



Information scientifique destinée aux médecins,
physiothérapeutes, kinésithérapeutes,
chiropracteurs, ostéopathes, pharmaciens, ...

**L'extension lombaire: une
stratégie thérapeutique et
préventive adjuvante dans
50% des lombalgies et
lombo-sciatalgies.**

Les propriétés spécifiques du disque intervertébral, sorte de coussin amortisseur placé entre les vertèbres, lui permettent normalement de

supporter la surcharge, autoriser le mouvement vertébral et dissiper les effets de la pesanteur.¹ Il est prouvé cependant que, chaque jour, au fil des heures, la hauteur totale de la colonne vertébrale diminue sous l'effet de la pesanteur. Le port de poids, les diverses vibrations que subit le corps (automobile, transports en commun,...) ou la simple position assise ou debout intensifient cette perte de taille.^{2 3 4 5 6 7}

Ceci influence chaque niveau intervertébral où chaque disque intervertébral subit ces contraintes.

¹ Boxberger, Sen, Yerramalli, Elliott. Nucleus pulposus glycosaminoglycan content is correlated with axial mechanics in rat lumbar motion segments. J orthop Res 2006 sep ;24 (9) : 1906-15. McKay Orthopaedic Research Laboratory, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104-6081, USA.

² Botsford DJ, Esses SI, Ogilvie-Harris DJ. In vivo diurnal variation in intervertebral disc volume and morphology. Spine. 1994 Apr 15;19(8):935-40. Department of Surgery, University of Toronto, Canada.

³ Wisleder D, Smith MB, Mosher TJ, Zatsiorsky V. Lumbar spine mechanical response to axial compression load in vivo. Spine. 2001 Sep 15;26(18):E403-9 . Department of Health, Leisure, and Exercise Science, Appalachian State University, Boone, North Carolina 28608-2071, USA. wisleder@appstate.edu

⁴ Ohshima H, Tsuji H, Hirano N, Ishihara H, Katoh Y, Yamada H. Water diffusion pathway, swelling pressure, and biomechanical properties of the intervertebral disc during compression load. Spine. 1989 Nov;14(11):1234-44. Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, Toyama Medical and Pharmaceutical University, Japan.

⁵ Adams MA, McMillan DW, Green TP, Dolan P. Sustained loading generates stress concentrations in lumbar intervertebral discs. Spine. 1996 Feb 15;21(4):434-8. Comparative Orthopaedic Research Unit, University of Bristol, United Kingdom.

⁶ Malko JA, Hutton WC, Fajman WA. An in vivo magnetic resonance imaging study of changes in the volume (and fluid content) of the lumbar intervertebral discs during a simulated diurnal load cycle. Spine. 1999 May 15;24(10):1015-22. Department of Radiology, Emory University School of Medicine, Atlanta, Georgia, USA. jmalko@emory.edu

⁷ Kimura S, Steinbach GC, Watenpaugh DE, Hargens AR. Lumbar spine disc height and curvature responses to an axial load generated by a compression device compatible with magnetic resonance imaging. Spine. 2001 Dec 1;26(23):2596-600. Department of Orthopaedics, University of California-San Diego, 350 Dickinson Street, 8894 San Diego, CA 92103-8894, USA.

Au fil du temps, ces contraintes sont de moins en moins absorbées.

Dès lors, les cellules du disque intervertébral montrent des réponses biologiques différentes selon le stimulus mécanique qu'elles subissent, dépendant de la surcharge, son intensité, sa durée et les différentes régions du disque étudiées. La dégénérescence discale s'accompagne d'une déshydratation chronique et de possibles ruptures du plateau discal.^{8 9}

Sous l'influence d'une surcharge de poids, une réduction modérée des glycosaminoglycanes du noyau disposé au centre du disque intervertébral serait à mettre en rapport avec une dégénérescence hâtive du disque et affecterait la fonction mécanique de celui-ci.¹⁰

La structure des cellules du disque se modifie, se désorganise et un certain pourcentage de ces cellules meurent.¹¹

⁸ Sarver JJ, Elliott DM. Altered disc mechanics in mice genetically engineered for reduced type I collagen. Spine. 2004 May 15;29(10):1094-8. McKay Orthopaedic Research Laboratory, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104-6081, USA

⁹ Chiu EJ, Newitt DC, Segal MR, Hu SS, Lotz JC, Majumdar S. Magnetic resonance imaging measurement of relaxation and water diffusion in the human lumbar intervertebral disc under compression in vitro. Spine. 2001 Oct 1;26(19):E437-44. Department of Radiology, University of California, Berkeley/San Francisco, California, USA.

¹⁰ Boxberger, Sen, Yerramalli, Elliott. Nucleus pulposus glycosaminoglycan content is correlated with axial mechanics in rat lumbar motion segments. J orthop Res 2006 sep ;24 (9) : 1906-15. McKay Orthopaedic Research Laboratory, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania 19104-6081, USA.

¹¹ Rannou F, Lee TS, Zhou RH, Chin J, Lotz JC, Mayoux-Benhamou MA, Barbet JP, Chevrot A, Shyy JY. Intervertebral disc degeneration: the role of the mitochondrial pathway in annulus fibrosus cell apoptosis induced by overload .Am J

Il a également été montré que l'altération d'un niveau discal conduit à la dégradation progressive des niveaux voisins. Cette cascade d'altérations de plus en plus profonde favorise l'instabilité vertébrale¹² et conduit à la douleur lombaire, à la radiculalgie, à la névralgie sciatique ...¹³. Plusieurs auteurs accordent à la dégénérescence du disque intervertébral et des plateaux vertébraux adjacents une responsabilité déterminante dans la genèse des lombalgies.^{14 15}

A propos de l'extension lombaire...

Cependant, cette situation serait pourtant en partie au moins évitable voire réversible.¹⁶

Pathol.2004Mar;164(3):915-24. Division of Biomedical Sciences, University of California, Riverside, California 92521-0121, USA.

¹² Fujiwara A, Tamai K, An HS, Kurihashi T, Lim TH, Yoshida H, Saotome K. The relationship between disc degeneration, facet joint osteoarthritis, and stability of the degenerative lumbar spine. *J Spinal Disord.* 2000 Oct;13(5):444-50. Department of Orthopaedic Surgery, Dokkyo University School of Medicine, Tochigi, Japan. atfujiwara@msn.com

¹³ Luoma K, Riihimaki H, Luukkonen R, Raininko R, Viikari-Juntura E, Lamminen A. Low back pain in relation to lumbar disc degeneration Spine. 2000 Feb 15;25(4):487-92. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, Finland. kluoma@dlc.fi

¹⁴ Albert HB, Kjaer P, Jensen TS, Sorensen JS, Bendix T, Manniche C. Modic changes, possible causes and relation to low back pain. *Med Hypotheses.* 2008;70(2):361-8. The Back Research Center, Part of Clinical Locomotion Science, University of Southern Denmark, Lindevej 5, 5750 Ringe, Denmark.

¹⁵ Tue S Jensen, Tom Bendix*, Joan S Sorensen*, Claus Manniche*, Lars Korsholm*, Per Kjaer. Characteristics and natural course of vertebral endplate signal (Modic) changes in the Danish general population. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2009, 10:81doi:10.1186/1471-2474-10-81. The Back Research Center, Ringe, Denmark ;Institute of Sports Science and Clinical Biomechanics, University of Southern Denmark, Odense, Denmark ;Department of Statistics, University of Southern Denmark, Odense, Denmark

¹⁶ Johannessen W, Vresilovic EJ, Wright AC, Elliott DM. Intervertebral disc mechanics are restored following cyclic loading and unloaded recovery. *Ann Biomed*

En effet, si on mesure un sujet après qu'on l'ait surchargé de 10kg pendant 5 minutes, on constate qu'il a perdu un certain pourcentage de taille. Si le sujet s'allonge pendant 20 minutes, il récupère un peu de la taille perdue. Cependant s'il s'allonge en position d'extension, on constate qu'il récupère plus de taille.¹⁷

La position en extension permettrait une meilleure récupération par amélioration de l'hydratation discale.^{18 19}

Plusieurs études par RMI ont montré l'intérêt autant prophylactique que thérapeutique de l'extension lombaire. En effet, le disque se déplace postérieurement durant la flexion du tronc et antérieurement durant l'extension.^{20 21}

Or, lors de la flexion en avant le disque se rapproche des éléments postérieurs qu'il irrite (

Eng. 2004 Jan;32(1):70-6. McKay Orthopaedic Research Laboratory, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA 19104-6081, USA

¹⁷ Magnusson ML, Pope MH, Hansson T. Does hyperextension have an unloading effect on the intervertebral disc? Scand J Rehabil Med. 1995 Mar;27(1):5-9. .Department of Orthopaedics, Sahlgren's Hospital, University of Goteborg, Sweden.

¹⁸ Magnusson, Marianne L. DrMedSc *; Aleksiev, Assen R. PhD, MD *+; Spratt, Kevin F. PhD *; Lakes, Roderic S. PhD ++; Pope, Malcolm H. DrMedSc, PhD. Hyperextension and Spine Height Changes. Spine. 21(22):2670-2675, November 15, 1996.

¹⁹ Kourtis D, Magnusson ML, Smith F, Hadjipavlou A, Pope MH. Spine height and disc height changes as the effect of hyperextension using stadiometry and MRI. Iowa Orthop J. 2004;24:65-71. Liberty Worksafe Research Centre, Dept of Environmental and Occupational Medicine, University of Aberdeen, Aberdeen, Scotland, UK.

²⁰ Parent EC, Videman T, Battie MC. The effect of lumbar flexion and extension on disc contour abnormality measured quantitatively on magnetic resonance imaging. Spine. 2006 Nov 15;31(24):2836-42.

²¹ Edmondston SJ, Song S, Bricknell RV, Davies PA, Fersum K, Humphries P, Wickenden D, Singer KP. MRI evaluation of lumbar spine flexion and extension in asymptomatic individuals Man Ther. 2000 Aug;5(3):158-64. Faculty of Rehabilitation Medicine, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.

nerfs, moelle épinière, ligaments) provoquant ainsi la douleur. Grâce à l'extension, le disque s'éloignerait de ces éléments postérieurs et cela conduirait à réduire la douleur²²

Les anomalies discales telles que hernies ou étalement postérieur, qui résultent de la dégénérescence du disque intervertébral, se réduisent partiellement dans la position d'extension mais beaucoup moins dans la position neutre.²³

Moyennant certains tests préalables, la Méthode McKenzie de traitement des lombalgies préconise notamment l'extension pour le traitement des douleurs lombaires et sciatiques.^{24 25}

Des études portant sur 39 et 140 patients ont montré que 60 à 70 % d'entre eux pouvaient être traités avec bénéfice par extension lombaire^{26 27}.

²² Fennell AJ, Jones AP, Hukins DW. Migration of the nucleus pulposus within the intervertebral disc during flexion and extension of the spine. Spine. 1996 Dec 1;21(23):2753-7. Centre for Musculoskeletal Studies, University of Western Australia, Perth, 6000.

²³ Parent EC, Videman T, Battie MC. The effect of lumbar flexion and extension on disc contour abnormality measured quantitatively on magnetic resonance imaging. Spine. 2006 Nov 15;31(24):2836-42. Faculty of Rehabilitation Medicine, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.

²⁴ La méthode MCKenzie, Revue de médecine orthopédique, n°60, Mars 2000.

²⁵ La Méthode MCKenzie de prise en charge des douleurs lombaires mécaniques. Evaluation, Classification. Ron Donelson, The MCKENZIE institut, Hanover NH USA

²⁶ Delitto, A Cibulka MT, Erhard RE, Bowling RW, Tenhula JA. Phys Ther. 1993 Apr;73(4):216-22; discussion 223-8. Apr;73(4):216-22; discussion 223-8 Evidence for use of an extension-mobilization category in acute low back syndrome: a prescriptive validation pilot study. Department of Physical Therapy, School of Health and Rehabilitation Sciences, University of Pittsburgh Medical Center, PA 15261.

²⁷ Hefford C. McKenzie Classification of mechanical spinal pain: Profile of syndromes and directions of preference. Man Ther. 2006 Dec 21. New Zealand Centre for Physiotherapy Research, School of Physiotherapy, University of Otago, PO Box 56, Dunedin, New Zealand

Enfin, plusieurs études portant respectivement sur 148, 50 et 140 patients atteints de douleurs lombaires aiguës ou de hernies discales aiguës ont apporté la preuve de l'efficacité de l'extension et son intérêt dans la prévention des récives .^{24 28 29}
30

²⁸ Kopp JR, Alexander AH, Turocy RH, Levrini MG, Lichtman DM. The use of lumbar extension in the evaluation and treatment of patients with acute herniated nucleus pulposus. A preliminary report. Clin Orthop Relat Res. 1986 Jan;(202):211-8.

²⁹ Machado LA, Maher CG, Herbert RD, Clare H, McAuley J. The McKenzie Method for the management of acute non-specific low back pain: design of a randomised controlled trial. BMC Musculoskelet Disord. 2005 Oct 13;6:50. Back Pain Research Group, School of Physiotherapy, The University of Sydney, PO Box 170, Lidcombe, NSW, 1825, Australia. lmac3689@mail.usyd.edu.au

³⁰ Clare HA, Adams R, Maher CG. Construct validity of lumbar extension measures in McKenzie's derangement syndrome. Man Ther. 2006 Sep 11; 16 Ayres Road St Ives, NSW 2075, Sydney, Australia

LE CISAILLEMENT SACRO-ILIAQUE : UN NOUVEAU CONCEPT POUR COMPRENDRE ET TRAITER LES LOMBO-SACRO-SCIATIQUES

La mobilité physiologique de l'articulation sacro-iliaque est connue^{1 2 3 4}. Les contraintes exercées sur cette fonction interviennent probablement dans la genèse des douleurs sacro-lombaires et ceci est probablement sous-estimé^{5 6 7 8 9 10} ;

« The Sacro Iiliac Joint is a potential pain generator that must be considered within the differential diagnosis of low back pain. Failure to recognize and treat SIJ-mediated pain will result in

unsatisfactory outcomes in a subset of patients who suffer low back pain. »¹¹

L'articulation sacro-iliaque est considérée comme un pont suspendu. Le sacrum est suspendu entre les 2 os iliaques^{12 13}. En dehors des classiques mouvements de nutation et contre-nutation, le sacrum aurait tendance à descendre entre les os iliaques ce qui provoque un cisaillement vertical supéro-inférieur¹⁴.

Ce cisaillement serait contrôlé par la congruité articulaire, le système ligamentaire sacro-iliaque et les muscles physiologiquement aptes à créer une force transversale suffisante de fermeture de l'articulation sacro-iliaque, soit principalement le plancher pelvien et le transverse de l'abdomen (Théorie de Snijder)¹⁵.

*En fonction normale, **à court terme**, ces muscles, en synergie avec le muscle diaphragme, concourent à la stabilité pelvienne et vertébrale au travers de la pression abdominale qu'ils augmentent transitoirement quand besoin est, par exemple lors d'un effort¹⁶.*

L'articulation sacro-iliaque a ainsi la possibilité de se coapter et se décoapter, ce qui est physiologique et nécessaire à la transmission des forces du tronc vers les membres inférieurs notamment lors du port de charges ou de la marche^{17 18}.

La pression abdominale se répercute sur la colonne lombaire et améliore la coaptation des facettes articulaire vertébrales. Ceci rigidifie transitoirement la colonne lombaire et lui permet de résister à ces mouvements contraignants ce qui, à court terme, est favorable¹⁹.

*Cependant, **un cisaillement excessif et chronique** peut provoquer une instabilité et des frictions articulaires potentiellement responsables de douleurs sacro-iliaques.*

Ce cisaillement excessif est évité par la contraction des mêmes muscles à direction transversale, soit le transverse de l'abdomen et le plancher pelvien²⁰.

***A long terme**, cette augmentation de pression, devenue permanente^{21 22}, aurait un coût compressif indésirable ; en effet, la contraction permanente de ces muscles s'apparenterait à la mise en fonction d'une poutre composite avec pour conséquence une augmentation chronique de la*

tension musculaire et une compression permanente des articulations sacro-iliaques et vertébrales^{23 24 25 26 27 28}. Ceci peut engendrer des modifications profondes compensatoires au sein même de ces muscles et des zones de friction indésirables intra-articulaires sacro-iliaques.²⁹

De plus cette augmentation de tension dans les muscles transverse de l'abdomen et plancher pelvien conduit à une augmentation de la pression abdominale³⁰.

Cette pression abdominale augmentée rigidifie la colonne lombaire non plus transitoirement mais durablement, exerçant chroniquement de la même manière ses effets sur le disque et les facettes^{31 32}. Ceci jouerait un rôle non négligeable dans la genèse des douleurs lombo-sacrées³³.

Nous entrons dans un cercle vicieux : augmentation de pression abdominale-perturbation de la phase de réabsorption d'eau qui favorise la dégénérescence discale³⁴ et augmente de manière chronique la pression facettaire³⁵ (.. « There are many structures in the lumbar spine that can serve as pain generators and often, the etiology of low back pain is multifactorial. Since being described as a potential pain generator (...), the facet joint has been increasingly recognized as an important cause of low back pain »...)³⁶ - l'excès de pression abdominale se répercute sur le cisaillement sacro-iliaque et augmente la contrainte de cisaillement sur cette articulation - cisaillement compensé par la compression transversale réalisée par le transverse de l'abdomen et le plancher pelvien³⁷ - qui entraîne une augmentation de la pression abdominale etc... Au final, les propriétés visco-élastiques seraient profondément modifiées avec pour conséquence une augmentation de la rigidité de l'ensemble de ces structures.

Ainsi pourraient se construire les conditions mécaniques qui altèrent la chimie de l'articulation³⁸, conduisant à l'apparition des phénomènes douloureux aigus et chroniques.

En outre, stabilité sacro-iliaque et lombaire sont étroitement liées : « Due to their contribution to modulation of intra-abdominal pressure (IAP) and stiffness of the sacroiliac joints, the pelvic floor muscles (PFM) have been argued to provide a contribution to control of the lumbar spine and pelvis. »³⁹

Il semble que, pour être significative, la dégénérescence discale doit être associée à une destruction partielle des plateaux

adjacents (... «Signal changes on MRI in the vertebral body marrow adjacent to the end plates also known as Modic changes (MC) are common in patients with Low Back Pain (18-58%) (... In asymptomatic persons the prevalence is 12-13%) »... « A mechanical cause: Degeneration of the disc causes loss of soft nuclear material, reduced disc height and hydrostatic pressure, which increases the shear forces on the endplates and micro fractures may occur. »)^{40 41}.

*D'autre part, toute augmentation chronique de la pression abdominale provoque une mise en tension excentrique du muscle diaphragme qui est repoussé vers l'expiration⁴². Ceci contribuerait de nouveau à augmenter la pression exercée sur le disque intervertébral, sur les facettes articulaires, ce qui rigidifie plus encore la colonne (...« Tetanic stimulation of the diaphragm increased Intra Abdominal Pressure by 27-61% of a maximal voluntary pressure increase and increased the stiffness of the spine by 8-31% of resting levels. The increase in spinal stiffness was positively correlated with the size of the Intra Abdominal Pressure increase. »)⁴³, intensifiant, **sur le long terme**, le cercle vicieux...*

¹ Jean-marie Philippeau. Rôle biomécanique des ligaments sacro-épineux et sacro-tubéral sur la stabilité de l'articulation sacro-iliaque. Laboratoire d'anatomie de la faculté de Médecine de Nantes 2004-2005.

² Buryuk HM, Stam HJ, Snijders CJ, Vleeming A, Lameris JS, Holland WP. The use of color Doppler imaging for the assessment of sacroiliac joint stiffness: a study on embalmed human pelvises. Eur J Radiol. 1995 Dec 15;21(2):112-6. Institute of Rehabilitation, University Hospital Rotterdam, Netherlands.

³ Damen L, Stijnen T, Roebroek ME, Snijders CJ, Stam HJ. Reliability of sacroiliac joint laxity measurement with Doppler imaging of vibrations. Ultrasound Med Biol. 2002 Apr;28(4):407-14. Department of Biomedical Physics and Technology, Institute of Rehabilitation Medicine, Erasmus University Rotterdam, Dr. Molewaterplein 40, 3015 GD Rotterdam, The Netherlands.

⁴ Vlaanderen E, Conza NE, Snijders CJ, Bouakaz A, De Jong N. Low back pain, the stiffness of the sacroiliac joint: a new method using ultrasound. Ultrasound Med Biol. 2005 Jan;31(1):39-44. Biomedical Physics and Technology, Erasmus Medical Center, Rotterdam, The Netherlands.

⁵ Mens JM, Vleeming A, Snijders CJ, Stam HJ, Ginai AZ. The active straight leg raising test and mobility of the pelvic joints. Eur Spine J. 1999;8(6):468-73. Department of Rehabilitation

Medicine, Faculty of Medicine and Allied Health Sciences, Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, The Netherlands.

⁶ Damen L, Buyruk HM, Guler-Uysal F, Lotgering FK, Snijders CJ, Stam HJ. Pelvic pain during pregnancy is associated with asymmetric laxity of the sacroiliac joints. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2001 Nov;80(11):1019-24. Institute of Rehabilitation Medicine, Department of Biomedical Physics and Technology, Erasmus University Rotterdam, Dr. Molewaterplein 40, 3025 GD Rotterdam, The Netherlands. damen@revd.azr.nl

⁷ Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine.* 2003 Jul 15;28(14):1593-600. School of Exercise and Sport Science, University of Sydney, Australia.

⁸ Weksler N, Velan GJ, Semionov M, Gurevitch B, Klein M, Rozentsveig V, Rudich T. The role of sacroiliac joint dysfunction in the genesis of low back pain: the obvious is not always right. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007 Dec;127(10):885-8. Pain Service, Division of Anesthesiology and Critical Care, Soroka Medical Center, Faculty of Health Sciences, Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel. weksler@bgumail.bgu.ac.il

⁹ Maigne JY, Aivaliklis A, Pfefer F. Results of sacroiliac joint double block and value of sacroiliac pain provocation tests in 54 patients with low back pain. *Spine.* 1996 Aug 15;21(16):1889-92. Department of Rehabilitation and Orthopedic Medicine, Hotel-Dieu University Hospital, Paris, France.

¹⁰ Philippeau JM, Hamel O, Pecot J, Robert R. Are sacrospinal and sacrotuberal ligaments involved in sacro-iliac joint stability? *Morphologie.* 2008 Mar;92(296):16-. Laboratoire d'Anatomie de Nantes. Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, CHU de Nantes, Nantes, France. jmphilippeau@hotmail.com

¹¹ Stacy L. Forst, PA-C, Michael T. Wheeler, DO, Joseph D. Fortin, DO, and Joel A. Vilensky, PhD. The sacroiliac joint: anatomy, physiology and clinical significance. *Pain physician.* 2006;9:61-68, 1533-3159.

¹² Cédric, Alain DERUAZ. Fractures du bassin et du cotyle : résultats à long terme. Thèse présentée à la Faculté de Médecine de l'Université de Genève. Genève, 2001.

¹³ Jean-marie Philippeau. Rôle biomécanique des ligaments sacro-épineux et sacro-tubéral sur la stabilité de l'articulation sacro-iliaque. Laboratoire d'anatomie de la Faculté de Médecine de Nantes 2004-2005.

¹⁴ Danik Lafond, BSc, Martin C Normand, PhD, Guy Gosselin, DC. Rapport force / déplacement du sacrum et efficacité du mécanisme de verrouillage de l'articulation sacro-iliaque; Étude en conditions expérimentales in vivo. *JCCA* 1998; 42(2):90-100.

¹⁵ J.M. Pel, C. W. Spoor, A. L. Pool-Goudzwaard, G. A. Hoek van Dijke, and C. J. Snijders. Biomechanical Analysis of Reducing Sacroiliac Joint Shear Load by Optimization of Pelvic Muscle and Ligament Forces. *Ann Biomed Eng.* 2008 March; 36(3): 415-424. Department of Biomedical Physics and Technology, Erasmus MC, PO Box 2040, Rotterdam, 3000 CA The Netherlands.

¹⁶ Hodges PW, Cresswell AG, Daggfeldt K, Thorstensson A. In vivo measurement of the effect of intra-abdominal pressure on the human spine. *J Biomech.* 2001 Mar;34(3):347-53. Prince of Wales Medical Research Institute, High Street, Randwick, New South Wales 2031, Sydney, Australia.

¹⁷ Pool-Goudzwaard AL, Vleeming A, Stoockart R, Snijders CJ, Mens JM. Insufficient lumbopelvic stability: a clinical, anatomical and biomechanical approach to 'a-specific' low back pain. *Man Ther.* 1998 Feb;3(1):12-20.

Research group 'musculoskeletal system': Department of Anatomy, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands

¹⁸ Van Wingerden JP, Vleeming A, Buyruk HM, Raissadat K. Stabilization of the sacroiliac joint in vivo: verification of muscular contribution to force closure of the pelvis. *Eur Spine J*. 2004 May;13(3):199-205.

Spine & Joint Centre, Westerlaan 10, 3016 CK, Rotterdam, The Netherlands.

¹⁹ Hodges PW, Sapsford R, Pengel LH. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *NeuroUrol Urodyn*. 2007;26(3):362-71. Division of Physiotherapy, the University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia. p.hodges@uq.edu.au

²⁰ Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002 Feb 15;27(4):399-405. Institute of Rehabilitation, University Hospital Rotterdam, the Netherlands

²¹ O'Sullivan PB, Beales DJ, Beetham JA, Cripps J, Graf F, Lin IB, Tucker B, Avery A. Altered motor control strategies in subjects with sacroiliac joint pain during the active straight-leg-raise test. *Spine*. 2002 Jan 1;27(1):E1-8.

School of Physiotherapy, Curtin University of Technology, Shenton Park, Western Australia, Australia. tosulliv@cc.curtin.edu.au

²² Beales DJ, O'Sullivan PB, Briffa NK. Motor control patterns during an active straight leg raise in chronic pelvic girdle pain subjects. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Apr 20;34(9):861-70. Curtin University of Technology, Perth, Western Australia, Australia 6164. darren.beales@westnet.com.au

²³ Van Wingerden JP, Vleeming A, Buyruk HM, Raissadat K. Stabilization of the sacroiliac joint in vivo: verification of muscular contribution to force closure of the pelvis. *Eur Spine J*. 2004 May;13(3):199-205. Spine & Joint Centre, Westerlaan 10, 3016 CK, Rotterdam, The Netherlands. wingerden@spineandjoint.nl

²⁴ Amarenco G et al. Cough anal reflex: strict relationship between intravesical pressure and pelvic floor muscle electromyographic activity during cough. *J Urol*. 2005 Oct;174(4 Pt 1):1502-3. Department of Neurologic Rehabilitation, Urodynamic and Neurophysiology Laboratory, Rothschild Hospital, Assistance Publique-Hopitaux de Paris, 33 boulevard de Picpus, 75571 Paris Cedex 12, France.

²⁵ O'Sullivan PB, Beales DJ. Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: A case series. *Man Ther*. 2006 Aug 16. Curtin University of Technology, School of Physiotherapy, GPO Box U1987, Perth, WA 6845, Australia.

²⁶ Tsao H, Galea MP, Hodges PW. Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain*. 2008 Aug;131(Pt 8):2161-71. NHMRC Centre of Clinical Research Excellence in Spinal Pain, Injury and Health, School of Health and Rehabilitation Sciences, The University of Queensland, Brisbane, Qld 4072, Australia.

²⁷ *Brain*. 2004 Oct;127(Pt 10):2339-47. Moseley GL, Nicholas MK, Hodges PW. Does anticipation of back pain predispose to back trouble? *Brain*. 2004 Oct; 127(Pt 10):2339-47. Prince of Wales Medical Research Institute, Randwick, Sydney, Australia. l.moseley@fhs.usyd.edu.au

²⁸ Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002 Feb 15;27(4):399-405. Institute of Rehabilitation, University Hospital Rotterdam, the Netherlands. c.richardson@shrs.uq.edu.au

²⁹ [Pool-Goudzwaard AL](#), [Vleeming A](#), [Stoeckart R](#), [Snijders CJ](#), [Mens JM](#). Insufficient lumbopelvic stability: a clinical, anatomical and biomechanical approach to 'a-specific' low back pain. [Man Ther](#). 1998 Feb;3(1):12-20.

³⁰ Hodges PW, Butler JE, McKenzie DK, Gandevia SC Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *J Physiol*. 1997 Dec 1;505 (Pt 2):539-48. Prince of Wales Medical Research Institute, Sydney, Australia

³¹ Adams MA, McMillan DW, Green TP, Dolan P Sustained loading generates stress concentrations in lumbar intervertebral discs. *Spine*. 1996 Feb 15;21(4):434-8. Comparative Orthopaedic Research Unit, University of Bristol, United Kingdom.

³⁰ Thompson RE, Percy MJ, Barker TM. The mechanical effects of intervertebral disc lesions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2004 Jun;19(5):448-55. School of Mechanical, Manufacturing and Medical Engineering, Queensland University of Technology, Brisbane 4001, Australia.

³³ Luoma K, Riihimaki H, Luukkonen R, Raininko R, Viikari-Juntura E, Lamminen A. Low back pain in relation to lumbar disc degeneration. *Spine*. 2000 Feb 15;25(4):487-92. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, Finland

³⁴ Rannou F, Lee TS, Zhou RH, Chin J, Lotz JC, Mayoux-Benhamou MA, Barbet JP, Chevrot A, Shyy JY. Intervertebral disc degeneration: the role of the mitochondrial pathway in annulus fibrosus cell apoptosis induced by overload. *Am J Pathol*. 2004 Mar;164(3):915-24. Division of Biomedical Sciences, University of California, Riverside, California 92521-0121, USA.

³⁵ Yang KH, King AI. Mechanism of facet load transmission as a hypothesis for low-back pain. *Spine* 1984 Sep;9(6):557-65

³⁶ Binder DS, Nampiaparampil DE. The provocative lumbar facet joint. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2009 Mar;2(1):15-24. Spaulding Rehabilitation Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA.

³⁷ J.M. Pel, C. W. Spoor, A. L. Pool-Goudzwaard, G. A. Hoek van Dijke, and C. J. Snijders .Biomechanical Analysis of Reducing Sacroiliac Joint Shear Load by Optimization of Pelvic Muscle and Ligament Forces .*Ann Biomed Eng*. 2008 March; 36(3): 415–424. Department of Biomedical Physics and Technology, Erasmus MC, PO Box 2040, Rotterdam, 3000 CA The Netherlands

³⁸ Denis Mulleman, Saloua Mammou, Isabelle Griffoul, Hervé Watier, Philippe Goupille. Physiopathologie de la lombosciatique par hernie discale: II. Quels arguments pour utiliser les anti-TNF- α ?

Revue du Rhumatisme, Volume 73, Issue 5, May 2006, Pages 453-461.

³⁹ Hodges PW, Sapsford R, Pngel LH. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *NeuroUrol Urodyn*. 2007;26(3):362-71. Division of Physiotherapy, the University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia. p.hodges@uq.edu.au

⁴⁰ Albert HB, Kjaer P, Jensen TS, Sorensen JS, Bendix T, Manniche C. Modic changes, possible causes and relation to low back pain. *Med Hypotheses*. 2008;70(2):361-8. The Back Research Center, Part of Clinical Locomotion Science, University of Southern Denmark, Lindevej 5, 5750 Ringe, Denmark.

⁴¹ Tue S Jensen, Tom Bendix*, Joan S Sorensen*, Claus Manniche*, Lars Korsholm*, Per Kjaer. Characteristics and natural course of vertebral endplate signal (Modic) changes in the Danish general population. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2009, 10:81doi:10.1186/1471-

2474-10-81. The Back Research Center, Ringø, Denmark ; Institute of Sports Science and Clinical Biomechanics, University of Southern Denmark, Odense, Denmark ; Department of Statistics, University of Southern Denmark, Odense, Denmark

⁴² Pelosi P, Quintel M, Malbrain ML. Effect of intra-abdominal pressure on respiratory mechanics. *Acta Clin Belg Suppl.* 2007;(1):78-88. Servizio di Anestesia e Rianimazione B, Department of Ambient, Health and Safety, Università degli Studi dell'Insubria, Varese, Italy.

⁴³ Hodges PW, Eriksson AE, Shirley D, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech.* 2005 Sep;38(9):1873-80. Department of Physiotherapy, The University of Queensland, Brisbane, Qld. 4072, Australia.