par

voie postérieure seule. Plusieurs études s'accordent à affirmer que la qualité de correction est maintenant comparable entre la voie postérieure seule et la voie combinée (42,43,55,57–61).

Les voies combinées sont associées à un taux de complications plus important que la voie postérieure isolée (7,11,41,62). La voie postérieure seule entraîne moins de pertes sanguines per-opératoires, permet de raccourcir le temps opératoire et semble limiter la survenue d'un syndrome jonctionnel proximal ou distal (42,62,63). Riouallon et al., dans leur série, n'ont pas retrouvé de différence en terme de complications entre les deux techniques mais ont rapporté 3 complications directement en rapport avec la voie antérieure (61). Mirzashahi et al. (64), n'ont pas observé de complication, dans leur série, sur les voies postérieures seules. Par ailleurs, la durée d'hospitalisation est plus longue chez les patients opérés par voies combinées (11,36).

La plupart des auteurs rapportent que la voie postérieure n'entraîne pas plus de perte de correction que les voies combinées (58,61,62,65,66), à l'exception de Temponi et al. qui ont retrouvé un meilleur maintien de la correction au décours des chirurgies réalisées par voies combinées (7). Ainsi, le nombre d'arthrodèses vertébrales postérieures sans libération antérieure a significativement augmenté, allant de 34% en 2000 à 78% en 2008 (11,36). Parallèlement le taux de complications a diminué de 22,6% à 15,5% (37) (taux de complications qui reste malgré tout particulièrement élevés) (11,36).

Le recours à des ostéotomies vertébrales de Ponte ou de Smith-Petersen au cours de la correction par voie postérieure unique, permet d'améliorer la qualité de la correction (57,58,64,65,67). La correction de la déformation par compression postérieure, sans ostéotomie, allonge la partie antérieure de la colonne vertébrale et augmente le risque d'étirement de la moelle spinale, et de spasme de l'artère spinale ventrale. Une ou plusieurs ostéotomies autour de l'apex de la déformation, permettent de raccourcir la colonne postérieure et de limiter les risques neurologiques.

La densité d'implants utilisés a également été évaluée. Il est communément admis que l'augmentation de la densité d'implants favorise la correction d'une cyphose. Behrbalk et al. (38) ont cependant montré une correction identique avec des densités de 100 % d'implants et de 50 % autour de l'apex de la déformation. La diminution de densité des implantants s'accompagne d'une diminution de

50 % des complications et de 32 % du coût (38).

Enfin, il n'a pas été retrouvé de différence entre la voie postérieure isolée et la voie combinée en ce qui concerne les douleurs, le résultat fonctionnel ou le résultat esthétique (61,62).

Le choix des niveaux d'instrumentation.

L'instrumentation dans la chirurgie correctrice du Scheuermann doit inclure toute la déformation cyphotique. Le choix du niveau de l'instrumentation, proximal et distal, et le degré de correction à appliquer n'est pas clairement défini dans la littérature. Pour certains auteurs, il est recommandé de ne pas corriger la cyphose de plus de 50% (34), pour obtenir une cyphose thoracique comprise entre 40 et 50° (16,43,53,68–70). En effet, l'excès de correction augmenterait le risque de syndrome jonctionnel proximal (PJK) alors qu'un défaut de correction risquerait de laisser persister une hyperlordose compensatrice et finalement d'accélérer la dégénérescence à long terme (71,72). La première vertèbre instrumentée devrait être la vertèbre la plus proximale incluse dans la cyphose thoracique afin de prévenir le PJK (55,60).

Récemment, plusieurs études se sont intéressées à la relation entre les paramètres pelviens et sagittaux. L'analyse de ces derniers permettrait de prédire la lordose lombaire attendue en post-opératoire et donc la cyphose thoracique (16,19,69,70,73). Il a été montré que les patients développant une PJK après correction d'une hypercyphose dans le cadre d'une maladie de Scheuermann étaient ceux qui avaient un déficit significatif de lordose lombaire en post-opératoire et une incidence pelvienne élevée (41,74). Il est donc souhaitable de planifier la correction de la cyphose thoracique en prenant en compte l'incidence pelvienne. Nasto et al. (74) ont établi une équation pour prévenir ce phénomène : $\%LL \text{ correction} = 0,66 \times (\%CT \text{ correction}) - 2$.

Par ailleurs, le choix de la dernière vertèbre instrumentée (vertèbre d'élection) est très controversé dans la littérature. Ce choix doit permettre de préserver le maximum de mobilité lombaire tout en évitant l'apparition d'un syndrome adjacent distal (DJK). La définition du syndrome adjacent distal varie selon les auteurs. Pour Zhu et al. (75), le syndrome jonctionnel distal est défini par un angle de Cobb > 10° entre le plateau supérieur de la dernière vertèbre instrumentée et le plateau inférieur de la vertèbre sous-jacente. Un espace discal sous-jacent à la dernière vertèbre instrumentée qui était lordotique et qui devient neutre ou cyphotique après chirurgie

est également considéré comme un syndrome jonctionnel distal (75). Dans une méta-analyse Gong Y et al. (76) portant sur 4 études incluant 173 patients, retrouvaient 20,8% de DJK et que 27,8% des patients présentant cette complication nécessitaient une reprise chirurgicale, après traitement chirurgical d'une maladie de Scheuermann.

Cho et al.(77) ont décrit le concept de Stable Sagittal Vertebra (SSV). Celle-ci est définie comme la dernière vertèbre touchée par la verticale passant par le bord postérieur du plateau sacré. La First Lordotic Vertebra (FLV) est définie comme la vertèbre située sous le premier disque lordosé. La SSV et la FLV peuvent parfois être la même vertèbre. Le choix de la FLV comme vertèbre d'élection n'entraînerait pas plus de DJK mais permettrait de préserver des disques (15,53,78). Le choix de la SSV comme vertèbre d'élection cependant permettrait de diminuer le risque de syndrome adjacent distal (76,77,79–82). En effet, Cobden et al.(65), dans leur série sur 20 patients ayant bénéficié d'une instrumentation se terminant sur la FLV ont observé 15% de DJK.

Pour Zhu et al.(75), dans la forme thoraco-lombaire choisir la FLV comme vertèbre d'élection est suffisant alors que dans la forme thoracique pure il est nécessaire de arrêter le montage sur la SSV pour prévenir le risque de syndrome jonctionnel.

Complications

Le taux de complications de la chirurgie de la maladie de Scheuermann est particulièrement important. Près de 10 % des patients ont eu au moins une complications, lors d'une chirurgie par voies postérieure unique et 20 % en cas de chirurgie par voies combinées (11,36). Huq et al. (66) ont publié une méta-analyse concernant 1829 chirurgies issues de séries publiées entre 1950 et 2017. La correction de la cyphose est particulièrement neuro-toxique, puisque les complications atteignent 8 % des patient de la métanalyse. Ils rapportent 25 % de faillite du matériel, 14 % de PJK et 14 % de DJK par voie postérieure unique, 10 % des patients ont nécessité une reprise chirurgicale. Ils rapportent 26 % de PJK et 20 % de DJK, 21 % de complications respiratoires, 6 % de complications cardio-vasculaires par voies combinées, 11 % des patients ont nécessité une reprise chirurgicale.

Conclusion

La maladie de Scheuermann est une déformation de la colonne vertébrale en croissance dont l'évolution naturelle à long terme est le plus souvent bénigne. La déformation peut malgré tout continuer à progresser à l'âge adulte et causer des douleurs mécaniques, des complications neurologiques comme sur tout rachis dégénératif.

Il reste difficile de prédire quels patients deviendront symptomatiques en vieillissant et donc quels patients pourraient bénéficier d'un traitement chirurgical. L'analyse attentive des paramètres décrivant l'équilibre sagittal du rachis doit être soigneusement réalisée avant de proposer un traitement chirurgical dont le taux de complications graves reste élevé. Si le traitement chirurgical est retenu, la littérature semble recommander une arthrodèse vertébrale postérieure avec ostéotomie de la colonne postérieure avec une instrumentation se terminant sur la Stable Sagittal Vertebra.

Bibliographie

1. Scheuermann HW. Kyphosis dorsalis juvenalis. Ugeskr Laeger. 1920;(82):38593.
2. Ali RM, Green DW, Patel TC. Scheuermann's kyphosis. Curr Opin Pediatr. févr 1999;11(1):705.
3. Greene TL, Hensinger RN, Hunter LY. Back pain and vertebral changes simulating Scheuermann's disease. J Pediatr Orthop. févr 1985;5(1):17.
4. Cleveland RH, DeLong GR. The relationship of juvenile lumbar disc disease and Scheuermann's disease. Pediatr Radiol. févr 1981;10(3):1614.
5. Paajanen H, Alanen A, Erkontalo M, Salminen JJ, Katevuo K. Disc degeneration in Scheuermann disease. Skeletal Radiol. 1989;18(7):5236.
6. Lowe TG. Scheuermann's kyphosis. Neurosurg Clin N Am. avr 2007;18(2):30515.
7. Temponi EF, de Macedo RD, Pedrosa LOG, Fontes BPC. Scheuermann's kyphosis: comparison between the posterior approach associated with smith- petersen osteotomy and combined anterior-posterior fusion. Rev Bras Ortop. déc 2011;46(6):70917.
8. Scoles PV, Latimer BM, Digiovanni BF, Vargo E, Bauza S, Jellema LM. Vertebral alterations in Scheuermann's kyphosis. Spine. mai 1991;16(5):50915.
9. Papagelopoulos PJ, Mavrogenis AF, Savvidou OD, Mitsiokapa EA, Themistocleous GS, Soucacos PN. Current concepts in Scheuermann's kyphosis. Orthopedics. 2008;31(1):528; quiz 5960.
10. Nissinen M. Spinal posture during pubertal growth. Acta Paediatr Oslo Nor 1992. mars 1995;84(3):30812.

11. Horn SR, Poorman GW, Tishelman JC, Bortz CA, Segreto FA, Moon JY, et al. Trends in Treatment of Scheuermann Kyphosis: A Study of 1,070 Cases From 2003 to 2012. *Spine Deform.* 2019;7(1):1006.
12. Damborg F, Engell V, Nielsen J, Kyvik KO, Andersen MØ, Thomsen K. Genetic epidemiology of Scheuermann's disease. *Acta Orthop.* oct 2011;82(5):6025.
13. Hart ES, Merlin G, Harisiades J, Grottkau BE. Scheuermann's thoracic kyphosis in the adolescent patient. *Orthop Nurs.* déc 2010;29(6):36571; quiz 3723.
14. Sorensen KH. Scheuermann's juvenile kyphosis : clinical apperances, radiography, etiology and prognosis. Munksgaard. Ann Arbor, MI; 1964.
15. Wenger DR, Frick SL. Scheuermann kyphosis. *Spine.* 15 déc 1999;24(24):26309.
16. Mac-Thiong J-M, Labelle H, Berthonnaud E, Betz RR, Rousouly P. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* févr 2007;16(2):22734.
17. Blondel B, Schwab F, Ungar B, Smith J, Bridwell K, Glassman S, et al. Impact of magnitude and percentage of global sagittal plane correction on health-related quality of life at 2-years follow-up. *Neurosurgery.* août 2012;71(2):3418; discussion 348.
18. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine.* 15 sept 2005;30(18):20249.
19. Lafage V, Schwab F, Vira S, Patel A, Ungar B, Farcy J-P. Spino-pelvic parameters after surgery can be predicted: a preliminary formula and validation of standing alignment. *Spine.* juin 2011;36(13):103745.
20. Mac-Thiong J-M, Transfeldt EE, Mehbod AA, Perra JH, Denis F, Garvey TA, et al. Can c7 plumbline and gravity line predict health related quality of life in adult scoliosis? *Spine.* 1 juill 2009;34(15):E519-527.
21. Gokce E, Beyhan M. Radiological imaging findings of scheuermann disease. *World J Radiol.* 28 nov 2016;8(11):895901.
22. Solomou A, Kraniotis P, Rigopoulou A, Petsas T. Frequent Benign, Nontraumatic, Noninflammatory Causes of Low Back Pain in Adolescents: MRI Findings. *Radiol Res Pract.* 2018;2018:7638505.
23. Bradford DS, Moe JH, Montalvo FJ, Winter RB. Scheuermann's kyphosis. Results of surgical treatment by posterior spine arthrodesis in twenty-two patients. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1975;57(4):43948.
24. Bartynski WS, Heller MT, Grahovac SZ, Rothfus WE, Kurs-Lasky M. Severe thoracic kyphosis in the older patient in the absence of vertebral fracture: association of extreme curve with age. *AJNR Am J Neuroradiol.* sept 2005;26(8):207785.
25. Propst-Proctor SL, Bleck EE. Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children. *J Pediatr Orthop.* juill 1983;3(3):3446.
26. Bernhardt M, Bridwell KH. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine.* juill 1989;14(7):71721.
27. Boseker EH, Moe JH, Winter RB, Koop SE. Determination of « normal » thoracic kyphosis: a roentgenographic study of 121 « normal » children. *J Pediatr Orthop.* déc 2000;20(6):7968.
28. Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J, et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine.* août 1982;7(4):33542.
29. Ristolainen L, Kettunen JA, Kujala UM, Heinonen A, Schlenzka D. Progression of untreated mild thoracic Scheuermann's kyphosis - Radiographic and functional assessment after mean follow-up of 46 years. *J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc.* juill 2017;22(4):6527.
30. Murray PM, Weinstein SL, Spratt KF. The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis. *J Bone Joint Surg Am.* févr 1993;75(2):23648.
31. Ristolainen L, Kettunen JA, Heliövaara M, Kujala UM, Heinonen A, Schlenzka D. Untreated Scheuermann's disease: a 37-year follow-up study. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* mai 2012;21(5):81924.
32. Weiss H-R, Dieckmann J, Gerner H-J. Effect of intensive rehabilitation on pain in patients with Scheuermann's disease. *Stud Health Technol Inform.* 2002;88:2547.
33. Riddle EC, Bowen JR, Shah SA, Moran EF, Lawall H. The duPont kyphosis brace for the treatment of adolescent Scheuermann kyphosis. *J South Orthop Assoc.* 2003;12(3):13540.
34. Arlet V, Schlenzka D. Scheuermann's kyphosis: surgical management. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* nov 2005;14(9):81727.
35. Coe JD, Smith JS, Berven S, Arlet V, Donaldson W, Hanson D, et al. Complications of spinal fusion for scheuermann kyphosis: a report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee. *Spine.* 1 janv 2010;35(1):99103.
36. Jain A, Sponseller PD, Kebaish KM, Mesfin A. National Trends in Spinal Fusion Surgery For Scheuermann Kyphosis. *Spine Deform.* janv 2015;3(1):526.

37. Bradford DS, Ahmed KB, Moe JH, Winter RB, Lonstein JE. The surgical management of patients with Scheuermann's disease: a review of twenty-four cases managed by combined anterior and posterior spine fusion. *J Bone Joint Surg Am.* juill 1980;62(5):70512.
38. Behrbalk E, Uri O, Parks RM, Grevitt MP, Rickert M, Boszczyk BM. Posterior-only correction of Scheuermann kyphosis using pedicle screws: economical optimization through screw density reduction. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* oct 2014;23(10):220310.
39. Geck MJ, Macagno A, Ponte A, Shufflebarger HL. The Ponte procedure: posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation. *J Spinal Disord Tech.* déc 2007;20(8):58693.
40. Koptan WMT, Elmiligui YH, Elsebaie HB. All pedicle screw instrumentation for Scheuermann's kyphosis correction: is it worth it? *Spine J Off J North Am Spine Soc.* avr 2009;9(4):296302.
41. Lonner BS, Newton P, Betz R, Scharf C, Michael O'Brien, Sponseller P, et al. Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: radiographic outcomes, complications, and technique. *Spine.* 15 nov 2007;32(24):264452.
42. Lee SS, Lenke LG, Kuklo TR, Valenté L, Bridwell KH, Sides B, et al. Comparison of Scheuermann kyphosis correction by posterior-only thoracic pedicle screw fixation versus combined anterior/posterior fusion. *Spine.* 15 sept 2006;31(20):231621.
43. Hosman AJ, Langeloo DD, de Kleuver M, Anderson PG, Veth RP, Slot GH. Analysis of the sagittal plane after surgical management for Scheuermann's disease: a view on overcorrection and the use of an anterior release. *Spine.* 15 janv 2002;27(2):16775.
44. Poolman RW, Been HD, Ubags LH. Clinical outcome and radiographic results after operative treatment of Scheuermann's disease. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* déc 2002;11(6):5619.
45. Polly DW, Ledonio CGT, Diamond B, Labelle H, Sucato DJ, Hresko MT, et al. What Are the Indications for Spinal Fusion Surgery in Scheuermann Kyphosis? *J Pediatr Orthop.* juin 2019;39(5):21721.
46. Herndon WA, Emans JB, Micheli LJ, Hall JE. Combined anterior and posterior fusion for Scheuermann's kyphosis. *Spine.* avr 1981;6(2):12530.
47. Taylor TC, Wenger DR, Stephen J, Gillespie R, Bobechko WP. Surgical management of thoracic kyphosis in adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* juin 1979;61(4):496503.
48. Lowe TG. Double L-rod instrumentation in the treatment of severe kyphosis secondary to Scheuermann's disease. *Spine.* mai 1987;12(4):33641.
49. Otsuka NY, Hall JE, Mah JY. Posterior fusion for Scheuermann's kyphosis. *Clin Orthop.* févr 1990;(251):1349.
50. Tribus CB. Scheuermann's kyphosis in adolescents and adults: diagnosis and management. *J Am Acad Orthop Surg.* févr 1998;6(1):3643.
51. Tsirikos AI. Scheuermann's Kyphosis: an update. *J Surg Orthop Adv.* 2009;18(3):1228.
52. Speck GR, Chopin DC. The surgical treatment of Scheuermann's kyphosis. *J Bone Joint Surg Br.* mars 1986;68(2):18993.
53. Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease. A review of 32 patients. *Spine.* 1 août 1994;19(15):16805.
54. Lenke LG. Kyphosis of the thoracic and thoracolumbar spine in the pediatric patient: prevention and treatment of surgical complications. *Instr Course Lect.* 2004;53:50110.
55. Papagelopoulos PJ, Klassen RA, Peterson HA, Dekutoski MB. Surgical treatment of Scheuermann's disease with segmental compression instrumentation. *Clin Orthop.* mai 2001;(386):13949.
56. Palazzo C, Sailhan F, Revel M. Scheuermann's disease: an update. *Jt Bone Spine Rev Rhum.* mai 2014;81(3):20914.
57. Johnston CE, Elerson E, Dagher G. Correction of adolescent hyperkyphosis with posterior-only threaded rod compression instrumentation: is anterior spinal fusion still necessary? *Spine.* 1 juill 2005;30(13):152834.
58. Koller H, Lenke LG, Meier O, Zenner J, Umschlaeger M, Hempfing A, et al. Comparison of Anteroposterior to Posterior-Only Correction of Scheuermann's Kyphosis: A Matched-Pair Radiographic Analysis of 92 Patients. *Spine Deform.* mars 2015;3(2):1928.
59. Lim M, Green DW, Billingham JE, Huang RC, Rawlins BA, Widmann RF, et al. Scheuermann kyphosis: safe and effective surgical treatment using multisegmental instrumentation. *Spine.* 15 août 2004;29(16):178994.
60. Denis F, Sun EC, Winter RB. Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: minimum five-year follow-up. *Spine.* 15 sept 2009;34(20):E729-734.
61. Riouallon G, Morin C, Charles Y-P, Roussouly P, Kreichati G, Obeid I, et al. Posterior-only versus combined anterior/posterior fusion in Scheuermann disease: a large retrospective study. *Eur Spine J Off*

- Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc. 2018;27(9):232230.
62. Yun C, Shen CL. Anterior release for Scheuermann's disease: a systematic literature review and meta-analysis. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 2017;26(3):9217.
63. Etemadifar M, Ebrahimzadeh A, Hadi A, Feizi M. Comparison of Scheuermann's kyphosis correction by combined anterior-posterior fusion versus posterior-only procedure. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 2016;25(8):25806.
64. Mirzashahi B, Chehrassan M, Arfa A, Farzan M. Severe rigid Scheuermann kyphosis in adult patients; correction with posterior-only approach. *Musculoskelet Surg.* déc 2018;102(3):25760.
65. Cobden A, Albayrak A, Camurcu Y, Sofu H, Tacal T, Kaygusuz MA. Posterior-Only Approach with Pedicle Screws for the Correction of Scheuermann's Kyphosis. *Asian Spine J.* août 2017;11(4):5139.
66. Huq S, Ehresman J, Cottrill E, Ahmed AK, Pennington Z, Westbroek EM, et al. Treatment approaches for Scheuermann kyphosis: a systematic review of historic and current management. *J Neurosurg Spine.* 1 nov 2019;113.
67. Ponte A, Vero B, Siccardi G. Surgical treatment of Scheuermann's hyperkyphosis. In: *Progress in spinal fusion : kyphosis.* Winter RB. Bologna: Aulo Gaggi; 1984. p. 7581.
68. Winter RB, Hall JE. Kyphosis in childhood and adolescence. *Spine.* déc 1978;3(4):285308.
69. Kim YB, Lenke LG, Kim YJ, Kim Y-W, Blanke K, Stobbs G, et al. The morbidity of an anterior thoracolumbar approach: adult spinal deformity patients with greater than five-year follow-up. *Spine.* 15 avr 2009;34(8):8226.
70. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, Benaim C, Moulleseaux B, Marty C, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* avr 2006;15(4):41522.
71. Koller H, Juliane Z, Umstaetter M, Meier O, Schmidt R, Hitzl W. Surgical treatment of Scheuermann's kyphosis using a combined antero-posterior strategy and pedicle screw constructs: efficacy, radiographic and clinical outcomes in 111 cases. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* janv 2014;23(1):18091.
72. Lafage V, Bharucha NJ, Schwab F, Hart RA, Burton D, Boachie-Adjei O, et al. Multicenter validation of a formula predicting postoperative spinopelvic alignment. *J Neurosurg Spine.* janv 2012;16(1):1521.
73. Mac-Thiong J-M, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* sept 2011;20 Suppl 5:58690.
74. Nasto LA, Perez-Romera AB, Shalabi ST, Quraishi NA, Mehdi H. Correlation between preoperative spinopelvic alignment and risk of proximal junctional kyphosis after posterior-only surgical correction of Scheuermann kyphosis. *Spine J Off J North Am Spine Soc.* avr 2016;16(4 Suppl):S26-33.
75. Zhu W, Sun X, Pan W, Yan H, Liu Z, Qiu Y, et al. Curve patterns deserve attention when determining the optimal distal fusion level in correction surgery for Scheuermann kyphosis. *Spine J Off J North Am Spine Soc.* sept 2019;19(9):152939.
76. Gong Y, Yuan L, He M, Yu M, Zeng Y, Liu X, et al. Comparison Between Stable Sagittal Vertebra and First Lordotic Vertebra Instrumentation for Prevention of Distal Junctional Kyphosis in Scheuermann Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *Clin Spine Surg.* oct 2019;32(8):3306.
77. Cho K-J, Lenke LG, Bridwell KH, Kamiya M, Sides B. Selection of the optimal distal fusion level in posterior instrumentation and fusion for thoracic hyperkyphosis: the sagittal stable vertebra concept. *Spine.* 15 avr 2009;34(8):76570.
78. Yanik HS, Ketenci IE, Coskun T, Ulusoy A, Erdem S. Selection of distal fusion level in posterior instrumentation and fusion of Scheuermann kyphosis: is fusion to sagittal stable vertebra necessary? *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* févr 2016;25(2):5839.
79. Lundine K, Turner P, Johnson M. Thoracic hyperkyphosis: assessment of the distal fusion level. *Glob Spine J.* juin 2012;2(2):6570.
80. Kim HJ, Nemani V, Boachie-Adjei O, Cunningham ME, Iorio JA, O'Neill K, et al. Distal Fusion Level Selection in Scheuermann's Kyphosis: A Comparison of Lordotic Disc Segment Versus the Sagittal Stable Vertebrae. *Glob Spine J.* mai 2017;7(3):2549.
81. Mikhaylovskiy MV, Sorokin AN, Novikov VV, Vasyura AS. Selection Of The Optimal Level Of Distal Fixation For Correction Of Scheuermann's Hyperkyphosis. *Folia Med (Plovdiv).* mars 2015;57(1):2936.
82. Dikici F, Akgul T, Sariyilmaz K, Korkmaz M, Ozkunt O, Sar C, et al. Selection of distal fusion level in terms of distal junctional kyphosis in Scheuermann kyphosis. A comparison of 3 methods. *Acta Orthop Traumatol Turc.* janv 2018;52(1):711.

DOI : 10.34814/SOFOP-2020-011