

基于文献计量学和社会网络分析法分析国内椎间盘退变领域的研究热点和发展趋势

朱立国, 李玲慧, 魏 戌, 王尚全, 于 杰, 冯敏山, 陈 忻

(中国中医科学院望京医院脊柱二科 100102 北京市)

【摘要】目的:采用文献计量的方法,从社会网络分析的角度挖掘国内椎间盘退变相关研究领域的核心作者和学术团队,分析其研究成果和发展趋势。**方法:**将检索词“退变”、“退行性改变”与检索词“腰椎”、“椎间盘”、“颈椎”、“胸椎”、“腰”等自由组合,检索三大中文电子数据库中公开发表的期刊文献,包括中国期刊全文数据库(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfang Data)和中国生物医学文献数据库(CBM),出版时间不作限定,检索日期为 2015 年 5 月 4 日。数据信息的提取采用 RegexBuddy 软件,核心作者和学术团队的评定采用普莱斯定律和综合指数相结合的方法,数据挖掘的结果以 Netdraw 软件进行可视化表达。分析各团队的学术思想、行业现状及发展趋势。**结果:**研究共纳入 3361 篇中文文献,挖掘核心作者 54 人、学术团队 10 个。分析结果表明,该领域的研究主要集中于以下几大热门方向:发病机制及药物作用机理研究(1964 篇,占总量的 58.43%);手术相关研究(1035 篇,占总量的 30.79%);细胞及分子生物学研究(979 篇,占总量的 29.13%);生物力学相关研究(854 篇,占总量的 25.41%);动物学研究(686 篇,占总量的 20.41%);影像学相关研究(348 篇,占总量的 10.35%)。**结论:**机制研究是目前椎间盘退变领域的研究热点,学者们已从整体动物水平、细胞水平和分子水平等多层次对退变的发生和发展机理进行了探讨,如何将基础研究的成果转化为临床干预手段,切实有效地延缓甚至逆转椎间盘的退行性改变,可能成为今后研究的发展方向。

【关键词】椎间盘退变;社会网络分析;核心作者

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2016.04.08

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-04-0329-06

Domestic research issues and development tendency of intervertebral disc degeneration based on bibliometrics and social network analyses/ZHU Ligu, LI Linghui, WEI Xu, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(4): 329-334

【Abstract】 Objectives: To explore core authors and academic teams of intervertebral disc degeneration, and to analyze the research issues and development tendency by the method of bibliometrics and social network analysis. **Methods:** The search term included "degeneration", "degenerative changes" and "lumbar", "intervertebral disc", "cervical spine", "thoracic", "waist" and other free combination. The published journals in the three largest Chinese electronic database, including CNKI, Wanfang and CBM were searched. Information was extracted by RegexBuddy software. Price Law and comprehensive index assessment were used to explore core authors and academic teams. The results were illustrated by Netdraw software. **Results:** A total of 3361 studies, 54 core authors and 10 academic teams were included in this research. Academic thoughts, research status and development tendency were analyzed. The field of research mainly focused on the following a few big popular directions: pathogenesis and drug action mechanism research(1964, accounting for 58.43% of the total); research related to the operation(1035, 30.79%); cellular and molecular biology research(979, 29.13%); biomechanics research(854, 25.41%); zoological research(686, 20.41%); imaging studies(348, 10.35%). **Conclusions:** Research on mechanism is one of the hot topics in the field of intervertebral disc degeneration.

基金项目:北京市自然科学基金青年项目(No.7164313);中国中医科学院科技创新优势团队项目(No.YS1304);中国中医科学院名医名家项目(CM2014GD1010)

第一作者简介:男(1961-),主任医师,博士,研究方向:脊柱相关疾病

电话:(010)84739000 E-mail:zhlg95@aliyun.com

通讯作者:李玲慧 E-mail:postdoctorli@163.com

Pathogenesis and progression of degeneration are discussed on levels of animals, cells and molecules. How to transform the scientific research achievements into clinical interventions and slow the degenerative process is one of the future research direction.

【Key words】 Intervertebral disc degeneration; Social network analysis; Core authors

【Author's address】 Department of Spine, Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Science, Beijing, 100102, China

椎间盘退变(intervertebral disc degeneration, IDD)是慢性腰痛最常见的原因之一。据统计^[1],约 80%的人在其一生中会因 IDD 相关疾病而就诊。2002 年的美国国民健康访问调查(NHIS)数据显示,约 26.4%的成年受访者在过去 3 个月中曾经历过持续至少一整天以上的腰痛,其中约 20%患者的病情反复发作可持续一年以上^[2]。但迄今为止,IDD 确切的发生原因和致病机制在行业内尚未达成共识。近年来,国内外有关 IDD 的研究逐年增多,使之逐渐成为慢性退行性骨关节疾病相关领域的研究热点^[3,4]。面对这些迅速海量增长的医学信息,研究者们必须花费大量的时间和精力进行文献的筛选和阅读,且往往很难在短时间内准确、有效地捕捉该领域的发展动态,为进一步的科学研究和临床决策带来诸多不便。本研究采用社会网络分析和文献计量学的方法,对国内 IDD 相关的研究进行汇总和分析,并将结果以可视化图像的方式进行表达,旨在帮助科研工作者和临床决策者在短时间内迅速、准确地掌握 IDD 相关领域的研究热点和发展趋势。

1 资料与方法

1.1 检索策略

将检索词“退变”、“退行性改变”与检索词“腰椎”、“椎间盘”、“颈椎”、“胸椎”、“腰”等自由组合,检索中文电子数据库中公开发表的期刊文献:中国期刊全文数据库(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfang Data)和中国生物医学文献数据库(CBM)。出版时间不作限定,检索日期为 2015 年 5 月 4 日。

1.2 文献纳入和排除标准

纳入所有有关 IDD 的临床和基础研究文献,文献类型包括临床观察、个案报道、体内和体外动物实验等。排除科普保健、护理及综述类文章。

1.3 信息提取

将文献的题录信息分别以“Refworks”、“Note-Express”格式导出,从而进行有效信息的筛选和

提取。“作者”、“关键词”及“研究机构”等信息的提取采用 RegexBuddy 软件完成^[5]。

1.4 核心作者的评定

依据普莱斯定律(Price Law),发表论文数为 M_p 篇以上的科学家为杰出科学家,本研究制定核心作者候选人的入选标准:①最低发文篇数(计算公式: $M_p=0.749 \times N_{pmax}^{1/2}$);②最低被引频次($M_c=0.749 \times N_{cmax}^{1/2}$)。其中 M_p 是最低发文篇数, N_{pmax} 是发文最多的作者文章篇数; M_c 是最低被引量, N_{cmax} 是发文最高被引频次。符合以上标准中的任意一条,即可对该候选人进行进一步综合评定:设置发文量与被引频次分别为 0.7 和 0.3,则每个核心作者的综合指数计算公式如下: $Z=0.7 \times 100 \times (x/\bar{x}) + 0.3 \times 100 \times (y/\bar{y})$ 。其中 $\bar{x}$ 是发文平均指数, $\bar{y}$ 是人均发文被引平均指数,综合指数大于 100 的作者被列为该领域的核心作者。

1.5 核心作者网络关系

采用 Netdraw 软件绘制核心作者之间的网络关系图,以箭头线段表明作者之间的合作关系,并以此作为学术团队的识别标准。

2 结果

2.1 文献年代分布情况

研究共检索到 IDD 相关中文文献 3361 篇,对文献发表年份进行初步分析,发现 IDD 相关的研究数量总体呈逐年上升趋势(图 1)。

2.2 核心作者筛选及综合评定

所有作者中,发文量最大的是施杞(共 75 篇),依据普莱斯定律计算出核心作者评选的最低发文篇数 $M_p=0.749 \times 75^{1/2}=6.47$,即发文 7 篇及以上的作者可被列为核心作者候选人。所有纳入文献中,被引用频次最高者为 217 次,由此计算出的最低被引频次 $M_c=0.749 \times 217^{1/2}=11.03$,即发文被引 11 次以上的文章作者可被选为核心作者候选人。

按照以上方法共筛选出 87 名作者,对作者单位及个人信息逐一排查后重新整合数据,共有 84

名作者被列为核心作者候选人, 他们的发文总量为 869 篇, 累计被引用 7553 次。

根据公式计算出每个核心作者候选人的综合指数, 其中发文平均指数=869/84 $\approx$ 10.35, 人均发文被引平均指数=7553/84 $\approx$ 89.92。结果显示, 54 人被评为 IDD 相关研究领域的核心作者 (表 1)。该 54 名核心作者共发文 653 篇, 累积被引用 6566 次。

2.3 学术团队

依据文献计量学方法, 深入挖掘合作关系较为密切的核心作者, 以判断是否形成稳定的学术

团队, 并且详细分析他们的学术成果和研究理论。本研究共发现 10 个学术团队, 详见图 2。

该 10 个学术团队在长期的临床和科研积累中均已形成了各自独特的理论认识, 大体情况如下。

(1) 以施杞、王拥军、贾连顺、彭宝淦为核心成员^[6,7]的学术团队: 该团队的核心作者主要来自六个不同研究机构, 他们之间存在密切的学术合作关系。该研究团队建立了一系列脊柱疾病动物模型; 建立了终板软骨细胞、纤维环细胞的离体培养体系; 深入分析了中性蛋白酶、丝氨酸蛋白酶、磷脂酶、胶原酶、免疫球蛋白、TGF- β 1 及骨形态发生蛋白 7 等成分的变化与 IDD 的关系; 研究了益气化痰补肾中药对 IDD 的影响和作用机制; 采用三维有限元分析和生物力学的方法探讨了腰椎椎弓峡部裂、椎体变性、关节突关节的方向性与腰椎退变的关系; 观察了融合内固定术及非融合动态稳定系统对颈、腰椎相邻节段退变 (adjacent segment degeneration, ASD) 的影响。

(2) 以刘尚礼、黄东生等为核心^[8,9]的团队: 采用不同方法成功建立了 IDD 的动物模型, 发现炎症因子在 IDD 引发的疼痛中有着重要作用, 深入分析了热休克同源蛋白 70、维生素 D 受体、人胰

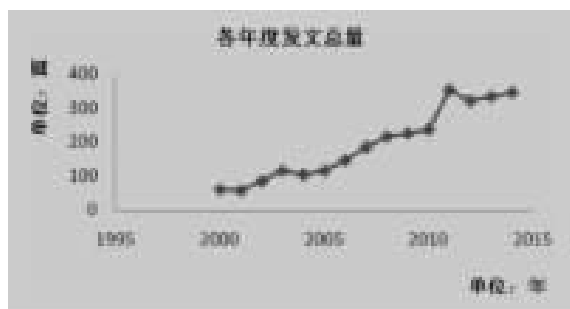


图 1 IDD 相关领域学术论文的年代分布图

Figure 1 The years distribution of papers related to intervertebral disc degeneration

表 1 54 名核心作者综合评定结果

Table 1 Comprehensive assessment of 54 core authors

姓名 Name	发文(篇) Published articles	被引(次) Refer- enced	综合指数 Comprehen- sive index	姓名 Name	发文(篇) Published articles	被引(次) Refer- enced	综合指数 Comprehen- sive index	姓名 Name	发文(篇) Published articles	被引(次) Refer- enced	综合指数 Comprehen- sive index
施杞	75	1447	990.06	徐宏光	22	144	196.84	李放	17	61	135.33
王拥军	61	980	739.55	戴力扬	16	251	191.96	刘勇	12	157	133.55
贾连顺	52	1114	723.40	邵增务	21	144	190.08	徐宇	10	181	128.03
胡有谷	50	900	638.46	金大地	18	168	177.80	井夫杰	11	153	125.45
彭宝淦	41	819	550.57	杨述华	20	112	172.64	郑召民	13	108	123.96
刘尚礼	32	314	321.20	叶伟	17	169	171.37	丁悦	11	148	123.78
周重建	28	354	307.49	贾长青	21	89	171.23	金群华	15	66	123.47
侯树勋	24	373	286.78	瞿东滨	16	183	169.27	王运涛	14	84	122.71
刘梅	18	396	253.87	侯铁胜	17	155	166.69	詹红生	10	164	122.35
黄东生	25	240	249.16	陈其昕	17	144	163.02	胡明	13	74	112.61
吴小涛	27	191	246.34	刘淼	12	236	159.90	李家顺	9	152	111.59
沈培芝	16	403	242.68	叶君健	17	120	155.02	商卫林	12	87	110.19
阮狄克	30	113	240.60	徐印坎	13	185	149.65	熊鑫茗	14	41	108.37
杨惠林	20	311	239.04	马远征	18	79	148.10	王德春	12	78	107.19
周泉	23	225	230.63	陈伯华	16	115	146.58	梁倩倩	12	77	106.85
唐天骝	16	356	227.00	周跃	17	89	144.67	陈德胜	13	56	106.61
海涌	23	139	201.94	李义凯	11	189	137.46	吕浩然	10	110	104.34
李晨光	21	172	199.42	马若凡	11	186	136.46	吴闻文	11	83	102.09

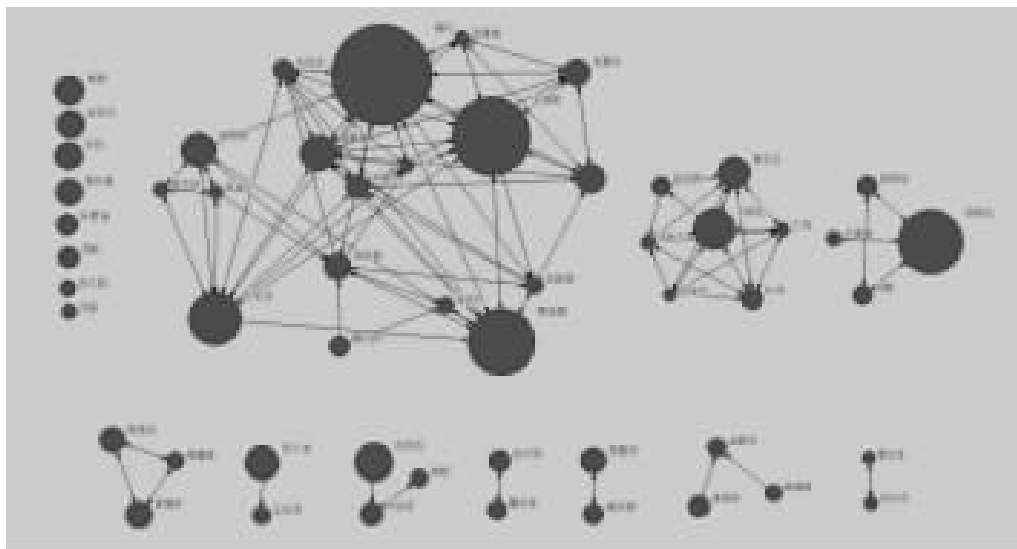


图 2 Netdraw 绘制的可视化核心作者网络关系图(注:实心圆代表核心作者,圆的大小与发文数成正比,圆之间的线段表明二者存在合作关系)

Figure 2 Visual social network mapping of core authors generated by Netdraw (Core authors were represented by red dots. The size of the dots represents the number of articles. Lines between red dots indicates the cooperative relation)

胰岛素样生长因子-1、IL-1 β 、TGF- β 1、IL-6、Fas 等基因与 IDD 的相关性;临床研究发现下腰痛患者的腰椎终板 Modic 改变与年龄及 IDD 有较强的相关性,NF- κ B、IL-18 和 SP 的增多,可能是 Modic II 型改变引发腰痛的原因之一,Modic 改变与 HIZ 一般不发生与同一节段,即使两者共存于同一节段时腰痛也并不会明显加重。

(3)以胡有谷、陈伯华等为核心^[10,11]的团队:分析了正常和退变腰椎间盘组织的细胞形态、生化成分、超微结构和基因表达的差异,通过对椎间盘细胞的体外培养,分析了多种细胞因子对 IDD 的影响。

(4)以邵增务、杨述华、熊蠡茗为核心^[12,13]的团队:建立了可控轴向压力所致的兔 IDD 模型;从能量代谢和细胞凋亡的角度实现了对 IDD 的调控;发现烟酰胺可有效抑制 NO 对兔纤维环细胞生物学行为的干扰,提高椎间盘聚集蛋白聚糖含量,对抗 IL-1 β 或压力诱导的 IDD。

(5)以吴小涛、王运涛为代表^[14,15]的研究团队:探讨了白介素-1 α 、白介素 6、肿瘤坏死因子 α 、血小板源性生长因子、胰岛素样生长因子、基质细胞衍生因子-1 和转化生长因子 β 1 等与 IDD 之间的关系;通过体内移植和示踪研究发现干细胞可调节退变髓核细胞外基质的含量、延缓 IDD。

(6)以马远征、胡明为核心^[16,17]的团队:发现

Waveflex 半刚性内固定系统、Bioflex 系统等非融合动态内固定方法可有效延缓 ASD;人工髓核置换术近期疗效满意,而中远期存在较严重的并发症,应严格把握手术适应证;通过动物模型研究,发现应用人工髓核柔性稳定系统可有效预防 ASD 的发生,而高频振动可加速 IDD;通过离体培养,发现胚胎来源的髓核细胞表型与正常髓核细胞接近,在体外环境中较为稳定,而成人退变髓核细胞体外培养所需时间较长,增殖力低下,对培养条件的要求较为苛刻;髓核细胞的凋亡与凋亡相关基因 Bax 的增加及 Bcl-2 的减少有关;发现上皮膜蛋白-1 可能在 IDD 中担当重要角色,并且通过慢病毒包装技术,成功构建了人胚胎间盘髓核上皮膜蛋白-1 基因低表达细胞模型。

(7)以金大地、瞿东滨为核心^[18,19]的研究团队:重视腰椎手术相关的邻近节段退变(ASD),发现在刚性内固定的头侧邻近节段加载动力内固定可有效预防 ASD 的发生,但并不能显著提高远期临床效果,而果胶/聚乙烯醇复合水凝胶人工髓核置换术可降低或避免 ASD 的发生;通过动物模型研究,发现软骨终板的退变可能与一氧化氮和 IL-1 β 、IL-6、TNF- α 等炎性细胞因子的含量增加有关;对比了人类正常和退变的椎间盘髓核组织,发现 HIF-1 α 可能与 MMP-2 相互协调、共同促进 IDD。

(8)以杨惠林、唐天驷为核心^[20,21]的研究团队:认为胸腰椎节段椎体后凸成形术可加速邻近节段的退变,且术中骨水泥渗漏可导致椎间盘压力增高、细胞外基质代谢障碍及细胞凋亡,进而引发 IDD,需改变灌注剂材料特性以减少对邻近节段的影响;采用灌注骨水泥、纤维环穿刺和抽吸髓核法建立了动物模型;并且发现,脊索细胞残留、血管浸润、Wnt/ β -连环素信号通路在 IDD 的过程中均发挥重要作用。

(9)以金群华、陈德胜为核心^[22,23]的研究团队:采用手术方法建立腰椎 IDD 动物模型,发现模型组椎间盘组织内的 MMP-3、MMP-13 表达增强,胶原纤维变性、钙化、排列紊乱,研究结果显示枸杞多糖、白藜芦醇、四环素和 MMPs 抑制剂等可能通过抑制 MMP3、MMP9 的表达,间接调节蛋白多糖的降解,从而延缓实验性 IDD 的进程。

(10)以詹红生、井夫杰为核心^[24,25]的研究团队:采用屈颈固定的方法,成功建立了家兔颈椎 IDD 模型,发现在长时间异常应力的环境下,兔颈椎间盘软骨终板中的蛋白聚糖、硫酸软骨素含量明显下降,生物力学性能发生明显退行性改变,这可能是异常应力干预导致 IDD 的主要机制之一;并且研究显示,手法干预可以延缓髓核和软骨终板中 II 型胶原含量的下降速度,延缓软骨下骨内血窦数目及髓核活细胞数目的减少,但不能完全逆转椎间盘的退行性改变,且手法早期干预效果优于晚期干预。

对检索得到的文献进一步分析,发现该领域的研究主要集中于以下几大热门方向:发病机制及药物作用机理研究(1964 篇,占总量的 58.43%);手术相关研究(1035 篇,占总量的 30.79%);细胞及分子生物学研究(979 篇,占总量的 29.13%);生物力学相关研究(854 篇,占总量的 25.41%);动物学研究(686 篇,占总量的 20.41%);影像学相关研究(348 篇,占总量的 10.35%)。

3 讨论

随着人口老龄化势态的逐年加剧,IDD 相关疾病的发病率日益增高,给患者、家庭以及社会均带来了沉重的负担^[26,27]。国际上 IDD 相关研究已经成为腰痛研究领域的热点,目前的研究多集中于手术治疗、生物学治疗及退变机制研究等^[28,29]。

我们对国内公开发表的有关 IDD 的期刊论文进行计量学的梳理,发现该领域的发文数量有逐年递增的趋势,提示 IDD 相关研究已经逐渐成为慢性退行性骨与关节疾病领域的研究热点。

施杞团队是 IDD 领域中最大的核心团队,目前已经形成了较为成熟的社会网络关系。该团队以中医药为依托,利用先进的分子生物学和生物力学检测手段,并注重结合前沿热点,不断探索中医药延缓退变的深层次机理。团队的核心成员主要来自六个不同研究机构(上海中医药大学脊柱病研究所、第二军医大学附属长征医院、第二军医大学附属长海医院、武警总医院、解放军总医院第一附属医院、上海交通大学医学院附属新华医院),他们之间建立了稳定的学术合作关系。建国至今,随着中医药高等院校教育的兴办和推广,中医药专业人才得到了充分扩充和培养,然而中医药理论的创新和发展却止步不前,师承教育和学术流派的形成很好地克服了“规范化教学”的局限性。通过对中医药领域学术团队的深入分析,可见他们大多以一名或多名全国知名中医为核心成员,团队的核心理论也大多围绕该知名专家多年临床经验的总结,在此基础上不断扩充和培养新的团队成员(多数为稳定的师承关系),开展中医药特色治疗手段的现代机理研究,使学术思想得到继承和发展,最终形成独立的学派,这可能是中医药独特的良性发展模式。

通过对文中 10 个核心团队学术成果的深入分析,我们发现目前针对 IDD 的治疗多以保守方法为主(包括中西医药物、针灸及理疗等),具有手术指征者则采用脊柱融合等外科手段进行干预。然而,融合术仅能减轻退变所致的疼痛症状,并不能恢复椎间盘的正常生理功能,而且手术可能引发或加速相邻节段的退变,研究者们正逐步尝试采用人工椎间盘置换及非融合动态内固定等方法克服融合术的缺陷。但上述方法仍停留在“治标”的层面,IDD 的病理本质是椎间盘细胞生物学功能的紊乱和细胞外基质成分的降解,只有从根本上认识 IDD 的发病原因和机制,才能有效预防和逆转 IDD 的发生。

综上,目前有关 IDD 的文献大多偏重于机制研究,学者们已经从整体动物模型、细胞水平和分子水平等多层次对退变的发生和发展机理进行了探讨,并且从生物力学和分子生物学的角度为

IDD 的防治提供了思路^[30]。如何将基础研究的成果转化为临床干预手段, 切实有效地延缓甚至逆转 IDD, 减少 IDD 相关疾病的发生, 可能成为今后研究的热点。

4 参考文献

1. Andersson GB. Epidemiological features of chronic low-back pain[J]. Lancet, 1999, 354(9178): 581-585.
2. Deyo RA, Von Korff M, Duhkoop D. Opioids for low back pain [J]. BMJ, 2015, 350: 6380.
3. Deyo RA, Mirza SK, Martin BI. Back pain prevalence and visit rates [J]. Spine, 2006, 31(23): 2724-2727.
4. Gruber HE, Ingram JA, Norton HJ, et al. Senescence in cells of the aging and degenerating intervertebral disc: immunolocalization of senescence-associated beta-galactosidase in human and sand rat discs[J]. Spine, 2007, 32(3): 321-327.
5. 王志飞, 谢雁鸣, 王永炎. 正则表达式在上市中药文献信息提取中的应用[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(20): 2888-2890.
6. 王拥军, 施杞, 江建春, 等. 大鼠气虚血瘀肾虚型颈椎病模型的建立[J]. 中西医结合学报, 2008, 6(11): 1152-1158.
7. 姚长风, 张晓军, 杨永晖, 等. 补骨脂素对大鼠腰间盘软骨细胞炎性退变的影响[J]. 中医杂志, 2014, 55(7): 594-598.
8. 贺宪, 黄东生, 彭焰, 等. Modic II 型改变软骨终板中核因子- κ B、白介素 18 和 P 物质的表达及意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(11): 1025-1030.
9. 郑召民, 李中实. 退变性脊柱侧凸治疗所面临的几个问题[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(8): 673-676.
10. 赛佳明, 胡有谷, 王德春. 腺相关病毒载体介导 hTGF β 1、 β 3 体外转染退变腰间盘细胞的生物学效应 [J]. 中华骨科杂志, 2006, 26(4): 261-266.
11. 董跃福, 牟志芳, 胡有谷. 正常与退变椎间盘中胶原变化的比较[J]. 颈腰痛杂志, 2006, 27(6): 505-508.
12. 徐蔚蔚, 邵增务, 裴洪, 等. 烟酰胺对压力致免腰间盘退变的保护作用[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2009, 38(5): 621-626.
13. 郭兵, 邵增务, 熊鑫茗, 等. 一氧化氮对兔纤维环细胞线粒体功能的影响及机制研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2009, 17(9): 6-9.
14. 王琨, 王锋, 吴小涛, 等. 基质细胞衍生因子-1 在人正常和退变椎间盘中的表达、分布及意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(10): 916-923.
15. 曹烨, 吴小涛, 王运涛, 等. 骨髓间充质干细胞的体内示踪及其修复椎间盘退变的实验研究[J]. 东南大学学报(医学版), 2009, 28(4): 269-273.
16. 胡明, 马远征, 李大伟, 等. WavefleX 动态稳定系统治疗腰椎退变性疾病的早期临床观察[J]. 中国骨与关节外科, 2013, 6(2): 113-116.
17. 杨达宇, 高天君, 马远征, 等. 振动对大鼠骨质疏松及椎间盘退变影响的实验研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2013, 19(5): 453-457.
18. 金大地. 科学认识“邻近节段退变”, 合理应用腰椎非融合技术[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(10): 865-866.
19. 吴伟平, 江建明, 瞿东滨, 等. HIF-1 α 、MMP-2 在退变椎间盘髓核中的表达及相关意义[J]. 南方医科大学学报, 2010, 30(5): 1152-1155.
20. 王根林, 朱若夫, 陈康武, 等. 腰椎融合术再手术原因及其治疗[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(9): 855-859.
21. 陈志刚, 吕书军, 张建平, 等. β 连环素在腰间盘退变组织中的表达及意义[J]. 江苏医药, 2015, 41(4): 408-410.
22. 陈德胜, 金群华, 张焱. 大鼠退变腰间盘组织的超微结构观察[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(3): 223-225.
23. 陈德胜, 金群华, 李燕, 等. MMPs 抑制剂对退变腰间盘中 MMP-3 表达的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2006, 12(8): 692-693.
24. 应航, 詹红生, 陈立, 等. 颈椎间盘压缩力学性能改变与终板蛋白多糖变化关系的实验研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(10): 37-39.
25. 应航, 陈立, 詹红生, 等. 终板蛋白多糖的变化对颈椎间盘力学性能的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2003, 20(1): 37-38.
26. Hoy D, Bain C, Williams G, et al. A systematic review of the global prevalence of low back pain[J]. Arthritis Rheum, 2012, 64(6): 2028-2037.
27. Kepler CK, Anderson DG, Tannoury C, et al. Intervertebral disk degeneration and emerging biologic treatments [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2011, 19(9): 543-553.
28. Xu C, Mao F, Wang X, Lin Y, Xu H. Application of the Coflex interlaminar stabilization in patients with L5/S1 degenerative diseases: minimum 4-year Follow-up [J]. Am J Ther, 2015 Aug 18. [Epub ahead of print]
29. Ren XF, Diao ZZ, Xi YM, et al. Adeno-associated virus-mediated BMP-7 and SOX9 in vitro co-transfection of human degenerative intervertebral disc cells [J]. Genet Mol Res, 2015, 14(2): 3736-3744.
30. Shu B, Li TF, Li XF, et al. Chondrocyte-specific inhibition of β -catenin signaling leads to dysplasia of the caudal vertebrae in mice[J]. Spine, 2013, 38(24): 2079-2084.

(收稿日期: 2015-07-29 修回日期: 2016-04-02)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)