



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/authorsrights>

# Spondylolisthésis et rééducation fonctionnelle

## *Spondylolisthesis and functional rehabilitation*

Recherche et développement, institut de thérapie manuelle de Paris, 40, rue du Général-Malleret-Joinville, 94400 Vitry, France

Xavier Dufour  
Gilles Barette  
Patrick Ghossoub  
Antoine Loriferne

Reçu le 12 septembre 2011 ; reçu sous la forme révisée le 1<sup>er</sup> février 2013 ; accepté le 7 février 2013

### RÉSUMÉ

Le spondylolisthésis présente des caractéristiques anthropométriques particulières. Si la rééducation ne peut pas avoir d'action dessus, il est indispensable de comprendre les facteurs pelviens et les déséquilibres biomécaniques pour pouvoir proposer une rééducation particulière, spécifique aux contraintes biomécaniques. Il est indispensable d'adapter les phases de gain d'amplitude, de renforcement et de prophylaxie à cette pathologie.

*Niveau de preuve.* – Non adapté.

© 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### SUMMARY

*Spondylolisthesis presents anthropometrics particularities that physiotherapy cannot change. There is a necessity to understand the pelvic incidence and biomechanical disorders to propose a specific physiotherapy in response to biomechanical strain. The range of motion, muscular training and low back pain stabilization need to be adapted.*

*Level of evidence.* – Not applied.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Le spondylolisthésis est une affection du rachis lombaire assez mal connue des kinésithérapeutes qui représente une forme particulière de lombalgie chronique. Dans un premier temps, nous redonnons quelques généralités permettant de mieux situer le cadre général de cette pathologie. Ensuite, nous explicitons la physiopathologie et analysons les spécificités biomécaniques qui en découlent. La rééducation trouve alors des particularités par rapport à la rééducation des lombalgiques, suivant le principe de libérer, maintenir et entretenir.

1954. Issu du grec, spondylolisthésis, spondylo signifiant vertèbre et olisthésis, glissement [1]. Deux formes différentes sont décrites, Lambel avait déjà décrit « le défaut isthmique » en 1882 (soit L5/S1), alors qu'il faut attendre 1930 pour que Junghanns décrive les spondylolisthésis à « arc neural intact » (soit L4/L5).

Cette pathologie touche 6 % de la population générale en Europe mais peut atteindre 15 % chez les populations asiatiques ou esquimaux. Une étude de Pedro Orta met en évidence que trois femmes pour un homme sont atteintes d'un spondylolisthésis [2]. Cette prévalence semble trouver des explications génétiques à la faiblesse de l'arc postérieur. Toutefois, d'autres explications liées à des microtraumatismes répétés, notamment certains sports, entre l'enfance et l'adolescence peuvent favoriser les lyses isthmiques.

### GÉNÉRALITÉS

Cette pathologie est décrite pour la première fois par le Dr Herbinaux en 1782 et Killian utilise ce terme pour la première fois en

### Mots clés

Incidence pelvienne  
Rééducation  
Spondylolisthésis  
Verrouillage lombaire

### Keywords

*Pelvic incidence*  
*Physiotherapy*  
*Spondylolisthesis*  
*Low back stabilization*

### Auteur correspondant :

**G. Barette**,  
Recherche et développement, institut de thérapie manuelle de Paris, 40, rue du Général-Malleret-Joinville, 94400 Vitry, France.

Adresse e-mail :  
gilles.barette@gmail.com

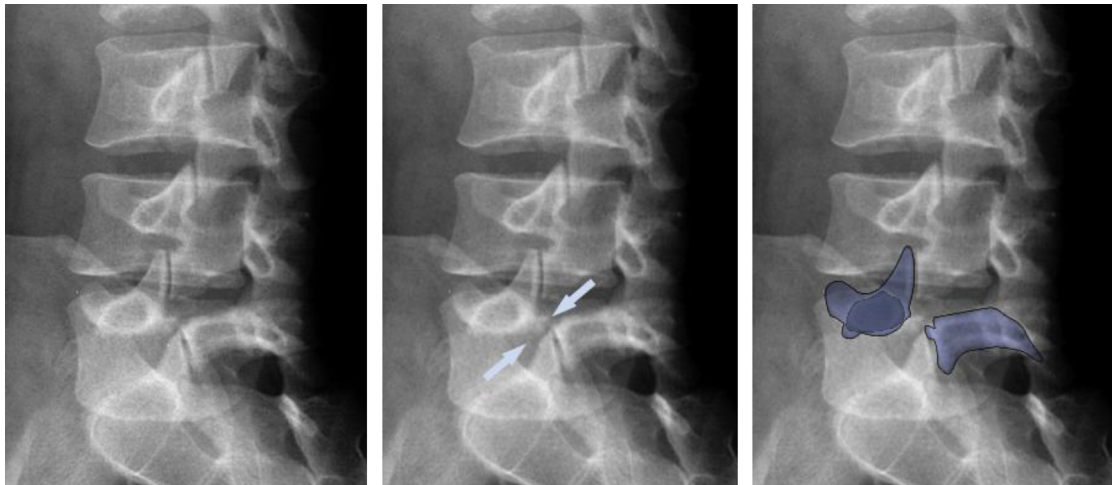


Figure 1. Cliché radiologique de trois quarts, le collier du chien ou encore appelé chien décapité.

*Il existe deux types de spondylolisthésis. Le premier, avec lyse isthmique provoqué par un glissement de L5 sur S1, son âge de survenue est entre 15 et 25 ans. Le second, le spondylolisthésis à « arc neural normal » encore appelé dégénératif se caractérise quant à lui par le glissement de L4 sur L5 qui apparaît vers 50 ans environ [2].*

Son diagnostic doit être évoqué devant des lombalgies persistantes avec ou sans irradiation dans le membre inférieur. La radiographie standard de profil permet de mettre en évidence le glissement et le cliché de trois quarts montre le célèbre « petit chien » avec son collier en cas de lyse isthmique. Le scanner et l'IRM peuvent aider au diagnostic en cas de radiculalgie, en vue d'une chirurgie ou pour évaluer l'état du disque intervertébral [1] (Fig. 1).

La classification de Meyerding retient quatre stades, traditionnellement, en fonction du glissement, le stade 4 correspond au glissement de L5 en avant du sacrum. La symptomatologie n'est pas forcément en corrélation avec le stade de gravité. Des stades 1 peuvent provoquer des douleurs difficilement supportables alors que des stades 4 (ou spondyloptose) peuvent être très bien supportés (Fig. 2).

La cunéiformisation de la vertèbre L5 évaluée par l'indice de Taillard ou rapport de hauteur entre le mur antérieur et le mur postérieur est un critère de risque évolutif. De la même façon, un plateau sacré de forme convexe présente des risques de glissement majorés (Fig. 3 et 4).

### PHYSIOPATHOLOGIE

Les critères d'équilibre sagittal du rachis, définis par le Dr Duval-Beaupère, sont déterminants pour comprendre les contraintes qui s'appliquent sur la charnière lombosacrée et les particularités qui favorisent ainsi le glissement, la lyse isthmique et les processus dégénératifs des patients atteints de spondylolisthésis [3].

Rappelons la corrélation positive entre les paramètres pelviens (en particulier l'incidence, la pente sacrée) et la lordose

lombaire. Toute augmentation de l'incidence tend à augmenter la pente sacrée et la lordose. Il a été établi que l'incidence (angle caractérisant la forme du bassin) est un angle invariable propre, à chaque individu mais avec des variations entre les

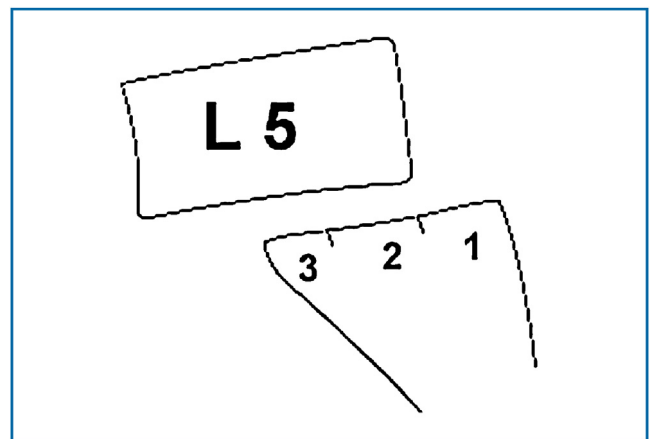


Figure 2. Classification de Meyerding.

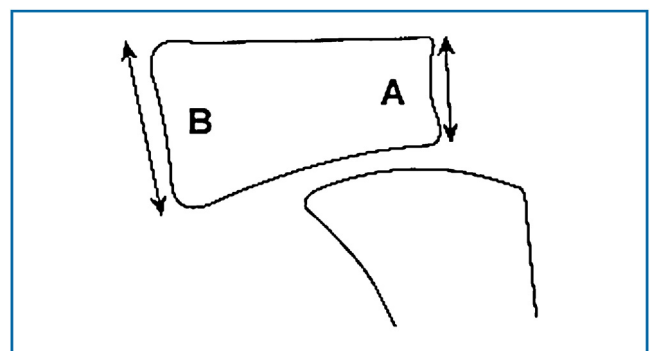


Figure 3. Indice de Taillard A/B × 100.



Figure 4. Plateau sacré arrondi.

individus pouvant aller de 35° à 70°. La pente sacrée évolue alors de la même manière de 30° à 60°. La valeur moyenne retenue comme standard pour l'incidence est de 51°. La pente sacrée correspondante est alors de 40°. Les populations de spondylolisthésis étudiées montrent des valeurs d'incidence plus élevées de l'ordre de 65° et une pente sacrée associée de 52°. Le sujet trouve ainsi une position debout impliquant une augmentation de la lordose pour réussir à maintenir une certaine verticalité (Fig. 5). La lordose est plus élevée chez les patients ayant un spondylolisthésis pour s'adapter à la pente sacrée majorée [2,3].

L'augmentation de la pente sacrée a des répercussions mécaniques simples. La pesanteur peut être décomposée en deux forces, une compressive perpendiculaire au plateau sacré, l'autre tangentielle représentant le glissement. L'augmentation de la pente sacrée favorise le glissement et réduit la compression. Cette majoration du glissement se traduit par une force

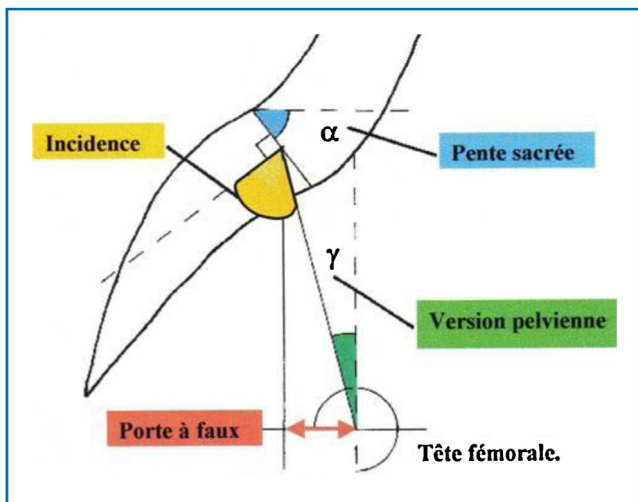


Figure 5. Paramètres pelviens selon J.P. Montigny.

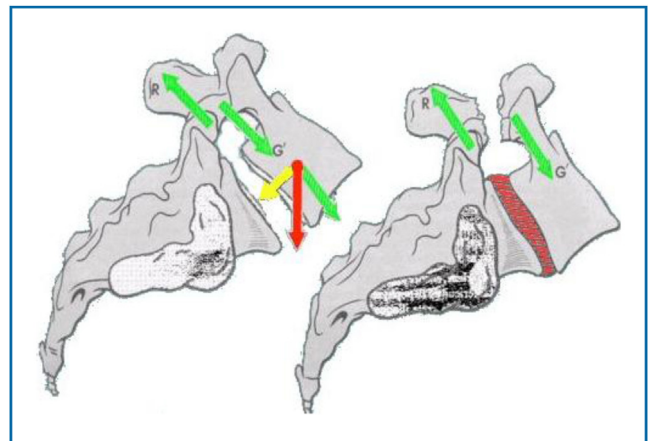


Figure 6. Décomposition vectorielle.

d'appui plus importante au niveau des processus articulaires postérieurs qui se présentent globalement dans un plan frontal et empêchent ainsi le glissement total de la vertèbre [4].

*La biomécanique osseuse nous indique que l'os est plus fragile aux contraintes en étirement qu'en compression [5]. Cette majoration des contraintes en étirement produit la lyse isthmique (Fig. 6).*

On comprend mieux à ce niveau que des traumatismes répétés sur un arc postérieur en pleine constitution puissent être à l'origine du processus de la lyse isthmique secondaire au glissement.

L'incidence est liée à des facteurs génétiques mais évolue aussi avec l'activité pendant la croissance jusqu'à 12 ans environ. Elle se décrit comme indispensable à l'expression de la marche, du pas postérieur et de l'extension de hanche. Les activités physiques majorant la lordose pendant la croissance peuvent expliquer une incidence accrue et être responsable des spondylolisthésis par microtraumatismes répétés [2]. La littérature retrouve une augmentation de la prévalence

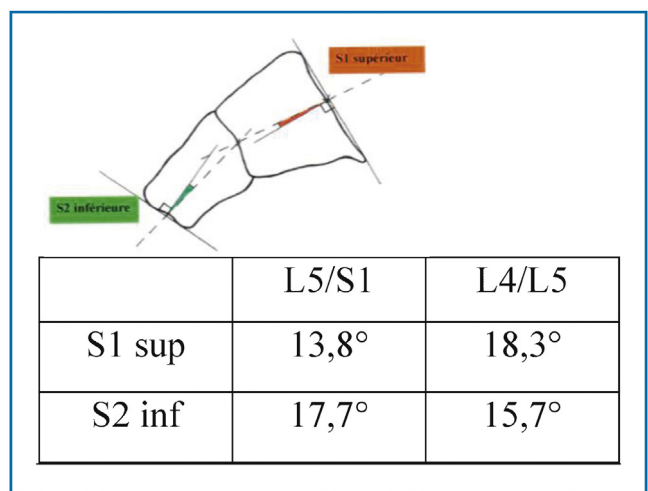


Figure 7. Bloc S1/S2.

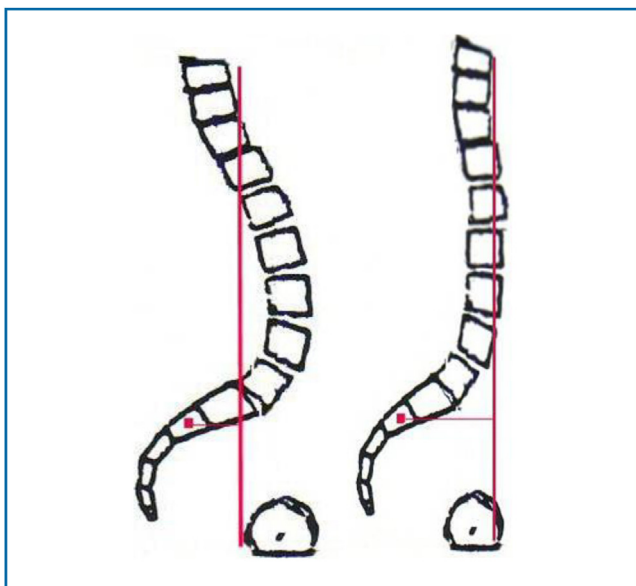


Figure 8. Antériorisation de la ligne de gravité par diminution de la lordose.

de cette pathologie chez les jeunes gymnastes, danseuses et patineuses.

Le bloc S1S2 possède des différences de forme entre les spondylolisthésis lytiques et dégénératifs (Fig. 7). L'angle S2 inférieur traduit l'inclinaison du bloc S1S2 par rapport au reste du sacrum, pour les lytiques (L5/S1), cet angle est important traduisant un sacrum convexe en arrière alors que les dégénératifs (L4/L5) sont beaucoup plus plats. L'angle S1 supérieur traduit l'inclinaison du plateau sacré par rapport au bloc S1S2. Dans les lytiques, l'inclinaison est faible, favorisant une pente sacrée importante alors que dans les dégénératifs, la pente sacrée est plus faible. Ces différences n'ont pas de répercussion directe sur la rééducation mais nous permettent de comprendre pourquoi il existe différents spondylolisthésis ayant des morphotypes et anatomies de bassin propres mettant en évidence la relation structure–fonction ou dysmorphie–dysfonction.

L'augmentation de la pente sacrée par des facteurs autres qu'anatomiques, des facteurs musculaires ou articulaires aura les mêmes répercussions que l'augmentation de l'incidence. Il convient donc de comprendre tous les paramètres qui peuvent concourir à cette majoration de la pente sacrée, en particulier le plan antérieur sous-pelvien.

Toute diminution de la lordose entraîne une antériorisation de la ligne de gravité (Fig. 8). La projection antérieure du tronc et de la ligne de gravité nécessite une réaction musculaire des extenseurs du rachis plus importante provoquant une majoration des contraintes au niveau de l'étage en cause. Si la contraction musculaire perdure, elle pourra être à l'origine de douleurs au niveau des paravertébraux [6].

Le glissement du corps vertébral par rapport à la vertèbre sous-jacente provoque au niveau du disque intervertébral un cisaillement qui peut être à l'origine de douleurs discogéniques pouvant s'apparenter à une hernie discale [7].

Le spondylolisthésis possède trois grandes formes cliniques, articulaire, radiculaire et discale.

La forme articulaire se caractérise par une douleur provoquée par la mise en charge et en lordose en particulier lors de la station debout.

Il existe parfois de manière concomitante une radiculalgie due à une compression de la racine au niveau foraminaux, la radi-culographie étant parfois utile en préopératoire pour déterminer la cause exacte.

Il peut aussi exister des tableaux cliniques associant une symptomatologie discale avec douleur en barre, diffuse et symétrique lors de la flexion du rachis en station assise ou lors de flexions dynamiques.

## RÉÉDUCATION

Toute majoration des contraintes au niveau de l'étage en glissement pourra augmenter les douleurs ressenties par le patient.

*La rééducation doit tendre vers une réduction des contraintes sur l'étage par une amélioration des mobilités sus et sous-jacentes puis un travail de stabilisation posturale et musculaire dans un second temps.*

Les principes d'économie rachidienne développés par le Dr Troisier nous paraissent particulièrement intéressants pour la prévention secondaire [8,9]. Elle est à comparer à l'approche spécifique de Richardson [10].

### Mobilité sous-pelvienne (libérer)

L'augmentation de la pente sacrée par l'antéversion du bassin majore les contraintes sur le spondylolisthésis, il est donc important de pouvoir agir sur toutes les structures majorant l'antéversion. En plus de cette analyse statique, lors des mouvements de flexion du tronc, l'hypoextensibilité des rétroverseurs se répercute par une mobilité en flexion augmentée au niveau lombaire bas.

Les techniques de levées de tension des muscles sous-pelviens sont particulièrement indiquées pour obtenir un gain d'amplitude du bassin par rapport au fémur. Il faut s'intéresser en première intention au grand fessier, aux pelvitrochantériens, aux ischiojambiers, au psoas iliaque, au droit fémoral et en seconde intention au sartorius, au petit fessier et au TFL. Le carré des lombes et les abdominaux sont aussi envisagés pour leur action rotatoire au niveau du bassin [11]. En complément, les techniques de Jones autour du bassin et de la hanche sont une aide en cas de douleur importante (Fig. 9). Cette technique développée par le Dr Jones est basée sur l'obtention d'un relâchement maximal du tissu conjonctif par un placement de la zone en situation de raccourcissement non maximal. Il est à noter que les techniques de Jones sont plutôt utilisées dans le cadre de contracture portant sur la fibre contractile alors que les techniques de levées de tension répondent à une atteinte du tissu contractile et élastique musculaire [12].

Les techniques de mobilisation passive spécifiques, analytiques ou postures des coxo-fémorales permettent de poursuivre le gain d'amplitude (Fig. 10).

Les mobilisations de l'articulation coxo-fémorale, la mise en tension des structures capsuloligamentaires et de l'effet de pompage sur le liquide synovial sont des moyens



Figure 9. Technique d'inhibition des pelvitrochantériens.

kinésithérapiques simples pour réaliser un gain d'amplitude. Nous ne présenterons pas ici le bilan et le traitement spécifiques bien décrits dans la littérature [5]. Nous invitons les lecteurs à se reporter aux écrits des différents auteurs sur ce sujet.

### Mobilité supra-segmentaire (libérer)

La raideur du rachis thoracolombaire a aussi pour effet de majorer les contraintes de glissement de l'étage lésionnel. Une attitude cyphotique nécessitera une majoration de lordose pour maintenir une verticalité du tronc, favorisant ainsi le glissement. Les levées de tension des muscles cyphosants (grand pectoral, petit pectoral, sous-clavier, dentelé antérieur, abdominaux) seront envisagées parallèlement aux techniques



Figure 10. Mobilisation spécifique de la tête fémorale en glissement postérieur.

de Jones et avant les techniques de gain d'amplitude en extension du rachis thoracique et lombaire haut.

En cas de tendance au dos plat, toute mobilité en flexion sollicitera le spondylolisthésis par compensation, de plus, cela s'accompagne d'une antériorisation de la ligne de gravité majorant la contrainte par réaction des paravertébraux. Dans ce cas, il faudra réaliser des levées de tension des muscles rhomboïdes, trapèze moyen et inférieur, dentelés postérieurs supérieurs et inférieurs. Cette fois, la mobilité en flexion doit être recherchée lors des techniques de mobilisation spécifique du rachis [13]. Un muscle semble jouer un rôle important dans l'équilibre rachidien. Il s'agit du muscle grand dorsal. Cette grande lame triangulaire, depuis le sixième étage dorsal jusqu'au bassin, est active principalement au niveau de la charnière dorsolombaire. Son action lordosante sur la partie haute de la région lombaire combinée avec un travail de la zone basse permettrait de réharmoniser l'ensemble des pressions sur les différents étages vertébraux autorisant une meilleure répartition des pressions sur les différents étages.

Statique et dynamique : deux impératifs différents :

- dans le mouvement de flexion, pour réduire les contraintes sur le spondylolisthésis, gagner en flexion de la coxo-fémorale et du rachis thoracique pour réduire la contrainte de mobilité de l'étage lombaire ;
- dans la statique debout, toute perte d'extension favorisera l'antériorisation de la ligne de gravité, les contraintes et le glissement responsables de la douleur. Il faut réussir à replacer le tronc au-dessus du bassin à partir des coxo-fémorales et du rachis thoracique.

### Fonction musculaire (maintenir)

La stabilisation du rachis par les différents groupes musculaires montre des résultats intéressants. Le principe de la poutre composite est essentiel pour comprendre l'action de stabilisation ainsi mise en jeu. L'équilibre entre les différents groupes est à privilégier par rapport à la force qui ne peut s'envisager sans les composantes d'endurance et de vigilance. La littérature au sujet du renforcement musculaire est très riche et donne beaucoup de données pas toujours évidentes à intégrer à une pratique quotidienne. Nous allons essayer de synthétiser ces connaissances :

- in vitro, la cocontraction des muscles du tronc réduit de 20 % la mobilité en rotation et en inclinaison alors qu'elle majore de 13 % vers la flexion. Cette action simultanée des muscles du tronc semble favorable pour réduire le glissement vertébral lors d'efforts [14] ;
- selon Panjabi, la position neutre est plus révélatrice de l'instabilité que les amplitudes extrêmes du fait de la détente des ligaments, le contrôle musculaire devenant alors capital. Le renforcement musculaire doit donc se faire proche de cette situation neutre et non dans les amplitudes extrêmes [15] ;
- le contrôle vertébral en flexion est assuré par le multifidus qui est facilement inhibé par la douleur. Ce sont alors les autres extenseurs qui prennent le relais mais sans assurer la mobilité étagée et en modifiant les bras de leviers et actions sur les vertèbres [16] ;
- chez les patients lombalgiques chroniques, le psoas et les spinaux présentent des modifications significatives, pertes des fibres endurantes (type 1) au profit des fibres rapides (type 2b) [17] ;

**Tableau I. Évaluation musculaire des muscles du tronc.**

	Fléchisseurs	Extenseurs	Ratio F/E
Sain	307	369	0,8
Lombalgique	287	201	1,4

- le transverse de l'abdomen se contracte 12 ms avant tout mouvement des membres pour stabiliser le rachis chez le sujet sain, alors qu'il se contracte quelques millisecondes après chez les lombalgiques. Il semble que cette pré-contraction stabilisatrice soit perdue chez les lombalgiques. Toutes ces études nous amènent à penser que le travail de stabilisation prime sur celui de la mobilité, le renforcement des spinaux est primordial accompagné de celui du transverse de l'abdomen. Les droits de l'abdomen et les obliques ne présentent que peu d'intérêt pour la physiopathologie des spondylolisthésis.

Le travail proprioceptif des muscles du tronc peut se faire comme suit. Un brassard à tension placé au niveau de la région lombaire permet de suivre les mouvements (ou leur absence) de la région lombaire lors de mouvements des membres. Ce travail d'immobilisation ne peut se faire qu'avec un contrôle des muscles transverses et multifidus (Fig. 11). Progressivement l'intensité des exercices et des mouvements croît.

Le renforcement plus global des muscles du tronc doit se faire dans une composante statique autour de la situation neutre en course musculaire moyenne, beaucoup plus que dans les amplitudes extrêmes stabilisées par les systèmes capsuloligamentaires. L'évaluation musculaire isocinétique à vitesse lente confirme le déficit important des spinaux (Tableau I).

### Économie rachidienne (entretenir)

Le principe d'économie rachidienne est une nécessité pour espérer conserver un résultat durable. Nous retiendrons comme principes généraux ceux exposés et développés par

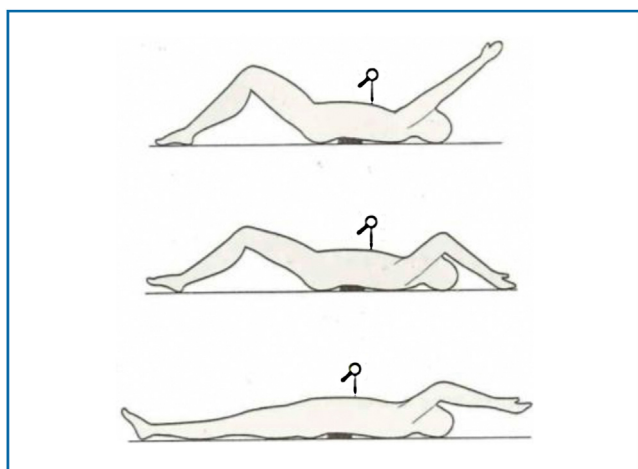


Figure 11. Contrôle des muscles transverses et multifidus.

le Dr Troisier et utilisés à l'hôpital Foch et à l'École du Dos de Paris [18].

Il convient de comprendre dans un premier temps que la notion de verrouillage s'accompagne nécessairement de celle de déverrouillage. Seules les situations à risque doivent faire l'objet d'une prévention. Selon Troisier, trois facteurs de risque sont à l'origine des contraintes douloureuses au niveau du rachis : la vitesse, la charge et l'amplitude extrême, en particulier la flexion pour le disque intervertébral et l'extension pour les spondylolisthésis. En dehors de ces situations à risque, il n'y a pas de raison de verrouiller. Contrairement à certaines pratiques rhumatologiques, Troisier a toujours insisté sur deux points : le maintien de la lordose physiologique et le caractère transitoire du verrouillage lombaire. La mauvaise compréhension et application du verrouillage lombaire mènent à une kinésiophobie dont les effets ne sont pas souhaitables. La technique décrite par Troisier se base sur la physiologie et l'application de la biomécanique. Ces principes ont montré leur efficacité dans les programmes ergonomiques [19,20].

Dans le cadre particulier du spondylolisthésis, le verrouillage pourra se faire avec une rétroversion de bassin modérée lors des stations debout prolongées pour réduire la pente sacrée et le glissement par la même occasion.

Dans les mouvements en direction du sol visant un port de charge, les contraintes sur le rachis lombaire se produisent en flexion, majorant ainsi la pression au niveau du disque intervertébral selon les travaux de Nachemson [5]. Le verrouillage en lordose physiologique reste lors de ces mouvements la règle malgré le spondylolisthésis. Lors de la reprise d'activité et à la suite de l'école du dos, il nous semble important de proposer en accord avec le corps médical tant personnel que professionnel du patient une étude ergonomique du poste de travail afin de pouvoir apporter les modifications nécessaires à la reprise d'activité. Cette étude doit faire l'objet de recommandations simples de manière à ce que l'opérateur-patient puisse se les approprier facilement. Ces études sont réalisées tant au niveau des patients qui exercent en position assise ou bien ont un travail de manutention. Le recul est suffisamment important pour savoir que l'hypomobilité comme l'hypermobilité sont génératrices de douleurs lombaires, voire plus, dans le cas du spondylolisthésis.

### CONCLUSION

Le spondylolisthésis est une pathologie assez fréquente, chaque praticien peut en rencontrer dans son cabinet. Le diagnostic est assez facile à réaliser à l'aide d'une simple radiographie de profil ou d'une image en coupe. La rééducation permet dans 70 % à 80 % des cas de restituer une qualité de vie très satisfaisante, de permettre des activités professionnelles et sportives.

*Le travail du kinésithérapeute doit répondre à une analyse mécanique des contraintes et de la physiopathologie. Les techniques visant un gain d'amplitude peuvent être complétées par les techniques antalgiques de physiothérapie et de massage dans un premier temps. Le travail musculaire intervient dans un second temps, en particulier celui des spinaux.*

Dans certains cas, un traitement anti-inflammatoire ou un corset transitoire permet de réduire les douleurs pour pouvoir poursuivre la rééducation.

En cas d'échec de ces traitements de la douleur lombaire associée à celle sur le trajet du nerf sciatique, la chirurgie devient une indication raisonnable apportant souvent une solution au problème par arthrodèse mono segmentaire, la voie antérieure permet un meilleur respect de la lordose mais demande une chirurgie plus complexe que la voie postérieure.

#### Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Duquesnoy B. Le spondylolisthésis de l'adulte. *Reflexions Rhumatol* 1999;3(18):11–5.
- [2] Pedro Orta. Low back pain: spondylolisthesis. *DC Back Pain* 2011.
- [3] Boisauvert B, Montigny JP. Spondylolisthésis : morphotype sacré et lyse isthmique. *Rachis* 2001;13(2):123–34.
- [4] Legaye J, Duval-Beaupère G. Logiciel de détermination du centre de gravité supporté par L3. *GIEDA* 2004.
- [5] Kapandji IA. *Physiologie articulaire*. Paris: Maloine; 1999. p. 80–1.
- [6] Dufour M, Pillu M. *Biomécanique fonctionnelle*. Paris: Masson; 2005.
- [7] Barette G, Dufour X. La lombalgie commune. Neuf ans après la conférence de consensus – rôle de l'extension dans la lombalgie. *Kinesither Sci* 2007;481.
- [8] Gouilly P, Petitdant B. *Comprendre la kinésithérapie en rhumatologie*. Paris: Éditions Masson; 2006. p. 209–29.
- [9] Troisier O. *Diagnostic clinique en pathologie ostéoarticulaire*. Paris: Masson; 1991. p. 3–18.
- [10] Richardson C, Jull G. Concepts of rehabilitation for spinal stability. In: *Boyling JD, Palastanga N, editors. Grieve's Modern Manual Therapy*. 2nd ed., Edinburgh: Churchill Livingstone; 1994:705–20.
- [11] Eder M, Tilscher H. *Chiropraxie de l'examen au traitement*. Paris: Maloine; 2006. p. 3–23.
- [12] Barette G, Cérioli A, Dufour X, Barillec F. Traiter les tensions musculaires en thérapie manuelle. *Kinesither Sci* 2011;519.
- [13] Conférence de consensus sur la prise en charge kinésithérapique du lombalgique. *Anaes*; 1998.
- [14] Ghossoub P, Dufour X, Barette G, Montigny JP. Mobilisations spécifiques. *EMC Kinesithérapie-Médecine physique-Réadaptation* 2009;26-071-À-10.
- [15] Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK, Greene HS. Importance of the intersegmental trunk muscles for the stability of the lumbar spine. *Spine* 1998;23(18):1937–45.
- [16] Panjabi MM. Effects of preload displacement curves of the lumbar spine. *Orthop Clin North Am* 2006;197(8):181–92.
- [17] Tani K. À kinesiologic study of erector spinae activity during trunk flexion and extension. *Ergonomics* 1985;28:883–93.
- [18] Stokes MJ, Cooper RG, Morris G, Jayson MI. Selective changes in multifidus dimension in patient with chronic low back pain. *Eur Spine J* 1992;1:38–42.
- [19] Troisier O, Dorard A, Redont MJ. *Éducation vertébrale*. Paris: Masson; 2002.
- [20] Joly C, Basargette M, Barette G, Chaudot C. École du dos en entreprise pour salariés lombalgiques chroniques. Étude d'une expérience multidisciplinaire (médecin du travail, kiné-ergonome, psychologue). *Archiv Mal Prof Med Trav* 2006;2:67.