

# Prothèse de disque lombaire. Données actuelles

## Total disc arthroplasty of the lumbar spine : actual concepts

Ch Garreau de Loubresse

*Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, hôpital R Poincaré, Garches.*

### Mots clés

- ◆ Prothèse de disque lombaire
- ◆ remplacement discal

### Résumé

La lombalgie de par sa fréquence pose de multiples problèmes d'ordres médicaux, socio-économiques, mais aussi pour sa prise en charge chirurgicale. Par le passé, la seule solution était celle de l'arthrodèse. Depuis la fin des années 1980, des prothèses totales de disques fiables ont fait leur apparition. Leur conception impose un cahier des charges strict définissant ses fonctions intrinsèques géométriques et mécaniques et doit répondre aux contraintes rachidiennes géométriques, cinématiques et mécaniques. Le bilan clinique et d'imagerie préopératoire s'attache à éliminer les nombreuses contre-indications. La prothèse discale doit être réservée à la lombalgie discogénique résistante au traitement médical du patient jeune porteur d'une discopathie isolée. La technique chirurgicale impose une voie antérieure trans- ou plutôt rétro-péritonéale. Après abord du carrefour aorto-iliaque et ilio-cave, la discectomie complète permet une libération intersomatique puis l'insertion de la prothèse après préparation des plateaux adjacents. La littérature devient abondante et les résultats sont assez concordants d'une série à l'autre. Une série prospective randomisée comparant prothèse de disque et traitement fonctionnel a confirmé la supériorité de la chirurgie. La prothèse discale a également montré sa supériorité sur la fusion intervertébrale. Ces bons résultats se maintiennent dans les séries à court et moyen terme. Cette technique est toutefois délicate et expose à des complications en relation avec l'abord (lésions vasculaires, plexus hypogastrique). Un mauvais positionnement est corrélé à un résultat fonctionnel non satisfaisant. Dans les séries les plus longues, des signes d'usure, des enfoncements secondaires ou des ossifications périprothétiques sont rapportés. Les résultats de la prothèse totale de disque lombaire sont toutefois encourageants. Elle possède une morbidité faible, mais des études avec un haut niveau de preuve sont nécessaires pour confirmer son champ d'application, ses interactions avec les structures adjacentes et son devenir à long terme.

### Keywords

- ◆ Lumbar disc prosthesis
- ◆ disc replacement

### Abstract

Due to its frequency, low back pain is problematic from several aspects: medical, social-economic and therapeutic. In the past, spinal arthrodesis was the only solution. Since the end of the eighties, technical features of total disc arthroplasty improved and implants became reliable. Their design imposes a strict schedule of conditions defining the intrinsic geometrical and mechanical functions and must meet the physiologic geometrical, kinematical and mechanical constraints of the vertebral column. The preoperative clinical and imaging assessments attempt to eliminate the numerous counter indications. The prosthesis of the intervertebral discs must be reserved for the discogenic low back pain resistant to the medical treatment of the young patient carrying an isolated discopathy. The surgical procedure imposes an anterior approach trans or rather retroperitoneal. After access to the vascular crossroad, a complete discectomy allows for an intersomatic distension and a preparation of the adjacent plates, followed by the insertion of the prosthesis. The literature is becoming abundant and the results are rather concordant from a series to another. A randomized prospective study comparing total disc replacement and functional therapy confirmed the superiority of surgery. Total disc arthroplasty also showed its superiority over intervertebral fusion. These good results are maintained in short and medium term studies. This technique is however delicate and is particularly exposed to complications in relation to the approach (vascular or nerve injury). Moreover, a bad positioning is correlated with a non-satisfactory functional result. In the longest series, signs of wear, secondary depressions and periprosthetic ossifications are observed. The preliminary results of the lumbar total disc arthroplasty are however encouraging. It has a low morbidity but studies with a high level of proof are still necessary to confirm its scope of application, its interactions with the adjacent structures and its long-term evolution.

Correspondance :

*Christian Garreau de Loubresse.*

*Service de chirurgie orthopédique et traumatologique. Hôpital R. Poincaré, 100 av R Poincaré, 92380 Garches*

*Email : ch.garreau@rpc.aphp.fr*

La lombalgie est une pathologie habituelle de l'adulte. Dans la population générale, la fréquence de survenue d'un épisode lombalgique est de 59% au cours de la vie et de 39% dans les douze derniers mois. L'incidence annuelle, c'est-à-dire la fréquence en un an d'une nouvelle lombalgie, est de 4,7% et un quart de ces épisodes passent à la chronicité (1). La prévalence de la lombalgie chronique a été estimée en France à 7,9% (intervalle de confiance à 95 % : 7,2 - 8,5) pour les hommes et à 7,5 % (IC 95 % : 7 - 8,1) pour les femmes en 2004, lors d'une enquête réalisée par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE). Cette pathologie a un poids socio-économique en termes de soins, d'arrêts de travail et d'incapacité donnant lieu à indemnisation, et impose de la part des médecins une prise en charge rigoureuse. À l'étape chirurgicale du traitement, l'arthrodèse est la solution classique. Le remplacement du disque lombaire par une prothèse maintenant la mobilité en diminuant les répercussions sur les étages adjacents s'est développée depuis la fin des années 1980. Progressivement, les modalités d'indications, de techniques et les résultats sont précisés dans la littérature. Cet article a pour but de rappeler les points fondamentaux de cette technique qui reste toujours, selon la Haute Autorité de Santé, une technique en cours d'évaluation.

## Biomécanique des prothèses discales lombaires

L'articulation intervertébrale est très spécifique et le remplacement total du disque lombaire doit répondre à un cahier des charges biomécanique. La prothèse discale par sa géométrie nécessite un encombrement limité pour s'appuyer sur les plateaux vertébraux sans créer de conflit avec les structures adjacentes vasculaires ou neurologiques. Elle doit permettre la restitution de la hauteur intervertébrale et participer au maintien de la courbure physiologique en lordose du rachis lombaire. Sa caractéristique fondamentale est le maintien de la mobilité avec des amplitudes idéalement identiques au disque sain et le nombre de degrés de liberté précis de sa cinématique. Le disque seul, structure déformable, réalise une liaison continue élastique et possède 6 degrés de liberté. Depuis les années 1950, plus d'une centaine de brevets de prothèse discale lombaire ont été déposés. Très peu ont eu une expérience clinique prolongée. Les modèles actuels peuvent être distingués en :

- prothèses à noyau mobile bisphérique de type SB Charité® (fig. 1). Elles sont composées d'une rotule bisphérique ou noyau en polyéthylène parfaitement congruent avec les 2 plateaux métalliques concaves supérieur et inférieur. Cette prothèse autorise 2 degrés de libertés en translation et 3 en rotation ;
- prothèses à noyau mobile monosphérique de type Mobidisc® (fig. 2). Le noyau en polyéthylène convexe uniquement dans sa partie supérieure se trouve sur un plateau inférieur métallique de surface plane. Le plateau supérieur métallique de la prothèse est concave vers le bas et congruent avec le noyau. Ce type de prothèse possède 5 degrés de liberté et ne permet pas une translation crânio-caudale tout comme les prothèses à noyau bisphérique ;
- prothèses à noyau sphérique fixe type Prodisc® (fig. 3) ou Maverick® (fig. 4). Elles sont composées d'un plateau métallique inférieur muni d'une surface convexe sphérique et

d'un plateau supérieur métallique comportant une surface concave congruente. Ces prothèses sont qualifiées de « prothèses contraintes », car elles ne possèdent aucune possibilité de translation et n'autorisent que 3 degrés de liberté en rotation ;

- prothèses à cylindre déformable type ESP®. Les plateaux métalliques inférieur et supérieur sont en liaison continue par l'intermédiaire d'un cylindre déformable. La déformabilité donne une capacité de translation crânio-caudale. Il s'agit donc d'une cinématique à 6 degrés de liberté.
- Mis à part la prothèse à cylindre déformable, les prothèses discales lombaires présentent une très forte rigidité en compression et pas de rigidité en flexion-extension, inflexion latérale et rotation axiale. Les prothèses contraintes ont une hyper-rigidité en cisaillement antéropostérieur ou transversal. Toutes ces prothèses ont fait leurs preuves avant leur commercialisation par des tests biomécaniques démontrant leur résistance mécanique, la tenue des ancrages sous charges statiques et leurs comportements après des efforts de compression de 1000 à 2000 Newtons. Ces tests sont également dynamiques pour l'étude de la résistance de la prothèse à la fatigue, au fluage, à l'usure et la tenue des ancrages sous charges dynamiques (2-4).

## Indications

Le traitement de la lombalgie est avant tout médical. Environ 2,5% à 5% des patients lombalgiques chroniques résistent aux traitements non chirurgicaux. La mise en place d'une prothèse totale de disque ne doit s'appliquer qu'à la lombalgie discogénique isolée.

Les données cliniques n'ont pas de spécificité. La lombalgie est de type mécanique. L'interrogatoire doit s'assurer des traitements médicaux entrepris sur une période d'au moins 6 mois et évaluer le contexte psychosocial (accident du travail, recherche d'indemnisation, troubles psychologiques). Il est recommandé de s'aider de tests validés d'évaluation fonctionnelle comme le test SF-36, de l'échelle visuelle analogique ou le test d'Oswestry (5). En présence d'une radiculalgie des membres inférieurs, elle doit rester au second plan avec des douleurs lombaires prédominantes. L'examen clinique est pauvre et ne retrouve qu'une douleur lombaire majorée par les tentatives de mobilisation et doit être complété par un examen neurologique. Enfin, une obésité morbide, des antécédents traumatiques récents, infectieux ou de maladie métabolique osseuse sont des contre-indications à ce type de chirurgie. Des interventions antérieures intra- ou rétro-péritonéales peuvent rendre difficile la réalisation de l'abord chirurgical.

Le bilan d'imagerie comprend des radiographies standard et dynamiques. Elles apprécient la statique du rachis et éliminent une déformation rachidienne, un spondylolisthésis, une ostéoporose et une instabilité sur les clichés dynamiques. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est l'examen clé. L'atteinte discale se fait suivant la hauteur du disque, son état d'hydratation et la réaction des plateaux vertébraux adjacents. La classification de Pfirrmann (6) et de Modic (7) sont les plus utilisées (tableaux 1 et 2).

Le signal Modic I est un excellent critère de sélection des patients, car il témoigne du caractère inflammatoire des plateaux vertébraux. Dans les séries d'arthrodèses ou de prothèse

Tableau 1. Classification de Modic.

Stade	Signal séquence T1	Signal séquence T2
I	Hyposignal	Hypersignal
II	Hypersignal	Hypersignal
I/II	Hyper et hyposignal	Hypersignal
III	Hyposignal	Hyposignal

Tableau 2. Classification de Pfirrmann.

Stade	Signal séquence T2	Hauteur discale
I / II	Hyper ou isosignal / LCR	Normale
III	Signal intermédiaire, inhomogène	Nle à légèrement diminuée
IV	Intermédiaire à hyposignal	Nle à diminuée. Pas de distinction annulus et nucleus
V	Hyposignal	Effondrée

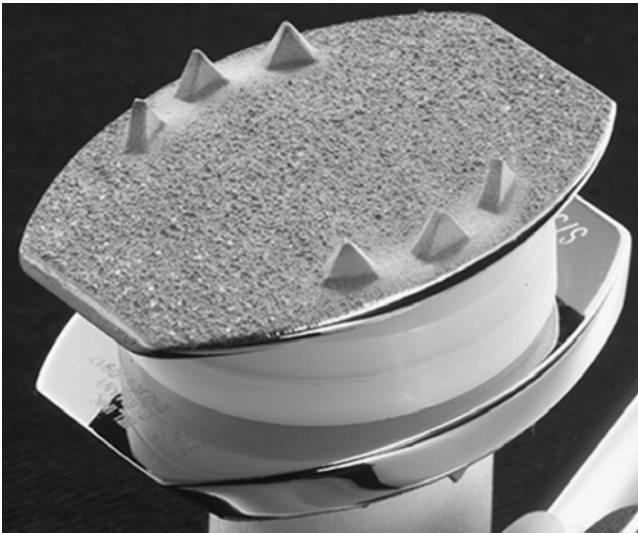


Figure 1. Prothèse à noyau mobile bisphérique de type SB Charité®.



Figure 3. Prothèse à noyau sphérique fixe type Prodisc®.

ses discales, les bons résultats sont corrélés avec la présence d'un disque inflammatoire préopératoire (8-10). Ce caractère inflammatoire peut être confirmé ou révélé par la recherche d'un rehaussement du signal après injection de gadolinium. Ainsi des stades 2 de Modic se caractérisent par une proportion d'un signal inflammatoire (11).

L'IRM permet d'éliminer une sténose lombaire, une arthrose postérieure, une atteinte multi-segmentaire ou une hernie discale exclue qui sont des contre-indications à la prothèse discale.

La discographie est un examen controversé. Le taux d'infection peut atteindre un taux de 0,5% (12), le nombre important de faux positifs (13) et le manque du caractère prédictif sur les résultats des arthrodèses lombaires (14) doivent être pris en compte dans l'interprétation de cet examen.

L'indication idéale qui doit être retenue est donc la lombalgie discogénique, chronique et invalidante, résistant à un traitement médical bien conduit pendant au moins 6 mois, chez un sujet adulte de moins de 60 ans, porteur d'une discopathie lombaire ou lombosacrée symptomatique. Un seul disque pathologique doit être remplacé par une prothèse discale lombaire.

## Techniques chirurgicales

La mise en place d'une prothèse de disque lombaire impose une voie d'abord antérieure et une vue frontale du disque. La qualité de l'exposition, de la résection discale et la libération

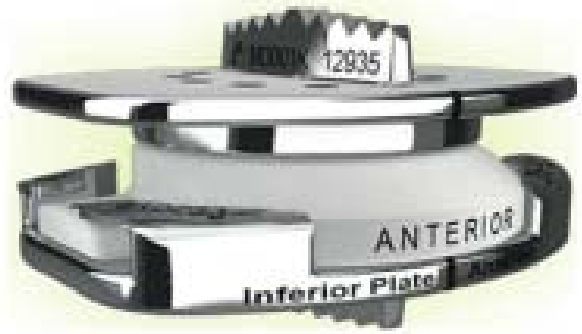


Figure 2. Prothèse à noyau mobile monosphérique de type Mobidisc®.

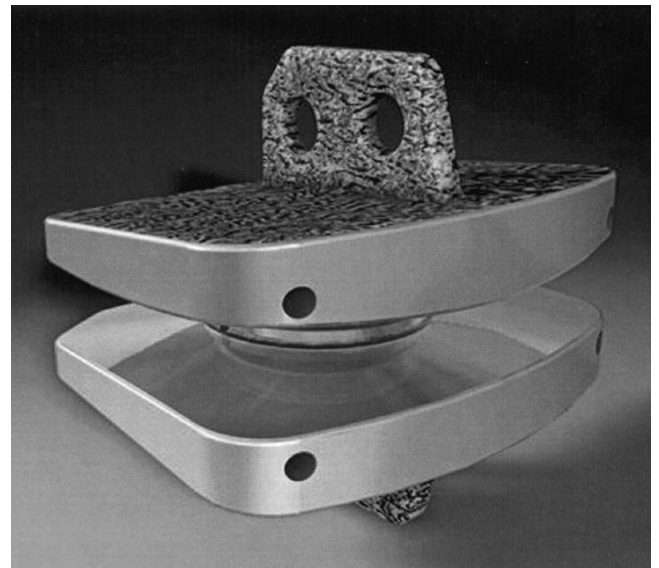


Figure 4. Prothèse à noyau sphérique fixe type Maverick®.

intersomatique sont les garants d'une implantation idéale de la prothèse et donc du résultat fonctionnel.

## Abord L5-S1

Le patient est installé en décubitus dorsal avec un billot permettant l'ouverture du disque. L'anesthésie est générale et le relâchement de la paroi nécessite une curarisation. Les muscles psoas sont détendus par un coussin placé au-dessus des creux poplités. L'abord est transpéritonéal ou préférentiellement rétropéritonéal. L'ouverture du péritoine, l'accès du promontoire et de la fourche vasculaire exposent à des risques plus élevés de lésion du plexus hypogastrique et donc d'éjaculation rétrograde (15). La voie rétropéritonéale peut se faire par une incision cutanée verticale ou horizontale. L'utilisation de la voie pararectale est significativement moins favorable que la voie médiane pour le bon positionnement de la prothèse (16). On repère le *rectus abdominis* droit ou gauche selon le choix du chirurgien. Son aponévrose est ouverte longitudinalement et permet par le bord médial du muscle d'aborder l'aponévrose profonde. Avec précaution pour ne pas léser les vaisseaux épigastriques, l'arcade de Douglas est identifiée et permet de débiter la dissection rétropéritonéale. Le psoas est repéré avec le nerf abdomino-génital sur sa face antérieure. Puis, les vaisseaux iliaques sont exposés et leur dissection médiale et vers le haut mène à la bifurcation aortique et le confluent ilio-cave. La face antérieure du disque L5-S1 est dégagée au tampon monté. Les vaisseaux sacrés moyens sont ligaturés par clips ou coagulés à la pince bipolai-

re avant leur section. Le disque est exposé jusqu'à la veine iliaque controlatérale. Les écarteurs fixés dans les corps vertébraux sus- et sous-jacents par des tiges filetées sont préférables aux écarteurs de Hohman plus agressifs. L'espace de travail doit être suffisant pour utiliser l'ancillaire sans difficulté.

### Abord L4-L5

L'abord du disque L4-L5 impose une voie rétropéritonéale. L'installation est identique au disque L5-S1. Le niveau de l'incision est aidé par le repérage par l'amplificateur de brillance. Par voie gauche, on accède à l'artère iliaque gauche puis au bord gauche de l'aorte. Le péritoine est refoulé en laissant la chaîne sympathique à gauche et les vaisseaux à droite. La mobilisation des vaisseaux et de la bifurcation nécessite le plus souvent la ligature des pédicules lombaires et surtout la veine lombaire ascendante qui se termine de façon isolée ou conjointe avec la veine segmentaire L5 gauche sur la face postéro-latérale de la veine iliaque gauche. Les valves sont ensuite fixées sur les corps de L4 et de L5.

### Pose de la prothèse discale

L'utilisation du matériel ancillaire et la pose de l'implant définitif imposent l'utilisation d'un amplificateur de brillance qui permet des contrôles de face comme de profil au cours de la chirurgie. La prothèse doit être toujours parfaitement centrée de face, un peu postérieure de profil, surtout en L5-S1. Un bon positionnement est capital pour l'avenir de la prothèse assurant surtout une fonction optimale des articulaires postérieures. Toute prothèse trop antérieure ou mal centrée doit être retirée et modifiée parfois après avoir amélioré la dissection vers la droite ou l'horizontalité des plateaux vertébraux (17).

## Complications

### Complications liées à l'abord

#### Lésions vasculaires

Les gros vaisseaux peuvent être lésés lors de la voie d'abord. Il s'agit essentiellement de lésions veineuses : veine cave inférieure, veine iliaque ou lombaire ascendante. Elles justifient la possibilité d'avoir recours à un chirurgien vasculaire. La survenue de thromboses profondes des veines iliaques et pelviennes justifient l'emploi d'héparine de bas poids moléculaire jusqu'à reprise d'une déambulation correcte.

#### Lésions neurologiques

L'atteinte de la chaîne sympathique donne un effet temporaire d'augmentation de chaleur locale et d'œdème sur le membre homolatéral. L'élongation du nerf abdomino-génital entraîne des paresthésies sur la face antérieure de cuisse. Surtout comme déjà vu, le plexus hypogastrique lésé est à la source de complications sexuelles : troubles sensitifs chez la femme et éjaculation rétrograde chez l'homme.

#### Lésions digestives, urologiques et pariétales

Les lésions digestives sont exceptionnelles et les brèches péritonéales suturées habituellement sans conséquence. Les éventrations sont plus souvent rencontrées dans les voies rétropéritonéales. L'atteinte de l'uretère gauche est décrite dans les chirurgies difficiles de reprises et impose la mise en place d'une sonde en préopératoire.

### Complications liées à la prothèse discale

Une distraction importante intersomatique lors de la mise en place de la prothèse risque d'entraîner des complications neurologiques par une élongation radiculaire surtout chez les patients opérés précédemment et présentant une fibrose périradiculaire. Les hémorragies par lésions des veines épidurales sont habituellement contrôlées par l'application temporaire de compresses hémostatiques. La brèche durale est impossible à suturer et contre-indique le drainage.

À court terme, les prothèses risquent de s'enfoncer dans les plateaux vertébraux notamment dans le coin postéro-inférieur de la vertèbre sus-jacente. La luxation vers l'avant est rare et impose la reprise chirurgicale pour un nouveau positionnement ou la réalisation d'une arthrodèse.

Tardivement, les complications sont corrélées avec un défaut technique de positionnement (18). Elles se caractérisent par des douleurs lombaires en rapport avec un dysfonctionnement puis une arthrose des articulaires postérieures par le déplacement du centre de rotation sources de contraintes asymétriques. Enfin, des ossifications partielles ou totales ont été décrites dans 5% des cas et limitent la fonction de la prothèse qui joue alors le rôle d'une arthrodèse intersomatique.

## Résultats

La prise en charge chirurgicale de la lombalgie discogénique ne doit s'envisager qu'après l'échec prolongé du traitement médical et avec des indications précises. Par le passé, la chirurgie d'arthrodèse a démontré sa supériorité sur le traitement conservateur fonctionnel comme cela a été rapporté par Fritzell dans une étude multicentrique prospective randomisée (19). Par la suite, plusieurs études ont été publiées comparant la chirurgie d'arthrodèse avec la conservation de la mobilité vertébrale par une prothèse discale. Si l'amélioration est retrouvée dans les groupes « fusion » et de prothèse discale lombaire, la mise en place d'une arthroplastie de disque permet une hospitalisation plus courte, une récupération plus rapide, moins de gêne fonctionnelle, moins de douleurs et finalement le résultat sur les scores fonctionnels sont meilleurs pour un taux de complications similaires (20). Des résultats favorables pour le remplacement discal sont également donnés par une étude comparative randomisée entre une prothèse métal-métal et une arthrodèse circonférentielle (21).

Si la répercussion sur les disques adjacents est bien moindre avec la prothèse discale qu'avec une arthrodèse lombaire, ces données ne sont apportées que par des études avec niveau de recommandation le plus souvent faible (22). Ainsi, Park et al. (23) n'ont retrouvé que des modifications minimales des disques adjacents et des articulaires postérieures après prothèse discale lombaire. Toutefois, dans 29% des prothèses lombaires, les articulations postérieures présentent une atteinte dégénérative évolutive plus fréquente chez la femme, en cas de malposition de la prothèse dans le plan frontal ou si deux niveaux sont opérés.

De nombreux auteurs ont tenté de rechercher les facteurs pouvant influencer le résultat fonctionnel de la prothèse discale lombaire. La prothèse discale placée sur un niveau vierge ou sur une séquelle de discectomie donne des résultats similaires. L'antécédent chirurgical de discectomie n'apporte pas de moins bons résultats qu'une prothèse sur un disque vierge (24). De même, les patients opérés à un seul niveau ont de meilleurs résultats que ceux traités par une arthroplastie à 2 étages (25). Enfin, la restitution d'une bonne hauteur intersomatique de 16 à 18 mm est le garant d'un bon résultat fonctionnel (26).

Malgré tout, l'évaluation scientifique rigoureuse des résultats d'une technique est primordiale pour le praticien. La majorité des études portant sur les résultats de la chirurgie de remplacement du disque lombaire sont classées selon les critères

de l'*evidence based medicine* à un niveau IV. La littérature ne peut à l'heure actuelle apporter des preuves indiscutables sur les relations entre résultats de la prothèse discale lombaire et les critères d'indication opératoire ou les facteurs pronostiques pouvant influencer le devenir à moyen ou long terme (27).

Les chirurgiens tout comme les patients se posent des questions concernant la longévité de la prothèse. Les débris d'usure, la corrosion se rencontrent dans toute chirurgie prothétique. La présence de petites particules d'usure déclenchent la fabrication de médiateurs pour une réaction immunologique (*tumor necrosis factor- $\alpha$* , prostaglandine-E2, interleukine-1, IL-2 ou IL-6) qui peut être source de lésions osseuses sur l'interface prothèse-tissu osseux (28). La taille des particules qui favorisent la réaction macrophagique et la formation de cytokines, est de 1 à 5 microns (29). Des études expérimentales ont été réalisées pour l'étude de la réaction inflammatoire après fabrication de débris d'usure d'implants lombaires rachidiens. Si l'on observe une véritable réaction à corps étranger, il n'y a pour autant pas de migration de particule ni de réaction toxique locale ou systémique (30). De la même manière, une étude sur des primates porteurs d'une prothèse de type Link SB Charité III n'a pu révéler l'accumulation de particules de titane, de polyéthylène ou de cobalt chrome et l'absence de formation de cytokines après 6 mois d'implantation. Ceci pourrait s'expliquer par l'absence de liquide synovial dans l'espace intersomatique à moins qu'il ne s'agisse plutôt d'un manque de recul (31).

## Conclusion

La prothèse discale lombaire apporte à court et moyen terme de bons résultats par la diminution des douleurs et l'amélioration fonctionnelle rachidienne. Les implants actuels ont fait de grands progrès et ont démontré leur fiabilité. Les complications sont plus liées à la voie d'abord ou à la technique de pose ce qui souligne que cette chirurgie doit être réservée à des chirurgiens spécialisés et expérimentés. Le rétablissement est plus court et meilleur qu'avec une arthrodeuse lombaire. Si les résultats initiaux sont encourageants, il reste encore à démontrer le devenir à long terme des résultats cliniques et radiologiques. Les modalités de reprise chirurgicale sont encore mal définies (32). Les indications doivent jusqu'à présent suivre les recommandations de la Haute Autorité de Santé et se limiter à la lombalgie discogénique, chronique et invalidante, résistant à un traitement médical bien conduit pendant au moins 6 mois, chez un sujet adulte de moins de 60 ans, porteur d'une discopathie lombaire ou lombo-sacrée symptomatique. Un seul disque pathologique doit être remplacé par prothèse discale lombaire.

## Références

- Hillman M, Wright A, Rajaratnam G, Tennant A, Chamberlain MA. Prevalence of low back pain in the community: implications for service provision in Bradford, UK. *J Epidemiol Community Health* 1996;50:347-52.
- Huang RC, Wright TM, Panjabi MM, Lipman JD. Biomechanics of nonfusion implants. *Orthop Clin North Am* 2005;36:271-80.
- Geoffrey M, McCullen Hansen A. Yuan. Lumbar Artificial Disc Replacement: Rationale and Biomechanics in Lumbar Spine Chapter 39 p 385-392 Editor: Herkowitz et al. Lippincott Williams & Wilkins 3rd Edition.
- Lavaste F. Biomécanique des prothèses discales lombaires totales. Alternatives à l'arthrodèse lombaire et lombosacrée. Cahiers d'Enseignement de la Sofcot. Elsevier-Masson: 134-45.
- Hochschulter SH, Ohmeiss, Guyer RD, Blumenthal SL. Artificial disc: preliminary results of a prospective study in the United States. In: Gunzburg R, Mayer HM, Szpalski M, Aebi M, eds. Arthroplasty of the spine. Berlin: Springer-Verlag, 2004:44-8.
- Pfirmsmann C, Metzendorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine* 2001;26:1873-78.
- Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR. Imaging of degenerative disk disease. *Radiology* 1988;168:177-86.
- HM Mayer Course of Modic 1. Six Months After Lumbar Posterior Osteosynthesis. *JBJS [Br]* 2005;87-B:1029-37.
- Vital, JM, Gille O, Pointillart V, et al. *Spine* 2003;28(7):715-20.
- Esposito P, Franco JL, Froelich S, Maitrot D. Valeur pronostique de la classification IRM de Modic dans les discopathies dégénératives symptomatiques traitées par arthrodeuse instrumentée. Résultat d'une série prospective de 60 patients. *Neurochirurgie* 2006;52:315-22.
- Pedram M. Alternatives à l'arthrodèse lombaire et lombo-sacrée. Cahiers d'Enseignement de la Sofcot 2007 Elsevier Masson SAS: 146-50.
- Carragee EJ, Chen Y, Tanner CM, et al. Can discography cause long-term back symptoms in previously asymptomatic subjects? *Spine* 2000;25:1803-8.
- Saal JS. General principles of diagnostic testing as related to painful lumbar spine disorders: a critical appraisal of current diagnostic techniques. *Spine* 2002;27:2538-45.
- Ito M, Incorvaia KM, Yu SF, et al. Predictive signs of discogenic lumbar pain on magnetic resonance imaging with discography correlation. *Spine* 1998;23:1252-8.
- Sasso RC, Kenneth Burkus J, Le Huec JC. Retrograde ejaculation after anterior lumbar interbody fusion : transperitoneal versus retroperitoneal exposure. *Spine* 2003;28:1023-6.
- Bendo JA, Quirno M, Errico T, Spivak JM, Goldstein J. A comparison of two retroperitoneal surgical approaches for total disc arthroplasty of the lumbar spine. *Spine*. 2008 Jan 15;33(2):205-9.
- David T. Remplacement prothétique total ou partiel du disque lombaire : bilan après 10 ans de recul. Complications. Résultats. *Rev Chir Ortho* 2002;88:59-61.
- McAfee PC, Cunningham BM, Holsapple G, et al. A prospective, Randomized, Multicenter Food and Drug Administration Investigational Device Exemption Study of Lumbar Total Disc Replacement With the CHARITÉ™ Artificial Disc Versus Lumbar Fusion: Part II: Evaluation of Radiographic Outcomes and Correlation of Surgical Technique Accuracy With Clinical Outcomes. *Spine* 2005;30:1576-83.
- Fritzell P, Hägg O, Wessberg P, Nordwall A; Swedish Lumbar Spine Study Group. 2001 Volvo Award Winner in Clinical Studies: Lumbar fusion versus nonsurgical treatment for chronic low back pain: a multicenter randomized controlled trial from the Swedish Lumbar Spine Study Group. *Spine* 2001;26:2521-32.
- Blumenthal S, McAfee PC, Guyer RD, et al. A Prospective, Randomized, Multicenter Food and Drug Administration Investigational Device Exemptions Study of Lumbar Total Disc Replacement with the CHARITÉ™ Artificial Disc Versus Lumbar Fusion. *Spine* 2005;30:1565-75.
- Sasso RC, Foulk DM, Hahn M. Prospective, randomized trial of metal-on-metal artificial lumbar disc replacement: initial results for treatment of discogenic pain. *Spine* 2008;33:123-31.
- Harrop JS, Youssef JA, Maltenfort M, et al. Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. *Spine* 2008;33:1701-7.
- Park CK, Ryu KS, Jee WH. Degenerative changes of discs and facet joints in lumbar total disc replacement using ProDisc II: minimum two-year follow-up. *Spine* 2008;33:1755-61.
- Leahy M, Zigler JE, Ohnmeiss DD, Rashbaum RF, Sachs BL. Comparison of results of total disc replacement in postdiscectomy patients versus patients with no previous lumbar surgery. *Spine*. 2008 Jul 1;33(15):1690-3
- Siepe CJ, Mayer HM, Heinz-Leisenheimer M, Korge A. Total lumbar disc replacement: different results or different levels. *Spine* 2007;32:782-90.
- Yaszay B, Bendo JA, Goldstein JA, Quirno M, Spivak JM, Errico TJ. Effect of intervertebral disc height on postoperative motion and outcomes after ProDisc-L lumbar disc replacement. *Spine* 2008;33:508-12.
- Zindrick MR, Tzermiadianos MN, Voronov LI, Lorenz M, Hadjipavlou A. An evidence-based medicine approach in determining factors that may affect outcome in lumbar total disc replacement. *Spine* 2008;33:1262-9.
- Archibeck MJ, Jacobs JJ, Roebuck KA, et al. The basic science of periprosthetic osteolysis. *Instr Course Lect* 2001;50:185-95.
- Urban RM, Jacobs JJ, Tomlinson MJ, et al. Dissemination of wear particles to the liver, spleen, and abdominal lymph nodes of patients with hip or knee replacement. *J Bone Joint Surg* 2000;82-A:457-477.

30. Moore RJ, Fraser RD, Vernon-Roberts B, et al. The biologic response to particles from a lumbar disc prosthesis. *Spine* 2002;27:2088-94.
31. McAfee PC, Cunningham BW, Shimamoto N, et al. General principles of porous ingrowth total disc replacement arthroplasty compared with diarthrodial total: joint arthroplasty, a nonhuman primate model. *Spine* 2002;2(2S):22.
32. Gamradt SC, Wang JC Lumbar disc arthroplasty. *Spine* 2005;5:95-103.