

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Master in Riabilitazione dei
Disordini Muscolo Scheletrici

In collaborazione con la
Libera Università di Bruxelles

Anno 2006/2007

EFFETTI DELLE POSTURE PROLUNGATE IN FLESSIONE DEL RACHIDE LOMBARE SUI RELATIVI DISCHI INTERVERTEBRALI.

Relatore:
Elena Dovetta

Tesi di
Fabian Palmieri

ABSTRACT

Obiettivo:

L'approfondimento della conoscenza dei meccanismi di reazione al carico del disco intervertebrale è un argomento di grande importanza, se si pensa che nei paesi industrializzati le attività lavorative frequentemente prevedono l'adozione di posture fisse prolungate in stazione seduta o in piedi con il tronco flesso. In tali occasioni la lordosi lombare viene infatti ad essere diminuita o annullata; l'obiettivo di questa tesi è quindi quello di determinare la reazione del disco intervertebrale in seguito a posture prolungate in flessione.

Metodi:

La ricerca è stata effettuata nel database Medline (PubMed) ed è stata limitata ad articoli degli ultimi 12 anni, di lingua inglese o italiana, attraverso l'utilizzo di stringe di ricerca che comprendessero parole chiave tratte dal database MeSH. Sono stati esclusi gli articoli di cui non è stato possibile reperire il full text e quelli ritenuti non inerenti o che riportassero dati non utili all'obiettivo della tesi.

Sono stati ammessi 6 articoli.

Risultati:

Dagli articoli selezionati si evince che il nucleo polposo del rachide lombare è soggetto a migrazione posteriore durante la postura seduta sia col rachide in posizione neutra che in flessione. Inoltre la pressione intradiscale aumenta durante la postura seduta in flessione del rachide lombare, mentre diminuisce mantenendo il rachide lombare in estensione, oppure appoggiandosi allo schienale della sedia.

In seguito si è riscontrato che durante la flessione del rachide lombare le fibre più stressate sono quelle dell'anulus postero interno, mentre col carico combinato in flessione e rotazione assiale, le più stressate sono quelle postero laterali.

Il disco sottoposto a carico prolungato è anche soggetto a disidratazione, in particolare nelle zone dove il carico è maggiore e ciò aumenta lo stress sull'anulus.

Infine sembra che gli effetti della compressione del disco varino in relazione alla frequenza del carico oltre che alla grandezza e durata del carico. La compressione statica ha un ruolo catabolico sul disco, mentre la compressione dinamica ad un livello appropriato può avere un beneficio sulla attività di sintesi e sulla risposta anabolica del disco.

Conclusioni:

La postura prolungata in flessione sembra essere dannosa a più livelli: sia a livello meccanico, in quanto aumenta la pressione intradiscale e spinge il nucleo posteriormente verso la zona dell'anulus più soggetta a stress meccanico, sia a livello metabolico, in quanto il carico sul disco mantenuto a lungo crea le basi per una degenerazione dei tessuti.

INTRODUZIONE

Il disco intervertebrale gioca un ruolo primario e critico nella biomeccanica della colonna vertebrale. La sua funzione è associata alla sopportazione del carico, all'assorbimento degli impatti e alla trasmissione degli stress tra le vertebre. Durante le attività fisiologiche i dischi sono sottoposti a vari e complessi carichi meccanici. L'aumento delle evidenze, grazie ai vari esperimenti e alle osservazioni cliniche, suggerisce che la stimolazione meccanica è necessaria per l'omeostasi e sviluppo del disco, ma carichi inappropriati, tra cui anche il mantenimento di posture prolungate, possono essere importanti fattori che conducono alla degenerazione o erniazione del disco (1). I problemi del disco intervertebrale, in particolare l'eccessiva migrazione del nucleo polposo e la rottura dell'anulus fibroso, sono generalmente accettati per essere la principale causa di non-specific back pain. Ciò nonostante, il collegamento tra biomeccanica, degenerazione discale e low-back pain non è ancora ben definito (2). Le forze che vengono applicate alla colonna vertebrale, e che, di conseguenza, interessano il disco intervertebrale, vanno ad influenzare il metabolismo cellulare del disco attraverso la sua stimolazione meccanica, e ciò provoca reazioni cellulari differenti a seconda della durata, della grandezza e della frequenza del carico applicato. Se queste variabili inducono una reazione catabolica che supera quella anabolica si arriva ad avere una degenerazione discale che potrebbe essere causa di low back pain. La conoscenza di una relazione tra meccanica del disco e suo metabolismo diviene quindi indispensabile. (1)

MATERIALI E METODI

Tutti gli articoli trovati sono stati cercati su Medline (PubMed) attraverso l'utilizzo di parole chiave in inglese, individuate mediante l'aiuto del database MeSH.

Le parole chiave utilizzate sono state le seguenti:

Intervertebral disc, flexion, sustained, posture, loading, position, metabolism.

Vista la quantità di materiale che emerge con l'utilizzo di queste parole chiave è stato necessario restringere il campo di ricerca attraverso l'intersezione di tre parole chiave, utilizzando 2 volte l'operatore booleano "AND".

Le parole chiave sono state inserite attraverso le seguenti stringhe di ricerca:

- Intervertebral disc AND flexion AND posture (→ Tabella 1)
- Intervertebral disc AND flexion AND loading (→ Tabella 2)
- Intervertebral disc AND flexion AND position (→ Tabella 3)
- Intervertebral disc AND loading AND sustained (→ Tabella 4)
- Intervertebral disc AND loading AND metabolism (→ Tabella 5)
- Intervertebral disc AND anatomy AND physiology (→ Tabella 6)

CRITERI DI INCLUSIONE

Inizialmente la ricerca è stata limitata a studi RCT, Review e Meta-analysis, degli ultimi 12 anni, (periodo ritenuto sufficientemente recente), ma non sono emersi risultati utili o utilizzabili riguardanti l'obiettivo della tesi. E' stato quindi necessario ampliare il tipo di studi possibili, accettando una riduzione dell'evidenza scientifica.

Inoltre sono stati ricercati articoli in lingua inglese o italiana, le cui le parole chiave utilizzate comparissero nel titolo o nell'abstract.

È da segnalare che sono stati presi in considerazione sia studi su soggetti umani che su animali.

La ricerca per la parte introduttiva anatomo-fisiologica è stata eseguita mantenendo gli stessi limiti iniziali della precedente ricerca, con maggiore successo.

Inoltre sono stati reperiti e utilizzati 2 articoli relativi a citazioni individuate negli articoli analizzati.

CRITERI DI ESCLUSIONE

Sono stati esclusi gli articoli che non fossero strettamente correlati alla postura del rachide lombare in flessione e al metabolismo del disco in seguito a carico sostenuto. Ancora sono stati esclusi gli articoli di cui non è stato possibile reperire la rivista o l'articolo stesso.

Tabella 1.

Risultati per la stringa di ricerca: “Intervertebral disc AND flexion AND posture”

Articolo	Criterio inclusione\esclusione
1: Kim K, Isu T, Sugawara A, Matsumoto R, Isobe M. Prediction of postoperative alignment in patients undergoing anterior cervical fusion using autologous vertebral bone grafting. Neurol Med Chir (Tokyo). 2008 May;48(5):201-6; discussion 206-7. PMID: 18497492 [PubMed - in process]	Articolo non inerente
2: Duman I, Baklaci K, Tan AK, Kalyon TA. Unusual case of camptocormia triggered by lumbar-disc herniation. Clin Rheumatol. 2008 Apr;27(4):525-7. Epub 2007 Dec 18. PMID: 18087763 [PubMed - in process]	Articolo non inerente
3: Luo J, Skrzypiec DM, Pollintine P, Adams MA, Annesley-Williams DJ, Dolan P. Mechanical efficacy of vertebroplasty: influence of cement type, BMD, fracture severity, and disc degeneration. Bone. 2007 Apr;40(4):1110-9. Epub 2007 Jan 16. PMID: 17229596 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
4: Wilke HJ, Schmidt H, Werner K, Schmölz W, Drumm J. Biomechanical evaluation of a new total posterior-element replacement system. Spine. 2006 Nov 15;31(24):2790-6; discussion 2797. PMID: 17108830 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
5: Adams MA, Pollintine P, Tobias JH, Wakley GK, Dolan P. Intervertebral disc degeneration can predispose to anterior vertebral fractures in the thoracolumbar spine. J Bone Miner Res. 2006 Sep;21(9):1409-16. PMID: 16939399 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
6: Leivseth G, Braaten S, Frobin W, Brinckmann P. Mobility of lumbar segments instrumented with a ProDisc II prosthesis: a two-year follow-up study. Spine. 2006 Jul 1;31(15):1726-33. PMID: 16816770 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
7: Rousseau MA, Bradford DS, Hadi TM, Pedersen KL, Lotz JC. The instant axis of rotation influences facet forces at L5/S1 during flexion/extension and lateral bending. Eur Spine J. 2006 Mar;15(3):299-307. Epub 2005 Sep 20. PMID: 16175392 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Dati non utili
8: Snijders CJ, Hermans PF, Niesing R, Spoor CW, Stoeckart R. The influence of slouching and lumbar support on iliolumbar ligaments, intervertebral discs and sacroiliac joints. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004 May;19(4):323-9. PMID: 15109750 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente

- 9: Luk KD, Chow DH, Holmes A. Vertical instability in spondylolisthesis: a traction radiographic assessment technique and the principle of management. *Spine*. 2003 Apr 15;28(8):819-27. PMID: 12698127 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 10: Chung SS, Lee CS, Kim SH, Chung MW, Ahn JM. Effect of low back posture on the morphology of the spinal canal. *Skeletal Radiol*. 2000 Apr;29(4):217-23. PMID: 10855470 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati non utili
- 11: Iencean SM. Lumbar intervertebral disc herniation following experimental intradiscal pressure increase. *Acta Neurochir (Wien)*. 2000;142(6):669-76. PMID: 10949442 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati non utili
- 12: Nibu K, Panjabi MM, Oxland T, Cholewicki J. Intervertebral disc distraction with a laparoscopic anterior spinal fusion system. *Eur Spine J*. 1998;7(2):142-7. PMID: 9629938 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

Tabella 2

Risultati per la stringa di ricerca: “Intervertebral disc AND flexion AND loading”

Articolo	Criterio inclusione\esclusione
1: Faundez AA, Mehbod AA, Wu C, Wu W, Ploumis A, Transfeldt EE. Position of interbody spacer in transforaminal lumbar interbody fusion: effect on 3-dimensional stability and sagittal lumbar contour. J Spinal Disord Tech. 2008 May;21(3):175-80. PMID: 18458586 [PubMed - in process]	Articolo non inerente
2: Heuer F, Schmidt H, Wilke HJ. The relation between intervertebral disc bulging and annular fiber associated strains for simple and complex loading. J Biomech. 2008;41(5):1086-94. Epub 2008 Jan 9. PMID: 18187139 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Dati ritenuti non utili
3: Meyers K, Tauber M, Sudin Y, Fleischer S, Arnin U, Girardi F, Wright T. The use of instrumented pedicle screws to evaluate load sharing in posterior dynamic stabilization systems. Spine J. 2007 Nov 22. [Epub ahead of print] PMID: 18037350 [PubMed - as supplied by publisher]	Articolo non inerente
4: Schmidt H, Heuer F, Claes L, Wilke HJ. The relation between the instantaneous center of rotation and facet joint forces - A finite element analysis. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2008 Mar;23(3):270-8. Epub 2007 Nov 7. PMID: 17997207 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
5: Kettler A, Drumm J, Heuer F, Haeussler K, Mack C, Claes L, Wilke HJ. Can a modified interspinous spacer prevent instability in axial rotation and lateral bending? A biomechanical in vitro study resulting in a new idea. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2008 Feb;23(2):242-7. Epub 2007 Nov 5. PMID: 17981380 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
6: Schmidt H, Kettler A, Rohlmann A, Claes L, Wilke HJ. The risk of disc prolapses with complex loading in different degrees of disc degeneration - a finite element analysis. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2007 Nov;22(9):988-98. Epub 2007 Sep 5. PMID: 17822814 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
7: Skrzypiec DM, Pollintine P, Przybyla A, Dolan P, Adams MA. The internal mechanical properties of cervical intervertebral discs as revealed by stress profilometry. Eur Spine J. 2007 Oct;16(10):1701-9. Epub 2007 Aug 2. PMID: 17671801 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
8: Panjabi M, Henderson G, Abjornson C, Yue J. Multidirectional testing of one- and two-level ProDisc-L versus simulated fusions. Spine. 2007 May 20;32(12):1311-9. PMID: 17515820 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente

- 9: Panjabi M, Malcolmson G, Teng E, Tominaga Y, Henderson G, Serhan H. Hybrid testing of lumbar CHARITE discs versus fusions. *Spine*. 2007 Apr 20;32(9):959-66; discussion 967. PMID: 17450069 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 10: Schmidt H, Kettler A, Heuer F, Simon U, Claes L, Wilke HJ. Intradiscal pressure, shear strain, and fiber strain in the intervertebral disc under combined loading. *Spine*. 2007 Apr 1;32(7):748-55. PMID: 17414908 [PubMed - indexed for MEDLINE]** **ARTICOLO INCLUSO**
- 11: Fan S, Ghista D, Sridhar I, Ramakrishna K. Biomechanics of the intrinsically optimal design of the intervertebral disc. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2005;4:4408-11. PMID: 17281213 [PubMed - in process] Articolo non inerente
- 12: Luo J, Skrzypiec DM, Pollintine P, Adams MA, Annesley-Williams DJ, Dolan P. Mechanical efficacy of vertebroplasty: influence of cement type, BMD, fracture severity, and disc degeneration. *Bone*. 2007 Apr;40(4):1110-9. Epub 2007 Jan 16. PMID: 17229596 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 13: Wilke HJ, Schmidt H, Werner K, Schmölz W, Drumm J. Biomechanical evaluation of a new total posterior-element replacement system. *Spine*. 2006 Nov 15;31(24):2790-6; discussion 2797. PMID: 17108830 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 14: Adams MA, Pollintine P, Tobias JH, Wakley GK, Dolan P. Intervertebral disc degeneration can predispose to anterior vertebral fractures in the thoracolumbar spine. *J Bone Miner Res*. 2006 Sep;21(9):1409-16. PMID: 16939399 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 15: Rousseau MA, Bradford DS, Bertagnoli R, Hu SS, Lotz JC. Disc arthroplasty design influences intervertebral kinematics and facet forces. *Spine J*. 2006 May-Jun;6(3):258-66. PMID: 16651219 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 16: Natarajan RN, Williams JR, Andersson GB. Modeling changes in intervertebral disc mechanics with degeneration. *J Bone Joint Surg Am*. 2006 Apr;88 Suppl 2:36-40. Review. PMID: 16595441 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 17: Baranto A, Ekström L, Holm S, Hellström M, Hansson HA, Swärd L. Vertebral fractures and separations of endplates after traumatic loading of adolescent porcine spines with experimentally-induced disc degeneration. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005 Dec;20(10):1046-54. Epub 2005 Aug 15. PMID: 16102879 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 18: Drake JD, Aultman CD, McGill SM, Callaghan JP. The influence of static axial torque in combined loading on intervertebral joint failure mechanics using a porcine model. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2005 Dec;20(10):1038-45. Epub 2005 Aug 10. PMID: 16098646 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

- 19: Park C, Kim YJ, Lee CS, An K, Shin HJ, Lee CH, Kim CH, Shin JW. An in vitro animal study of the biomechanical responses of anulus fibrosus with aging
Spine. 2005 May 15;30(10):E259-65.
PMID: 15897815 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 20: Lu WW, Luk KD, Holmes AD, Cheung KM, Leong JC. Pure shear properties of lumbar spinal joints and the effect of tissue sectioning on load sharing.
Spine. 2005 Apr 15;30(8):E204-9.
PMID: 15834318 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 21: Axelsson P, Karlsson BS. Standardized provocation of lumbar spine mobility: three methods compared by radiostereometric analysis
Spine. 2005 Apr 1;30(7):792-7.
PMID: 15803083 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 22: Natarajan RN, Williams JR, Andersson GB. Recent advances in analytical modeling of lumbar disc degeneration.
Spine. 2004 Dec 1;29(23):2733-41. Review.
PMID: 15564922 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 23: Alberts R, Patil AA, Zhou D. Single-unit artificial intervertebral disc.
J Neurosurg Spine. 2004 Jul;1(1):95-100.
PMID: 15291028 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 24: Matcher SJ, Winlove CP, Gangnus SV. The collagen structure of bovine intervertebral disc studied using polarization-sensitive optical coherence tomography.
Phys Med Biol. 2004 Apr 7;49(7):1295-306.
PMID: 15128206 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 25: Snijders CJ, Hermans PF, Niesing R, Spoor CW, Stoeckart R. The influence of slouching and lumbar support on iliolumbar ligaments, intervertebral discs and sacroiliac joints.
Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004 May;19(4):323-9.
PMID: 15109750 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 26: Pollintine P, Dolan P, Tobias JH, Adams MA. Intervertebral disc degeneration can lead to "stress-shielding" of the anterior vertebral body: a cause of osteoporotic vertebral fracture?
Spine. 2004 Apr 1;29(7):774-82.
PMID: 15087801 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 27: Tanaka N, An HS, Lim TH, Fujiwara A, Jeon CH, Haughton VM. The relationship between disc degeneration and flexibility of the lumbar spine.
Spine J. 2001 Jan-Feb;1(1):47-56.
PMID: 14588368 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 28: Mihara H, Onari K, Cheng BC, David SM, Zdeblick TA. The biomechanical effects of spondylolysis and its treatment.
Spine. 2003 Feb 1;28(3):235-8.
PMID: 12567023 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

- 29: Frei H, Oxland TR, Nolte LP. Thoracolumbar spine mechanics contrasted under compression and shear loading. *J Orthop Res.* 2002 Nov;20(6):1333-8. PMID: 12472249 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 30: Fagan MJ, Julian S, Siddall DJ, Mohsen AM. Patient-specific spine models. Part 1: Finite element analysis of the lumbar intervertebral disc--a material sensitivity study. *Proc Inst Mech Eng [H].* 2002;216(5):299-314. PMID: 12365788 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 31: Liu L, Pei F, Song Y, Zou L, Zhang C, Zhou Z. The influence of the intervertebral disc on stress distribution of the thoracolumbar vertebrae under destructive load. *Chin J Traumatol.* 2002 Oct;5(5):279-83. PMID: 12241638 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 32: Costi JJ, Hearn TC, Fazzalari NL. The effect of hydration on the stiffness of intervertebral discs in an ovine model. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002 Jul;17(6):446-55. PMID: 12135546 [PubMed - indexed for MEDLINE] Rivista non trovata
- 33: Natarajan RN, Andersson GB, Patwardhan AG, Verma S. Effect of annular incision type on the change in biomechanical properties in a herniated lumbar intervertebral disc. *J Biomech Eng.* 2002 Apr;124(2):229-36. PMID: 12002133 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 34: Goto K, Tajima N, Chosa E, Totoribe K, Kuroki H, Arizumi Y, Arai T. Mechanical analysis of the lumbar vertebrae in a three-dimensional finite element method model in which intradiscal pressure in the nucleus pulposus was used to establish the model. *J Orthop Sci.* 2002;7(2):243-6. PMID: 11956986 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 35: Elfervig MK, Minchew JT, Francke E, Tsuzaki M, Banes AJ. IL-1beta sensitizes intervertebral disc annulus cells to fluid-induced shear stress. *J Cell Biochem.* 2001;82(2):290-8. PMID: 11527154 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 36: Teo EC, Ng HW. Evaluation of the role of ligaments, facets and disc nucleus in lower cervical spine under compression and sagittal moments using finite element method. *Med Eng Phys.* 2001 Apr;23(3):155-64. PMID: 11410380 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 37: Fujiwara A, An HS, Lim TH, Houghton VM. Morphologic changes in the lumbar intervertebral foramen due to flexion-extension, lateral bending, and axial rotation: an in vitro anatomic and biomechanical study. *Spine.* 2001 Apr 15;26(8):876-82. PMID: 11317109 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili

- 38: Cripton PA, Bruehlmann SB, Orr TE, Oxland TR, Nolte LP. In vitro axial preload application during spine flexibility testing: towards reduced apparatus-related artefacts. *J Biomech.* 2000 Dec;33(12):1559-68. PMID: 11006379 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 39: Cripton PA, Jain GM, Wittenberg RH, Nolte LP. Load-sharing characteristics of stabilized lumbar spine segments. *Spine.* 2000 Jan 15;25(2):170-9. PMID: 10685480 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 40: Sato K, Kikuchi S, Yonezawa T. In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine.* 1999 Dec 1;24(23):2468-74. PMID: 10626309 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 41: Kumaresan S, Yoganandan N, Pintar FA. Finite element analysis of the cervical spine: a material property sensitivity study. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1999 Jan;14(1):41-53. PMID: 10619089 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 42: Aspden RM, Porter RW. Localized stresses in the intervertebral disc resulting from a loose fragment. A theory for fissure and fragment. *Spine.* 1999 Nov 1;24(21):2214-8. PMID: 10562986 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 43: Maiman DJ, Kumaresan S, Yoganandan N, Pintar FA. Biomechanical effect of anterior cervical spine fusion on adjacent segments. *Biomed Mater Eng.* 1999;9(1):27-38. PMID: 10436851 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 44: Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine.* 1999 Apr 15;24(8):755-62. PMID: 10222525 [PubMed - indexed for MEDLINE]** **ARTICOLO INCLUSO**
- 45: Totoribe K, Tajima N, Chosa E. A biomechanical study of posterolateral lumbar fusion using a three-dimensional nonlinear finite element method. *J Orthop Sci.* 1999;4(2):115-26. PMID: 10199989 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 46: Pospiech J, Stolke D, Wilke HJ, Claes LE. Intradiscal pressure recordings in the cervical spine. *Neurosurgery.* 1999 Feb;44(2):379-84; discussion 384-5. PMID: 9932892 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

Tabella 3

Risultati per la stringa di ricerca: “Intervertebral disc AND flexion AND position”

Articolo	Criterio inclusione\esclusione
<p>1: Faundez AA, Mehbod AA, Wu C, Wu W, Ploumis A, Transfeldt EE. Position of interbody spacer in transforaminal lumbar interbody fusion: effect on 3-dimensional stability and sagittal lumbar contour. J Spinal Disord Tech. 2008 May;21(3):175-80. PMID: 18458586 [PubMed - in process]</p>	Articolo non inerente
<p>2: Sayson JV, Hargens AR. Pathophysiology of low back pain during exposure to microgravity. Aviat Space Environ Med. 2008 Apr;79(4):365-73. PMID: 18457293 [PubMed - in process]</p>	Articolo non inerente
<p>3: Rousseau MA, Bonnet X, Skalli W. Influence of the geometry of a ball-and-socket intervertebral prosthesis at the cervical spine: a finite element study. Spine. 2008 Jan 1;33(1):E10-4. PMID: 18165735 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>4: Wang M, Dalal S, Bagaria VB, McGrady LM, Rao RD. Changes in the lumbar foramen following anterior interbody fusion with tapered or cylindrical cages Spine J. 2007 Sep-Oct;7(5):563-9. Epub 2007 Jan 11. PMID: 17905318 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>5: Alexander LA, Hancock E, Agouris I, Smith FW, MacSween A. The response of the nucleus pulposus of the lumbar intervertebral discs to functionally loaded positions. Spine. 2007 Jun 15;32(14):1508-12. PMID: 17572620 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	ARTICOLO INCLUSO
<p>6: Yang S, Hu Y, Zhao J, He X, Liu Y, Xu W, Du J, Fu D. Follow-up study on the motion range after treatment of degenerative disc disease with the Bryan cervical disc prosthesis J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci. 2007 Apr;27(2):176-8. PMID: 17497290 [PubMed - in process]</p>	Articolo non inerente
<p>7: Ferreiro Perez A, Garcia Isidro M, Ayerbe E, Castedo J, Jinkins JR. Evaluation of intervertebral disc herniation and hypermobile intersegmental instability in symptomatic adult patients undergoing recumbent and upright MRI of the cervical or lumbosacral spines. Eur J Radiol. 2007 Jun;62(3):444-8. Epub 2007 Apr 6. PMID: 17412542 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>8: Noailly J, Wilke HJ, Planell JA, Lacroix D. How does the geometry affect the internal biomechanics of a lumbar spine bi-segment finite element model? Consequences on the validation process. J Biomech. 2007;40(11):2414-25. Epub 2007 Jan 25. PMID: 17257603 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente

- 9: Costi JJ, Stokes IA, Gardner-Morse M, Laible JP, Scoffone HM, Iatridis JC. Direct measurement of intervertebral disc maximum shear strain in six degrees of freedom: motions that place disc tissue at risk of injury. *J Biomech.* 2007;40(11):2457-66. Epub 2007 Jan 2. PMID: 17198708 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 10: Wilke HJ, Schmidt H, Werner K, Schmölz W, Drumm J. Biomechanical evaluation of a new total posterior-element replacement system. *Spine.* 2006 Nov 15;31(24):2790-6; discussion 2797. PMID: 17108830 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 11: Stokes IA, Aronsson DD, Clark KC, Roemhildt ML. Intervertebral disc adaptation to wedging deformation. *Stud Health Technol Inform.* 2006;123:182-7. PMID: 17108424 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 12: Kotani Y, Cunningham BW, Abumi K, Dmitriev AE, Hu N, Ito M, Shikinami Y, McAfee PC, Minami A. Multidirectional flexibility analysis of anterior and posterior lumbar artificial disc reconstruction: in vitro human cadaveric spine model. *Eur Spine J.* 2006 Oct;15(10):1511-20. Epub 2006 Mar 22. PMID: 16552532 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 13: Watanabe K, Hasegawa K, Hirano T, Endo N, Yamazaki A, Homma T. Anterior spinal decompression and fusion for cervical flexion myelopathy in young patients. *J Neurosurg Spine.* 2005 Aug;3(2):86-91. PMID: 16370296 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 14: Rousseau MA, Bradford DS, Hadi TM, Pedersen KL, Lotz JC. The instant axis of rotation influences facet forces at L5/S1 during flexion/extension and lateral bending. *Eur Spine J.* 2006 Mar;15(3):299-307. Epub 2005 Sep 20. PMID: 16175392 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 15: Axelsson P, Karlsson BS. Standardized provocation of lumbar spine mobility: three methods compared by radiostereometric analysis *Spine.* 2005 Apr 1;30(7):792-7. PMID: 15803083 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 16: Bruehlmann SB, Matyas JR, Duncan NA. ISSLS prize winner: Collagen fibril sliding governs cell mechanics in the annulus fibrosus: an in situ confocal microscopy study of bovine discs. *Spine.* 2004 Dec 1;29(23):2612-20. PMID: 15564909 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 17: Alberts R, Patil AA, Zhou D. Single-unit artificial intervertebral disc. *J Neurosurg Spine.* 2004 Jul;1(1):95-100. PMID: 15291028 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

- 18: Haberl H, Cripton PA, Orr TE, Beutler T, Frei H, Lanksch WR, Nolte LP. Kinematic response of lumbar functional spinal units to axial torsion with and without superimposed compression and flexion/extension. Eur Spine J. 2004 Oct;13(6):560-6. Epub 2004 May 7. PMID: 15133723 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 19: Snijders CJ, Hermans PF, Niesing R, Spoor CW, Stoeckart R. The influence of slouching and lumbar support on iliolumbar ligaments, intervertebral discs and sacroiliac joints. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004 May;19(4):323-9. PMID: 15109750 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 20: Lee J, Hida K, Seki T, Iwasaki Y, Minoru A. An interspinous process distractor (X STOP) for lumbar spinal stenosis in elderly patients: preliminary experiences in 10 consecutive cases. J Spinal Disord Tech. 2004 Feb;17(1):72-7; discussion 78. PMID: 14734979 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 21: Goto K, Tajima N, Chosa E, Totoribe K, Kuroki H, Arizumi Y, Arai T. Mechanical analysis of the lumbar vertebrae in a three-dimensional finite element method model in which intradiscal pressure in the nucleus pulposus was used to establish the model. J Orthop Sci. 2002;7(2):243-6. PMID: 11956986 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 22: Breit S, Künzel W. The position and shape of osteophyte formations at canine vertebral endplates and its influence on radiographic diagnosis. Anat Histol Embryol. 2001 Jun;30(3):179-84. PMID: 11447944 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 23: Kandziora F, Pflugmacher R, Scholz M, Schnake K, Lucke M, Schröder R, Mittlmeier T. Comparison between sheep and human cervical spines: an anatomic, radiographic, bone mineral density, and biomechanical study. Spine. 2001 May 1;26(9):1028-37. PMID: 11337621 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 24: Callaghan JP, McGill SM. Intervertebral disc herniation: studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2001 Jan;16(1):28-37. PMID: 11114441 [PubMed - indexed for MEDLINE] Rivista non trovata
- 25: Marras WS, Jorgensen MJ, Davis KG. Effect of foot movement and an elastic lumbar back support on spinal loading during free-dynamic symmetric and asymmetric lifting exertions. Ergonomics. 2000 May;43(5):653-68. PMID: 10877482 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

- 26: Adams MA, May S, Freeman BJ, Morrison HP, Dolan P.
Effects of backward bending on lumbar intervertebral discs. Relevance to physical therapy treatments for low back pain.
Spine. 2000 Feb 15;25(4):431-7; discussion 438.
PMID: 10707387 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 27: Sato K, Kikuchi S, Yonezawa T.
In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems.
Spine. 1999 Dec 1;24(23):2468-74.
PMID: 10626309 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili
- 28: Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE.**
New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life.
Spine. 1999 Apr 15;24(8):755-62.
PMID: 10222525 [PubMed - indexed for MEDLINE] **ARTICOLO INCLUSO**
- 29: Pospiech J, Stolke D, Wilke HJ, Claes LE.
Intradiscal pressure recordings in the cervical spine.
Neurosurgery. 1999 Feb;44(2):379-84; discussion 384-5.
PMID: 9932892 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 30: Isu T, Minoshima S, Takeda M, Seki T, Fujiwara S, Takebayashi S.
A surgical technique for a vertebral column autograft using the intervertebral disc for cervical disc disease.
Acta Neurochir (Wien). 1998;140(3):267-73.
PMID: 9638264 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 31: Mühlbauer M, Ferguson J, Losert U, Koos WT.
Experimental laparoscopic and thoracoscopic discectomy and instrumented spinal fusion. A feasibility study using a porcine model.
Minim Invasive Neurosurg. 1998 Mar;41(1):1-4.
PMID: 9565956 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 32: Nasca RJ, Montgomery RD, Moeini SM, Lemons JE.
Intervertebral spacer as an adjunct to anterior lumbar fusion. Part II. Six-month implantation in baboons.
J Spinal Disord. 1998 Apr;11(2):136-41.
PMID: 9588470 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 33: Papp T, Porter RW, Aspden RM, Shepperd JA.
An in vitro study of the biomechanical effects of flexible stabilization on the lumbar spine.
Spine. 1997 Jan 15;22(2):151-5.
PMID: 9122794 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 34: Long JH Jr, Pabst DA, Shepherd WR, McLellan WA.
Locomotor design of dolphin vertebral columns: bending mechanics and morphology of Delphinus delphis.
J Exp Biol. 1997 Jan;200(Pt 1):65-81.
PMID: 9023994 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 35: Inufusa A, An HS, Lim TH, Hasegawa T, Haughton VM, Nowicki BH.
Anatomic changes of the spinal canal and intervertebral foramen associated with flexion-extension movement.
Spine. 1996 Nov 1;21(21):2412-20.
PMID: 8923625 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili

Tabella 4.

Risultati per la stringa di ricerca: “Intervertebral disc AND loading AND sustained”

Articolo	Criterio inclusione\esclusione
<p>1: 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. PMID: 8658246 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Dati ritenuti non utili
<p>2: Adams MA, Dolan P. Time-dependent changes in the lumbar spine's resistance to bending. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1996 Jun;11(4):194-200. PMID: 11415620 [PubMed - as supplied by publisher]</p>	Rivista non trovata
<p>3: McMillan DW, Garbutt G, Adams MA. Effect of sustained loading on the water content of intervertebral discs: implications for disc metabolism. Ann Rheum Dis. 1996 Dec;55(12):880-7. PMID: 9014581 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	ARTICOLO INCLUSO
<p>4: Houben GB, Drost MR, Huyghe JM, Janssen JD, Huson A. Nonhomogeneous permeability of canine anulus fibrosus. Spine. 1997 Jan 1;22(1):7-16. PMID: 9122785 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>5: Dolan P, Adams MA. Recent advances in lumbar spinal mechanics and their significance for modelling. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2001;16 Suppl 1:S8-S16. Review. PMID: 11275338 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Rivista non trovata
<p>6: Elfervig MK, Minchew JT, Francke E, Tsuzaki M, Banes AJ. IL-1beta sensitizes intervertebral disc annulus cells to fluid-induced shear stress. J Cell Biochem. 2001;82(2):290-8. PMID: 11527154 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>7: Hayes KC, Askes HK, Kakulas BA. Retropulsion of intervertebral discs associated with traumatic hyperextension of the cervical spine and absence of vertebral fracture an uncommon mechanism of spinal cord injury Spinal Cord. 2002 Oct;40(10):544-7. PMID: 12235539 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>8: McNally DS. The objectives for the mechanical evaluation of spinal instrumentation have changed. Eur Spine J. 2002 Oct;11 Suppl 2:S179-85. Epub 2002 Jul 4. Review. PMID: 12384742 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>9: Hsieh AH, Lotz JC. Prolonged spinal loading induces matrix metalloproteinase-2 activation in intervertebral discs. Spine. 2003 Aug 15;28(16):1781-8.</p>	Articolo non inerente

- 10: Lee KK, Teo EC. Articolo non inerente
Poroelastic analysis of lumbar spinal stability in combined compression and anterior shear.
J Spinal Disord Tech. 2004 Oct;17(5):429-38.
PMID: 15385884 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- 11: Lu WW, Luk KD, Holmes AD, Cheung KM, Leong JC. Articolo non inerente
Pure shear properties of lumbar spinal joints and the effect of tissue sectioning on load sharing.
Spine. 2005 Apr 15;30(8):E204-9.
PMID: 15834318 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- 12: Silva P, Crozier S, Veidt M, Pearcy MJ. Articolo non inerente
An experimental and finite element poroelastic creep response analysis of an intervertebral hydrogel disc model in axial compression.
J Mater Sci Mater Med. 2005 Jul;16(7):663-9.
PMID: 15965599 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- 13: Vresilovic EJ, Johannessen W, Elliott DM. Articolo non inerente
Disc mechanics with trans-endplate partial nucleotomy are not fully restored following cyclic compressive loading and unloaded recovery.
J Biomech Eng. 2006 Dec;128(6):823-9.
PMID: 17154681 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- 14: Briggs AM, Greig AM, Wark JD. Articolo non inerente
The vertebral fracture cascade in osteoporosis: a review of aetiopathogenesis.
Osteoporos Int. 2007 May;18(5):575-84. Epub 2007 Jan 6. Review
PMID: 17206492 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- 15: Luo J, Skrzypiec DM, Pollintine P, Adams MA, Annesley-Williams DJ, Dolan P. Articolo non inerente
Mechanical efficacy of vertebroplasty: influence of cement type, BMD, fracture severity, and disc degeneration.
Bone. 2007 Apr;40(4):1110-9. Epub 2007 Jan 16.
PMID: 17229596 [PubMed - indexed for MEDLINE]

Tabella 5.

Risultati per la stringa di ricerca: “Intervertebral disc AND loading AND metabolism”

Articolo	Criterio inclusione\esclusione
<p>1: Huang CY, Gu WY. Effects of mechanical compression on metabolism and distribution of oxygen and lactate in intervertebral disc. J Biomech. 2008;41(6):1184-96. PMID: 18374341 [PubMed - in process]</p>	Dati ritenuti non utili
<p>2: Wang DL, Jiang SD, Dai LY. Biologic response of the intervertebral disc to static and dynamic compression in vitro. Spine. 2007 Nov 1;32(23):2521-8. PMID: 17978649 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	ARTICOLO INCLUSO
<p>3: Zhao CQ, Wang LM, Jiang LS, Dai LY. The cell biology of intervertebral disc aging and degeneration. Ageing Res Rev. 2007 Oct;6(3):247-61. Epub 2007 Aug 10. Review. PMID: 17870673 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Dati ritenuti non utili
<p>4: Korecki CL, MacLean JJ, Iatridis JC. Characterization of an in vitro intervertebral disc organ culture system. Eur Spine J. 2007 Jul;16(7):1029-37. Epub 2007 Feb 14. PMID: 17629763 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>5: Stokes IA, Burwell RG, Dangerfield PH; IBSE. Biomechanical spinal growth modulation and progressive adolescent scoliosis- -a test of the 'vicious cycle' pathogenetic hypothesis: summary of an electronic focus group debate of the IBSE. Scoliosis. 2006 Oct 18;1:16. PMID: 17049077 [PubMed]</p>	Articolo non inerente
<p>6: Meisel HJ, Siodla V, Ganey T, Minkus Y, Hutton WC, Alasevic OJ. Clinical experience in cell-based therapeutics: disc chondrocyte transplantation A treatment for degenerated or damaged intervertebral disc. Biomol Eng. 2007 Feb;24(1):5-21. Epub 2006 Jul 21. PMID: 16963315 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>7: Haschtmann D, Stoyanov JV, Ferguson SJ. Influence of diurnal hyperosmotic loading on the metabolism and matrix gene expression of a whole-organ intervertebral disc model. J Orthop Res. 2006 Oct;24(10):1957-66. PMID: 16917902 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Articolo non inerente
<p>8: Sivan S, Neidlinger-Wilke C, Würtz K, Maroudas A, Urban JP. Diurnal fluid expression and activity of intervertebral disc cells. Biorheology. 2006;43(3-4):283-91. Review. PMID: 16912401 [PubMed - indexed for MEDLINE]</p>	Rivista non trovata

- 9: Kasra M, Merryman WD, Loveless KN, Goel VK, Martin JD, Buckwalter JA. Frequency response of pig intervertebral disc cells subjected to dynamic hydrostatic pressure. *J Orthop Res.* 2006 Oct;24(10):1967-73. PMID: 16900539 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non trovato
- 10: Bertram H, Steck E, Zimmerman G, Chen B, Carstens C, Nerlich A, Richter W. Accelerated intervertebral disc degeneration in scoliosis versus physiological ageing develops against a background of enhanced anabolic gene expression. *Biochem Biophys Res Commun.* 2006 Apr 14;342(3):963-72. PMID: 16598853 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 11: Iatridis JC, MacLean JJ, Roughley PJ, Alini M. Effects of mechanical loading on intervertebral disc metabolism in vivo. *J Bone Joint Surg Am.* 2006 Apr;88 Suppl 2:41-6. Review. PMID: 16595442 [PubMed - indexed for MEDLINE] Rivista non trovata
- 12: Chen J, Yan W, Setton LA. Static compression induces zonal-specific changes in gene expression for extracellular matrix and cytoskeletal proteins in intervertebral disc cells in vitro. *Matrix Biol.* 2004 Jan;22(7):573-83. PMID: 14996437 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 13: Yamazaki S, Banes AJ, Weinhold PS, Tsuzaki M, Kawakami M, Minchew JT. Vibratory loading decreases extracellular matrix and matrix metalloproteinase gene expression in rabbit annulus cells. *Spine J.* 2002 Nov-Dec;2(6):415-20. PMID: 14589264 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 14: Sélard E, Shirazi-Adl A, Urban JP. Finite element study of nutrient diffusion in the human intervertebral disc. *Spine.* 2003 Sep 1;28(17):1945-53; discussion 1953. PMID: 12973139 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 15: Kasra M, Goel V, Martin J, Wang ST, Choi W, Buckwalter J. Effect of dynamic hydrostatic pressure on rabbit intervertebral disc cells. *J Orthop Res.* 2003 Jul;21(4):597-603. PMID: 12798057 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 16: Urban JP. The role of the physicochemical environment in determining disc cell behaviour. *Biochem Soc Trans.* 2002 Nov;30(Pt 6):858-64. Review. PMID: 12440933 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente
- 17: Adams MA, Freeman BJ, Morrison HP, Nelson IW, Dolan P. Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration. *Spine.* 2000 Jul 1;25(13):1625-36. PMID: 10870137 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili

18: Pospiech J, Stolke D, Wilke HJ, Claes LE. Intradiscal pressure recordings in the cervical spine. Neurosurgery. 1999 Feb;44(2):379-84; discussion 384-5. PMID: 9932892 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

19: Kuiper JI, Verbeek JH, Frings-Dresen MH, Ikkink AJ. Keratan sulfate as a potential biomarker of loading of the intervertebral disc. Spine. 1998 Mar 15;23(6):657-63. Review. PMID: 9549787 [PubMed - indexed for MEDLINE] Articolo non inerente

20: McMillan DW, Garbutt G, Adams MA. Effect of sustained loadings on the water content of intervertebral discs: implications for disc metabolism. Ann Rheum Dis. 1996 Dec;55(12):880-7. PMID: 9014581 [PubMed - indexed for MEDLINE] **ARTICOLO INCLUSO**

21: 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. PMID: 8658246 [PubMed - indexed for MEDLINE] Dati ritenuti non utili

Tabella 6.

Risultati per la stringa di ricerca: “Intervertebral disc AND anatomy AND physiology”

Articolo	Criterio inclusione\esclusione
1: Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. Pain Pract. 2008 Mar;8(1):18-44. Review. PMID: 18211591 [PubMed - indexed for MEDLINE]	ARTICOLO INCLUSO
2: Alini M, Eisenstein SM, Ito K, Little C, Kettler AA, Masuda K, Melrose J, Ralphs J, Stokes I, Wilke HJ. Are animal models useful for studying human disc disorders/degeneration? Eur Spine J. 2008 Jan;17(1):2-19. Epub 2007 Jul 14. Review. PMID: 17632738 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Articolo non inerente
3. Lundon K, Bolton K. Structure and function of the lumbar intervertebral disk in health, aging, and pathologic conditions. J Orthop Sports Phys Ther. 2001 Jun;31(6):291-303; discussion 304-6. Review. PMID: 11411624 [PubMed - indexed for MEDLINE]	Dati ritenuti non utili

RISULTATI

ANATOMIA DEL DISCO INTERVERTEBRALE (3)

I dischi intervertebrali collegano insieme due corpi vertebrali e sono le principali articolazioni della colonna vertebrale, occupandone un terzo dell'altezza. Il loro ruolo è principalmente meccanico, in quanto trasmettono costantemente i carichi presenti tra il peso del corpo e la forza muscolare attraverso la colonna vertebrale. Inoltre forniscono flessibilità ad essa, permettendo i movimenti di flessione e torsione. Sono spessi circa 7-10 mm e presentano un diametro di circa 4 cm, sul piano antero-posteriore, nella regione lombare.

I dischi intervertebrali sono strutture complesse, costituite da uno spesso anello fibro-cartilagineo chiamato anulus fibrosus, che circonda una parte centrale gelatinosa, chiamata nucleo polposo, il quale si trova schiacciato superiormente e inferiormente dalla cartilagine dei piatti vertebrali.

Il **nucleo polposo** contiene fibre collagene, organizzate casualmente, e fibre di elastina

(a volte fino a 150 mm di lunghezza) organizzate radiamente; queste fibre sono immerse in una sostanza gelatinosa molto idratata contenente proteoglicani. Disperse a una bassa densità (circa 5000/mm³) ci sono cellule simili a condrociti, a volte contenute in capsule all'interno della matrice. All'esterno del nucleo si trova l'anulus fibrosus, con una delimitazione tra le 2 regioni ben distinta, soprattutto nei soggetti inferiori ai 10 anni.

La struttura dell'**anulus fibrosus** si compone di una serie di 15-25 anelli concentrici, o lamelle, al cui interno decorrono parallele le fibre di collagene. Le fibre sono orientate circa a 60° sull'asse verticale, e alternano l'orientamento rivolto a destra e sinistra per ogni lamella adiacente. Le fibre di elastina si trovano tra le lamelle per cercare di aiutare il ritorno alla posizione originale in seguito a movimento. Le fibre

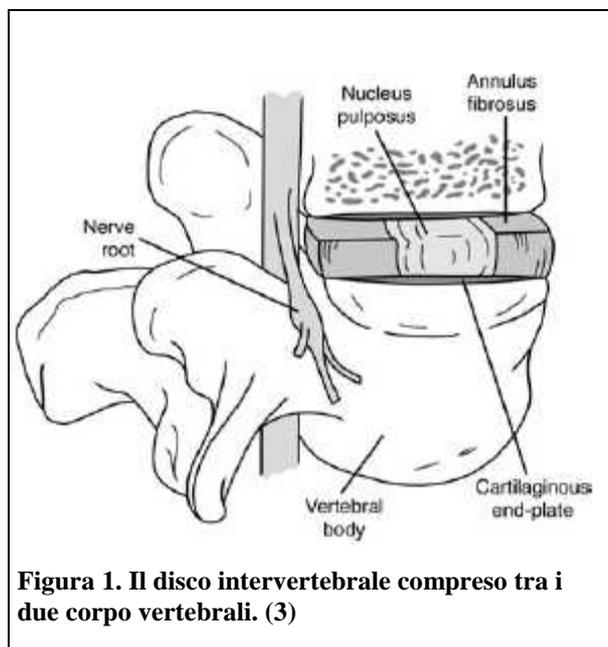


Figura 1. Il disco intervertebrale compreso tra i due corpo vertebrali. (3)

di elastina possono anche unire due lamelle adiacenti, passando da una all'altra in senso radiale. Le cellule dell'anulus, specialmente verso la regione esterna, tendono a essere simili a fibroblasti, allungate, sottili e ad allineamento parallelo alle fibre collagene. Verso l'interno le cellule possono essere più ovali.

Il disco sano dell'adulto ha pochi (se non nessuno) vasi sanguigni, ma presenta alcuni nervi, soprattutto limitati alle lamelle più esterne, alcuni dei quali terminano in

propriocettori. La cartilagine del piatto vertebrale, come le altre cartilagini ialine, è totalmente avascolare e non innervata nell'adulto sano.

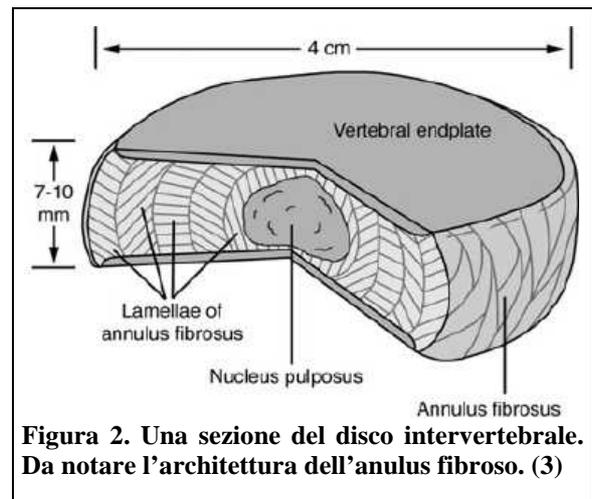


Figura 2. Una sezione del disco intervertebrale. Da notare l'architettura dell'anulus fibroso. (3)

FISIOLOGIA DEL DISCO INTERVERTEBRALE (3)

Le funzioni meccaniche del disco sono espletate dalla matrice extracellulare; la sua composizione e organizzazione governa le risposte meccaniche del disco. Il ruolo meccanico principale è sostenuto dai due principali componenti macromolecolari: le fibre collagene e gli aggreganti.

La rete collagene, formata principalmente dalle fibre collagene di tipo I e II costituiscono il 70% e il 20% del peso a secco rispettivamente dell'anulus e del nucleo. Essa provvede alla resistenza delle forze in trazione sul disco e ancora il tessuto all'osso.

Gli aggreganti, i maggiori proteoglicani del disco, sono responsabili del mantenimento dell'idratazione tissutale attraverso la pressione osmotica. I proteoglicani, così come il contenuto di acqua nel nucleo (rispettivamente circa il 15% e 80% del peso umido), sono maggiori rispetto all'anulus (rispettivamente circa il 5% e 70%, del peso umido). La **matrice** è una struttura dinamica. Le sue molecole sono continuamente rotte dalle proteinasi, quali metalloproteinasi e aggreganasi, ma sono anche sintetizzate dalle cellule del disco. L'equilibrio tra sintesi, rottura e accumulo delle macromolecole di matrice determina la qualità e integrità della matrice, e di conseguenza il comportamento meccanico del disco stesso. L'integrità della matrice è importante anche per mantenere la relativa natura avascolare e aneurale del disco sano.

MODIFICAZIONI DEL DISCO IN REAZIONE AL CARICO

Come primo obiettivo di questa tesi ho cercato di comprendere l'aspetto metabolico del disco sottoposto a stress.

Un recente studio di Wang DL, Jiang SD, Dai LY apparso su Spine nel 2007 (1), ha indagato la risposta biologica del disco intervertebrale di coniglio alla compressione statica e dinamica.

I risultati di questo studio hanno mostrato che gli effetti della compressione del disco variano in base alla frequenza del carico oltre che alla grandezza e durata del carico. In generale, il carico compressivo statico, si è visto che sopprime l'espressione genica di collagene e proteoglicani nel disco. In contrasto con la risposta alla compressione statica il disco sottoposto a compressione dinamica mostra significanti variazioni anaboliche attraverso l'incremento dell'espressione genica di collagene di tipo I e tipo II e proteoglicani. Questi risultati sono simili a studi condotti sulla cartilagine espianata, in cui si osservava che la sintesi della matrice veniva soppressa quando gli espianti di cartilagine erano esposti ad una compressione statica, mentre aumentava se sottoposta a carico dinamico, suggerendo che il carico meccanico può generare differenti segnali; quindi, alcuni di questi segnali possono essere necessari al mantenimento delle funzioni fisiologiche della cartilagine, mentre altri potrebbero essere dannosi per la cartilagine e quindi portare a danni e degenerazione della cartilagine.

Questo studio (1) dimostra anche che anulus fibroso e nucleo polposi hanno risposte molto differenti ai carichi in vitro. Il carico statico, nell'anulus, decresce significativamente l'espressione genica del collagene di tipo I e tipo II mentre il risultato contrario si è riscontrato nelle cellule del nucleo polposo.

Questi risultati sono in accordo con quelli ottenuti da Chen et al (7), dove si ipotizza che la compressione statica regoli, nell'anulus, la sintesi di proteine della matrice extracellulare, come proteoglicani e collagene di tipo II e II, mentre le cellule del nucleo polposo non rispondono al carico meccanico con cambiamenti dell'espressione genica per queste proteine di matrice.

In contrasto, altri autori (8) riportano che l'anulus potrebbe non essere così responsivo al carico come il nucleo polposo. Una differenza intrinseca nel loro meccanismo di trasdurre i segnali meccanici in una risposta biologica potrebbe

spiegare le differenze tra i 2, e queste differenze potrebbero derivare dalle loro differenti origini di sviluppo e differente morfologia cellulare e composizione.

La risposta infiammatoria è intesa come cruciale nella degenerazione del disco intervertebrale. Citochine come IL-1 e TNF-alfa, diminuiscono la sintesi di collagene e proteoglicani. Nel corrente studio l'espressione di IL-1beta e TNF-alfa è aumentato dopo che il disco è stato espianato e sottoposto a compressione statica. I risultati suggeriscono che la compressione statica potrebbe giocare un'importante ruolo nella patogenesi della degenerazione del disco.

In seguito ho considerato uno studio che analizza il contenuto d'acqua del disco.

Un altro aspetto importante della vita del disco è stato esaminato nel 1996 quando da McMillan DW, Garbutt G e Adams MA hanno studiato la variazione del liquido contenuto nei dischi intervertebrali comparando i relativi profili di idratazione sul piano sagittale prima e dopo il carico meccanico. (4)

Sono state utilizzate unità motorie vertebrali prelevate da cadavere e, prima di essere sottoposte al carico, sono state posizionate in flessione di 4-8°, in relazione alla propria flessibilità e in seguito caricata con 1500 N per 6 ore. Questa quantità di flessione simula l'appiattimento della curva posteriore, associabile col sollevamento di oggetti dal suolo, o con la posizione seduta, ed è sufficiente per scaricare le apofisi articolari in modo che non subiscano il carico al posto del disco.

Come risultato, tutte le regioni dei dischi sottoposti al carico, tranne i 2 mm più esterni, hanno mostrato importanti riduzioni dell'idratazione, differente in regioni differenti, in proporzione al carico sostenuto. Inoltre la perdita di liquido dovuta al carico prolungato aumentava questo stesso effetto, portando ad un ulteriore carico sull'anulus. La parte centrale dell'anulus ha mostrato la maggior perdita di liquido, 27-30%, mentre il nucleo ha mostrato una perdita del 15%., quindi il medio-anulus ha perso maggior liquido rispetto al nucleo.

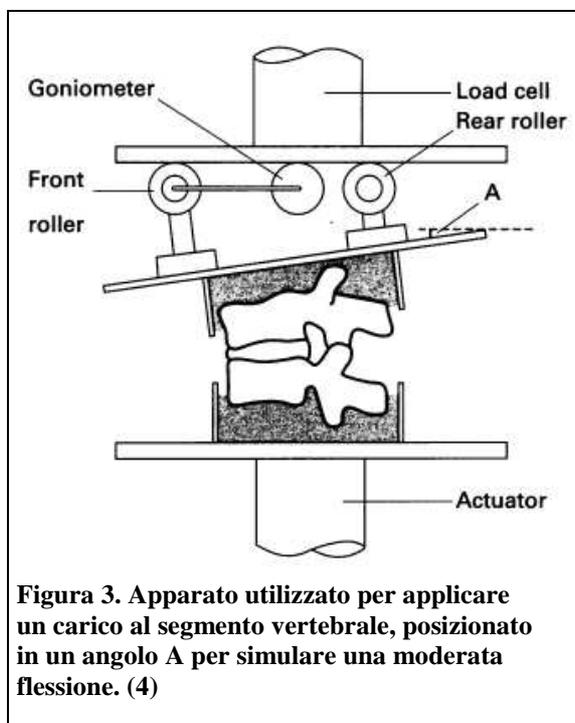


Figura 3. Apparato utilizzato per applicare un carico al segmento vertebrale, posizionato in un angolo A per simulare una moderata flessione. (4)

Ho poi cercato di comprendere come varia la pressione nel disco intervertebrale lombare durante i movimenti e le posture della vita quotidiana, in particolare durante il movimento di flessione anteriore.

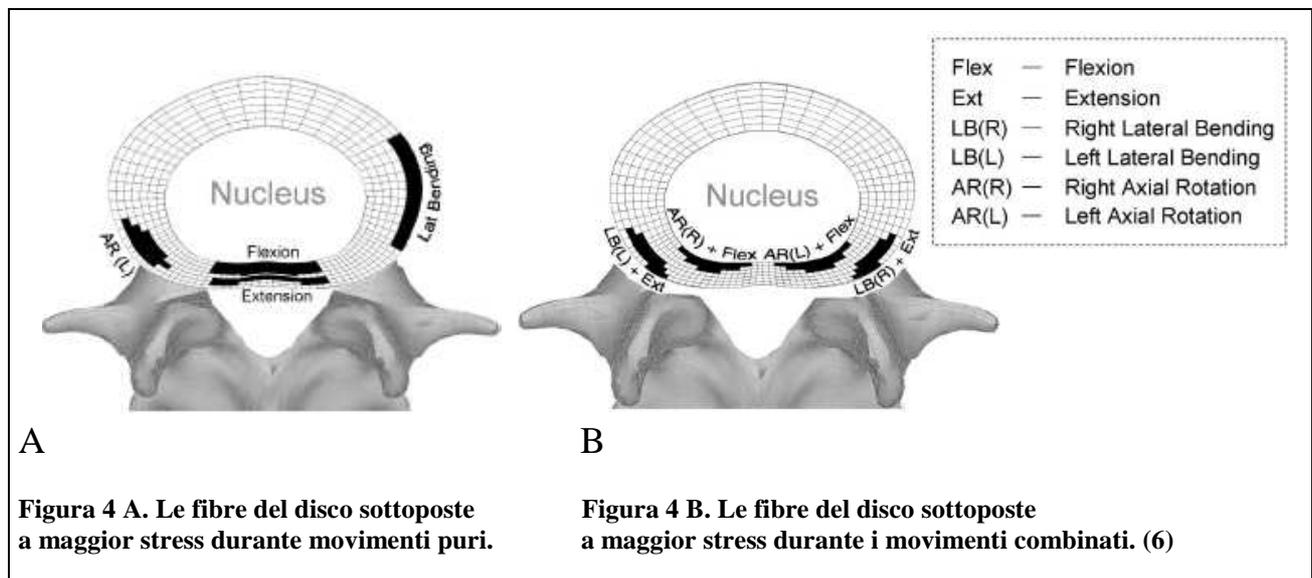
Uno studio di Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE..(5) riporta le varie pressioni intradiscali che si producono durante le posture assunte nella vita quotidiana. È stato utilizzato un solo campione, un uomo di 45 anni a cui è stato impiantato un trasduttore di pressione nel nucleo polposo del disco L4-L5.

Nella postura seduta rilassata, su di un normale sgabello senza appoggio per la schiena, la pressione raggiunge un picco di 0.45 -0.50 MPa (0.1MPa = 1 bar), simile alla pressione della stazione eretta rilassata (0.50 MPa). Portandosi maggiormente dritti ed estendendo attivamente il rachide, la pressione aumenta leggermente, fino a 0.55 MPa. Nel movimento di flessione in avanti, senza alcun appoggio per le braccia, la pressione aumenta fino a 0.83 MPa, quando si raggiunge il massimo del movimento (simulando la posizione per allacciarsi le scarpe). Flettendo invece il tronco con l'appoggio dei gomiti sulle cosce, la pressione decresce fino a 0.43 MPa. La pressione diminuisce anche quando il soggetto è appoggiato allo schienale della sedia con anche gli arti superiori sostenuti dai braccioli della sedia(0.33 MPa), e diminuisce ulteriormente man mano che il soggetto, sempre appoggiato allo schienale, scivola col bacino verso la punta della sedia (0.27 MPa), nonostante il rachide si porti maggiormente in flessione.

Un altro studio, condotto da Schmidt H, Kettler A, Heuer F, Simon U, Claes L, Wilke HJ (6), in cui è stato utilizzato modello tridimensionale dell'unità vertebrale L4-L5, conferma che la pressione intradiscale è massima durante il movimento di flessione pura, mentre si riduce notevolmente durante l'estensione, e diminuisce ulteriormente nei movimenti di rotazione assiale e flessione laterale. È da notare che la pressione intradiscale sembra dipendere dal range of motion: entrambe erano massime in flessione e minime in flessione laterale.

Questo articolo, inoltre, ha indagato lo sforzo a cui sono sottoposte le fibre dell'anulus durante il movimento: emerge che durante la flessione pura, le fibre dell'anulus che vengono sottoposte a maggior tensione sono quelle della parte posteriore, internamente, vicino al nucleo polposo. Il massimo della tensione delle fibre, invece, è stato raggiunto con la combinazione dei movimenti di rotazione assiale con flessione laterale oppure della rotazione assiale con la flessione pura. In

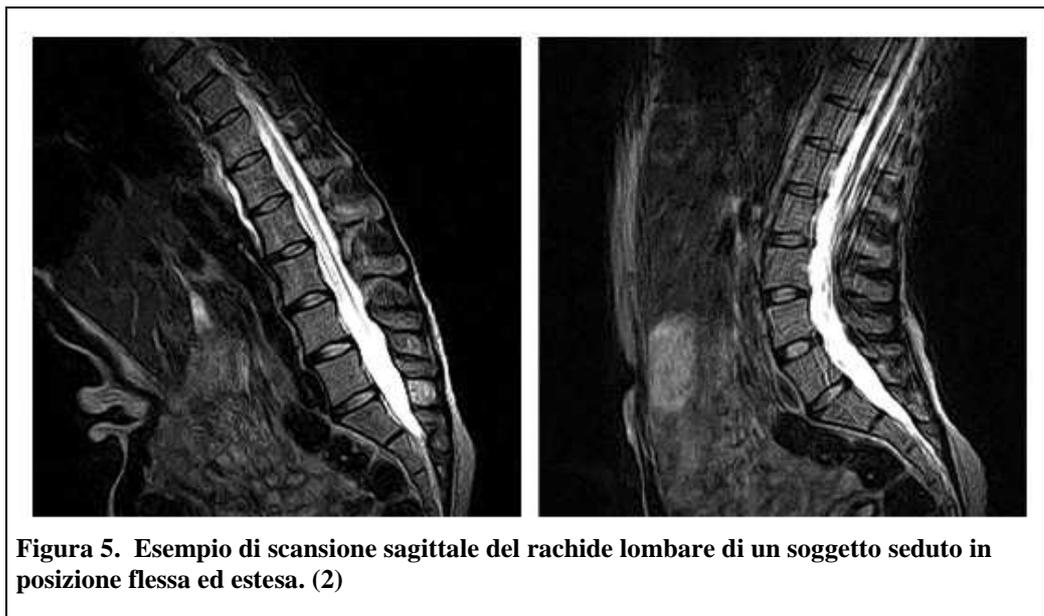
entrambi questi due casi le fibre dell'anulus maggiormente colpite sono quelle a livello postero-laterale.



Infine ho esaminato uno studio su come si comporta il nucleo polposso sottoposto a posture funzionali.

Un recente articolo di Alexander LA, Hancock E, Agouris I, Smith FW, MacSween A, apparso su "Spine" (2), ha analizzato mediante Risonanza Magnetica lo

spostamento del nucleo polposso sottoposto ai carichi di posture funzionali come la postura eretta e quella seduta, questa ultima nelle varianti in flessione, in posizione neutra e in estensione.



Il nucleo polposo dei livelli inferiori, L4-L5 e L5-S1, è risultato maggiormente soggetto al tipo di postura adottata. La posizione seduta neutra e quella in flessione inducono una migrazione posteriore significativa di L4-L5 rispetto alla stazione eretta, e lo stesso effetto è stato osservato per la stazione seduta neutra rispetto alla postura eretta per il nucleo L5-S1. Ancora è stato trovato che la posizione seduta in flessione induce una migrazione del nucleo di L4-L5 molto significativa rispetto alla posizione seduta in estensione. Infine è stato riscontrato che la postura seduta in estensione non differisce in modo significativo dalla stazione eretta.

DISCUSSIONE

Come è emerso dalla ricerca bibliografica, non ho trovato studi di elevata evidenza che indaghino l'esatto comportamento del disco durante posture prolungate in flessione, situazione al giorno d'oggi assai frequente in molti posti di lavoro, mentre per quanto riguarda l'anatomo-fisiologia è stata trovata una review molto recente.

Durante le attività della vita quotidiana, avvengono fluttuazioni della pressione intradiscale in relazione ai cambi di postura. Se dalla posizione seduta rilassata, dove la pressione si aggira attorno a quella della stazione eretta, si effettua una flessione in avanti, la pressione all'interno del disco aumenta notevolmente, mentre se è presente un appoggio posteriore la pressione è inferiore a quella della stazione eretta, diminuendo ancora di più man mano che si scivola avanti sulla sedia. Se invece si ricerca una posizione più corretta, estendendo attivamente il rachide lombare, la pressione aumenta leggermente (5). Da queste conclusioni sembrerebbe che la posizione seduta rilassata, magari con l'appoggio per la schiena sia la migliore per il carico sul disco, ma questo è vero solo per l'aspetto pressorio e non tiene conto del movimento meccanico indotto sul nucleo. Infatti, come visto in seguito, una postura che porti il rachide lombare in flessione tende a far migrare in modo significativo il disco posteriormente (2). Inoltre, durante la flessione del rachide lombare, le fibre posteriori della parte interna dell'anulus sono quelle maggiormente sottoposte a stress, a cui si deve aggiungere la spinta del nucleo e l'aumento di pressione se si è in una situazione di carico. Infine si deve tenere conto anche della disidratazione del disco che causa un aumento dello stress nelle regioni maggiormente sottoposte al carico. Questo suggerisce l'importanza di mantenere una postura seduta corretta per evitare sollecitazioni dannose a livello dell'anulus.

Inoltre, il modello della biosintesi cellulare del disco (1) sembra che vari in risposta ai differenti stimoli fisici. Il carico statico, nell'anulus, decresce significativamente l'espressione genica del collagene di tipo I e tipo II mentre il risultato contrario si è riscontrato nelle cellule del nucleo polposo. Questi risultati indicano che gli effetti del carico compressivo variano con la frequenza del carico, e anche con la grandezza e durata del carico. Inoltre è da sottolineare l'importante ruolo della risposta indotta dal carico statico o dinamico sul disco in modo fisiologico o patologico. La compressione statica ha un ruolo catabolico sul disco, mentre la compressione dinamica ad un livello appropriato può avere un beneficio sulla attività di sintesi e sulla risposta anabolica del disco. (1)

CONCLUSIONI

In questa tesi è stata confermata l'importanza di una postura corretta per salvaguardare la salute del disco intervertebrale, soprattutto quando gli si richiede di mantenere il carico per lunghi periodi. Una flessione a livello lombare mantenuta per lungo tempo ha una serie di effetti negativi sul disco intervertebrale: porta ad un netto aumento della pressione, spinge il nucleo all'indietro, contro l'anulus, proprio dove l'anulus subisce il maggior stress a livello delle fibre e incrementa la disidratazione del disco, cosa che aumenta lo stress del carico sull'anulus. Infine si è visto che a livello metabolico, un carico statico inibisce la sintesi dei costituenti principali del disco (dove, invece, un carico dinamico sembra che abbia un effetto anabolico) e sembra che dia origine all'aumento dell'espressione di componenti infiammatori, ponendo le basi per una degenerazione del tessuto.

Da questo si ribadisce il concetto che la conoscenza della relazione tra meccanica e metabolismo cellulare è una priorità se si vuole discriminare un carico "buono", salutare per il disco, da uno dannoso che porta ad una degenerazione dei tessuti.

I limiti di questo di questo studio possono essere riscontrati nella mia poca esperienza nel campo della ricerca degli articoli e nella mancata reperibilità di alcuni articoli dovuti all'impossibilità di accedere ad alcuni database. Inoltre

Per la ricerca futura sembra essere prioritario indagare approfonditamente cosa succede a livello metabolico al disco sottoposto a stress meccanico, e soprattutto ricercare eventuali risposte positive del disco a certi tipi di stress per opporsi alla degenerazione discale, eventualmente da utilizzare in ambito terapeutico.

Altro spunto di ricerca interessante, è poter capire quanto siano affidabili i campioni presi da animale per indagare il disco intervertebrale umano. A questo proposito potrebbe essere interessante l'articolo numero 2 che compare tra gli esclusi della Tabella 6, ma questa è un'altra tesi...

RINGRAZIAMENTI

Questa tesi ha incluso anche un importante aspetto sperimentale: un soggetto (io) è stato sottoposto a molte ore di posture sedute con il rachide lombare in flessione, sottoposto al carico costante della tensione. Ciò ha condotto a un risultato prevedibile e inconfutabile: low back pain, conosciuto anche dalle mie parti col nome scientifico di “Mel de schéina”.

Un ringraziamento particolare alla Jenny che mi ha dato sostegno, ai miei colleghi che mi hanno concesso il tempo, e alla mia relatrice, che con la sua scrupolosità mi ha fatto scoprire un nuovo mondo nell’ambito della ricerca.

Fabian

BIBLIOGRAFIA

Articoli emersi dalla ricerca su PubMed:

1. Wang DL, Jiang SD, Dai LY

Biologic response of the intervertebral disc to static and dynamic compression in vitro.
Spine. 2007 Nov 1;32(23):2521-8.

2. Alexander LA, Hancock E, Agouris I, Smith FW, MacSween

The response of the nucleus pulposus of the lumbar intervertebral discs to functionally loaded positions
Spine. 2007 Jun 15;32(14):1508-12

3. Raj PP.

Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment.
Pain Pract. 2008 Mar;8(1):18-44. Review.

4. McMillan DW, Garbutt G, Adams MA

Effect of sustained loading on the water content of intervertebral discs implications for disc metabolism.
Ann Rheum Dis. 1996 Dec;55(12):880-7

5. Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE

New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life
Spine. 1999 Apr 15;24(8):755-62

6. Schmidt H, Kettler A, Heuer F, Simon U, Claes L, Wilke HJ.

Intradiscal pressure, shear strain, and fiber strain in the intervertebral disc under combined loading
Spine. 2007 Apr 1;32(7):748-55

Articoli reperiti da citazioni:

7. Chen J, Yan W, Setton LA.

Static compression induces zonal-specific changes in gene expression for extracellular matrix and cytoskeletal proteins in intervertebral disc cells *in vitro*
Matrix Biol 2004;22:573–83

8. Lotz JC, Colliou OK, Chin JR, et al.

Compression-induced degeneration of the intervertebral disc: an in vivo mouse model and finite-element study.
Spine 1998;23:2493–506.