

SPONDYLOLISTHÉSIS DÉGÉNÉRATIF LOMBAIRE



FIG. 1 - IMAGE CLÉ - Aspect typique d'un spondylolisthésis dégénératif chez un patient de 60 ans. Notez le décalage de L4 sur L5 qui est bien présent sur cette radiographie de profil, patient debout.



XAVIER BANSE
LUDOVIC KAMINSKI

UCLouvain



Cet article est diffusé sous licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions (CC BY-NC-SA)

Hôpital privé
Médipôle
de Savoie

POINTS CLÉS

- 🔑 Le spondylolisthésis dégénératif est une forme très typique d'arthrose lombaire où l'usure des facettes postérieures domine et où les deux vertèbres (souvent L4-L5) se décalent de profil.
- 🔑 Le spondylolisthésis entraîne souvent un canal lombaire étroit avec une sténose sévère des récessus.
- 🔑 Le tableau clinique est celui d'un canal lombaire étroit avec des radiculgies (souvent L5), des lombalgies (en station ou aux transferts) et une claudication neurogène. Les déficits distaux (sensitifs ou moteurs) sont rares.
- 🔑 Le bilan doit inclure une IRM lombaire et parfois des radiographies en station debout.
- 🔑 Le traitement conservateur peut s'appliquer chez les patients peu invalidés et utilise les anti-inflammatoires non stéroïdiens, le paracétamol et parfois des infiltrations péri-durales.
- 🔑 Le traitement chirurgical est indiqué chez les patients invalidés par les douleurs ou la claudication et dans les très rares cas de déficit évolutifs.
- 🔑 En cas d'intervention, on va essentiellement décompresser le canal, mais aussi dans certains cas, procéder à une arthrodèse du niveau concerné.

DÉFINITION

Nous allons définir, par spondylolisthésis dégénératif, (angl : *degenerative spondylolisthesis*), une situation où l'arthrose des facettes postérieures entraîne un glissement d'une vertèbre par rapport à une autre (fig. 1).

DEUX SITUATIONS CLASSIQUES MAIS DISTINCTES

Le terme vient de *spondylo* (la vertèbre en grec) et de *olystè* (qui veut dire littéralement, je glisse). Le terme spondylolisthésis est utilisé dans deux circonstances bien distinctes en médecine et qui font l'objet de deux chapitres séparés dans ce volume (Tableau 1).

▷ **Tableau 1** - Les deux grands types de spondylolisthésis.

DIFFÉRENCES REMARQUABLES	SPONDYLOLISTHÉSIS DÉGÉNÉRATIF	SPONDYLOLYSE AVEC SPONDYLOLISTHÉSIS
Étiologie	Arthrose et usure des facettes zygapophysiales	Solution de continuité (= lyse) dans l'isthme, souvent de L5
Niveau concerné le plus souvent	L4-L5	L5-S1
Âge auquel il est observé	> 50 ans	Chez l'enfant, l'adolescent ou l'adulte
Situation dans le canal médullaire	Rétréci, le glissement a un effet <i>coupe cigare</i> sur le canal	Agrandi. Comme les éléments postérieurs restent en arrière, cela élargit le canal
Situation des neuroforamens	Souvent épargnés	Souvent rétrécis
Tolérance	Souvent mal toléré dès qu'il entraîne un canal lombaire étroit	Souvent remarquablement toléré durant une longue période



D'une part le spondylolisthésis dégénératif présenté ici, qui est lié à une arthrose facettaire et d'autre part le spondylolisthésis sur spondylolyse qui est dû à une solution de continuité ou une anomalie de l'isthme ou pars interarticularis (souvent de L5, cf. chapitre *Spondylolisthésis et spondylolyses*). Le spondylolisthésis dégénératif est décrit par certains auteurs comme tout spondylolisthésis où l'arche neurale (comprenez les isthmes) est normale.

La confusion entre les deux types de spondylolisthésis est savamment entretenue par le fait que beaucoup de *textbooks* couvrent les deux pathologies dans le même chapitre, alors que la pathogénie, la présentation et la gestion sont fort différentes. Pour nous, le spondylolisthésis dégénératif doit être vu comme une **variante du canal lombaire étroit**, car il s'agit d'une pathologie dégénérative, dont la présentation clinique est similaire tout comme les principes de prise en charge.

CRITÈRES

Pour mesurer le spondylolisthésis, on trace une ligne au bord postérieur du corps de la vertèbre sus-jacente et une sur la vertèbre sous-jacente, puis on mesure le décalage à hauteur du disque.

SYNONYMES DE FACETTE

Les articulations interapophysaires (ou zygapophysaires) postérieures sont formées par une apophyse articulaire supérieure (de la vertèbre inférieure) qui se trouve en avant, qui s'articule avec une apophyse articulaire inférieure (de la vertèbre supérieure) qui se trouve en postérieur. Pour des raisons de commodité, nous utiliserons parfois le terme plus commun de « facette » pour désigner cette articulation et les deux apophyses qui la composent.

PATHOGÉNIE ET HISTOIRE NATURELLE

Chez certains patients, le poids du tronc repose trop largement sur l'arrière de la colonne. C'est souvent, mais pas toujours, le fait d'une hyperlordose. La charge est alors portée par les articulations interapophysaires postérieures qui, suite à cet excès de pression, peuvent présenter de l'arthrose. Une fois que le cartilage a disparu, l'arthrose va entraîner une usure de l'os sous-chondral et les facettes (singulièrement la facette distale) vont diminuer en épaisseur. La pathogénie du spondylolisthésis et l'illustration de la défaillance facettaire est illustrée sur la **figure 2**.

La fonction des facettes vertébrales est, entre autres, de guider la mobilité d'un segment en évitant qu'une vertèbre se décale par rapport à une autre dans le plan sagittal. Les facettes (et en partie les lames) sont comme des tuiles disposées les unes au-dessus des autres. La tuile du dessus est retenue par la tuile du dessous qui l'empêche d'aller vers l'avant. Si à leur point de contact les tuiles s'usent, leur fonction est compromise et l'alignement n'est plus conservé.

L'arthrose facettaire tout comme le spondylolisthésis qui peut en découler peuvent donner des lombalgies mécaniques. Parfois cette arthrose est asymptomatique. Souvent, lorsque le spondylolisthésis évolue, il va aboutir à un rétrécissement du canal médullaire par effet *coupe cigare* sur le canal. Translatez de 6 mm un canal qui fait 10 mm de diamètre antéro-postérieur et, à la jonction, le canal ne fait plus que 4 mm de diamètre. Ainsi, progressivement le spondylolisthésis dégénératif amène un confinement puis une compression des racines au niveau du canal médullaire. C'est un grand pourvoyeur de canal lombaire étroit. La sténose se réalise d'abord dans le récessus (c'est-à-dire la partie latérale du canal), puis dans la zone centrale du canal. Non seulement l'usure des facettes crée une certaine instabilité, mais surtout elle va comprimer les racines de la queue de cheval (**fig. 3**).

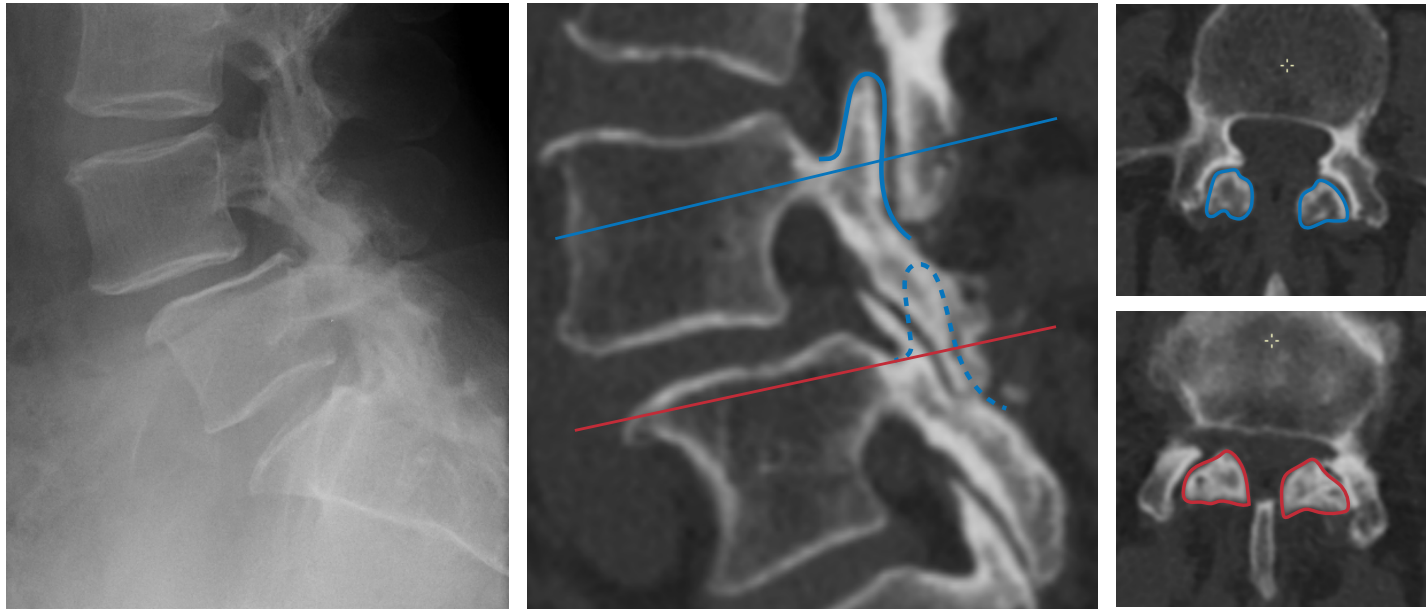


Fig. 2 - Illustration de l'usure facettaire. À gauche, on voit un cas typique de spondylolisthésis L4-L5 sur une radiographie de profil. Au milieu, en coupe paramédiane sagittale au CT-scan chez la même patiente, on a délimité le contour de la facette supérieure de L4 qui est normal. Le bouclier est en place. Plus bas, en L4-L5, on voit que ce qu'il reste de la facette supérieure n'a plus du tout un contour normal. La ligne pointillée bleue reproduit le contour normal de la facette à titre indicatif. En haut à droite, coupe par le niveau L3-L4, juste en dessous du disque. On voit que les facettes L3 inférieures (surlignées en bleu) sont bien maintenues à distance du corps de L4. En bas à droite, sur une coupe axiale au niveau L4-L5, on voit que les facettes inférieures de L4 (surlignées en rouge) ne sont plus maintenues à distance du corps de L5. Elles sont venues fermer les récessus. C'est bien l'usure de l'os des facettes qui crée le spondylolisthésis dégénératif.

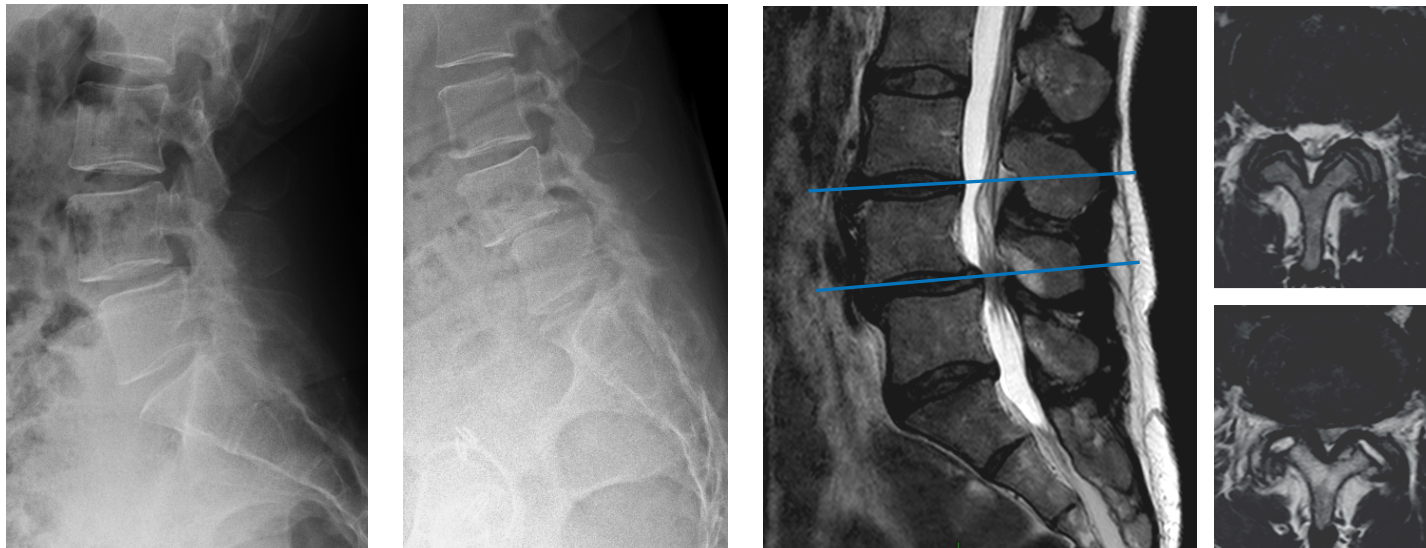


Fig. 3 - Spondylolisthésis dégénératif de mauvaise évolution clinique et radiologique. À gauche, on voit la situation début 2013 : il y a un léger spondylolisthésis dégénératif de quelques mm en L4-L5. Au milieu, sur la même radiographie mais trois ans plus tard, on voit bien que le glissement est bien plus sévère et est passé à 10 mm. Au même moment en IRM, ici en pondération T2 (en décubitus dorsal), on voit en coupe sagittale médiane (image de droite) que le canal est rétréci en L4-L5. En coupe axiale, au niveau de L3-L4, le LCR entoure normalement les racines (Lausanne A). En L4-L5, on ne voit plus de LCR autour des racines (Lausanne C). Notez les deux croissants en hypersignal au niveau des facettes qui signent une décoaptation de celle-ci. Ceci correspond à du liquide articulaire qui remplit s'espace articulaire décoapté et qui apparaît en hypersignal. En station debout le canal est donc encore plus comprimé, ce qui rend la situation insupportable pour la patiente.



Le spondylolisthésis dégénératif se produit dans plus de 90 % des cas en L4-L5, plus rarement en L3-L4. L5-S1 est remarquablement épargné dans le spondylolisthésis dégénératif, alors qu'il est le site de prédilection du spondylolisthésis sur spondylolyse (cf. [tableau 1](#)). Ceci est probablement dû à l'appareil ligamentaire qui ancre spécifiquement L5 entre les crêtes iliaques et protège relativement les facettes L5-S1. L4 ne bénéficie pas d'un tel support ligamentaire.

Quand le canal se rétrécit, il y a une compression extrinsèque du sac et on voit disparaître le liquide céphalo-rachidien (LCR) autour des racines de la queue de cheval. Cette compression est dynamique ou statique. En effet chez certains patients, le glissement s'aggrave significativement en position debout ([fig. 3](#)).

ÉPIDÉMIOLOGIE

La prévalence du spondylolisthésis dégénératif dans la population est difficile à estimer. Comme il s'agit d'une pathologie dégénérative, l'incidence augmente avec l'âge et la prévalence augmente avec le vieillissement de la population. Le diagnostic est par ailleurs plus facile qu'il y a quelques décennies, vu que l'accessibilité à une imagerie (IRM) est meilleure. On diagnostiquera le plus souvent un spondylolisthésis dégénératif symptomatique chez des patients de 45 ans à 90 ans (avec une moyenne à 68 ans). Contrairement au canal lombaire étroit sans spondylolisthésis où il y a autant d'hommes que de femmes, le spondylolisthésis dégénératif avec canal lombaire étroit a une nette prédominance féminine (70 %) ([Ponkilainen, 2021](#)).

L'incidence des interventions pour canal lombaire étroit avec spondylolisthésis dégénératif est moitié inférieure à celle des canaux étroits. On peut raisonnablement estimer le nombre de spondylolisthésis dégénératifs opérés en Belgique autour de 3 à 5 000 cas par an.

PRÉSENTATION CLINIQUE

ANAMNÈSE

La symptomatologie d'un spondylolisthésis dégénératif est très similaire à celle d'un canal lombaire étroit. On peut résumer cela en disant qu'il s'agit de patients qui ont des lombalgies ou des douleurs dans les membres inférieurs qui sont aggravées en position debout et à la marche.

Les quatre grands symptômes sont bien décrits dans le chapitre sur le canal lombaire étroit. Il s'agit de la **claudication neurogène** ①, des **radiculgies** ②, des **lombalgies** ③ et rarement d'éventuels **déficits** ④. L'intensité des symptômes ou leur fréquence relative est très similaire dans un groupe de patients en attente d'intervention pour canal lombaire étroit qu'il y ait ou non un spondylolisthésis sur les radiographies préopératoires ([Försth et al. 2016](#)).

Le syndrome du canal lombaire étroit (ici lié à un spondylolisthésis) n'est que rarement complet. Autrement dit, la majorité des patients va se plaindre essentiellement d'un ou de deux des 4 éléments. La présentation est fondamentalement variable d'un patient à l'autre, même lorsque le patient atteint un stade d'invalidité significatif. L'installation des symptômes est en général lente, mais peut décompenser soit spontanément, soit à la faveur de la formation d'un kyste arthrosynovial intracanalair, soit si une hernie discale (éventuellement foraminale) vient aggraver la situation d'un jour à l'autre.

Aux 4 symptômes de base, viennent s'ajouter des symptômes plus rares qui vont évoquer une légère instabilité de la colonne : des douleurs (lombaires ou radiculaires) lors des transferts, lorsque le patient sort d'une voiture, lorsqu'il se relève de la table d'examen. Cette plainte ou cette observation est rare mais assez spécifique d'un spondylolisthésis dynamique. On notera aussi que, comme le spondylolisthésis dégénératif se produit en général au niveau L4-L5, la racine qui est le plus souvent symptomatique est L5 (fesse,

puis région trochantérienne, face externe de la jambe, coup de pied et orteils (cf. chapitre *Anamnèse et examen clinique du rachis* pour les dermatomes).

EXAMEN CLINIQUE

L'examen clinique est souvent pauvre. Comme pour le canal lombaire étroit, on cherchera un déficit L4, L5 ou S1 (marche talons/pointes). Les réflexes achilléens sont en général abolis ou faibles. On examinera les hanches et on testera le Hoffmann, à la recherche d'autres problèmes (coxarthrose ou myélopathie).

L'examen du rachis chez le patient mince peut montrer une saillie relative de l'épine de L5 (par rapport à L4) qui signe l'antélisthésis. Chez la patiente obèse et en hyperlordose, rien n'est visible ou palpable.

EXAMENS COMPLÉMENTAIRES

Le bilan de cette pathologie repose sur l'imagerie médicale.

RADIOGRAPHIE STANDARD

On peut diagnostiquer le spondylolisthésis dégénératif lombaire à l'aide d'une radiographie standard, où l'on verra sur le profil, le glissement d'une vertèbre par rapport à une autre. L'examen radiographique a le grand avantage de se faire en charge, debout, ce qui permet d'éviter de sous-estimer le glissement pour les spondylolisthésis qui sont relativement dynamiques.

IRM LOMBAIRE

L'examen d'imagerie de choix est l'IRM de la colonne lombaire. C'est le seul examen qui permet d'évaluer le retentissement sur le canal médullaire. En particulier la disparition du LCR autour des racines de la queue de cheval. La classification de **Lausanne** (cf. chapitre *Canal lombaire étroit*) permet de voir s'il y a une sténose significative du canal.

Comme beaucoup de patients ont un spondylolisthésis qui est relativement peu dynamique (c'est-à-dire qu'il est fixé même en position couchée), on peut très bien le voir en IRM sur les coupes sagittales. Dans certains cas, le degré de spondylolisthésis est sous-estimé en décubitus dorsal et on verra un glissement plus important sur la radiographie, mais alors, on notera un croissant de décoaptation facettaire sur les images en coupe axiale (fig. 3, bas). Ce croissant est en hypersignal en pondération T2 et correspond à du liquide articulaire qui remplit la facette ouverte en décubitus dorsal. En charge le liquide est expulsé et les facettes se translatent vers l'avant, ce qui comprime d'autant plus le canal.

L'IRM permet d'évaluer la taille du canal en amont du spondylolisthésis. Elle montre aussi très bien s'il y a ou non un kyste arthrosynovial intracanalair. Certains patients ont aussi, sur le niveau concerné une hernie discale vraie, parfois foraminale (souvent L4) et cet élément doit être connu pour avoir une approche thérapeutique efficace. Le disque et le canal médullaire sont très bien visibles à l'IRM.

VÉRIFIER LE RESTE

Il convient de s'assurer cliniquement, et au besoin par des examens complémentaires, qu'il n'y a pas de pathologie surajoutée, comme p. ex., une myélopathie cervicarthrosique, une coxarthrose ou une polyneuropathie.

PRINCIPES DE TRAITEMENT

L'objectif du traitement est de soulager de façon durable les symptômes liés au spondylolisthésis dégénératif et au canal lombaire étroit associé : la lombalgie, les radiculalgies ou les difficultés de marche.

Le principe de traitement est d'agrandir le canal médullaire pour libérer le sac dural et les racines, et de stabiliser le niveau de spondylolisthésis, pour arrêter la progression du listhésis.



QUEL TRAITEMENT ?

Malheureusement, aucun traitement de manipulation ou de kinésithérapie ne peut réduire le spondylolisthesis, libérer les récessus ou agrandir le canal. Les injections péri-durales n'apportent qu'une amélioration temporaire. Beaucoup de patients vont consulter tardivement et ont épuisé les ressources de traitement conservateur (antalgiques, lombostat, kinésithérapie). Vue la nature du problème, l'amélioration spontanée fait exception, c'est la dégradation constante (mais parfois lente) qui est la règle.

Il y a deux grandes options de traitement chirurgical. La décompression simple par **laminotomie** et la décompression associée à une **arthrodèse**. Dans le monde, le traitement standard inclut une arthrodèse car l'idée est que le niveau est instable. La logique est que la laminotomie est nécessairement associée à une facetectomie médiale (pour bien libérer le récessus). Cette résection partielle diminue la surface portante des facettes, et accélère (en théorie) le glissement. L'instabilité secondaire faisait partie des problèmes dans les années 80 et 90, raison pour laquelle ont été développées des techniques fiables d'arthrodèse par la suite. Le traitement chirurgical incluant une arthrodèse a démontré sa supériorité sur le traitement conservateur (*Weinstein et al, 2007 étude randomisée*) et son efficacité dans l'absolu (*Munting et al. 2015, registre Spine Tango*). Il reste le traitement de référence.

Ceci a néanmoins été remis en cause récemment (*Försth et al, 2016 étude randomisée*), et il y a certainement une place pour des décompressions sans arthrodèse. Si l'on considère l'ensemble des canaux étroits sur spondylolisthesis dégénératif, on tendra actuellement vers une répartition de 50/50 entre ces deux techniques.

On préférera une **arthrodèse** à une décompression simple dans les cas suivants :

- ▶ sténose ou hernie foraminale (mais hors de portée de la décompression simple),
- ▶ hernie discale molle concomitante nécessitant une discectomie (qui va accroître l'instabilité),
- ▶ patient avec un disque de hauteur préservée, objectivement instable,
- ▶ articulation interapophysaire à grand axe sagittal (les résidus de facettes ne seront plus compétents),
- ▶ bloc rigide en amont ou en aval (plus de contraintes sur le niveau),
- ▶ niveau déjà opéré (échec de décompression simple).

On favorisera une **décompression simple** dans les cas suivants :

- ▶ patient fragile,
- ▶ pas de hauteur discale résiduelle ou niveau déjà ankylosé avec des ostéophytes,
- ▶ foramens libres.

La présence de lombalgies dans le tableau clinique ou le résultat d'une scintigraphie (voire d'un SPECT/CT) ne sont pas des critères déterminants pour choisir une technique ou l'autre.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE

LAMINOTOMIE

La technique pour réaliser une décompression simple est décrite dans le chapitre sur le canal lombaire étroit. Sous anesthésie générale et en décubitus

ventral, on réalise une résection partielle de la lame supérieure (souvent L4) et de la lame inférieure (souvent L5). Le ligament jaune est réséqué ainsi que la partie médiale des facettes. Ce travail doit être fait des deux côtés pour bien libérer généreusement les récessus gauche et droit du niveau. Il convient de conserver les épines de L4 et L5 pour limiter le risque de déstabilisation iatrogène.

ARTHRODÈSE LOMBAIRE

L'intervention se déroule sous anesthésie générale et en décubitus ventral.

Beaucoup d'équipes réalisent une partie de cette intervention de façon mini-invasive. C'est la technique ouverte qui sera décrite ici. Une incision de 10 cm est réalisée en regard du niveau concerné. Les masses musculaires paravertébrales sont réclinées afin de dégager les facettes de L4-L5. On va ensuite placer des vis pédiculaires. Ces implants permettent de prendre un ancrage solide dans la vertèbre supérieure et inférieure du niveau à opérer (fig. 4, milieu). Leur bon positionnement est délicat et peut bénéficier de l'usage des systèmes de navigation peropératoire. Une fois les vis en place, le chirurgien va décompresser soit un, soit deux récessus. Il est actuellement commun de procéder à une discectomie complète, à un avivement des plateaux, associée à la mise en place d'une ou de deux cages (+ greffes), pour obtenir une fusion intersomatique (fig. 4, droite et fig. 5, gauche). Si deux cages sont placées en allant à gauche et à droite du sac, on appellera cette technique **PLIF** (pour *Posterior Lumbar Interbody Fusion*). Si on place une seule cage par voie foraminale on appellera cette technique **TLIF** (pour *Transforaminal Lumbar Interbody Fusion*). L'extension de la fusion à l'espace intersomatique (par PLIF ou TLIF) aide à réduire le glissement et augmente la stabilité immédiate du montage. Une fois l'espace discal greffé, on connecte les vis supérieures et inférieures avec deux courtes tiges lordosées (fig. 5, droite).

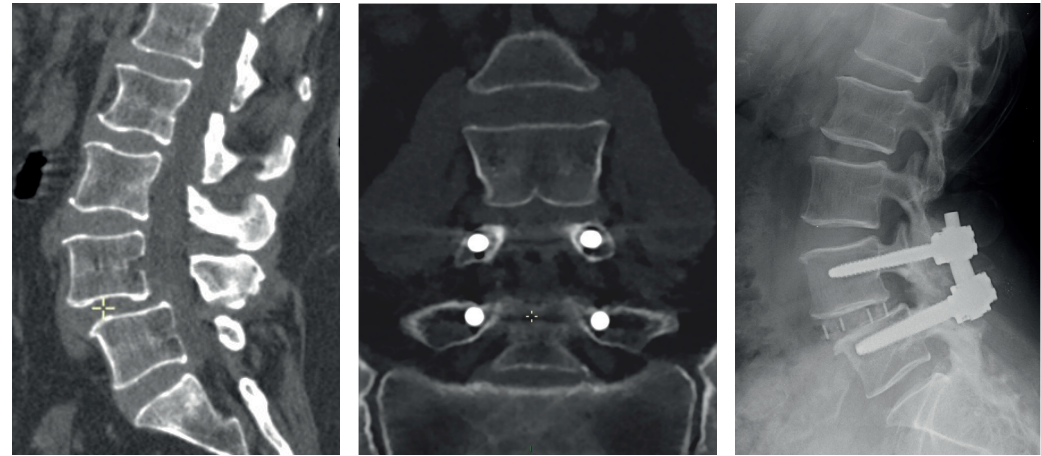


Fig 4 - À gauche : CT-scan d'un patient présentant un spondylolisthésis dégénératif et un canal étroit en L4-L5. On note bien le spondylolisthésis de 7 mm sur la reconstruction de profil. La même information peut être obtenue par radiographie. L'illustration du milieu montre un CT-scan postopératoire en coupe coronale et indique le bon positionnement des vis pédiculaires L4 et L5. À droite, radiographie postopératoire montrant une instrumentation par vis pédiculaires, avec une réduction partielle du glissement. La fusion intersomatique est assurée par la mise en place de greffes dans l'espace discal. Ces greffes sont protégées par de petites cages dont on voit les marqueurs métalliques sur le profil.

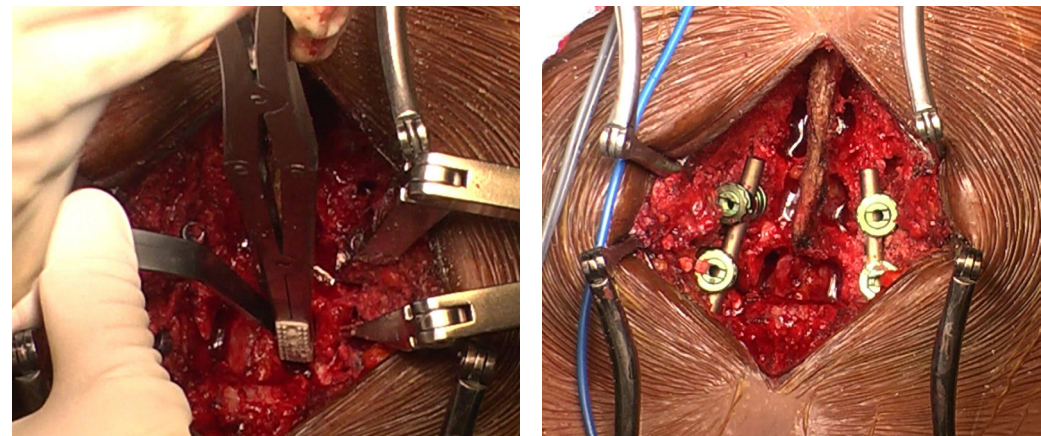


Fig 5 - Patientte présentant un canal lombaire étroit sur trois niveaux dont le dernier (L4-L5) est associé à un spondylolisthésis significatif. Sur l'image de droite, les trois niveaux ont été décompressés. L'opérateur a procédé à la discectomie et à l'avivement des plateaux vertébraux avec des curettes. À gauche, le sac est récliné et on introduit la cage en PEEK garnie d'allogreffe lyophilisée. L'espace discal est aussi comblé avec des fragments d'autogreffe prélevés au dépend des épines. À droite, aspect avant fermeture. Les vis pédiculaires gauches et droites sont connectées par deux tiges et mises en compression pour compacter les greffes.



SOINS POSTOPÉRATOIRES

On ferme d'habitude sur un drain de Redon non aspiratif ou sur drain de Blake®. Le 1^{er} lever est autorisé dès le lendemain en l'absence de brèche durale (voir ci-dessous). Le drain est retiré à 24 ou 48h. Le risque d'hématome péri-dural fait que, sauf exception, on n'utilise pas d'héparine à bas poids moléculaire en postopératoire. Il ne faut pas de corset et il n'y a pas de consigne spécifique concernant les activités, en dehors d'une recommandation de promenades régulières et de périmètre croissant.

COMPLICATIONS

Les complications potentielles de la décompression lombaire sont l'hématome péri-dural (1 à 2 %), la brèche durale (4 à 10 %), le sepsis (1 à 2 %) et la blessure radiculaire (*Weinstein 2007*). En cas d'arthrodèse, il existe aussi un risque de malpositionnement d'un implant (singulièrement une vis pédiculaire), pouvant irriter ou léser une racine. De plus, l'intervention étant plus longue et plus lourde, le risque de complication générale est plus élevé. Retenons que le taux de complications est de l'ordre de **10 %** et la nécessité d'une reprise chirurgicale de l'ordre de 3 à 5 % (*Munting et al. 2015*). Les complications graves avec des séquelles permanentes sont très rares. Un chapitre spécial est consacré à la prise en charge des complications de la chirurgie de la colonne.

FRÉQUENCE DES BONS RÉSULTATS

Le patient doit être informé des chances de succès de l'intervention. En ce qui concerne les radiculalgies, une amélioration substantielle, voire la disparition des douleurs est observée dans 8 cas sur 10. L'amélioration du périmètre de marche est observée avec une fréquence similaire. Les résultats sont plus aléatoires pour les lombalgies : seulement 6 à 7 patients sur 10 verront une amélioration substantielle de ce symptôme. Ces scores sont marginalement

améliorés en cas d'arthrodèse (*Munting et al. 2015*) ou identiques (*Försth et al. 2016*). Une aggravation des symptômes est observée dans moins d'un cas sur dix mais n'est pas exceptionnelle.

CONCLUSION/RÉSUMÉ

Le spondylolisthésis dégénératif est une forme d'arthrose lombaire où s'associent un décalage des vertèbres de profil et une sténose du canal médullaire. Le traitement chirurgical par laminotomie (décompression simple) ou arthrodèse est efficace. Le choix entre les deux techniques se fait en fonction d'une série de particularités à l'imagerie médicale.

RÉFÉRENCES

1. Ponkilainen VT, Huttunen TT, Neva MH, Pekkanen L, Repo JP, Mattila VM. « **National trends in lumbar spine decompression and fusion surgery in Finland** », 1997-2018. Acta Orthop. 202.
2. Försth P, Ólafsson G, Carlsson T, Frost A, Borgström F, Fritzell P, Öhagen P, Michaëlsson K, Sandén B. « **A Randomized, Controlled Trial of Fusion Surgery for Lumbar Spinal Stenosis.** » N Engl J Med. 2016.
3. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G. « **Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images.** » Spine (Phila Pa 1976). 2010.
4. Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD, Hanscom B, Tosteson AN, Blood EA, Birkmeyer NJ, Hilibrand AS, Herkowitz H, Cammisa FP, Albert TJ, Emery SE, Lenke LG, Abdu WA, Longley M, Errico TJ, Hu SS. « **Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis.** » N Engl J Med. 2007.
5. Munting E, Röder C, Sobottke R, Dietrich D, Aghayev E; Spine Tango Contributors. « **Patient outcomes after laminotomy, hemilaminectomy, laminectomy and laminectomy with instrumented fusion for spinal canal stenosis: a propensity score-based study from the Spine Tango registry.** » Eur Spine J. 2015.