

# ARTHRODÈSE POUR DISCOPATHIE LOMBAIRE ACTIVE : RÉSULTATS FONCTIONNELS À LONG TERME ET COMPARAISON ENTRE L'APPROCHE ANTÉRIEURE ET POSTÉRIEURE

AL BARAJRAJI M (1), EL HADWE S (2), DRESSE D (3), REMACLE JM (1), BONHOMME V (4), REMACLE T (1)

**RÉSUMÉ :** *Contexte :* Les données sur les bénéfices fonctionnels à long terme après une arthrodèse lombaire par voie antérieure (ALVA) ou postérieure (ALVP) chez les patients souffrant de discopathie lombaire active (DLA) réfractaire sont limitées. *Méthodes :* Nous avons analysé rétrospectivement 194 patients opérés pour une DLA en utilisant le questionnaire d'incapacité de Roland-Morris (RMDQ) et les critères modifiés de MacNab (MMCQ), et revu les dossiers médicaux pour identifier les complications. *Résultats :* La cohorte comprenait 54 patients (âge médian: 53,5 ans). Trente ont subi une ALVA (L4L5: 4, L5S1: 20, L4S1: 6) et 24 une ALVP (L4L5: 8, L5S1: 12). Le suivi médian était de 83 mois (66-114). Les résultats excellents étaient plus fréquents dans le groupe ALVA (34 % vs 21 %). Les scores RMDQ étaient plus élevés dans le groupe ALVP (9 (3-17) vs 5 (0-11)). Les patients ALVA avaient moins de cyphose jonctionnelle proximale (7 % vs 25 %), mais une utilisation plus élevée d'analgésiques (33 % vs 17 %) et davantage de douleurs lombaires persistantes après chirurgie (13 % vs 0 %). Aucune complication grave n'a été rapportée. *Conclusions :* L'arthrodèse lombaire antérieure ou postérieure est sûre pour traiter la DLA réfractaire. L'ALVA pourrait offrir un meilleur résultat fonctionnel à long terme avec moins de handicap, au détriment d'une consommation potentiellement plus élevée d'analgésiques.

**MOTS-CLÉS :** *Discopathie lombaire active - Arthrodèse lombaire - Questionnaire d'invalidité de Roland-Morris - Critères de Macnab modifiés - Lombalgie chronique*

## INTERBODY FUSION FOR ACTIVE LUMBAR DISCOPATHY : LONG TERM FUNCTIONAL OUTCOME AND COMPARISON BETWEEN THE ANTERIOR AND POSTERIOR APPROACH

**SUMMARY :** *Background :* There is limited evidence regarding the long-term functional outcomes of anterior lumbar interbody fusion (ALIF) or posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in patients with refractory active lumbar discopathy (ALD). *Methods :* We retrospectively surveyed 194 patients who underwent lumbar fusion for ALD using the Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ) and Modified MacNab's Criteria (MMCQ) and reviewed medical records for complications. *Results :* The cohort included 54 patients (median age: 53.5 years). Thirty underwent ALIF (L4L5: 4, L5S1: 20, L4S1: 6) and 24 had PLIF (L4L5: 8, L5S1: 12). Median follow-up was 83 (66-114) months. Excellent outcomes were more frequent in the ALIF group (34 % vs 21 %). RDQ scores were higher in the PLIF group (9 (3-17) vs 5 (0-11)). ALIF patients had fewer cases of proximal junctional kyphosis (7 % vs 25 %) but higher chronic analgesic use (33 % vs 17 %) and documented failed back surgery syndrome (13 % vs 0 %). No major complications were observed. *Conclusions :* Both ALIF and PLIF are safe for treating recalcitrant ALD. ALIF may offer better long-term function and less disability, albeit with potentially higher analgesic use.

**KEYWORDS :** *Active lumbar discopathy - Lumbar interbody fusion - Roland-Morris disability questionnaire - Modified Macnab Criteria - Chronic low back pain*

## INTRODUCTION

La lombalgie chronique (LC) constitue l'une des principales causes d'invalidité acquise chez l'adulte (1). Elle résulte de l'interaction de facteurs génétiques, environnementaux, métaboliques, biomécaniques et psychologiques (2). Les modifications dégénératives du complexe disco-vertébral sont appelées discopathies dégénératives (DD) (2). Ces altérations varient d'une légère dessiccation discale à une véritable réduction de l'espace intersomatique avec

bombement discal. La dessiccation apparaît sur l'IRM pondérée en T2 comme un signal légèrement hypointense, évoluant vers un disque noir (dé-différenciation entre l'anneau fibreux et le noyau pulpeux), indiquant des degrés de dessiccation de légers à sévères (3).

Modic et coll. (4) ont décrit, sur la base des séquences T1 et T2, un spectre de modifications des plateaux vertébraux et de l'os sous-chondral liées à la DD, et les ont corrélées à des observations histopathologiques pour définir trois grades de dégénérescence Modic. Le type I (signal hypo- ou isointense en T1 et hyperintense en T2) indique une dégénérescence inflammatoire avec tissu de granulation hypervascularisé et œdème du corps vertébral. Le type II (signal hyperintense en T1 et T2) reflète le remplacement des éléments hématopoïétiques par du tissu adipeux. Le type III (signal hypointense en T1 et T2) correspond à une sclérose osseuse sous-chondrale avancée.

(1) Service de Neurochirurgie, CHR Citadelle, Liège, Belgique.

(2) Département des Neurosciences, Université de Cambridge, Royaume-Uni.

(3) Service de Chirurgie digestive, CHR Citadelle, Liège, Belgique.

(4) Service d'Anesthésie-réanimation, CHU Liège, Belgique.

Dans le cadre de la DD, la lombalgie est plus souvent liée au type I (5-8).

La discopathie lombaire «active» (DLA) est un sous-type de DD où l'inflammation semble constituer la cause prédominante des lombalgies (2). Elle se manifeste par une douleur persistante, exacerbée par l'hyperextension, plus intense la nuit, avec raideurs matinales (9), et des signes Modic I à l'IRM.

La prise en charge de la DLA commence, généralement, par un traitement conservateur (10), incluant la physiothérapie (11) et des anti-inflammatoires, voire une corticothérapie intradiscale (12, 13). Si les résultats sont insuffisants, des preuves limitées soutiennent l'utilisation de la fusion intersomatique en dernier recours (14, 15). Plusieurs voies d'abord ont été décrites. L'arthrodèse lombaire par voie postérieure (ALVP), décrite par Briggs et Milligan en 1944 (16), est moins utilisée aujourd'hui en raison de l'atrophie des muscles paraspinaux (17). Des techniques moins invasives, telles que l'arthrodèse par voie antérieure (ALVA), lui sont préférées (18).

Les preuves de l'efficacité et des bénéfices fonctionnels à long terme des techniques ALVP et ALVA pour la DLA réfractaire restent limitées. Cette étude vise à évaluer leur performance respective en examinant la capacité fonctionnelle des patients à long terme et les complications associées. En outre, les résultats chirurgicaux sont comparés aux données des traitements conservateurs rapportés dans la littérature.

## MÉTHODES

### ÉTUDE ET POPULATION

Cette étude rétrospective monocentrique a analysé 1.053 dossiers de patients ayant subi une arthrodèse intersomatique lombaire entre 2009 et 2016 au CHR Citadelle de Liège. Parmi eux, 194 opérés pour une DLA ont été contactés, et 162 ont donné leur consentement pour l'analyse anonyme des données. Les questionnaire RMDQ (questionnaire d'incapacité de Roland-Morris) et MMCQ (critères modifiés de MacNab) leur ont été envoyés par email ou courrier. Cinquante-huit patients ont répondu. Les complications, telles que les lésions vasculaires, viscérales, neurologiques, dures et infectieuses, ont été relevées dans les dossiers médicaux. Les patients présentant principalement des douleurs radiculaires, une claudication neurogène sur une sténose canalaire ou ayant subi plusieurs chirurgies de la colonne

lombaire ont été exclus. Le groupe final comprenait 54 patients. L'étude a été enregistrée dans un registre public (NCT04086199) et approuvée par le comité d'éthique local.

### TECHNIQUE CHIRURGICALE

Tous les patients ont subi une discectomie systématique et une fusion intersomatique lombaire. Selon les antécédents (chirurgies abdominales, indice de masse corporelle (IMC) élevé, maladie vasculaire périphérique, rein gauche unique), l'ALVA ou l'ALVP étaient privilégiées. En l'absence de contre-indications, le choix final revenait au patient, informé des options.

### CRITÈRES D'ÉVALUATION

Les caractéristiques de base comprenaient l'âge, le sexe, l'IMC, le statut tabagique et diabétique, le(s) niveau(x) instrumenté(s) et la durée de suivi postopératoire.

Les résultats primaires mesurés étaient les scores RMDQ (évaluation de la capacité fonctionnelle sur 24 points) et MMCQ (évaluation de la satisfaction des patients sur 4 niveaux).

Les résultats secondaires incluaient : la durée du séjour hospitalier, l'incidence du FBSS («Failed Back Surgery Syndrome» : douleurs lombaires persistantes après chirurgie), la cyphose jonctionnelle proximale (évaluée par imagerie à 2, 6 et 12 mois), l'utilisation d'analgésiques, les reprises chirurgicales et les complications (lésions vasculaires, viscérales, nerveuses, éjaculation rétrograde, dysfonction érectile, brèche dure, infection).

### STATISTIQUES

L'analyse statistique a été effectuée avec RStudio 1.1.442. Des statistiques descriptives, des tests T appariés et non appariés, des tests du chi carré et des tests exacts de Fisher ont été utilisés, avec un seuil de signification de 0,05.

### RÉSULTATS

La cohorte comprenait 54 patients d'un âge médian de 53,5 (interquartiles 46-58) ans, dont 64,8 % de femmes (n = 35). L'IMC médian était de 25,02 (23,2-28,6) kg/m<sup>2</sup>. Deux patients (3,7 %) étaient diabétiques et 24,1 % (n = 13) fumaient. Une ALVA a été réalisée dans 55,6 % (n = 30) des cas et une ALVP dans 44,4 % (n = 24). Les patients ALVA étaient plus jeunes (p = 0,007). Les niveaux instrumentés les plus fréquents étaient L5/S1 (n = 32, 59,3 %),

L4/L5 (n = 12, 22,2 %) et L4/S1 (n = 7, 13 %). La durée moyenne de suivi était de 86,6 (déviations standard 27,2) mois. Le **Tableau I** résume les caractéristiques des patients.

## RÉSULTATS PRIMAIRES

Le score RMDQ moyen était plus élevé dans le groupe ALVP : 9 (7,4) vs 6 (6,2). Les patients des deux groupes étaient plus susceptibles de répondre par l'affirmative aux questions 2 et 21 : «*Je change fréquemment de position pour essayer de mettre mon dos à l'aise*» et «*J'évite les travaux lourds à la maison à cause de mon dos*». En revanche, ils étaient moins susceptibles de répondre par l'affirmative à la question 24: «*Je reste au lit la plupart du temps à cause de mon dos*». La **Figure 1** (en ligne : <https://rmlg.uliege.be/file/4016/3414>) propose une matrice de corrélation des réponses. Les proportions globales de patients rapportant, selon MMCQ, des résultats excellents, bons, moyens et médiocres étaient, respectivement, de 27,8 % (n = 15), 35,2 % (n = 19), 25,9 % (n = 14) et 11,1 % (n = 6). Les excellents résultats étaient plus fréquents dans le groupe ALVA que dans le groupe ALVD (33,3 %, n = 10 vs

20,8 %, n = 5), tandis que les autres résultats étaient comparables (**Tableau I**).

En ce qui concerne les critères modifiés de MacNab (MMCQ), les proportions globales de patients rapportant des résultats excellents, bons, moyens et médiocres étaient, respectivement, de 27,8 % (n = 15), 35,2 % (n = 19), 25,9 % (n = 14) et 11,1 % (n = 6). Les excellents résultats étaient plus fréquents dans le groupe ALVA que dans le groupe ALVD (33,3 %, n = 10 vs 20,8 %, n = 5), tandis que les autres résultats étaient comparables.

## RÉSULTATS SECONDAIRES

La durée moyenne d'hospitalisation était plus courte dans le groupe ALVA que dans le groupe ALVP (5,6 (0,9) jours vs 5,9 (0,7)). L'incidence du FBSS était plus élevée dans le groupe ALVA que dans le groupe ALVP (20 % vs 16,7 %), tout comme la cyphose jonctionnelle proximale (25 % vs 10 %) et l'utilisation d'analgésiques postopératoires (43,3 % vs 25 %). Aucune analyse intra-groupe n'était statistiquement significative. Parmi les 54 patients, un seul (groupe ALVA) a présenté une complication (1,8 %), une fracture de plateau nécessitant une fixation postérieure percutanée, représentant la seule réin-

**Tableau I. Caractéristiques des patients**

	ALVA N = 30	ALVP N = 24	Total N = 54	p
Âge médian (ans): (Q1-Q3)	51 (45-54)	58 (52,5-63,5)	53,5 (46-58)	0,008
Homme : n (%)	12 (40)	7 (29,2)	19 (35,2)	0,588
Femme: n (%)	18 (60)	17 (70,8)	35 (64,8)	
IMC médian (kg/m <sup>2</sup> ): (Q1-Q3)	24,58 (22,8-27,0)	26,48 (23,4-29,5)	25,02 (23,2-28,6)	0,074
Diabète: n (%)	0	2 (8,3)	2 (3,7)	0,193
Tabac: n (%)	6 (20)	7 (29,2)	13 (24,1)	0,528
Niveau(x) instrumenté(s) : n (%)				
L5/S1	20 (66,7)	12 (50,0)	32 (59,3)	N/A
L4/L5	4 (13,3)	8 (33,3)	12 (22,2)	
L4/S1	6 (20)	1 (4,2)	7 (13,0)	
L1/L2	0	1 (4,2)	1 (1,8)	
L2/L4	0	1 (4,2)	1 (1,8)	
L3/L5	0	1 (4,2)	1 (1,8)	
Suivi postopératoire moyen (mois) ± DS	85,5 ± 28,3	90,0 ± 26,9	86,6 ± 27,2	0,573

ALVA : arthrodèse lombaire par voie antérieure. ALVP : arthrodèse lombaire par voie postérieure. DS : déviation standard. IMC : indice de masse corporelle. Q1-Q3 : intervalle interquartile.

**Tableau II. Résultats d'efficacité**

	ALVA N = 30	ALVP N = 24	Total N = 54	p
Primaires				
Score RMD moyen $\pm$ DS	6 $\pm$ 6,2	9 $\pm$ 7,4	7,35 $\pm$ 6,8	0,121
Grade Modified MacNab				
Excellent: n (%)	10 (33,3)	5 (20,8)	15 (27,8)	0,725
Bon: n (%)	11 (36,7)	9 (37,5)	19 (35,2)	
Moyen: n (%)	6 (20,0)	7 (29,2)	14 (25,9)	
Médiocre: n (%)	3 (10,0)	3 (12,5)	6 (11,1)	
Secondaires				
Durée moyenne d'hospitalisation (jours) $\pm$ DS	5,6 $\pm$ 0,9	5,9 $\pm$ 0,7	5,7 $\pm$ 0,8	0,147
FBSS : n (%)	6 (20,0)	4 (16,7)	10 (18,5)	1
Cyphose jonctionnelle proximale : n (%)	3 (10,0)	6 (25)	10 (18,5)	0,165
Consommation chronique analgésiques : n (%)	13 (43,3)	6 (25)	19 (35,2)	0,251
Réinterventions : n (%)	1 (3,3)	0	1 (1,8)	1
Complications : n (%)	1 (3,3)	0	1 (1,8)	1

ALVA : arthrodèse lombaire par voie antérieure. ALVP : arthrodèse lombaire par voie postérieure. DS : déviation standard. FBSS : Failed Back Surgery Syndrome. Q1-Q3 : intervalle interquartile. RMD : Roland-Morris Disability.

tervention. Aucune autre complication n'a été signalée. Les détails figurent dans le **Tableau II**.

## DISCUSSION

### EFFICACITÉ

Cette étude apporte des éléments soutenant la fusion intersomatique lombaire comme une technique sûre et offrant des résultats fonctionnels favorables dans les cas de DLA. Conformément aux données de la Wakayama Spine Study (19), nos principaux niveaux instrumentés (L5/S1 et L4/L5) correspondent aux niveaux les plus fréquents de DLA. Globalement, l'ALVA a été pratiquée plus souvent. Cette approche est particulièrement adaptée pour le niveau L5/S1 (13), qui représente 72,3 % (n = 39) des niveaux instrumentés, en raison de l'anatomie vasculaire (bifurcation aortique au niveau de L4). Elle constitue une technique chirurgicale efficace et dominante pour les lombalgies discogéniques.

Les résultats fonctionnels, volontiers excellents et bons chez les patients traités par ALVA, pourraient s'expliquer par le fait que l'ALVA préserve les muscles paraspinaux, tout en offrant une exposition optimale de la colonne antérieure et une discectomie plus efficace (20, 21).

Cette technique favorise un placement optimal de l'implant, permettant de restaurer correctement la hauteur foraminale et d'améliorer l'équilibre sagittal (19). À l'inverse, l'ALVP est jugée moins efficace en raison de son incapacité à allonger l'axe antérieur de la colonne vertébrale (20, 22). Le déséquilibre sagittal est associé à la lombalgie chronique (23) et à des résultats fonctionnels moins satisfaisants après une chirurgie de fusion vertébrale (24-26). Ainsi, le traitement efficace des DLA récalcitrantes semble reposer sur une discectomie complète et la préservation de l'alignement sagittal.

Les études comparant l'arthrodèse au traitement conservateur de la DD rapportent des résultats controversés. Les méta-analyses récentes de Xu et coll. (27) (834 patients) et Wang et coll. (28) ont conclu que la chirurgie n'était pas supérieure au traitement conservateur pour le soulagement de la douleur et l'évolution de l'incapacité, que ce soit à court ou à long terme. Phillips et coll. (29) soulignent que la comparaison entre chirurgie et traitement non opératoire dans des essais cliniques randomisés représente une approche restrictive et binaire. D'après une revue systématique approfondie incluant 3.060 patients, ces auteurs ont conclu que l'arthrodèse lombaire, en tant que traitement adjuvant de la DD symptomatique,

apportait des améliorations cliniquement significatives en termes de douleur et de fonction par rapport au traitement non chirurgical seul. Les différences dans l'évaluation des résultats fonctionnels, les techniques chirurgicales et les protocoles de prise en charge conservatrice peuvent expliquer ces résultats contradictoires. Il est toutefois notable qu'à l'exception de l'étude de Phillips et coll. (29), aucune des recherches citées n'a individualisé le sous-groupe Modic I associé à la DD (définissant la DLA). Pourtant, il a été démontré qu'une indication diagnostique spécifique est essentielle pour stratifier les résultats de l'arthrodèse lombaire (30).

La cyphose jonctionnelle proximale, plus fréquente dans le groupe ALVP, est probablement liée à un rééquilibrage sagittal moins efficace, augmentant les contraintes sur les niveaux adjacents (24, 31, 32) et le risque de dégénérescence, laquelle était moins observée dans le groupe ALVA (33).

La surconsommation analgésique du groupe ALVA et le taux supérieur de FBSS pourraient être dus à une radiculopathie iatrogène au niveau L5, causée par une augmentation excessive de la hauteur du disque et de la distance interpédiculaire (34).

## COMPLICATIONS

Avec l'assistance d'un chirurgien viscéral pour l'abord («chirurgien d'accès»), nous avons observé un taux de complications de 3,3 % pour l'ALVA, inférieur au taux global de 9,6 % rapporté dans la méta-analyse de Phan et coll. (35), qui incluait 55 % (n = 8.028) de cas réalisés avec l'assistance d'un chirurgien d'accès. Les lésions vasculaires sont la complication la plus courante de l'ALVA, avec un taux de 3,9 %, alors que le risque est négligeable pour l'ALVP (36). Les taux de complications viscérales, neurologiques et dures étaient, respectivement, de 2,7 %, 1,1 % et 0,1 %, et les infections postopératoires ont été observées dans 0,8 % des cas, alors que la littérature rapporte des taux de 4,9 % pour l'ALVA et 4,3 % pour l'ALVP (35), ce que nous n'avons pas constaté. Aucune brèche durale n'a été relevée dans notre série, ces brèches étant plus fréquentes par voie postérieure dans la littérature (3,8 % vs 0,4 %) (35). La fracture iatrogène que nous rapportons a été rapportée dans une proportion de 2,2 à 18,7 % (37, 38). À notre connaissance, ce risque n'est pas décrit pour la voie antérieure et mérite d'être pris en compte dans le choix opératoire. Le bénéfice de l'assistance d'un chirurgien d'accès pour l'ALVA reste largement débattu (35, 39). Enfin, lors de la comparaison des taux de complications, il est

essentiel de considérer les expositions complexes sur plusieurs niveaux de la colonne et les biais potentiels liés aux réinterventions. En l'absence de complications vasculaires, viscérales ou nerveuses majeures dans notre série, nous recommandons vivement la collaboration avec un chirurgien d'accès expérimenté pour optimiser la gestion des approches antérieures et minimiser les risques potentiels.

## LIMITATIONS

La nature rétrospective de l'étude et la petite taille de l'échantillon limitent la portée des conclusions. L'outil de mesure des résultats présente deux faiblesses : il est centré sur le patient, introduisant un biais de mesure, et les méthodes différent entre les études, compliquant l'intégration des résultats. De plus, il manque un protocole consensuel pour le traitement non opératoire (13). Enfin, aucun questionnaire préopératoire n'a été implémenté comme comparatif.

## CONCLUSION

Les arthrodèses lombaires par voie antérieure et postérieure semblent sûres pour traiter la DLA récalcitrante. L'ALVA, en raison de l'origine discogénique de la pathologie, semble mieux adaptée, préservant les structures postérieures et respectant davantage le profil sagittal. Ceci est appuyé par de bons résultats fonctionnels à long terme et une réduction de l'incapacité chez les patients atteints de DLA. Toutefois, cela doit être nuancé par une incidence plus élevée de douleurs lombaires persistantes après chirurgie et une utilisation chronique accrue d'analgésiques. Des études prospectives avec des critères diagnostiques uniformes et des groupes d'intervention homogènes, basées sur des techniques comparables et un protocole non chirurgical standardisé, pourraient renforcer la validité de ces résultats.

## BIBLIOGRAPHIE

1. GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* 2017;**390**:1211-59.
2. Boisson M, Lefèvre-Colau MM, Rannou F, Nguyen C. Active discopathy: a clinical reality. *RMD Open* 2018;**4**:e000660.
3. Modic MT, Ross JS. Lumbar degenerative disk disease. *Radiology* 2007;**245**:43-61.
4. Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR. Imaging of degenerative disk disease. *Radiology* 1988;**168**:177-86.

5. Mok FP, Samartzis D, Karppinen J, et al. Modic changes of the lumbar spine: prevalence, risk factors, and association with disc degeneration and low back pain in a large-scale population-based cohort. *Spine J* 2016;**16**:32-41.
6. Kjaer P, Korsholm L, Bendix T, et al. Modic changes and their associations with clinical findings. *Eur Spine J* 2006;**15**:1312-9.
7. Kuisma M, Karppinen J, Niinimäki J, et al. Modic changes in endplates of lumbar vertebral bodies: prevalence and association with low back and sciatic pain among middle-aged male workers. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007;**32**:1116-22.
8. Schmid G, Witteler A, Willburger R, et al. Lumbar disk herniation: correlation of histologic findings with marrow signal intensity changes in vertebral endplates at MR imaging. *Radiology* 2004;**231**:352-8.
9. Bailly F, Maigne JY, Genevay S, et al. Inflammatory pain pattern and pain with lumbar extension associated with Modic 1 changes on MRI: a prospective case-control study of 120 patients. *Eur Spine J* 2014;**23**:493-7.
10. Bydon M, De la Garza-Ramos R, Macki M, et al. Lumbar fusion versus nonoperative management for treatment of discogenic low back pain: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Spinal Disord Tech* 2014;**27**:297-304.
11. Jensen RK, Leboeuf-Yde C, Wedderkopp N, et al. Rest versus exercise as treatment for patients with low back pain and Modic changes. A randomized controlled clinical trial. *BMC Med* 2012;**10**:22.
12. Beaudreuil J, Dieude P, Poiraudou S, Revel M. Disabling chronic low back pain with Modic type 1 MRI signal: acute reduction in pain with intradiscal corticotherapy. *Ann Phys Rehabil Med* 2012;**55**:139-47.
13. Vanderthommen M, Grosdent S, Bethlen S, et al. Recommandations pour l'évaluation et la rééducation fonctionnelles du patient souffrant d'une lombalgie chronique. *Rev Med Liege* 2023;**78**:321-6.
14. Rao PJ, Loganathan A, Yeung V, Mobbs RJ. Outcomes of anterior lumbar interbody fusion surgery based on indication: a prospective study. *Neurosurgery* 2015;**76**:7-23; discussion 23-4.
15. Pinson H, Hallaert G, Herregodts P, et al. Outcome of anterior lumbar interbody fusion: a retrospective study of clinical and radiologic parameters. *World Neurosurg* 2017;**103**:772-9.
16. Briggs H, Milligan P. Chip fusion of the low back following exploration of the spinal canal. Published online 1944. Accessed May 11, 2022. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/CHIP-FUSION-OF-THE-LOW-BACK-FOLLOWING-EXPLORATION-Briggs-Milligan/da398b4f52ec3627735e51b2677cc19f5e4a1e60>
17. Pourtaheri S, Issa K, Lord E, et al. Paraspinal muscle atrophy after lumbar spine surgery. *Orthopedics* 2016;**39**:e209-14.
18. Brau SA. Mini-open approach to the spine for anterior lumbar interbody fusion: description of the procedure, results and complications. *Spine J* 2002;**2**:216-23.
19. Teraguchi M, Yoshimura N, Hashizume H, et al. Prevalence and distribution of intervertebral disc degeneration over the entire spine in a population-based cohort: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage* 2014;**22**:104-10.
20. Hsieh PC, Koski TR, O'Shaughnessy BA, et al. Anterior lumbar interbody fusion in comparison with transforaminal lumbar interbody fusion: implications for the restoration of foraminal height, local disc angle, lumbar lordosis, and sagittal balance. *J Neurosurg Spine* 2007;**7**:379-86.
21. Phan K, Thayaparan GK, Mobbs RJ. Anterior lumbar interbody fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion--systematic review and meta-analysis. *Br J Neurosurg* 2015;**29**:705-11.
22. Liang Y, Shi W, Jiang C, et al. Clinical outcomes and sagittal alignment of single-level unilateral instrumented transforaminal lumbar interbody fusion with a 4 to 5-year follow-up. *Eur Spine J* 2015;**24**:2560-6.
23. Chaléat-Valayer E, Mac-Thiong JM, Paquet J, et al. Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. *Eur Spine J* 2011;**20**(Suppl 5):634-40.
24. Le Huec JC, Faundez A, Dominguez D, et al. Evidence showing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review. *Int Orthop* 2015;**39**:87-95.
25. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;**30**:2024-9.
26. Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis. *Spine* 2005;**30**:682-8.
27. Xu W, Ran B, Luo W, et al. Is lumbar fusion necessary for chronic low back pain associated with degenerative disk disease? A meta-analysis. *World Neurosurg* 2021;**146**:298-306.
28. Wang X, Wanyan P, Tian JH, Hu L. Meta-analysis of randomized trials comparing fusion surgery to non-surgical treatment for discogenic chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2015;**28**:621-7.
29. Phillips FM, Slosar PJ, Youssef JA, et al. Lumbar spine fusion for chronic low back pain due to degenerative disc disease: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;**38**:E409-22.
30. Glassman SD, Carreon LY, Djurasovic M, et al. Lumbar fusion outcomes stratified by specific diagnostic indication. *Spine J* 2009;**9**:13-21.
31. Cho JH, Joo YS, Lim C, et al. Effect of one- or two-level posterior lumbar interbody fusion on global sagittal balance. *Spine J* 2017;**17**:1794-802.
32. Smith MW, Annis P, Lawrence BD, et al. Acute proximal junctional failure in patients with preoperative sagittal imbalance. *Spine J* 2015;**15**:2142-8.
33. Min JH, Jang JS, Lee SH. Comparison of anterior- and posterior-approach instrumented lumbar interbody fusion for spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2007;**7**:21-6.
34. Rao PJ, Maharaj MM, Phan K, et al. Indirect foraminal decompression after anterior lumbar interbody fusion: a prospective radiographic study using a new pedicle-to-pedicle technique. *Spine J* 2015;**15**:817-24.
35. Phan K, Xu J, Scherman DB, et al. Anterior lumbar interbody fusion with and without an "access surgeon": a systematic review and meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;**42**:E592-E601.
36. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg* 2015;**1**:2-18.
37. Inoue G, Saito W, Miyagi M, et al. Prevalence and location of endplate fracture and subsidence after oblique lumbar interbody fusion for adult spinal deformity. *BMC Musculoskelet Disord* 2021;**22**:880.
38. Abe K, Orita S, Mannoji C, et al. Perioperative complications in 155 patients who underwent oblique lateral interbody fusion surgery: perspectives and indications from a retrospective, multicenter survey. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;**42**:55-62.
39. Mobbs RJ, Phan K, Daly D, et al. Approach-related complications of anterior lumbar interbody fusion: results of a combined spine and vascular surgical team. *Glob Spine J* 2016;**6**:147-54.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au Dr Al barajraji M, service de Neurochirurgie, CHR Citadelle, Liège, Belgique.  
Email : mejdeddine.albarajraji@citadelle.be