

LES HERNIES DISCALES LOMBAIRES À L'ÂGE PÉDIATRIQUE

T. SAINT DENIS

Les hernies discales lombaires (HDL) sont une cause rare de morbidité dans la population pédiatrique qui peut impacter la continuité scolaire, sociale et sportive.

La fréquence et les conséquences en terme de santé publique de la même pathologie dans la population adulte ont déjà permis des attitudes et des recommandations consensuelles dans la communauté médicale. Néanmoins ces habitudes ne semblent pas être tout à fait transposables à la population pédiatrique et quelques questions existent sur le sujet :

- Quelle est l'épidémiologie dans les âges pédiatriques ?
- Existe-t-il des facteurs de risque intrinsèques et environnementaux ?
- Les symptômes sont-ils assez caractéristiques pour ne pas méconnaître le diagnostic ?
- Les innovations chirurgicales ont-elles changé la donne pour la chirurgie pédiatrique ?
- Le devenir à long terme des hernies discales survenant sur un organisme jeune et en croissance est-il connu ?

Épidémiologie

Le terme « adolescent » dans les populations des études consultées amène à un âge maximal de 18 ans. Les lombalgies chez les enfants et adolescents concerneraient 18-51% de la population (1) mais seuls 10% de ces douleurs sont a priori en lien avec une hernie discale (2).

Le premier cas rapporté dans la littérature date de 1945 (3). L'incidence est faible, une étude longitudinale finlandaise (12058 personnes nées en 1966) explorant les recours à hospitalisation pour lombalgies avait retrouvé une incidence cumulée des HDL estimée à 4 pour 10000 à l'âge pédiatrique (4). Dans des travaux plus récents les incidences de hernies discales sont estimées à 1 à 2% (5) témoignant d'une certaine augmentation diagnostique avec des outils radiologiques plus accessibles (IRM) mais restant rares en comparaison de l'incidence en population adulte où 40% des individus présenteront un jour une hernie discale (6).

Si on considère la sous population des plus jeunes (moins de 12 ans) ils ne représentent que 2,5% des population publiées et les expériences rapportées sont des cas uniques plus que des cohortes (7).

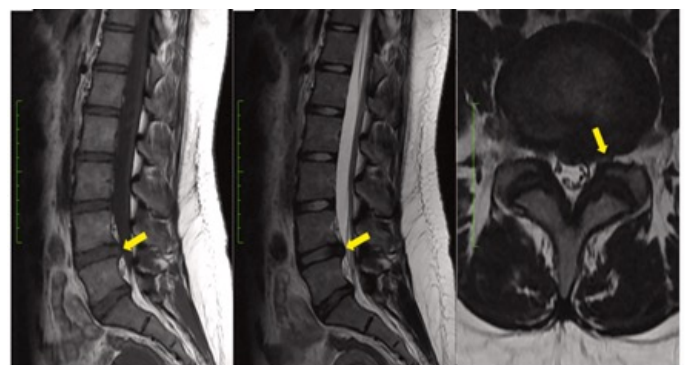
Contrairement aux adultes la localisation L4/L5 est plus habituelle que L5/S1 dans la population pédiatrique (7).

La présentation anatomo-radiologique habituelle

est un disque bien hydraté. Une fracture avulsion de l'anneau apophysaire (i.e. fracture du Lister marginal) peut être associée (8). Une étude explorant une population pédiatrique présentant une hernie discale lombaire radiologique, menée de 1985 à 2010, rapportait 38% de hernie associée à une telle fracture, (versus 6% en population adulte). Il y avait une corrélation significative avec le genre masculin et le caractère central de la hernie. Concernant l'issue pronostique entre les deux situations il n'y avait pas de différence significative avec 58% libres de symptômes au dernier suivi pour ceux avec fracture et 68% dans la population sans fracture.

La situation de la fracture du listel marginal est abordée dans un autre chapitre et il est proposé ici de traiter essentiellement le sujet de la stratégie de prise en charge de cette dernière population sans fracture. Néanmoins si les cas cliniques utilisés pour étayer les propos sont assez détaillés pour discriminer les deux situations les cohortes qui sont les outils les plus utiles pour juger d'une attitude la plus adaptée de prise en charge ne sont souvent pas assez détaillées pour discerner les deux situations anatomiques.

Le nucleus pulposus de l'enfant est en comparaison de l'adulte moins dégénératif, plus hydraté, mou et visqueux. Ces propriétés le rendent ainsi moins candidat à l'assèchement et à la résorption.



IRM rachidienne, patiente de 15 ans, présentant une lomboradiculalgie gauche évoluant depuis 4 ans corrélée à une hernie discale L4-L5 gauche. Le disque est de tonalité normale en dehors du fragment hernié. (Balafif et al.) (18)

Facteurs de risque

Contrairement à l'évolution dégénérative inéluctable du rachis chez l'adulte l'évènement traumatique est le principal facteur de risque de hernie discale chez l'enfant. Il est retrouvé dans 30 à 60% des situations (9).

Le mécanisme résulte d'une compression axiale par port de charge, ou d'un traumatisme lors de la pratique sportive par un effet similaire ou une hyperflexion-hyperextension, ou encore une chute (10).

Néanmoins cet événement traumatique s'inscrit dans une situation de susceptibilité à la discopathie et aux hernies discales par une combinaison de facteurs génétiques et environnementaux (11).

Les facteurs génétiques rapportés sont liés au récepteur de la Vitamine D, aux collagènes (type I, IX, XI), à un composant des protéoglycanes (Aggrecan), à une métalloprotéinase (MMMP-3, 2), à des interleukines (1, 6) et d'autres encore.

Ces facteurs génétiques peuvent avoir une responsabilité dans un caractère héréditaire des facteurs de risque. En effet entre 13 et 57% des adolescents avec une HDL ont un parent au premier degré avec un antécédent similaire (9).

Concernant les facteurs non génétiques le tabac est identifié comme facteur de risque mais ne peut être imputé dans la population pédiatrique.

Le travail physique est un facteur de risque reconnu particulièrement quand il comporte des ports de charges. On retrouve ces cas rapportés dans certains pays chez des enfants exposés au travail manuel à un jeune âge dans la construction ou l'agriculture.

La surcharge rachidienne statique axiale est un autre facteur mécanique identifié que l'on peut relier au mode de vie sédentaire avec des positions assises prolongées, ce facteur de risque peut s'appliquer à la population adolescente.

Certains facteurs de risques ne sont pas totalement indépendants de la génétique, il s'agit de l'âge bien-sûr qui est une combinaison évidente de génétique et d'environnement. Ce qui explique la prédisposition des adultes, l'incidence peu courante avant 20 ans, et très rare avant 9 ans.

La taille semble aussi avoir son importance avec un risque relatif de 2,3 pour les hommes de 180 cm et de 3,7 pour les femmes de 170 cm en comparaison d'une population similaire d'au moins 10 cm de moins (12). L'obésité est aussi retrouvée comme facteur de risque, surtout en cas de prédominance de la surcharge au niveau du tronc, et prédispose à la dégénérescence discale, l'hypertrophie ligamentaire, les hernies discales et les sténoses canalaires. L'analyse radiologique quantitative entre obésité et l'incidence de hernie discale a montré une corrélation significative (13).

D'après une étude menée sur 400 cas de lombalgies en population pédiatrique, les anomalies vertébrales isolées telles que le spina bifida occulta sans anomalie médullaire et les anomalies transitionnelles lombosacrées ne sont pas reconnues comme des facteurs retrouvés de hernie discale ou de disque dégénératif précoce (1). Concernant les anomalies vertébrales au sens plus large comprenant aussi les scoliozes, ils sont couramment considérés comme

facteurs favorisants mais sans données quantitatives disponibles (9).

Présentation cliniques

La présentation clinique est assez proche de celle de l'adulte, c'est-à-dire un tableau de lombalgies, de tonalité mécanique et d'apparition aiguë, aggravée à l'effort et l'antéflexion.

Les lombalgies peuvent être associées à une radiculalgie souvent unilatérale, éventuellement des paresthésies et dysesthésies.

Le signe de Lasègue semble avoir une meilleure sensibilité chez l'enfant du fait de tension radiculaire plus importante (90% des cas de hernies discales pédiatriques) (9). Les symptômes sont variablement typiques et identifiables dépendant de la capacité de l'enfant à les expliciter.

Concernant la population pédiatrique la plus jeune, seuls quelques cas ont été rapportés (13, 18, 27 mois), le diagnostic est encore plus difficile avec une présentation de refus de marche et parfois de position assise, ainsi qu'une irritabilité.

Les cas de déficit neurologique ou sphinctériens rapportés sont exceptionnels ; on note un cas typique de syndrome de queue de cheval (hypoesthésie en selle, incontinence) chez une patiente de 13 ans (10).

Diagnostiques différentiels

Si une lombalgie ou une radiculalgie sont possiblement en lien avec une hernie discale chez un enfant, d'autant plus qu'il existe une histoire traumatique ou familiale, comme dans la population adulte il est nécessaire d'évoquer des diagnostics différentiels (14) :

- spondylodiscite : situation traumatique ou infectieuse, associée à une fièvre, une altération de l'état général
- spondylolisthésis ou spondylolyse : pratique sportive intense exposant à des microtraumatismes et des hyperextensions, douleur localisée, modifications sagittales
- néoplasie : pas d'histoire traumatique, douleurs nocturnes, non soulagées par le repos
- hernies de Schmorl's : histoire traumatique ou familiale, douleur à la jonction thoraco-lombaire, inconfort global dans la région des disques thoraciques, antéflexion impossible.

Diagnostic positif

Le diagnostic de hernie discale est souvent retardé du fait de certains tableaux atypiques et de la rareté de la situation.

Il repose sur l'imagerie, classiquement par IRM, mais peut apparaître sur une tomodynamométrie (TDM) même si cet examen tend à être limité en utilisation chez l'enfant. Il reste un outil d'imagerie associé utile pour rechercher une fracture du listel marginal associée comme mentionnée précédemment.

Des radiographies de rachis entier sont volontiers associées à la recherche d'anomalies statiques ou

focales rachidiennes en tant que facteur favorisant ou associés.

Traitement conservateur

L'approche conservatrice est toujours privilégiée en première intention après vérification de l'absence de trouble moteur ou sphinctérien et élimination des diagnostics différentiels.

Il consiste en un repos et une éviction des activités douloureuses et sollicitant le rachis.

La kinésithérapie est aussi utilisée avec des modalités de musculation et récupération ou entretien de la souplesse puis comme outil de prévention des récidives.

Le traitement médicamenteux comprend des antalgiques de palier I et anti-inflammatoires non stéroïdiens, mais aussi des antalgiques de paliers supérieurs et d'autres agents anti-inflammatoires.

Les ports de corset à visée antalgique et prévention de lésion surajoutée est aussi évoqué comme possibilité thérapeutique non interventionnelle.

Des expériences satisfaisantes d'injections épidurales de stéroïdes en tant que traitement conservateur sont aussi rapportées (15).

Le taux d'efficacité rapportée du traitement conservateur à court et long terme varie de 25 à 50% dans les revues de littérature (9).

Traitement intradiscal

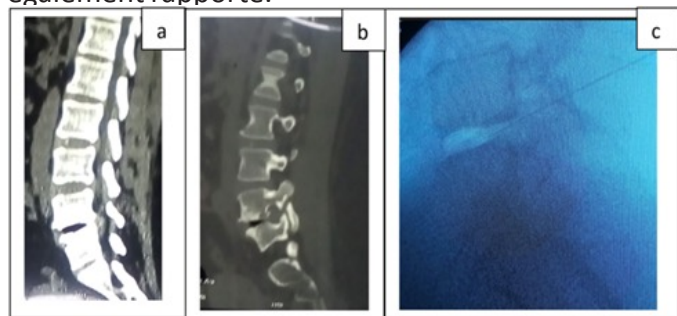
La thérapie intradiscale par chemonucléolyse est une option interventionnelle non chirurgicale. 3 études (Kuh et al., Bradbury et al., Lorenz et McCulloch) ont évalué les résultats sur des séries respectivement de 65, 42 et 54 patients avec des taux de réussite entre 64 et 89% (9).

Les propositions d'indications qui en découlent sont les suivantes :

- situation de radiculalgies prédominant sur les lombalgies
- présentation clinique avec Lasègue sévère
- hernie discale d'aspect molle au scanner.

L'effet indésirable rapporté est l'aggravation post-procédurale de la lombalgie.

Un cas de choc anaphylactique d'issue favorable est également rapporté.



Scanner rachidien (a, b) et Fluoroscopie per-procédurale d'une patiente de 14 ans présentant une lombosciatique S1 gauche traitée par discolyse L5-S1 percutanée à l'ozone (Tiendrebeogo/Zabsonre et al. Pediatric Rheumatology (2024))

Techniques chirurgicales

La chirurgie est envisagée en cas d'absence de réponse satisfaisante au traitement conservateur ou d'aggravation de la symptomatologie.

La chirurgie consiste en une décompression radiculaire par retrait d'un fragment discal hernié, possiblement un discectomie, une hémilaminectomie d'exposition.

La fusion vertébrale associée sur deux niveaux ou plus est aussi une option pratiquée.

Depuis la première expérience chirurgicale rapportée en 1960 (16). La technique chirurgicale a beaucoup évolué avec l'avènement depuis ces dernières décennies de la chirurgie mini-invasive puis l'ajout de l'endoscopie.

Le plus jeune cas opéré à ce jour avait 1 an (17) et des cas sont rapportés de façon éparse dans la littérature avec même une première chirurgicale nationale récente (2022) en Indonésie (18) témoignant encore une fois de la rareté de la situation.

Néanmoins des séries chirurgicales sont constituées et partagées avec des maximums atteignant les 180 patients pour un total de cas publiés de 1094 évalué en 2019 (7).

Les techniques ont évolué et ont pu faire changer la balance décisionnelle du choix thérapeutique.

Les principales avancées sont la magnification du geste par la microscopie et secondairement la minimisation de la voie d'abord à l'aide des écarteurs tubulaires. L'actualité est la chirurgie endoscopique qui amplifie les avantages des deux techniques précédentes, aidées par les endoscopes haute définition, la navigation et la robotique.

La comparaison des durées d'hospitalisation est en faveur de l'endoscopie qui est la seule permettant une prise en charge ambulatoire et des durées moindres (0 - 4,4 jours) que la microchirurgie (1,3 - 7,3 jours) et encore plus par rapport à la chirurgie dite ouverte (10,6 jours en moyenne) (7).

Yu et al. décrivaient un résultat entre endoscopie et chirurgie ouverte comparable en terme d'échelle visuelle de douleur et de score ODI (Oswestry Disability Index), mais permettant pour la première technique une disparition des symptômes plus rapide et diminution de la durée d'hospitalisation (19).

La chirurgie microscopique consiste en une décompression par voie postérieure latéralisée de la racine. L'usage d'un écarteur tubulaire miniminvasif a montré son efficacité et sa sécurité (20) et était devenue jusqu'à ces dernières années une technique de référence.

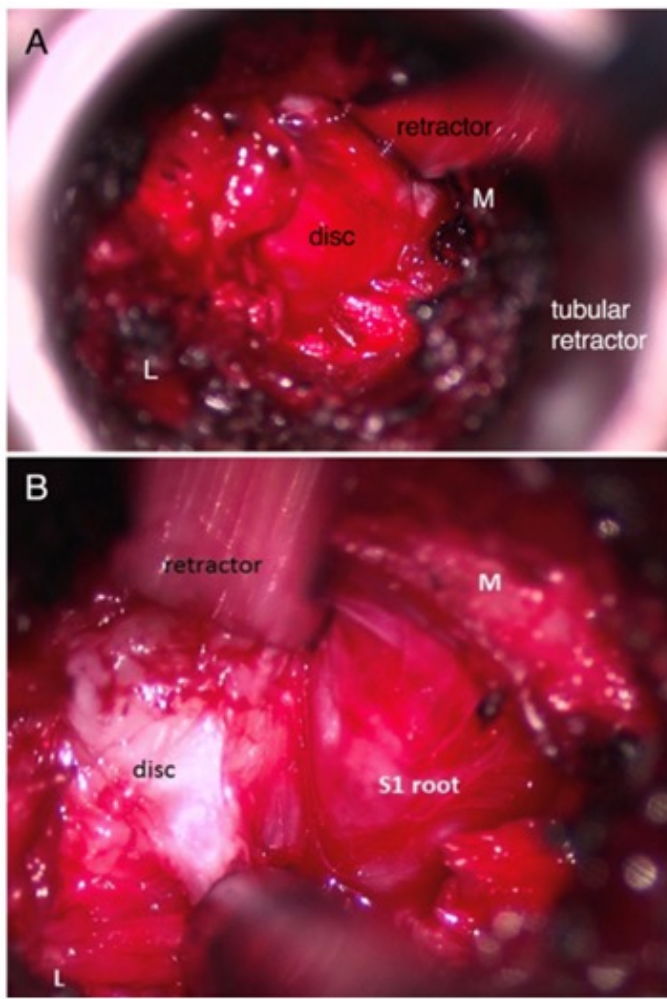
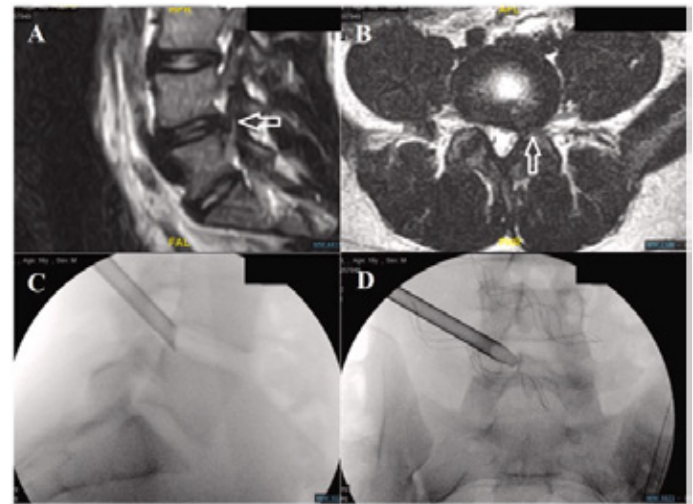
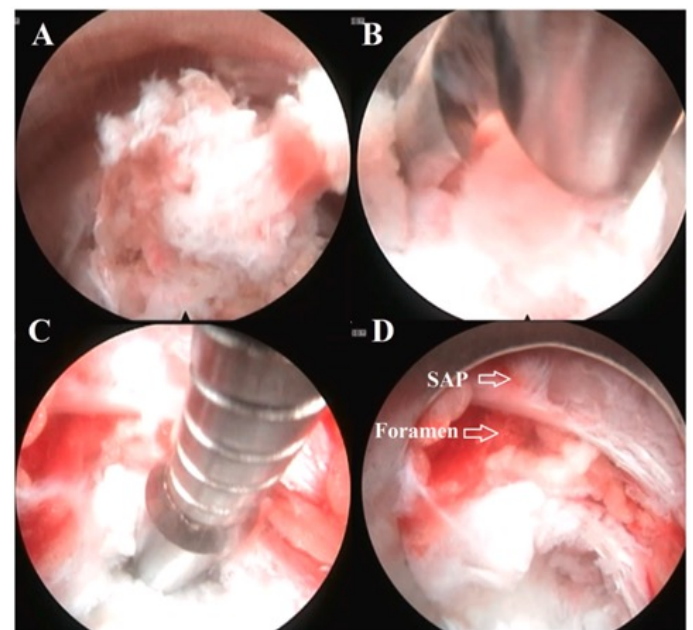


Image peropératoire de chirurgie mini-invasive sous microscopie avec écarteur tubulaire. (Montejo et al.) (20)



IRM préopératoire (A, C) d'une patiente de 16 ans présentant une hernie discale L4-L5 foraminale gauche traitée par discectomie endoscopique transforaminale, fluoroscopie peropératoire (C, D) montrant l'écarteur tubulaire introduit par voie percutanée latérale (Bajaj et al.) (21)



Vues endoscopiques per-procédurales: aspect de la hernie à la mise en place de l'endoscope dans l'écarteur tubulaire (A), outils de discectomie droit (B) et flexible (C), visualisation après discectomie du processus articulaire supérieur (SAP) du foramen vertébral et reste de disque préservé (D) (Bajaj et al.) (21)

La chirurgie endoscopique est réalisée au moyen d'un canal de travail et d'une optique, réunis dans un élément monobloc faisant approximativement la taille d'un stylo standard (21). Cette miniaturisation donne la possibilité d'une chirurgie éveillée sous anesthésie locale avec une prise en charge ambulatoire.

Les deux principales voies d'abord sont, interlaminaire pour une visualisation postérieure plus classique (L5-S1) et transforaminales (L4-L5) par insertion latérale et oblique. Cette dernière assez spécifique de l'endoscopie offre aussi la possibilité de décompression antérieure dans la zone thoracique (cas rapporté pour une tumeur à l'âge pédiatrique).

Les cohortes pédiatriques actuelles, de traitement de hernie discale par endoscopie, la plus ancienne datant de 2014, comprennent jusqu'à 29 patients (22) et rapportent entre 75,6 et 98,5% de réduction satisfaisante des symptômes.

L'inconvénient de cette technique est une courbe d'apprentissage longue incompatible avec un milieu pédiatrique exclusif où les cas sont rares.

Des recommandations d'indication tendent à émerger pour ce type de chirurgie (9) :

- échec après 6 semaines de traitement conservateur
- un disque plutôt intact en comparaison
- disque exclu ou protrus dans l'espace sous ligamentaire.

Une autre question technique se pose dans la chirurgie de hernie discale est l'extension du geste de discectomie. Une exérèse insuffisante de noyau pulpeux discal est à même de mener à un échec chirurgical alors qu'une discectomie trop étendue peut entraîner une sténose de l'espace discal et des modifications dégénératives aux étages adjacents. Il est ainsi recommandé chez les patients pédiatriques de respecter l'intégrité de l'annulus fibrosus là où la synthèse des protéoglycanes est la plus active permettant ainsi une possible régénération du disque (23).

Choix thérapeutique – Devenir

Les données de la littérature vont dans le sens d'une intervention chirurgicale après une période de courte d'essai de traitement conservateur.

En contradiction une étude comparative des patient traités durant la deuxième décennie n'a pas trouvé de différence significative entre le groupe avec traitement conservateur et celui opéré à un délai de suivi de 5,4 ans (24).

Les résultats de chirurgie discales sont considérés comme positifs dans 90% des cas avec un taux de complication d'environ 2%. Un devenir analysé à plus court terme (6 mois) avait montré une supériorité du traitement chirurgical par rapport au traitement conservateur (25). En effet malgré la situation de guérison habituelle de la condition pédiatrique il est largement accepté que le traitement conservateur est moins souvent efficace dans la population pédiatrique que dans la population adulte.

Ce qui va avec des données adultes qui montrent un retour à l'état antérieur plus précoce grâce à la chirurgie (étude SPORT) et donc une remise en activité (26).

Les complications chirurgicales rapportées sont rares (9) : hématome du foyer opératoire (1-4%), retard de cicatrisation (3%), infection, diminution de l'espace discal, dégénération du disque adjacent (sans effet clinique rapporté), atteinte des facettes articulaires entraînant une potentielle instabilité et/ou déformation.

Le taux habituel de récurrence de hernie discale est de 5 à 10%.

Les résultats chirurgicaux à long terme sont moins bons que ceux à court terme (67-88% versus 93-100%) mais avec toutefois une pérennité supérieure aux observations adultes.

La chronicisation invalidante de symptômes représentée par le failed back surgery syndrome, couramment vu dans la population adulte n'est pas retrouvé dans la population pédiatrique.

L'option d'une arthrolyse intervertébrale est limitée à certaines situations particulières (9) :

- hernie discale avec spondylolisthésis ou signes évidents d'instabilité
- laminectomie étendue
- incompétence des articulaires postérieures (congénitale, dégénérative ou iatrogénique)

La limitation des indications est motivée par les données de la littérature qui ne montrent pas d'amélioration du devenir ni de prévention significative du taux de récurrence, en plus du coût en terme de temps de saignement et financier.

Discussion

Les pathologies rares et ne mettant pas en jeu le pronostic vital ou neurologique ne bénéficient pas de registre ou autre stratégie d'étude permettant d'en connaître l'histoire naturelle de façon extensive. Un rachis en croissance est considéré comme plus vulnérable au traumatisme chirurgical et aux déformations iatrogéniques pouvant évoluer à distance d'une intervention réalisée à l'âge pédiatrique.

Ces deux observations ont tendance à pousser la

communauté de neurochirurgie et d'orthopédie pédiatrique à une attitude prudente et conservatrice. Des cas rapportés de traitements conservateurs efficaces l'attestent tels que ceux de Wang et al. (deux patients de 10 et 13 ans) (27), ou encore ceux de Obukhov et al. (récit d'un parcours conservateur efficace à terme de deux jumelles avec des hernies discales de niveaux multiples et des antécédents familiaux de lombalgie, rhumatisme et Lupus) (28). Néanmoins cette attitude-là plus fréquemment observée dans la pratique clinique n'apparaît pas de façon majoritaire dans la littérature scientifique qui privilégie largement les séries de cas chirurgicaux. Il s'agit plutôt d'un biais de motivation de communication, que d'une attitude prosélyte pour recommander des interventions. Les méthodes chirurgicales ont pourtant montré une efficacité et une sécurité majorée et surtout leur caractère moins invasif, rendant cette option de plus en plus envisageable. L'absence de différence en terme de devenir clinique à distance (plusieurs années) entre traitement conservateur et chirurgical versus l'efficacité rapide voire instantanée d'un traitement chirurgical nous fait réfléchir. L'amélioration de la qualité de vie dans la période intermédiaire associée à une moindre limitation des activités sportives, scolaires et des interactions sociales ne justifient-elles pas une prise en charge chirurgicale ?

Ouvrir cette porte à la chirurgie des hernies discales de l'enfant nécessite probablement d'abord un registre plus exhaustif pour en décrire l'épidémiologie et l'histoire naturelle. De plus, une prise en charge optimisée par endoscopie (invasivité réduite) exige une pratique avancée et régulière de cette technique, trop rarement indiquée en pédiatrie, imposant alors de se rapprocher des équipes de chirurgie de l'adulte plus aguerries à ces pratiques.

Conclusion

Les hernies discales dans la population pédiatrique sont rares voire très rares chez les plus jeunes. Le traitement conservateur initial est à privilégier en première intention mais l'option chirurgicale d'expertise, la moins invasive possible, est à envisager en l'absence de réponse rapide, en raison de son efficacité et de sa probable bénignité à long terme.

Références

1. Illeez, O. G., Ulger, F. E. B., & Aktas, I. (2022). The effect of transitional vertebrae and spina bifida occulta on disc herniation, disc degeneration, and end-plate changes in pediatric patients with low back pain. *Acta Orthopædica Belgica*, 88, 275-283.
2. Carey, T. S., Garrett, J., Jackman, A., McLaughlin, C., Fryer, J., Smucker, D. R., & North Carolina Back Pain Project. (1995). The outcomes and costs of care for acute low back pain among patients seen by primary care practitioners, chiropractors, and orthopedic surgeons. *New England journal of medicine*, 333(14), 913-917.

3. Wahren, H. (1945). Herniated nucleus pulposus in a child of twelve years. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 16(1-4), 40-42.
4. Zitting, P., Rantakallio, P., & Vanharanta, H. (1998). Cumulative incidence of lumbar disc diseases leading to hospitalization up to the age of 28 years. *Spine*, 23(21), 2337-2343.
5. Lavelle, W. F., Bianco, A., Mason, R., Betz, R. R., & Albanese, S. A. (2011). Pediatric disk herniation. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 19(11), 649-656.
6. El Barzouhi, A., Vleggeert-Lankamp, C. L., Lycklama à Nijeholt, G. J., Van der Kallen, B. F., van den Hout, W. B., Jacobs, W. C., ... & Peul, W. C. (2013). Magnetic resonance imaging in follow-up assessment of sciatica. *New England Journal of Medicine*, 368(11), 999-1007.
7. Raghu, A. L. B., Wiggins, A., & Kandasamy, J. (2019). Surgical management of lumbar disc herniation in children and adolescents. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 185, 105486.
8. Singhal, A., Mitra, A., Cochrane, D., & Steinbok, P. (2013). Ring apophysis fracture in pediatric lumbar disc herniation: a common entity. *Pediatric neurosurgery*, 49(1), 16-20.
9. Dang, L., & Liu, Z. (2010). A review of current treatment for lumbar disc herniation in children and adolescents. *European spine journal*, 19, 205-214.
10. Martínez-Lage, J. F., Fernández Cornejo, V., López, F., & Poza, M. (2003). Lumbar disc herniation in early childhood: case report and literature review. *Child's Nervous System*, 19, 258-260.
11. Zielinska, N., Podgórski, M., Haładaj, R., Polguy, M., & Olewnik, Ł. (2021). Risk factors of intervertebral disc pathology—A point of view formerly and today—A review. *Journal of clinical medicine*, 10(3), 409.
12. Heliövaara, M. A. R. K. K. U. (1987). Body height, obesity, and risk of herniated lumbar intervertebral disc. *Spine*, 12(5), 469-472.
13. Rodriguez-Martinez, N. G., Perez-Orribo, L., Kalb, S., Reyes, P. M., Newcomb, A. G., Hughes, J., ... & Crawford, N. R. (2016). The role of obesity in the biomechanics and radiological changes of the spine: an in vitro study. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 24(4), 615-623.
14. Haidar, R., Ghanem, I., Saad, S., & Uthman, I. (2010). Lumbar disc herniation in young children. *Acta Pædiatrica*, 99(1), 19-23.
15. Slotkin, J. R., Mislow, J. M., Day, A. L., & Proctor, M. R. (2007). Pediatric disk disease. *Neurosurgery Clinics of North America*, 18(4), 659-667.
16. O'Connell, J. E. (1960). Intervertebral disk protrusions in childhood and adolescence. *Journal of British Surgery*, 47(206), 611-616.
17. Benifla, M., Melamed, I., Barrelly, R., Aloushin, A., & Shelef, I. (2008). Unilateral partial hemilaminectomy for disc removal in a 1-year-old child: case report. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 2(2), 133-135.
18. Balafif, F., Faris, M., Subagio, E. A., Bajamal, A. H., & Kusumadewi, A. (2022). Lumbar disc herniation in a 15-year-old girl: A case report. *International Journal of Surgery Case Reports*, 98, 107560.
19. Yu, H., Zhu, B., & Liu, X. (2021). Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar discectomy in the treatment of adolescent lumbar disc herniation: a retrospective analysis. *World Neurosurgery*, 151, e911-e917.
20. Montejo, J. D., Camara-Quintana, J. Q., Duran, D., Rockefeller, J. M., Conine, S. B., Blaise, A. M., ... & DiLuna, M. L. (2018). Tubular approach to minimally invasive microdiscectomy for pediatric lumbar disc herniation. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 21(5), 449-455.
21. Bajaj, A., & Telfeian, A. E. (2022). Pediatric Applications of Endoscopic Spine Surgery. *Interdisciplinary Neurosurgery*, 101642.
22. Wang, X., Zeng, J., Nie, H., Chen, G., Li, Z., Jiang, H., ... & Liu, H. (2014). Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for pediatric lumbar disc herniation. *Child's Nervous System*, 30, 897-902.
23. Ishihara, H., Matsui, H., Hirano, N., & Tsuji, H. (1997). Lumbar intervertebral disc herniation in children less than 16 years of age: long-term follow-up study of surgically managed cases. *Spine*, 22(17), 2044-2049.
24. Kurth, A. A., Rau, S., Wang, C., & Schmitt, E. (1996). Treatment of lumbar disc herniation in the second decade of life. *European spine journal*, 5, 220-224.
25. DeLuca, P. F., Mason, D. E., Weiland, R., Howard, R., & Bassett, G. S. (1994). Excision of herniated nucleus pulposus in children and adolescents. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 14(3), 318-322.
26. Oster, B. A., Kikanloo, S. R., Levine, N. L., Lian, J., & Cho, W. (2020). Systematic review of outcomes following 10-year mark of Spine Patient Outcomes Research Trial for intervertebral disc herniation. *Spine*, 45(12), 825-831.
27. Wang, Y., Xu, Y., Tian, G., & Dai, G. (2022). Pediatric lumbar disc herniation: a report of two cases and review of the literature. *European Journal of Medical Research*, 27(1), 1-5.

28. Obukhov, S. K., Hankenson, L., Manka, M., & Mawk, J. R. (1996). Multilevel lumbar disc herniation in 12-year-old twins. *Child's Nervous System*, 12, 169-171.

29. Bäcker, H. C., Johnson, M. A., Hanlon, J., Chan, P., Turner, P., & Cunningham, J. (2024). Return to sports following discectomy: does a consensus exist?. *European Spine Journal*, 33(1), 111-117.

DOI : 10.34814/sofop-2024-11