

INNOVATIONS 2019

EN CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE ET TRAUMATOLOGIE

L'année 2019 nous amène à évoquer trois thématiques : l'apport de l'imagerie 3D dans la planification des arthroplasties de l'épaule, la reconstruction articulaire du coude par greffe ostéoarticulaire taillée en miroir et enfin la chirurgie de la scoliose par modulation de croissance, sans fusion vertébrale.

La pathologie de l'épaule est une des plus fréquentes du système locomoteur, touchant environ la moitié de la population. L'arthrose gléno-humérale, quelle que soit son étiologie, peut justifier le recours à un remplacement prothétique. Le devenir de ces implants n'atteint cependant pas le taux de survie des implants prothétiques de la hanche et du genou. La sévérité des pertes osseuses, particulièrement au niveau de la glène de l'omoplate, et la difficulté d'orienter avec précision les implants rend compte pour une bonne part d'échecs fréquents et trop précoces. La planification de la chirurgie à l'aide d'un logiciel de planification à partir de reconstructions 3D scanner permet d'anticiper ces problèmes et d'établir une stratégie chirurgicale adaptée.

Le devenir des arthroplasties du coude dans le temps reste limité, particulièrement chez le sujet jeune et actif. L'utilisation d'une reconstruction ostéochondrale permet de postposer le recours à l'arthroplastie de plusieurs années. Cette chirurgie difficile par la nécessité d'une congruence articulaire parfaite est actuellement rendue possible par l'usage d'une planification en miroir à partir de l'articulation saine et la sélection de l'allogreffe la plus appropriée sur base de l'imagerie scanner. La chirurgie est rendue possible par la mise à disposition du chirurgien de guides de coupe pour l'articulation lésée et l'allogreffe, assurant la correction avec exactitude, conformément à la planification préopératoire.

La scoliose atteint principalement une population jeune et tend à s'aggraver avec la croissance. Jusqu'à présent, la chirurgie visait à rétablir l'équilibre sagittal du rachis en bloquant les segments osseux afin de prévenir toute nouvelle déformation. Cette stratégie concentrait les contraintes sur les segments du rachis laissés libres de l'instrumentation et de la fusion osseuse avec potentiellement des pathologies discoradiculaires secondaires dans ces niveaux. Le concept d'utiliser la croissance résiduelle du rachis pour corriger la déformation a été récemment introduit. Plutôt que de bloquer définitivement la colonne, le matériel est positionné pour freiner la croissance du côté de la courbure et laissé le côté concave poursuivre celle-ci et corriger la déformation. Il s'agit de la modulation de croissance. Dans cette configuration, la colonne n'est plus bloquée et conserve sa souplesse.

Xavier Libouton¹, Nathalie Pireau¹, Simon Vandergugten¹, Vincent Cunin², Jean-Emile Dubuc, Philippe Mahaudens, Nadia Irda, Maïte Van Cauter, Ludovic Kaminski, Karim Tribak, Dan Putineanu, David Mathieu, Daniel Morcillo, Loïc Thoreau, Alin Sirbu, Vincent Druetz, Thomas Schubert, Jean-Cyr Yombi, Pierre-Louis Docquier, Xavier Banse, Emmanuël Thienpont, Olivier Barbier, Olivier Cornu

2019 innovations in orthopaedic surgery and traumatology

The year 2019 has provided us three major themes: the contribution of 3D imaging in the planning of shoulder replacements, joint reconstruction of the elbow by mirrored osteoarticular graft, and finally scoliosis surgery by modulation of growth, without vertebral fusion. Shoulder disease is one of the most common conditions involving the musculoskeletal system, affecting about half of the patients with musculoskeletal complaints. Gleno-humeral osteoarthritis, whatever its etiology, may justify prosthetic replacement. However, the fate of these implants does not attain the survival rates of prosthetic hip and knee implants. The severity of bone loss, particularly within the scapula, and the difficulty of precisely orientating implants both account for a large part of common and too early failures. Planning surgery using planning software from 3D reconstruction scans can anticipate these problems and enable us to establish an appropriate surgical strategy.

The fate of elbow replacements remains limited over time, especially in the young and active subject. Using osteochondral reconstruction allows us to postpone arthroplasty for several years. The need for perfect joint congruence is currently made possible via mirror planning from the healthy joint and selection of the most appropriate allograft based on scanner imaging. Surgery is made possible by the surgeon's provision of cutting guides for the injured joint and allograft, ensuring accurate correction, in accordance with preoperative planning.

Scoliosis mainly affects a young population, tending to worsen with growth. Until now, surgery has been aimed at restoring the spine's sagittal balance by fusion of the bony segments to prevent further deformation. This strategy has implemented constraints on the spine segments left free of instrumentation and bone fusion with potentially secondary discoradicular pathologies at these levels. The concept of using residual spine growth to correct deformation has recently been introduced. Rather than permanently fusing the column, the material is positioned to slow the growth on the curvature's convex side and let the concave side continue to grow and correct the deformation. This is growth modulation. In this configuration, the column is no longer blocked and retains its flexibility.

KEY WORDS

Shoulder replacement, elbow replacement, scan planning, 3D imaging, allograft reconstruction, cutting guides, scoliosis, growth modulation

MOTS-CLÉS ► Arthroplastie de l'épaule, arthroplastie du coude, planification scanner, imagerie 3D, reconstruction par allogreffe, guides de coupe, scoliose, modulation de croissance

SOMMAIRE

Utilisation de CT-Scan 3D pour la planification des prothèses d'épaule
Nathalie Pireau, Jean-Emile Dubuc

Planification tridimensionnelle et reconstruction complexe du coude
Xavier Libouton, Olivier Barbier

Correction des scoliozes par modulation de croissance. État des lieux
Simon Vandergugten, Philippe Mahaudens, Nadia Irda, Ludovic Kaminski, Xavier Banse, Pierre-Louis Docquier, Vincent Cunin

AFFILIATIONS

Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie, Cliniques universitaires Saint-Luc UCL, Université catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique.

1 Contributeurs équivalents

2 Service de chirurgie orthopédique et traumatologique pédiatrique. Hôpital Femmes Mères Enfants - CHU de Lyon

CORRESPONDANCE

Pr Oliver Cornu
Cliniques universitaires Saint-Luc
Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
Avenue Hippocrate 10, B-1200 Bruxelles

Utilisation de CT-Scan 3D pour la planification des prothèses d'épaule

Nathalie Pireau, Jean-Emile Dubuc

La douleur à l'épaule est une plainte fréquente, avec une prévalence annuelle de la population allant jusqu'à 46,7% et une prévalence au cours de la vie allant jusqu'à 66,7%. Une étude menée aux Pays-Bas a montré que bien que l'incidence des consultations d'épaule en médecine générale atteignait 29,3 pour 1000 années-personnes, la charge de travail des médecins généralistes était généralement faible, car près de la moitié de ces patients ne consultaient leur médecin généraliste qu'une seule fois pour leur plainte à l'épaule. L'anamnèse et l'examen clinique sont la clé de voûte du diagnostic des douleurs à l'épaule. L'imagerie est orientée en fonction de la suspicion clinique de la pathologie mais doit néanmoins toujours comporter une radiographie standard de l'épaule.

L'arthroplastie d'épaule peut être indiquée en cas d'arthrose gléno-humérale, d'ostéonécrose, de certaines fractures complexes de l'humérus proximal ou de ruptures massives et irréparables de la coiffe des rotateurs. Il existe deux types d'implants qui seront posés en fonction de l'état des tendons de la coiffe des rotateurs: la prothèse d'épaule anatomique et la prothèse d'épaule inversée.

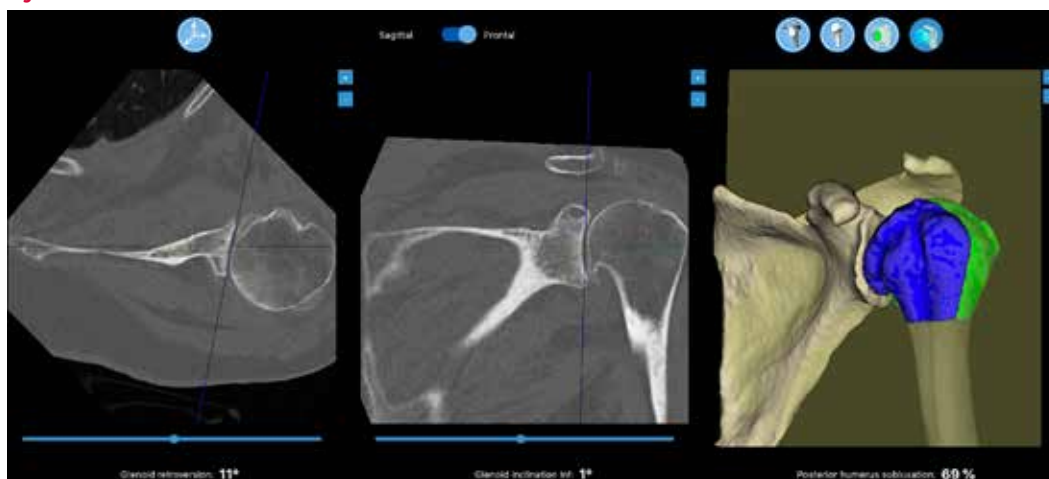
Les bons résultats à long terme d'une prothèse totale d'épaule dépendent de la capacité du chirurgien à identifier, non seulement la sévérité des pertes osseuses, mais aussi la position et l'orientation des implants (version, inclinaison). Un mauvais positionnement prothétique, à savoir un excès de rétroversion et/ou d'inclinaison glénoïdienne ($>10^\circ$),

expose le patient à des complications majeures telles le descellement précoce et l'instabilité.

Actuellement, le CT-scan est considéré comme le gold standard pour évaluer la version et l'inclinaison de la glène, permettant au chirurgien de calculer en préopératoire la correction nécessaire pour le positionnement optimal des implants. Des études récentes ont montré que le CT-scan avec reconstructions 3D était plus fiable pour calculer la version et l'inclinaison glénoïdienne que le CT-scan standard 2D.

En pratique, le médecin généraliste prescrit en première intention une radiographie standard d'épaule, éventuellement associée à une échographie pour pouvoir évaluer les structures osseuses et les tendons de la coiffe des rotateurs. Le médecin généraliste va référer le patient au chirurgien orthopédique qui, s'il retient une indication chirurgicale d'arthroplastie d'épaule, prescrira un scanner de l'épaule sans injection et selon un protocole bien défini (coupes inférieures à 0.6mm et champ de vue inférieur à 20cm avec au moins 400 coupes natives, réalisées en rotation neutre). Le chirurgien va ensuite envoyer les images du scanner réalisé sur le logiciel d'analyse d'image Glenosys (Imascap, Plouzané, France). Le logiciel d'analyse d'image Glenosys permet une reconstruction 3D rapide et automatique de la scapula ainsi que des mesures 3D fiables de la scapula (Figure 1).

Figure 1.



Planification préopératoire d'une prothèse totale d'épaule anatomique avec le logiciel d'analyse d'image (Glenosys ; Imascap) permettant une mesure 3D automatique de la version et de l'inclinaison, ainsi que la mesure de la subluxation postérieure de l'humérus

La planification préopératoire des prothèses d'épaule avec un CT-scan 3D permet au chirurgien, non seulement d'anticiper les éventuelles difficultés techniques chirurgicales ainsi que les types d'implants nécessaires (Figure 2), mais aussi d'améliorer la précision dans le

positionnement des implants avec une visualisation virtuelle préopératoire des implants (Figure 3). Elle offre également la possibilité d'obtenir un guide patient-spécifique, ce qui est recommandé pour les glènes complexes avec une rétroversion sévère ($>10^\circ$).

Figure 2. Planning préopératoire du chirurgien déterminant la taille et le positionnement de l'implant glénoïdien pour une prothèse totale d'épaule anatomique

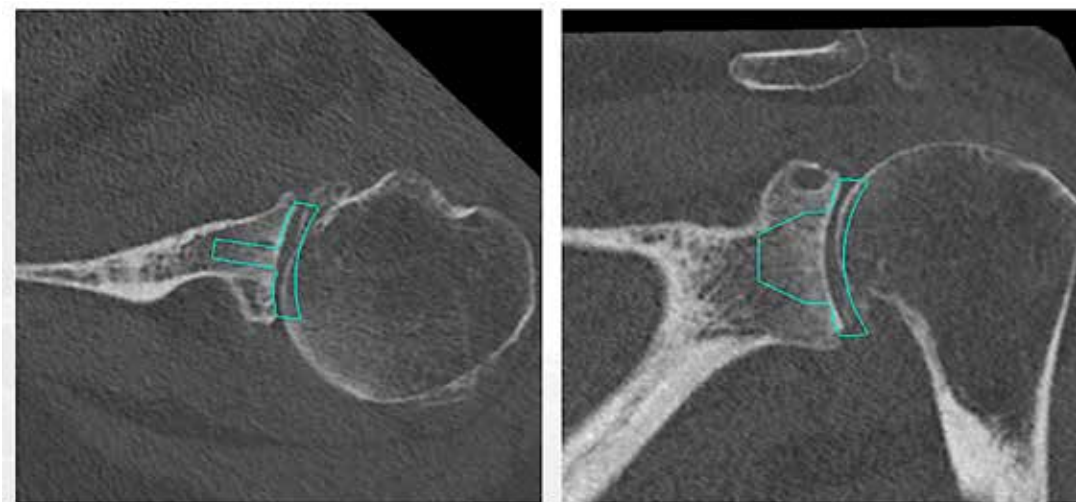
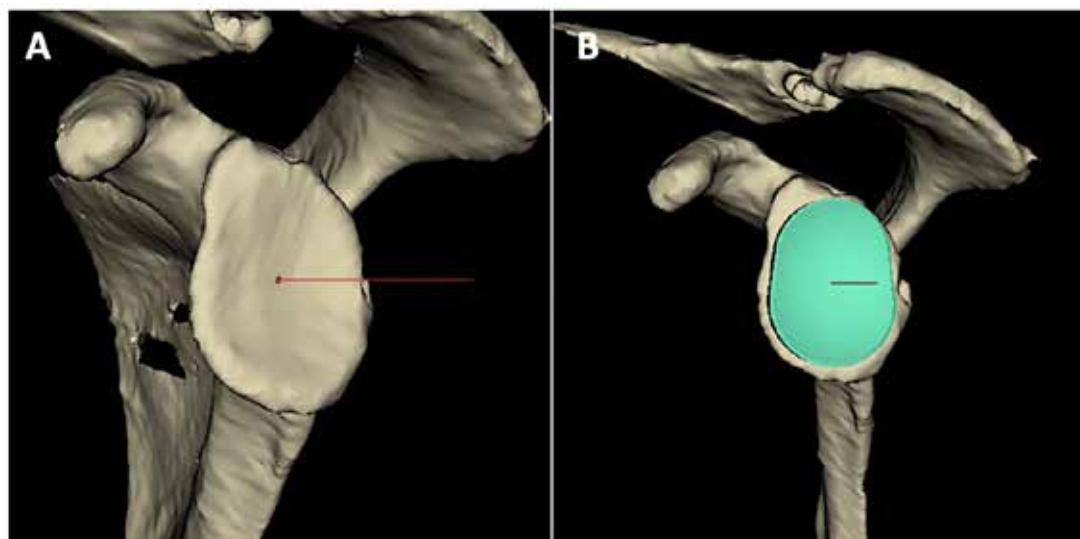


Figure 3. A. Vue 3D avec l'axe en rouge indiquant au chirurgien la position planifiée du point d'entrée (version et inclinaison) du guide pour l'alésage de la glène. B. Visualisation virtuelle préopératoire de l'implant glénoïdien



RÉFÉRENCES

1. Artus M, van der Windt DA, Afolabi EK, Buchbinder R, Chesterton LS, Hall A, Roddy E, Foster NE. Management of shoulder pain by UK general practitioners (GPs): a national survey. *BMJ Open*. 2017;7: e015711. doi:10.1136/bmjopen-2016-015711.
2. Greving K, Dorrestijn O, Winters JC, Groenhof F, van der Meer K, Stevens M, Diercks RL. Incidence, prevalence, and consultation rates of shoulder complaints in general practice. *Scand J Rheumatol*. 2012;41:150-5. doi:10.3109/03009742.2011.605390.
3. Boileau P, Cheval D, Gauci MO, Holzer N, Chaoui J, Walch G. Automated Three-Dimensional Measurement of Glenoid Version and Inclination in Arthritic Shoulders. *J Bone Joint Surg Am*. 2018;100:57-65. doi:10.2106/JBJS.16.01122.
4. Jacquot A, Gauci MO, Chaoui J, Baba M, Deransart P, Boileau P, Mole D, Walch G. Proper benefit of a three dimensional pre-operative planning software for glenoid component positioning in total shoulder arthroplasty. *Int Orthop*. 2018 ;42:2897-2906. doi: 10.1007/s00264-018-4037-1.

Planification tridimensionnelle et reconstruction complexe du coude

Xavier Libouton, Olivier Barbier

Le coude est une articulation primordiale de l'être humain. En effet, il permet de porter la main à la bouche et par conséquent l'accomplissement de tâches aussi essentielles que boire ou manger. Un traumatisme sévère du coude rimerait donc avec une atteinte fonctionnelle importante. La prise en charge chirurgicale de ce type de lésion n'est pas toujours évidente.

Le coude anatomiquement parlant est formé par 3 articulations : l'articulation huméro-ulnaire, l'articulation huméro-radiale et l'articulation radio-ulnaire proximale

Nous nous focaliserons ici sur les traumatismes affectant la palette humérale. La prise en charge d'une fracture de la palette humérale dépend actuellement de l'âge de survenue du traumatisme. Les grandes tendances thérapeutiques actuelles sont les suivantes : l'embrochage percutané sera favorisé chez l'enfant, l'ostéosynthèse à foyer ouvert sera la règle auprès de la personne active alors que le recours à l'arthroplastie totale de coude sera facilement envisagé chez la personne âgée.

Le problème récurrent de l'arthroplastie reste la durée de vie des implants (entre 15 et 20 ans). En cas d'échec d'une ostéosynthèse ou d'un embrochage de palette humérale, la question des suites thérapeutiques à apporter reste ouverte et débattue. Récemment, une nouvelle alternative thérapeutique à l'arthroplastie à vue le jour : l'usage d'une allogreffe avec planification tridimensionnelle pré- et péri-opératoire.

La procédure est la suivante : réalisation d'un scanner du côté sain et du côté atteint afin d'établir précisément le statu lésionnel (Figure 4), reconstruction tridimensionnelle et planification des plans de coupe (Figure 5), recherche de l'allogreffe la plus compatible au niveau de la banque de tissu (l'ensemble des allogreffes sont maintenant scannées), réalisation de guides de coupes par impression tridimensionnelle pour assister la chirurgie (3D Side®), réalisation des différents plans de coupe préalablement planifiés grâce aux guides au niveau du site receveur, découpe de l'allogreffe grâce aux mêmes guides de coupe (Figure 6), mise en place et stabilisation de l'allogreffe ainsi sculptée au niveau du site receveur (Figure 7).

L'intérêt réel de cette nouvelle approche thérapeutique est d'offrir une alternative sérieuse à l'arthroplastie tout en ne l'excluant pas par la suite. En effet, le recours à l'allogreffe autorise un gain d'années de vie au patient en décalant le plus possible l'arthroplastie. Plus l'âge de mise en place d'une prothèse est précoce plus les chirurgies de reprises souvent très traumatisantes pour le patient seront inévitables. Cela constitue donc un avantage certain.

Figure 4. Nécrose de la trochlée humérale suite à une fracture traitée initialement par un embrochage chez une patiente de 13 ans



Figure 5. Planification préopératoire des plans de coupes et des guides de coupes pour la chirurgie sur une vue antérieure et postérieure de la palette humérale (3D Side®)

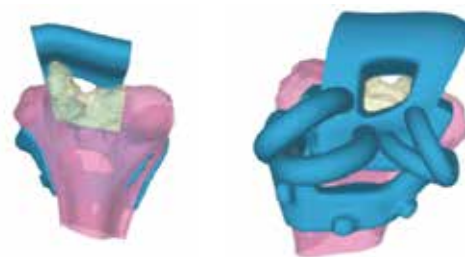
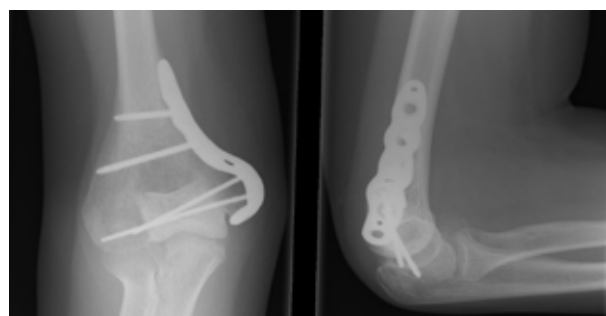


Figure 6. Vue peropératoire de la découpe l'allogreffe rendue extrêmement précise grâce à la planification préopératoire et la création des guides de coupes qui a découlé



Figure 7. Radiographie de face et de profil réalisée en post-opératoire montrant la parfaite reconstruction et congruence de l'articulation huméro-ulnaire



RÉFÉRENCES

1. Lauder A, Richard MJ. Management of distal humerus fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020. doi: 10.1007/s00590-020-02626-1.Review.
2. Barco R, Streubel PN, Morrey BF, Sanchez-Sotelo J. Total Elbow Arthroplasty for Distal Humeral Fractures: A Ten-Year-Minimum Follow-up Study. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99:1524-1531. doi: 10.2106/JBJS.16.01222.
3. Sys G, Eykens H, Lenaerts G, Shumelinsky F, Robbrecht C, Poffyn B. Accuracy assessment of surgical planning and three-dimensional-printed patient-specific guides for orthopaedic osteotomies. *Proc Inst Mech Eng H*. 2017;231:499-508. doi: 10.1177/0954411917702177.

Correction des scolioses par modulation de croissance. État des lieux

Simon Vandergugten, Philippe Mahaudens, Nadia Irda, Ludovic Kaminski, Xavier Banse, Pierre-Louis Docquier, Vincent Cunin

La scoliose idiopathique est une pathologie qui survient pendant la croissance. Lorsqu'elle évolue au-delà d'un certain angle, elle peut, à moyen et long terme, retentir sévèrement sur la qualité de vie par évolution arthrosique et diminution de la fonction respiratoire. Cela justifie un dépistage précoce, un suivi régulier, la mise en place d'un traitement par corset si la scoliose évolue et, lorsque la scoliose est trop sévère, un traitement chirurgical. Le traitement chirurgical de référence est l'arthrodèse vertébrale. Il permet de redresser la colonne vertébrale mais fusionne définitivement les vertèbres scoliothiques entre elles. Cette fusion est synonyme d'une perte de fonction de mobilité de la colonne vertébrale mais également, un retentissement sur la participation à l'équilibre postural de la colonne vertébrale. Des pathologies aux jonctions entre le segment rigide arthrodésé et les segments laissés souples au-dessus ou au-dessous de l'arthrodèse peuvent apparaître et imposer des chirurgies itératives de même que l'usure à long terme du segment lombaire non arthrodésé.

La modulation de croissance rachidienne est une intervention chirurgicale alternative à l'arthrodèse. Elle utilise le potentiel de croissance de l'enfant porteur d'une scoliose pour participer à la correction de la déformation. Elle reprend les principes d'une épiphysiodèse convexe mais en utilisant une instrumentation souple sans greffe. Elle s'inspire du traitement par modulation de croissance réalisé pour corriger par épiphysiodèse asymétrique sans greffe, un défaut d'axe du genou à l'aide d'une plaque en 8.

PRINCIPES DE LA MODULATION DE CROISSANCE PAR LIGAMENT VERTÉBRAL ANTÉRIEUR

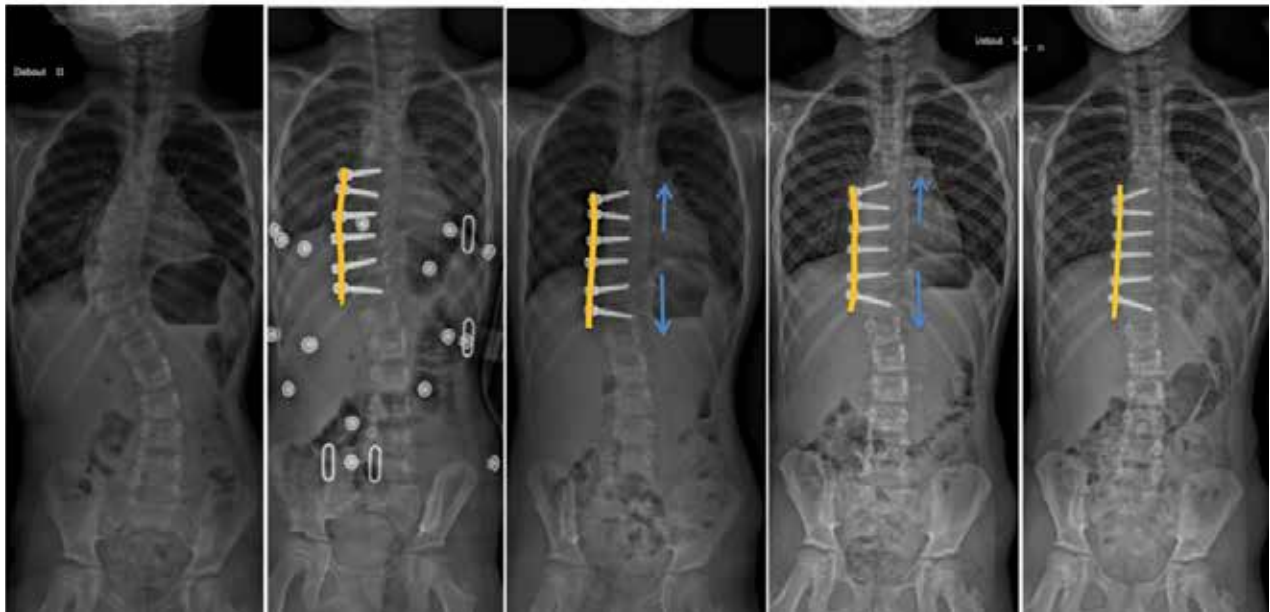
La modulation de croissance par ligament antérieur (*Vertebral Body Tethering*) consiste à positionner un ligament inextensible sur la convexité d'une scoliose et d'unir ce ligament avec les corps vertébraux par l'intermédiaire de vis corporeales (Figure 8).

Figure 8. Ligament fixé par des vis sur la face latérale des corps vertébraux



Ce montage permet de réduire la déformation scoliothique par mise en compression des vis le long du ligament, au moment de la chirurgie. Ensuite le ligament doit permettre de brider la croissance de la convexité en laissant la croissance se poursuivre dans la concavité permettant une correction progressive de la scoliose en fonction de la croissance restante du rachis (Figure 9).

Figure 9. Correction progressive d'une scoliose traitée par modulation de croissance



Techniquement il est possible et avantageux de réaliser cette chirurgie de façon mini-invasive afin de respecter au maximum la fonction de la colonne vertébrale et de perturber le moins possible le fonctionnement du thorax. Ainsi les vis sont mises en place sous thoracoscopie pour les scolioses thoraciques et il est le plus souvent possible sans ouvrir le diaphragme d'instrumenter jusqu'en L1 vers le bas tandis que vers le haut, il est difficile de remonter au-dessus de T4. Le ligament est ensuite solidarisé aux têtes de vis et mis sous tension. Il est impératif pour réaliser cette procédure d'exclure le poumon du côté de la convexité. Elle nécessite donc des protocoles d'anesthésie spécifiques. Le point d'entrée des vis sur la face latérale convexe des vertèbres et leur direction sont contrôlés par radioscopie peropératoire. L'idéal étant de planifier la taille et direction des implants sur l'IRM préopératoire et utiliser une navigation peropératoire qui a le désavantage de nécessiter un CT-Scanner peropératoire. Des incisions de 2 cm sont réalisées sur la ligne axillaire moyenne chez un patient en décubitus latéral. Chaque incision permettant d'accéder à deux ou trois espaces intercostaux et à instrumenter deux ou trois vertèbres.

INDICATIONS

L'indication de référence est une scoliose idiopathique ou équivalente, suffisamment évoluée pour que l'on puisse considérer que cette scoliose va nécessiter la réalisation d'une arthrodesis. Elle nécessite également un potentiel de croissance suffisant pour espérer moduler la croissance. Actuellement :

- angle de Cobb au-delà de 40°, mais en dessous de 70°. Entre 30 et 40° lorsqu'existe des signes de gravité : scoliose déséquilibrée, forte rotation vertébrale, évolutivité malgré

un traitement orthopédique bien conduit ;

- courbure suffisamment souple (correction idéalement d'au moins 50% sur les bendings) ;
- maturation osseuse inférieure ou égale à Risser 1, âge osseux supérieur ou égal à 9/10 ans chez les filles, 11/12 ans chez les garçons.

Enfin, on rappelle que le traitement orthopédique reste le traitement le moins invasif qui a fait la preuve de son efficacité. Il n'est pas question de réaliser une modulation de croissance pour une scoliose de moins de 30° en remplacement d'un traitement par corset. Cette attitude évoluera peut-être avec les progrès réalisés dans l'évaluation du pronostic de l'évolutivité des scolioses notamment grâce aux indices évolutifs corrélés aux indices de torsion vertébrale.

RISQUES ET COMPLICATIONS

Deux complications chirurgicales gravissimes sont théoriques et n'ont pas été rapportées dans les séries de patients publiées : 1. Traumatisme médullaire par vissage intracanalair. Le point de pénétration doit se situer devant les têtes de côtes. Mais l'appréciation de la direction à prendre dans le corps vertébral peut être rendue difficile par la rotation vertébrale. 2. Traumatisme vasculaire et en particulier lésion de l'aorte qui chemine sur la face antéro-latérale gauche des corps vertébraux. Une imagerie IRM préopératoire permet de bien visualiser les rapports de l'aorte avec les corps vertébraux. Les vis doivent être de longueur adaptée avec une extrémité mousse.

Le patient présente en postopératoire un pneumo/hémithorax, un drain pleural est systématiquement mis en place. Enfin, il n'est pas rare d'observer de manière immédiate ou différée le balayage d'une vis par défaut

d'ancrage des vis. Ce problème est normalement contrôlé par l'usage de vis à filetage adapté et une mise en tension modérée du câble.

À moyen terme, les risques de la technique sont : la rupture du câble et l'hypercorrection.

À plus long terme, on peut craindre également : une dégénérescence discale liée à l'hyperpression qui s'exerce sur les disques et complications respiratoires à long terme liées au matériel ou aux adhérences liées à la chirurgie.

RECU

La description initiale du premier cas a été rapportée par Crawford et Lenke en 2010. Il s'agissait d'un enfant opéré à l'âge de huit ans pour une scoliose idiopathique thoracique droite de 40°. L'angle de Cobb était à 25° en postopératoire, 18° à 2 ans et 6° résiduel 4 ans après la chirurgie. Des clichés en bending latéral ont confirmé la mobilité des disques et des vertèbres dans la zone instrumentée.

Le devenir de ce patient pendant le reste de la poussée de croissance pubertaire n'est pas décrit dans l'article et n'a pas été publié depuis. Son évolution est intéressante puisqu'il a évolué vers une hypercorrection et a dû être opéré par arthrodèse d'une scoliose thoracique gauche.

Le second et le troisième article sont issus de l'équipe de Philadelphie et rapporte les résultats à 1 puis à 2 ans post-opératoires. Onze patients ont été opérés avec un angle de Cobb moyen de 44° à un score de Risser de 0,6 en moyenne. Le Cobb post-opératoire immédiat était de 20° et l'angle moyen à 2 ans était de 13,5°. Cyphose thoracique préopératoire moyenne 21°, 22° à 2 ans. Rotation 12° au scoliomètre en préopératoire, 7° au recul. Aucune complication grave n'a été rapportée. Deux patients ont dû être réopérés pour détendre le ligament du fait d'une hypercorrection.

Newton a rapporté récemment son expérience à propos de 17 patients avec au moins 2 ans de recul. L'angle de

Cobb préopératoire était de 52°, le score de Risser était toujours à 0. L'angle de Cobb post-opératoire immédiat était en moyenne à 31° et 27° au dernier recul. Dix patients ont dû être réopérés. Quatre pour ablation du ligament pour correction complète ou hypercorrection. Un pour ajouter un ligament en lombaire. Un pour remplacement d'un ligament qui s'était rompu. Enfin quatre patients ont nécessité une arthrodèse vertébrale devant la poursuite évolutive de la scoliose. Huit patients étaient suspects de rupture de ligament.

CONCLUSION

La modulation de croissance par hauban vertébral antérieur est une technique très séduisante : notre expérience et celle de la littérature montre des corrections de scoliose qui vont jusqu'à une disparition totale de la courbure avec conservation d'une mobilité attestée par l'examen clinique et des clichés radiographiques dynamiques ; mais qui manque encore de recul. De nombreuses questions et hypothèses nécessiteront plusieurs années d'évaluations. Mais il n'est pas possible d'ignorer le caractère palliatif de l'arthrodèse vertébrale postérieure et de s'en contenter. La recherche doit poursuivre un objectif plus satisfaisant pour mieux prendre en charge les scolioses. Les progrès de la génétique et de l'imagerie permettront peut-être un jour, au moins un dépistage plus précoce des patients à risques. En cas d'évolution vers un tableau de scoliose chirurgicale la modulation de croissance propose une alternative qui apparaît aujourd'hui très intéressante. Elle donne un jour nouveau à la prise en charge de la scoliose avec des perspectives qui pourraient être très favorables pour les patients. Pour mieux comprendre les échecs observés chez certains patients, pour étayer, ou freiner, l'enthousiasme initial des promoteurs de cette technique et pour mieux en cerner les indications, il est indispensable de mettre en place des protocoles d'évaluations multicentriques de la modulation de croissance vertébrale antérieure.

RÉFÉRENCES

- 1 Jobidon-Lavergne H, Kadoury S, Knez D, Aubin CÉ. Biomechanically driven intraoperative spine registration during navigated anterior vertebral body tethering. *Phys Med Biol.* 2019;64:115008.
- 2 Aoun SG, El Ahmadieh TY, Vance AZ, Neeley O, Morrill KC. The Use of Prone Magnetic Resonance Imaging to Rule Out Tethered Cord in Patients With Structural Spine Anomalies: A Diagnostic Technical Note for Surgical Decision-making. *Cureus.* 2019;11:e4221.
- 3 Chen E, Sites BD, Rubenberg LA, Meador GD, Braun JT, Schroeck H. Characterizing Anesthetic Management and Perioperative Outcomes Associated with a Novel, Fusionless Scoliosis Surgery in Adolescents. *AANA J.* 2019;87:404-410.
- 4 Newton PO, Kluck DG, Saito W, Yaszay B, Bartley CE, Bastrom TP. Anterior Spinal Growth Tethering for Skeletally Immature Patients with Scoliosis: A Retrospective Look Two to Four Years Postoperatively. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100:1691-1697.
- 5 Cobetto N, Aubin CE, Parent S. Surgical Planning and Follow-up of Anterior Vertebral Body Growth Modulation in Pediatric Idiopathic Scoliosis Using a Patient-Specific Finite Element Model Integrating Growth Modulation. *Spine Deform.* 2018;6:344-350.