



---

# Boiteries et maux de dos

Document de travail à l'intention du

Tribunal d'appel de la sécurité professionnelle et  
de l'assurance contre les accidents du travail

Mars 2004

préparé par le

D<sup>r</sup> Ian J. Harrington, M.D., F.R.C.S.(C), M.S., MSc.

chirurgie orthopédique

Le D<sup>r</sup> Ian J. Harrington a obtenu un diplôme d'ingénieur de l'Université de Toronto en 1958 et un doctorat en médecine de l'Université de Western Ontario en 1965. Il a ensuite fait des études postdoctorales en orthopédie à l'Université de Toronto. Il a obtenu son certificat en chirurgie orthopédique en 1971. Le D<sup>r</sup> Harrington a fait une maîtrise en chirurgie à l'Université de Toronto en 1972 et une maîtrise en sciences à l'University of Strathclyde en Écosse en 1973. Il s'est joint au corps professoral de l'Université de Toronto en 1973 et occupe une chaire de professeur agrégé au département de chirurgie de cet établissement. Il s'intéresse à la pratique clinique et à la recherche dans les domaines de l'orthopédie et de la biomécanique, et il a publié de nombreux ouvrages sur ces sujets. Il a été médecin-chef du Toronto East General Hospital (TEGH) de 1982 à 1987, pour ensuite y cumuler les fonctions de chef de la division de chirurgie orthopédique de 1990 à 2000 et de chef du service de chirurgie de 1993 à 2001. Le D<sup>r</sup> Harrington est aussi consultant désigné en matière de prothèses et de traitement des amputés pour le ministère de la Santé de l'Ontario et pour la clinique des amputés du TEGH depuis 1990. Le D<sup>r</sup> Harrington est assesseur médical du Tribunal depuis 2000.

Ce document de travail médical sera utile à toute personne en quête de renseignements généraux au sujet de la question médicale traitée. Il vise à donner un aperçu général d'un sujet médical que le Tribunal examine souvent dans les appels.

Ce document de travail médical est l'œuvre d'un expert reconnu dans le domaine, qui a été recommandé par les conseillers médicaux du Tribunal. Son auteur avait pour directive de présenter la connaissance médicale existant sur le sujet, le tout, en partant d'un point de vue équilibré. Les documents de travail médicaux ne font pas l'objet d'un examen par les pairs, et ils sont rédigés pour être compris par les personnes qui ne sont pas du métier.

Les documents de travail médicaux ne représentent pas nécessairement les vues du Tribunal. Les décideurs du Tribunal peuvent s'appuyer sur les renseignements contenus dans les documents de travail médicaux mais le Tribunal n'est pas lié par les opinions qui y sont exprimées. Toute décision du Tribunal doit s'appuyer sur les faits entourant le cas particulier visé. Les décideurs du Tribunal reconnaissent que les parties à un appel peuvent toujours s'appuyer sur un document de travail médical, s'en servir pour établir une distinction ou le contester à l'aide d'autres éléments de preuve. Voir *Kamara c. Ontario (Workplace Safety and Insurance Appeals Tribunal)* [2009] O.J. No. 2080 (Ont Div Court).

Traduction de l'anglais par A+ Translations Odette Côté, trad. a. (Canada) Membre du Conseil des traducteurs et interprètes du Canada (par affiliation à l'Association des traducteurs et interprètes de l'Ontario)

## BOITERIES ET MAUX DE DOS - Final

### INTRODUCTION

Le Tribunal peut être amené à entendre des appels reliés à des troubles à la jambe et au genou causés ou aggravés par des lésions antérieures indemnisables au dos, lesquelles ont progressé jusqu'à entraîner une arthrose des vertèbres lombaires et des douleurs lombaires de nature mécanique. On rapporte souvent, par exemple, qu'une affection lombaire indemnisable accompagné d'une sciatique aiguë a entraîné une boiterie, laquelle, à son tour, a causé un déchirement du ménisque. À l'inverse, on invoque aussi des cas où une maladie congénitale dégénérative du dos préexistante a été aggravée par une boiterie, laquelle découlait d'une lésion indemnisable au genou telle qu'un déchirement du ménisque ou une chondromalacie post-traumatique de la rotule. On prétend à l'occasion qu'une déchirure méniscale au genou et un trouble lombaire ont été causés par une boiterie résultant d'une affection indemnisable au genou opposé, comme le déchirement d'un de ses ménisques. On attribue aussi à la fasciite plantaire l'aggravation d'une affection préexistante au dos, à la hanche ou au genou à la suite d'une boiterie, laquelle est précipitée par une douleur au pied.

La documentation médicale offre très peu de renseignements sur la boiterie. La plupart des cliniciens ont une compréhension limitée des répercussions de la boiterie sur le système musculo-squelettique et en général, ces derniers croient que la boiterie pousse le patient à placer un poids supplémentaire sur la jambe opposée normale, augmentant ainsi l'effort consenti par celle-ci et la colonne vertébrale pendant la marche. Pour comprendre le problème, certaines connaissances sur la boiterie et la pathophysiologie des maux de dos sont nécessaires.

### Pathophysiologie des maux de dos

Les maux de dos sont communs; leurs causes sont généralement de nature congénitale ou liées à des affections acquises. Les affections congénitales, qui occasionnent des maux de dos, comprennent la spondylolyse (malformation osseuse dans la partie postérieure de la vertèbre lombaire), qui peut à son tour causer la spondylolisthésis (déplacement d'une vertèbre relativement à une autre en raison d'une instabilité à cet endroit), la spina bifida et les vertèbres de transition (de forme anormale) à l'articulation sacro-vertébrale. Les causes acquises des maux de dos sont la plupart du temps

de type dégénératif par rapport au processus de vieillissement normal ou à la lésion de la colonne vertébrale touchant des tissus mous, comme la musculature abdominale et lombaire, les ligaments et disques rachidiens ou des lésions osseuses telles que des fractures vertébrales. Bien que rarement reliées au travail, parmi les autres causes de maux de dos on retrouve les infections, la malignité primaire ou métastatique et les problèmes vasculaires tels que l'anévrisme abdominal.

Les vertèbres spinales adjacentes sont couplées sur la partie antérieure par un disque en tissu mou, sur la partie postérieure par des articulations facettaires et par des ligaments d'interconnexion (Fig. 1). La portion centrale du disque est composée d'un gel incompressible, lequel est contenu dans une paroi fibreuse externe rigide qui relie les corps vertébraux. Les hernies discales surviennent lorsque l'enveloppe fibreuse externe, l'anneau fibreux, du disque intervertébral se rompt, soit à cause d'une lésion ou du processus dégénératif normal qui permet au tissu central, de type gélatineux, de s'échapper ou de faire saillie dans le canal rachidien, comprimant parfois la racine d'un nerf adjacent (Fig. 2). Cela provoque une sciatique. Les hernies discales sont plus courante chez les jeunes étant donné que la matière contenue dans le disque central, le noyau gélatineux (*nucleus pulposus*), demeure dans un état semi-fluide et gélatineux. Avec l'âge, l'anneau fibreux et le noyau gélatineux perdent de leur élasticité et il se produit un rétrécissement du disque. Cela peut se voir dans une radiographie ordinaire du dos comme une diminution dans la hauteur de l'espace du disque intervertébral vertical. Le rétrécissement progressif de l'espace du disque intervertébral qui se produit avec l'âge entraîne une altération dégénérative dans les articulations facettaires postérieures et cause des ostéophytes ou le développement d'excroissances osseuses le long des marges osseuses des corps vertébraux adjacents. Lorsque l'espace intervertébral continue de diminuer, le mouvement des articulations est limité entre les segments vertébraux et l'articulation entre les vertèbres devient rigide.

## Diagnostic

Même si la radiographie indique la présence d'une arthrite spinale, c'est-à-dire un pincement discal et des excroissances vertébrales, on note généralement que la corrélation entre une radiographie ordinaire du rachis lombaire inférieur et des symptômes précis est faible. Le tomodensitogramme montrera souvent la hernie discale causant la sciatique mais, parce qu'il n'existe pas de différences nettes entre le disque et le tissu nerveux, un tomodensitogramme avec produit de contraste (injection de

colorant) peut s'avérer nécessaire pour montrer clairement les contours du sac dural qui contient la moelle épinière et les racines nerveuses qui en sortent. L'imagerie par résonance magnétique est une procédure non vulnérante. Elle ne nécessite aucune radiation. Elle est préférable au tomодensitogramme, car elle fournit habituellement une bonne visualisation des tissus nerveux. La corrélation clinique, c'est-à-dire les antécédents et les signes physiques accompagnés d'un bilan radiologique, est toujours nécessaire pour établir un diagnostic précis des causes possibles des maux de dos, étant donné que les anomalies sont généralement visibles dans une tomographie par ordinateur ou par l'imagerie par résonance magnétique chez les sujets ne présentant aucun symptôme.

### Mécanique de la colonne vertébrale

On prétend souvent que la discopathie du rachis lombaire inférieur est causée soit par une lésion au dos ou qu'elle apparaît à la suite d'une lésion à un membre qui, à son tour, occasionne une boiterie durant la marche. Il est improbable que le fait de se tenir droit ou de marcher sur un terrain plat occasionne un degré de stress anormal dans les segments vertébraux couplés. Dans ces conditions, les segments vertébraux sont d'abord soumis à une compression axiale, généralement d'ampleur faible à modérée parce que le centre de gravité du corps est aligné directement avec de l'axe vertical de la colonne vertébrale. Un effort minime est requis des muscles abdominaux antérieurs ou des muscles spinaux postérieurs pour maintenir la colonne vertébrale en équilibre. Cependant, tout trouble qui entraîne un déplacement majeur du centre de gravité de la masse corporelle loin de l'axe vertical de la colonne vertébrale, comme la flexion avant, le fait de soulever un objet ou un abdomen gros et protubérant, fait augmenter l'effort consenti par les muscles spinaux pour équilibrer la colonne vertébrale. Cela, en revanche, provoque une augmentation de l'effort consenti par les segments de la colonne vertébrale. Les grands déplacements latéraux du centre de gravité du corps peuvent aussi augmenter la charge imposée sur la colonne vertébrale en raison de l'effort accru consenti par les muscles parodorsaux afin de stabiliser les segments de la colonne vertébrale. La question reste à savoir si la boiterie peut aussi accélérer ou non le processus dégénératif ayant lieu au niveau de la colonne vertébrale ou aggraver une affection vertébrale existante et avoir par conséquent une incidence sur la charge consentie par les segments vertébraux (effort).

### Genres de boiteries

Nous invitons le lecteur à consulter le document intitulé « Symptoms in the Opposite or Uninjured Leg » [(traduction) Symptômes dans la jambe opposée ou non blessée] de W.R. Harris et Ian J. Harrington. Ce document décrit en quoi consiste la démarche normale et quelles sont les répercussions de la boiterie sur cette démarche. Il existe essentiellement trois types de boiteries : la boiterie paralytique, la boiterie antalgique et celle qui est due à une asymétrie des membres inférieurs.

#### **Boiterie paralytique**

Dans le cas de la boiterie paralytique, un ou plusieurs muscles sont affaiblis par la maladie (la poliomyélite, par exemple) ou par une lésion (touchant un nerf alimentant un muscle, par exemple). Par exemple, si les muscles qui servent à écarter la jambe du reste du corps (les muscles abducteurs de la hanche) sont faibles, lorsque le patient se tient debout sur ce côté, il aura tendance à tomber du côté opposé. Pour éviter de tomber, le patient déplace son centre de gravité vers le côté affecté en amenant son tronc et sa tête dans cette direction, ce qui résulte en une démarche avec une boiterie latérale sur le côté affecté, aussi appelée boiterie de Trendelenburg. Si les muscles servant à soulever l'avant-pied du sol sont affaiblis, ce dernier tombe durant la phase oscillante de la marche (pied tombant). Pour éviter de se cogner les orteils, le patient doit lever la jambe plus haut durant la phase oscillante de la marche afin de permettre à son pied de quitter le sol, ce qui entraîne une démarche caractéristique, soit le « steppage » ou « pied tombant ». Étant donné qu'il faut plus de temps pour positionner la jambe paralysée, sa phase oscillante est plus longue. Par conséquent, la phase d'appui de la jambe normale s'en trouve prolongée car celle-ci doit attendre que la jambe plus faible prenne la relève. En plus de ces exemples, l'hémiplégie (AVC) et l'infirmité motrice cérébrale peuvent également entraîner la boiterie. La boiterie associée aux amputations entre également dans la catégorie des boiteries paralytiques. Elle entraîne principalement une boiterie latérale vers le côté affecté, soit la boiterie de Trendelenburg.

#### **Boiterie antalgique**

La meilleure façon de décrire une boiterie antalgique consiste à imaginer qu'il y a un caillou dans la chaussure du marcheur ou encore qu'un clou transperce la semelle. Étant donné que ce dernier ressent de la douleur chaque fois qu'il prend appui sur ce pied, il cherchera à diminuer l'inconfort en relâchant son appui sur ce pied le plus rapidement possible. En d'autres mots, la phase d'appui est raccourcie du côté affecté. Cela entraîne une démarche comportant des foulées inégales et de durée différente. Toute

affection provoquant de la douleur à un membre, qu'il s'agisse d'une lésion osseuse ou du tissu mou, ou encore une douleur projetée comme la sciatique, peut provoquer une boiterie antalgique.

### **Asymétrie des membres inférieurs**

Dans cette boiterie, on note une inclinaison lorsque le membre inférieur plus court que l'autre est en phase d'appui. Mais, qu'entend-on exactement par membre inférieur plus court? Il est probable qu'un raccourcissement de moins de 5 cm n'entraîne aucune boiterie évidente, mais qu'au-delà, la démarche s'en trouve passablement affectée.

Outre ces trois types de base, il existe une autre affection susceptible de provoquer la boiterie et qui augmente de façon certaine la pression sur la colonne vertébrale. Il s'agit de l'arthrodèse, ou fusion (intervention chirurgicale destinée à provoquer l'ankylose d'une articulation pour guérir une infection ou supprimer la douleur). Cette intervention est surtout pratiquée sur la hanche, le genou et la cheville. En règle générale, s'il y a boiterie, celle-ci sera peu accentuée et c'est le patient qui la remarque plus que quiconque. Comme ces articulations consistent à absorber les chocs que subirait la colonne vertébrale, la fusion peut y accroître la tension, ce qui a pour effet d'amorcer ou d'accélérer sa dégénérescence.

### **Conséquences biomécaniques de la boiterie sur la colonne vertébrale**

La boiterie cause un déplacement du centre de gravité vers la jambe affectée, ce qui entraîne une inclinaison latérale du tronc vers ce côté (Fig. 3). Selon l'importance de la boiterie, il peut se produire un tiraillement de gauche à droite et vertical prononcé du centre de gravité du corps. Lorsque le poids est transféré à la jambe saine, le repositionnement du centre de gravité sur le plan médian du corps résulte partiellement de la pression exercée par la musculature paralombaire, spinale et abdominale sur le côté normal. La boiterie accroît le travail des muscles, et augmente par la même occasion l'effort consenti par les disques lombaires et les articulations facettaires. Il en résulte un effet de balancier, les centres des disques agissant comme des plaques tournantes ou des points d'appui par rapport au muscle paralombaire, qui sert à équilibrer le poids du corps. Il s'agit d'un mécanisme de levier magnifiquement rodé. Cependant, l'effort de traction répété de la musculature du tronc entraîne avec le temps l'usure précoce des segments des disques étant donné que l'effort consenti par ces disques

est plus important chez une personne affligée d'un boitement que chez une autre qui présente une démarche normale. Cela cause ou aggrave une transformation dégénérative (arthrose) des disques et des facettes vertébrales.

Un autre facteur biomécanique entre en jeu : il s'agit de la scoliose lombaire compensatoire (déviation latérale) observée chez les patients qui boitent en raison d'une asymétrie des membres inférieurs. La scoliose lombaire accélère le processus de dégénérescence.

Les phénomènes biomécaniques susmentionnés se produisent à l'avant (observation frontale). Cependant, ce même mécanisme se produit également sur le plan sagittal (observation latérale), notamment chez les sujets affligés d'une boiterie paralytique. Ces derniers doivent en effet effectuer des mouvements compensatoires du tronc sur les deux plans de manière à garder le centre de gravité centré par rapport au membre affecté. Cela entraîne une augmentation de la charge le long de la colonne vertébrale.

On constate que chaque genre de boiterie entraîne un déplacement anormal du tronc. Il est probable qu'avec le temps, cela contribue à accélérer le vieillissement et entraîne des maux de dos. Chez les patients qui souffrent déjà de maux de dos, les symptômes s'en trouvent probablement aggravés.

Les personnes qui ont subi une amputation au-dessus du genou sont affligées de la boiterie de Trendelenburg. Le patient cambre le tronc en direction de la jambe artificielle, ce qui active la musculature spinale comme nous venons de le décrire. Par conséquent, ces personnes se plaignent souvent de maux de dos. Fait important à souligner, le ministère des Anciens combattants et la Commission de la sécurité professionnelle et de l'assurance contre les accidents du travail tiennent compte de cette particularité au moment de déterminer le montant de rente à verser. Cela ne se produit pas dans le cas des personnes amputées au-dessous du genou qui, elles, conservent une démarche normale

## Conclusion

La boiterie peut, dans certains cas, occasionner des maux de dos et aggraver les symptômes chez les personnes souffrant déjà de maux de dos

## Examen des recours en appel

Au moment d'examiner ce genre de recours, il faut :

1. Établir que le patient est bien affligé d'une boiterie.
2. Établir que la boiterie est attribuable à la lésion donnant droit à une indemnisation.
3. Déterminer, si cela est possible, de quel genre de boiterie il s'agit.
4. Déterminer si la boiterie existait avant la lésion donnant droit à une indemnisation. Si tel est le cas, déterminer si la boiterie était associée à des maux de dos.
5. Déterminer si le requérant souffrait déjà de douleurs au dos. Si tel est le cas, déterminer si la boiterie attribuable à une blessure survenue au cours du travail a intensifié ses douleurs.

## Problèmes reliés

**Une lésion au dos peut-elle causer une affection au genou ou à la jambe?** On prétend souvent qu'une lésion indemnisable antérieure au dos accompagnée d'une discopathie et occasionnant des douleurs lombaires de nature mécanique peut causer ou aggraver une arthrose des genoux en raison de l'augmentation de l'effort fourni par les articulations du genou qui est précipitée par le problème au dos. La cause précise de l'arthrose du genou est incertaine mais il est admis que des facteurs tels le poids corporel excessif, une lésion ou toute activité qui a pour effet d'augmenter l'effort consenti par le coussinet de l'articulation peuvent entamer ou aggraver une affection arthritique existante, principalement à cause d'un phénomène d'usure.

L'effort déployé par les articulations des membres inférieurs tend à augmenter avec la vitesse de la marche; ainsi les individus jeunes et en bonne condition physique font un plus grand effort que les personnes âgées et handicapées qui ont une démarche lente. Il est couramment admis qu'une lésion à une jambe précipite l'apparition de symptômes dans la jambe intacte (voir le document de travail intitulé « Symptoms in the Opposite or Uninjured leg » par W. R. Harris et I. J. Harrington, lequel décrit la mécanique de la démarche normale et comment elle peut être affectée par la boiterie), cependant, d'un point de vue biomécanique, il n'existe pas de preuves permettant de démontrer nettement qu'une lésion à une jambe peut entraîner des problèmes majeurs dans l'autre jambe, sauf dans certains cas, par exemple lorsqu'il existe une différence de longueur marquée entre les deux jambes, et que la jambe blessée devient considérablement plus courte

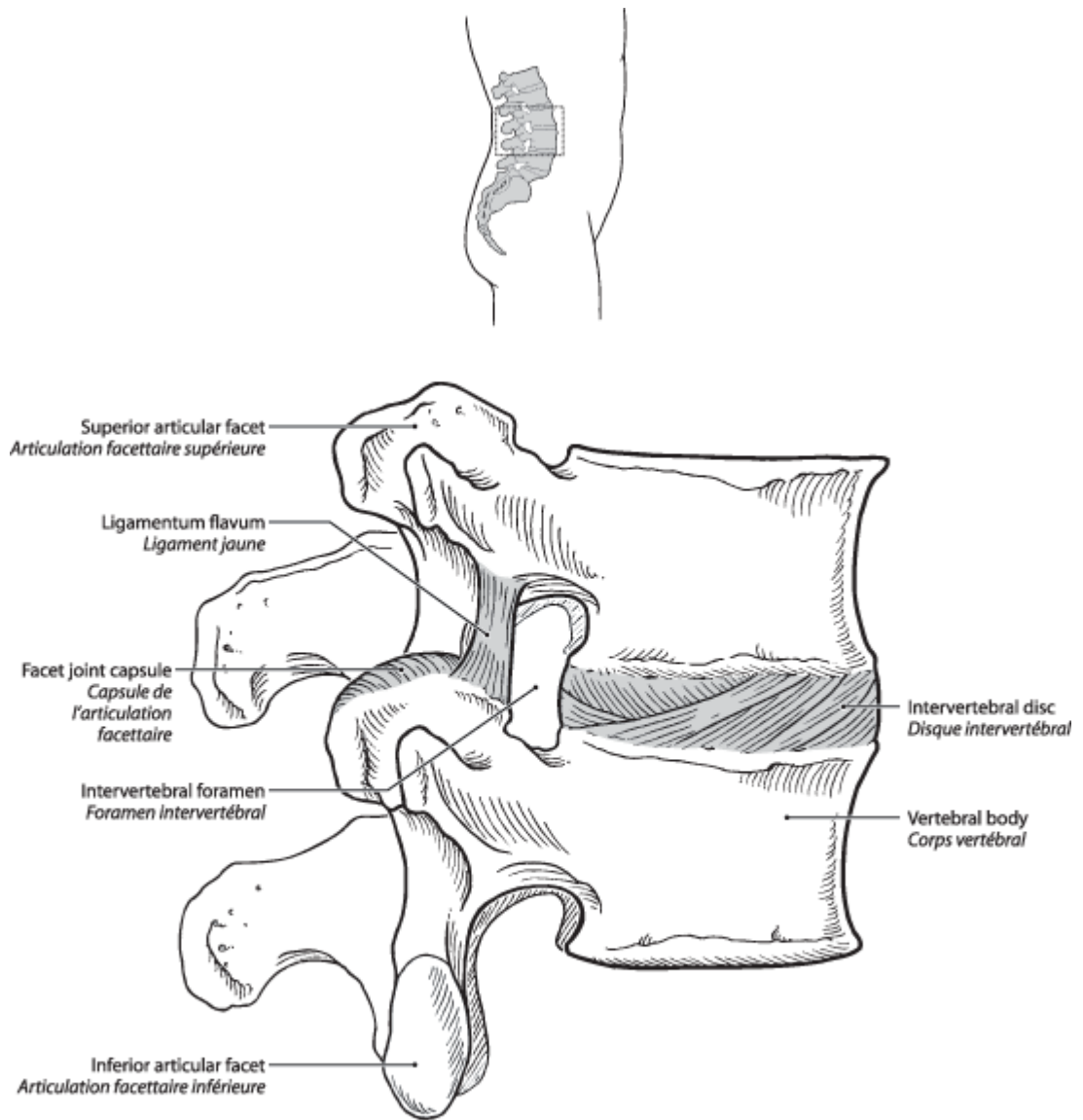
que la jambe normale, c'est-à-dire 5 cm ou plus, ou lorsqu'une boiterie de Trendelenburg apparaît en raison d'une blessure ou d'une paralysie à un membre inférieur, ce qui impose un plus grand effort sur la jambe saine. Par conséquent, un problème au dos est peu susceptible d'entraîner une augmentation de l'effort à fournir par le genou à moins que le problème rachidien soit d'une gravité telle qu'il occasionnerait une paralysie musculaire dans un membre inférieur, laquelle, à son tour, causerait une boiterie évidente à partir d'une boiterie de Trendelenburg; la jambe saine subirait donc une charge supérieure (effort à consentir). Une situation semblable résulterait d'une boiterie antalgique découlant d'une douleur à la jambe causée par la sciatique. Dans les deux cas cependant, il faudrait probablement que la boiterie soit grave et prolongée pour qu'elle ait une incidence significative sur le début ou l'aggravation de l'arthrite de la colonne vertébrale.

Si le problème au dos a causé une boiterie telle, que l'individu présente une boiterie de Trendelenburg marquée, cela pourrait en théorie occasionner une augmentation de l'effort à fournir par la jambe saine, c'est-à-dire le membre qui n'est pas à l'origine de la boiterie.

Il faudrait cependant que la démarche de type Trendelenburg perdure longtemps pour que son effet sur la colonne vertébrale soit permanent. De même, étant donné que le degré d'activité des patients atteints d'une affection lombaire chronique causée par des douleurs lombaires de nature mécanique est limitée, c'est-à-dire qu'ils marchent d'un pas lent, il est peu probable que leurs membres inférieurs aient à fournir un effort supérieur à la normale, puisque l'ampleur globale de l'effort consenti aux articulations par les membres inférieurs est directement reliée à la vitesse de marche.

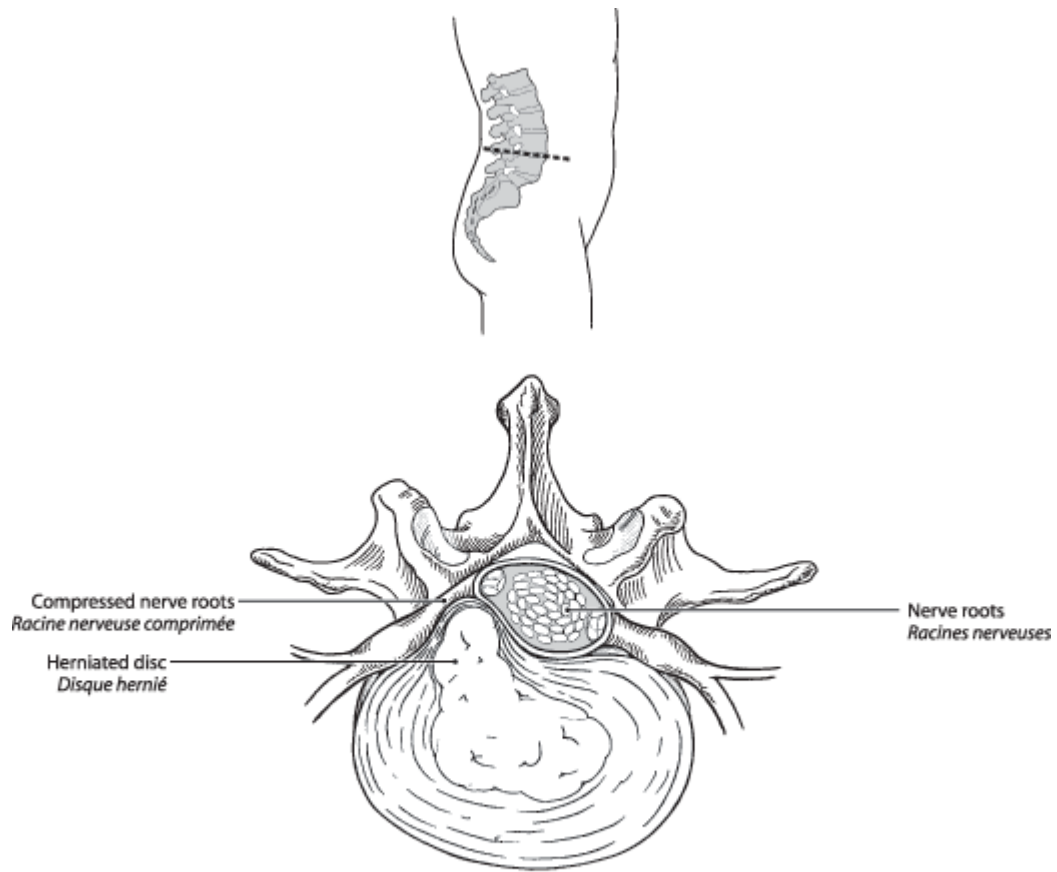
Les troubles au dos d'ampleur moindre qui entraînent des douleurs lombaires de nature mécanique sans altérer considérablement la démarche, (par exemple, une boiterie marquée du type Trendelenburg), sont peu susceptibles d'accroître l'effort à consentir par les articulations portantes des membres inférieurs, comme celles des genoux. Ces types d'affections lombaires ne sont pas susceptibles de générer un effort d'ampleur suffisante pour entraîner une déchirure du ménisque. Les déchirures du ménisque sont habituellement entraînées par une forte compression associée à une torsion, ce qu'une altération mineure de la démarche ne risque pas de provoquer.

**Est-ce qu'une lésion au genou ou à la jambe peut entraîner une affection au dos?** Il est également peu probable que des lésions telles que le déchirement du ménisque touchant soit le ménisque interne ou externe, ou toute autre affection, comme la chondromalacie de la rotule, etc., ayant causé une boiterie légère ou modérée pendant une période relativement courte, ait pu exercer des effets néfastes sur la colonne vertébrale ou le membre inférieur opposé. Les troubles au pied ou à la cheville occasionnant temporairement une légère boiterie sont également peu susceptibles de transmettre une charge d'une ampleur suffisamment importante pour accroître l'effort à fournir la colonne vertébrale ou l'autre jambe.



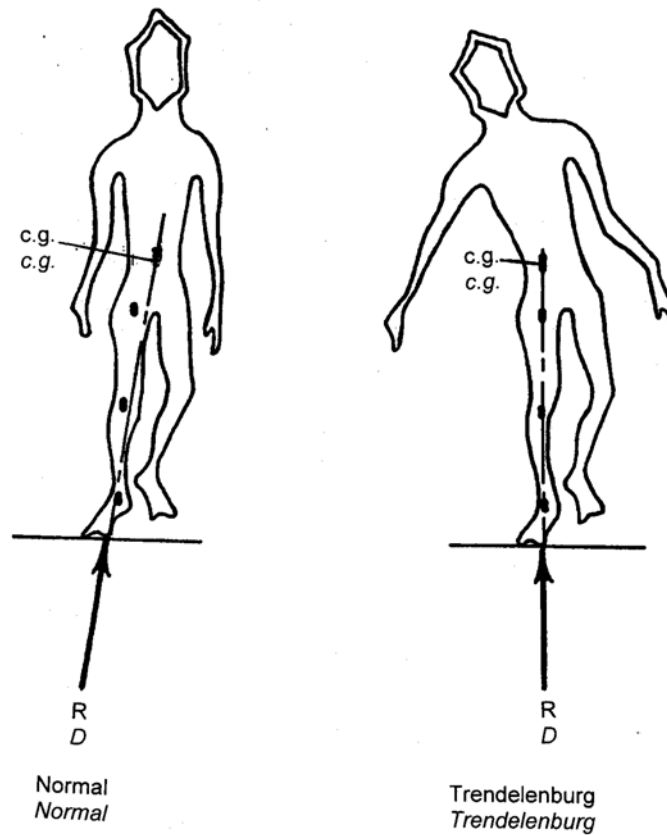
**Side view of normal vertebrae showing ligaments and intervertebral disc**  
***Vue latérale d'une vertèbre normale montrant les ligaments et le disque intervertébral***

Figure 1



**A ruptured (herniated) nucleus pulposus compressing the nerve root, as seen on cross-section.**  
***Coupe transversale montrant un nucleus pulposus hernié comprimant la racine nerveuse.***

Figure 2



TRENDELENBURG LURCH DUE TO  
LIMPING CENTRE OF GRAVITY SHIFT  
*Boiterie de Trendelenburg entraînée par  
un déplacement du centre de gravité*

Figure 3

## Références

Black J, Dumbleton JH. « The Role of the Disc in Low Back Pain ». chapitre 15, pages 317-334. *Clinical Biomechanics - A Case History Approach*. Churchill Livingstone, 1981.

« Can "Favouring" One Leg Damage the Other? », éditorial - *Journal of Bone and Joint Surgery*. Vol. 76-B, No 4, page 519, juillet 1994.

Chen CK, Chen HH, Lee SJ. « Influence of Walking Speed Change on the Lumbosacral Joint Force Distribution ». *Bio-Medical Materials and Engineering* 8(34): 155-65, 1998.

Frankel VH, Nordin M. « Biomechanics of the Lumbar Spine », chapitre 10, pages 255-285. Dans : *Basic Biomechanics of the Skeletal System*. Lea and Febiger, 1980.

Harrington IJ. « A Bioengineering Analysis of Force Actions of the Knee in Normal and Pathological Gait ». *Biomedical Engineering*, 11: 167-172, 1976.

Harrington IJ. « Knee Joint Forces in Normal and Pathological Gait ». Dans : Niwa S, Perren SM, Hattori T, EDS, *Biomechanics in Orthopaedics*; Tokyo, etc., Springer-Verlag, 121-46, 1992.

Harrington IJ. « Static and Dynamic Loading Patterns in Knee Joints with Deformities ». *Journal of Bone and Joint Surgery (American)*: 65A No. 2, 247-259, 1993.

Keefe FJ, Hill RW. « An Objective Approach to Quantifying Pain Behaviour and Gait Patterns in Low Back Pain ». *Pain* 21(2): 153-61, 1985.

Maquet PGJ. *Biomechanics of the Knee with Application to the Pathogenesis and the Surgical Treatment of Osteoarthritis*. Berlin, Springer-Verlag, 1976.

Morrison JB. « Bioengineering Analysis of Force Actions Transmitted by the Knee Joint ». *Bio-Medical Engineering*: 3,164-170, 1968.

Nachemson A. « Lumbar Intradiscal Pressure. Experimental Studies of Post-Mortem Material ». *Acta Orthop. Scand.* (Suppl.) XL11, 1960.

Nachemson AL. « Disc Pressure Measurements ». *Spine*, 6:94-99, 1981.

Paul JP. « The Effect of Walking Speed on Force Actions Transmitted at the Hip and Knee Joints ». Comptes-rendus, Royal Society of Medicine, 1970: 63; 200-2002.

Paul JP. « Magnitude of Forces Transmitted at Hip and Knee Joints ». Dans : Wright V, Éditeur *Lubrication and Wear in Joints*. Philadelphia etc. JB Lippincott; 1969, 77-97.

Paul JP. « The Effect of Walking Speed on the Force Actions Transmitted at the Hip and Knee Joints ». *Comptes-rendus. RSOC Med.* 63: 200-2; 1970.

Radin EL, Simon SR, Rose RM, Paul IL. « Biomechanics of the Spine », chapitre 1, pages 1 - 42.

Salter RB. « Degenerative Joint Disease in the Lumbar Spine », pages 227-239, *Text Book of Disorder and Injuries of the Musculo-Skeletal System*. Williams and Wilkins, deuxième édition., 1983.

Van B, Cochran G. « Functional Biomechanics; The Axial Skeleton », chapitre 4, page 293 - 310: *A Primer of Orthopaedic Biomechanics*. Churchill Livingstone, 1982.

Voloshin A, Wosk J. « An In Vivo Study of Low Back Pain and Shock Absorption in the Human Locomotor System ». *Journal of Biomechanics*, 15 (1):21-7, 1982.