

Cage椎弓根内固定联合自体颗粒骨打压植骨的即时生物力学稳定性★

钟志宏, 李 健, 张 平, 杨 波, 赵洪普

Clinical application of pedicle screw fixation with autogenous morselized bone graft impaction in senile lumbar degeneration: A study of immediate biomechanical stability

Zhong Zhi-hong, Li Jian, Zhang Ping, Yang Bo, Zhao Hong-pu

Abstract

BACKGROUND: Autogenous bone graft combined with cage has been widely used in lumbar interbody fusion by the use of vertebral pedicle screw fixation. But there is still lack of reports about autogenous morselized bone graft impaction with vertebral pedicle screw fixation concerning the clinical application and biomechanical research.

OBJECTIVE: To evaluate and compare the biomechanical stability properties of autogenous morselized bone graft impaction with vertebral pedicle screw fixation, cage with vertebral pedicle screw fixation, so as to provide theoretical basis and experiment guidance in clinical use of autogenous morselized bone graft impaction with vertebral pedicle screw fixation in PLIF.

METHODS: Resin embedding method and graded facetectomy and discectomy were made to prepare spinal instability models. Experimental group used autogenous morselized bone graft impaction with vertebral pedicle screw fixation; control group used cage with vertebral pedicle screw fixation. The three-dimensional motion of specimens was tested in intact state, instability state and fusion state, which the flexion, extension, bilateral bending and axial rotation loading were applied to the specimens and the range of motion (ROM) were determined by the three-dimensional laser scanner.

RESULTS AND CONCLUSION: There was no significant difference in all stability indexes (ROM) between two groups in intact state ($P > 0.05$). Compared with the intact state, there was significant difference in all stability indexes in instable state between the two groups. After posterior lumbar interbody fusion, there was no significant difference in all stability indexes between two groups ($P > 0.05$). Both the autogenous morselized bone graft impaction with vertebral pedicle screw fixation and cage with vertebral pedicle screw fixation can improve the immediate biomechanical stability of the spine, and there is no statistical difference in spinal stability capacity between two groups.

Zhong ZH, Li J, Zhang P, Yang B, Zhao HP. Clinical application of pedicle screw fixation with autogenous morselized bone graft impaction in senile lumbar degeneration: A study of immediate biomechanical stability. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(26): 4825-4828. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 自体骨移植结合椎间融合器联合椎弓根螺钉常用于椎体融合, 但单纯颗粒骨打压联合椎弓根钉的临床生物力学研究报道不多。

目的: 比较后路自体颗粒骨打压植骨内固定及 Cage 内固定的即时生物力学稳定性。

方法: 利用腰椎后路附件逐级破坏和椎间盘切除制作腰椎不稳模型。12 具猪腰椎标本随机分为两组: 打压植骨结合椎弓根螺钉内固定组(实验组), Cage 结合椎弓根螺钉内固定组(对照组)。使用脊柱三维运动测试机模拟人体对两组标本在正常、不稳、融合 3 个状态下进行前屈、后伸、左右侧屈、左右旋转等各个活动的生物力学测试, 三维激光扫描仪测定不同载荷下不稳节段的运动范围。

结果与结论: 正常状态下, 两组间 L₂₋₃ 节段各方向运动范围差异无显著性意义($P > 0.05$), 说明两组标本均衡性好, 具有可比性; 与正常状态相比, 两组不稳状态各方向运动范围亦明显增加($P < 0.05$); 融合后对照组 L₂₋₃ 节段椎间各方向运动范围均较实验组小, 但差异无显著性意义($P > 0.05$)。说明自体颗粒骨打压植骨内固定与 Cage 内固定均能明显提高脊柱的即时生物力学稳定性, 而且两组对于改善脊柱稳定性无显著性差异。

关键词: 自体颗粒骨; 打压植骨; 椎体间融合; 椎弓根螺钉置入内固定; 生物力学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.26.019

钟志宏, 李健, 张平, 杨波, 赵洪普. Cage 椎弓根内固定联合自体颗粒骨打压植骨的即时生物力学稳定性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(26):4825-4828. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

后路腰椎融合是治疗退行性腰椎管狭窄、腰椎间盘突出症并节段性不稳、腰椎滑脱等病变的重要治疗方法, 椎间融合器联合椎弓根螺钉置入是目前常用的治疗方案。颗粒骨打压腰椎融合常作为融合器置入的一种辅助手段, 临床疗效得到一致认可, 但单纯采用自体颗粒骨打压联合椎弓根钉的临床及生物力学研究报道

不多。文章比较后路自体颗粒骨打压植骨内固定及 Cage 内固定的即时生物力学稳定性, 为临床上后路自体颗粒骨打压植骨内固定在腰椎椎体间融合的应用提供理论依据和实验指导。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验。

时间及地点: 实验于 2009-08/10 在南方医科大学生物力学重点实验室完成。

Department of Orthopedics, the Third Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510150, Guangdong Province, China

Zhong Zhi-hong★, Master, Physician, Department of Orthopedics, the Third Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510150, Guangdong Province, China. custerzhong@yahoo.com.cn

Correspondence to: Li Jian, Professor, Chief physician, Department of Orthopedics, the Third Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510150, Guangdong Province, China

Received: 2011-03-07
Accepted: 2011-06-03

广州医学院第三附属医院骨科, 广东省广州市 510150

钟志宏★, 男, 1984 年生, 广东省汕头市人, 汉族, 2010 年广州医学院毕业, 硕士, 医师, 主要从事脊柱外科的研究。custerzhong@yahoo.com.cn

通讯作者: 李健, 主任医师, 教授, 广州医学院第三附属医院骨科, 广东省广州市 510150

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2011)26-04825-04

收稿日期: 2011-03-07
修回日期: 2011-06-03
(20110307022/WL·W)

材料:

标本来源: 12具成年新鲜猪, 猪龄4~6个月, 平均5.3个月, 腰段脊柱标本由南方医科大学生物力学重点实验室提供, 截取L₁~L₄节段。所有标本经正位、侧位X射线平片排除先天性骨骼发育不良、畸形、肿瘤及其他脊柱病变。剔除椎体周围附着的肌肉组织, 保留椎间韧带、椎间盘及关节突关节完整。

内固定器械材料: 由江苏金鹿医疗器械公司提供的脊柱椎弓根螺钉内固定系统(AF)。器械质地为钛合金不锈钢, 弹性模量接近骨, 且耐体液电解, 耐腐蚀强, 性质稳定; 由山东威高公司提供椎间融合器Cage, 为聚醚醚酮(PEEK)材料制造, 其弯曲强度 ≥ 110 MPa, 弹性模量与骨质非常接近。

实验仪器: 脊柱三维运动稳定性测试机(型号: MTS-858)、脊柱三维运动动作捕捉仪器及EvART分析软件均由南方医科大学生物力学重点实验室提供。

实验方法: 将12具标本随机分为两组: 打压植骨结合椎弓根螺钉内固定组(实验组), Cage结合椎弓根螺钉内固定组(对照组), 每组6具。利用树脂包埋法及腰椎后路附件逐级破坏、椎间盘切除制作腰椎不稳模型。实验组标本采用椎体间打压植骨椎弓根内固定, 对照组标本采用Cage椎弓根内固定。使用脊柱三维运动测试机模拟人体对两组标本在正常、不稳、融合3个状态下进行前屈、后伸、左右侧屈、左右旋转等各个活动的生物力学测试。

主要观察指标: 三维激光扫描仪测定不同载荷下不稳节段的运动范围(range of motion, ROM)。

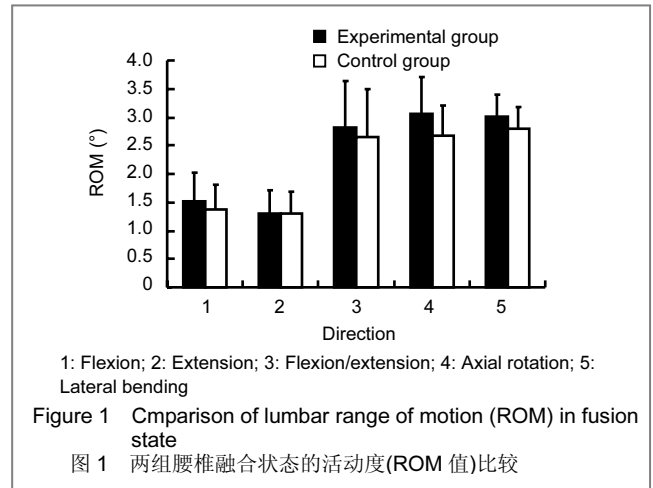
统计学分析: 由第一作者采用SPSS 13.0软件完成统计处理, 实验数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较行随机配对资料 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

两组标本腰椎正常-融合状态的活动度(ROM值)比较: 见表1, 图1。

表1 两组标本腰椎正常-融合状态的活动度(ROM值)比较
Table 1 Comparison of lumbar range of motion (ROM) in both intact and fusion state ($\bar{x} \pm s$, $n=6$, °)

Group	Intact	Fusion	P
Experimental			
Flexion	3.67 $\pm$ 0.90	1.52 $\pm$ 0.51	0.003
Extension	3.89 $\pm$ 1.22	1.31 $\pm$ 0.41	0.007
Flexion/extension	7.56 $\pm$ 2.12	2.83 $\pm$ 0.82	0.004
Axial rotation	4.35 $\pm$ 1.18	3.01 $\pm$ 0.39	0.042
Lateral bending	13.04 $\pm$ 1.73	3.05 $\pm$ 0.67	< 0.001
Control			
Flexion	3.71 $\pm$ 0.94	1.37 $\pm$ 0.44	0.004
Extension	3.84 $\pm$ 0.46	1.29 $\pm$ 0.40	< 0.001
Flexion/extension	7.55 $\pm$ 1.33	2.66 $\pm$ 0.83	0.001
Axial rotation	4.40 $\pm$ 1.06	2.79 $\pm$ 0.40	0.017
Lateral bending	12.85 $\pm$ 1.67	2.68 $\pm$ 0.53	< 0.001



正常状态下, 两组间L₂₋₃节段各方向ROM值差异均无显著性意义($P > 0.05$), 说明两组标本均衡性好, 具有可比性; 与正常状态相比, 两组不稳状态各方向ROM值均增加($P < 0.05$), 说明造不稳模型成功。与正常状态相比, 两组融合后前屈、后伸、屈伸、旋转、侧弯等各方向ROM值均减小($P < 0.05$); 对照组L₂₋₃节段椎间各方向活动度(ROM值)较实验组小, 但差异无显著性意义($P > 0.05$),

3 讨论

后路腰椎椎体间融合结合椎弓根螺钉内固定(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)最早由Cloward在1945年提出, 实现同一切口一次完成椎管神经根减压、椎体间融合及椎弓根螺钉内固定3个手术步骤, 现已成为治疗退行性腰椎管狭窄症、腰椎不稳、腰椎滑脱等退行性腰椎疾患的常用治疗方法。坚强的内固定是获得成功的前提, 椎体融合是最终目的。椎体间植骨可使脊柱前中柱稳定性提高^[1-2], 椎弓根螺钉内固定可使脊柱后柱稳定性明显增高, 两者联合使用可获得前、中、后三柱良好稳定性, 最符合Dennis三柱理论, 获得良好的初稳定, 利于融合; 显著增加脊柱功能单位的刚度, 明显提高椎体融合率。

3.1 不同椎间融合材料的优缺点 腰椎融合应具有4个标准: 成骨性、骨诱导性、骨传导性、机械稳定性。对椎体融合过程, 植骨的作用是非常明显的, 它可以通过骨生成、骨诱导、骨传导3个环节促进骨愈合^[3-4]。植骨经历了自体骨(髂骨)、异体骨、椎间融合器及现在的生物工程材料几个阶段。每种植骨方式都有其各自优缺点: 自体骨移植是目前金标准^[5]。传统采用自体髂骨块移植, 其成骨性、骨诱导性、骨传导性非常好, 生物力学测试显示: 两块带皮质的髂骨块均能承受2.3 kN的压力, 与碳纤维材料相当^[6]。对后路椎体间植骨融合而言, 理论上两块带皮质骨的髂骨块完全能适应正常生理载

荷,但既往融合率一直较低^[7],存在移植骨块高度丢失、增加手术时间及出血量、供骨区感染、长期疼痛等并发症^[8-10]。近年来很多学者报道采用局部自体骨作为植骨材料,包括手术时椎管减压切除的棘突、椎板等,可以单独应用,亦可结合融合器行椎体间融合。Ido等^[11]用整块棘突皮质骨行PLIF取得良好疗效,这种方式植骨能提供相对较大的机械强度、更大的接触面积、更好的恢复双侧椎间盘高度,并且可避免取髂骨。异体骨虽避免了自身取骨所带来的并发症,但骨爬行融合速度较自体骨慢,且存在排斥反应而导致融合失败。Cage椎间融合器的出现,使得术后融合椎间隙高度丢失减少同时又避免了排斥反应,使椎间融合成功率明显提高,但依然存在诸多问题:融合器沉陷、后移,放置位置不佳,术中硬膜囊及神经牵拉过度导致神经损伤^[12],且高额的器械费用不适合国情。Kuslich等^[13]通过多中心前瞻性研究,在对947例椎间盘源性慢性下腰痛患者行腰椎融合手术后存在1.2%的患者Cage移位,大多数发生在融合后3个月内,3.8%融合中发生硬膜囊撕裂,2.4%浅表软组织感染,2.7%融合后持续下肢麻木、足下垂及神经根刺激症状等。生物材料的出现具有良好的应用前景,Sandhu等^[14]通过动物实验提示运用重组人骨形态发生蛋白(rhBMP-2)代替自体骨可以提高椎体融合率及稳定性;临床试验亦证实rhBMP-2具有良好的骨诱导作用,可促进融合^[15]。但生物材料目前尚处于临床初试阶段,远期临床效果有待进一步随访,且高额的材料费用在一定程度上限制其推广。

3.2 自体颗粒骨打压植骨的组织学特点 Taqil^[16]通过动物实验提出颗粒骨成骨好,原因是:颗粒状骨体积小,易于血管尽快长入,表面积大,表面存活细胞较多,有利于释放更多的细胞生长因子,从而发挥骨诱导作用;颗粒骨可使宿主骨更容易向移植骨爬行替代;移植骨的顺应性或弹性在载荷作用下可发生形变,刺激骨生长。王新涛等^[17]研究表明:微小颗粒骨与块状骨修复骨缺损时均有供体骨细胞参与,但微小颗粒骨内有更多的骨细胞存活。微小颗粒骨内存活的骨细胞具有生物学活性,合成并分泌骨生长因子和骨基质蛋白,可以加速骨缺损的修复。目前颗粒骨常被运用于骨缺损及骨修复,并被临床证明具有良好的疗效^[18-19]。松质骨可以通过骨生成、骨诱导、骨传导3个环节促进骨愈合,临床颗粒骨打压植骨所需的骨大多来自自身髂骨或干脆使用异体骨,患者仍避免不了取骨带来的并发症或是高额的异体骨费用。采用自体术区椎管减压咬除的棘突及椎板作为植骨具有如下优点:来源方便,避免髂骨取骨导致的感染、损伤、切口顽固性疼痛等并发症,节省医疗费用;此外,作者认为植骨中混入少量皮质骨可以加强植骨时即时刚度,对维持椎间高度起到一定作用。Zhao等^[20]通过对不同来源的骨质在椎间植骨中的生长情况进行

了观察,认为取自腰椎局部的自体骨植骨有着与髂骨植骨相同的活力和愈合能力。

3.3 椎体间打压植骨的生物力学优点 国外学者对腰椎融合的生物力学研究表明:腰椎椎体间植骨融合应满足以下条件:①植入骨的机械强度应高于通过椎间隙的压应力。②植骨后应保证手术融合节段的即时生物力学稳定性,以促进植骨的生长融合。③植骨面积应超过上下椎体骨性终板30%以上,可以降低终板疲劳破坏的可能。④理想的植骨融合是使得植入骨块处于压应力状态下,以促进其生长^[21-22]。单纯将颗粒骨松散的植入到椎体间,由于椎体承受脊柱近80%重力传导,植入骨的量及强度不够,容易引起术后椎体高度丢失,导致融合失败。但将颗粒骨和打压技术融合在一起应用于椎间植骨符合生物力学要求,在椎弓根螺钉内固定的辅助下,能提供脊柱前中后柱良好的稳定性。

动物模型实验结果显示:与正常状态相比,两组标本融合后前屈、后伸、屈伸、旋转、侧弯等各方向ROM值及中性区范围均明显减小($P < 0.05$);实验组融合后L₂₋₃节段椎间各方向活动度(ROM值)及中性区范围指数(NZ)虽较大,但与对照组相比差异无显著性意义($P > 0.05$),说明打压植骨的机械强度高于椎间隙的压应力,而且融合后即时的生物力学稳定性高,与Cage融合椎弓根螺钉内固定相当。Madan等^[23]研究表明:应用松质骨骨块行椎间打压植骨,可使松质骨的骨面与骨床的接触面积增大,甚至达到椎体终板面积60%以上,从而促进了椎体间植入物骨化的进程,提高融合率。汤立新等^[24]将采用髂骨制作颗粒骨打压植骨内固定联合棘突椎板重建用于治疗腰椎滑脱症取得肯定的效果。Li等^[25]对椎间打压植骨与松散植骨融合进行了比较,结果两者在愈合后对比骨组织、骨髓、软骨组织和纤维组织量无明显差别,而打压后的骨质矿物质的沉积速率明显高于松散的骨质,全部植骨在16周愈合。解京明等^[26]指出:椎体间打压植骨使骨植入量大且应力载荷的平均分配,融合时间短,消除了植入骨下陷的可能,附加创伤小;可避免了由于老年人骨质疏松,术后其他植骨融合方式植骨块的松动、脱出,以及Cage的松动、沉陷和脱出等问题;且利用椎管减压时咬除的棘突及椎板制作颗粒骨,可避免髂骨取骨的各种并发症;能很好地缩减患者的治疗费用。

4 参考文献

- [1] Yan DL, Pei FX, Li J, et al. Comparative study of PLIF and TLIF treatment in adult degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2008;17(10):1311-1316.
- [2] Stonecipher T, Wright S. Posterior lumbar interbody fusion with facet-screw fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1989;14(4):468-471.
- [3] Boden SD. Overview of the biology of lumbar spine fusion and principles for selecting a bone graft substitute. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(16 Suppl 1):S26-S31.
- [4] Boden SD, Schimandle JH, Hutton WC, et al. 1995 Volvo Award in basic sciences. The use of an osteoinductive growth factor for lumbar spinal fusion. Part I: Biology of spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(24):2626-2632.

- [5] Lawrence JP, Waked W, Gillon TJ, et al. rhBMP-2 (ACS and CRM formulations) overcomes pseudarthrosis in a New Zealand white rabbit posterolateral fusion model. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32(11):1206-1213.
- [6] Hollowell JP, Vollmer DG, Wilson CR, et al. Biomechanical analysis of thoracolumbar interbody constructs. How important is the endplate? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(9):1032-1036.
- [7] Hoshijima K, Nightingale RW, Yu JR, et al. Strength and stability of posterior lumbar interbody fusion. Comparison of titanium fiber mesh implant and tricortical bone graft. *Spine*. 1997;22(11):1181-1188.
- [8] Arai Y, Takahashi M, Kurosawa H, et al. Comparative study of iliac bone graft and carbon cage with local bone graft in posterior lumbar interbody fusion. *J Orthop Surg(Hong Kong)*. 2002;10(1):1-7.
- [9] Lin PM. Posterior lumbar interbody fusion technique: complications and pitfalls. *Clin Orthop Relat Res*. 1985;(193):90-102.
- [10] Hai Y, Chen XM, Xhen ZM. *Zhonghua Guke Zazhi*. 2004;24(10):586-589.
海涌,陈晓明,陈志明.后路椎间融合术治疗成人腰椎滑脱的前瞻性研究[J].中华骨科杂志,2004,24(10):586-589.
- [11] Ido K, Asada Y, Sakamoto T, et al. Use of an autologous cortical bone graft sandwiched between two intervertebral spacers in posterior lumbar interbody fusion. *Neurosurg Rev*. 2001;24(2-3):119-122.
- [12] Chen FY, Gu XJ, Bao GX, et al. *Zhongguo Jiaoxing Waikexue Zazhi*. 2003;11(3):193-197.
陈飞雁,顾湘杰,鲍根喜,等.应用Cage与Cage联合椎弓根螺钉系统行后路腰椎体间融合术[J].中国矫形外科杂志,2003,11(3):193-197.
- [13] Kuslich SD, Ulstrom CL, Griffith SL, et al. The Bagby and Kuslich method of lumbar interbody fusion. History, techniques, and 2-year follow-up results of a United States prospective, multicenter trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(11):1267-1278.
- [14] Sandhu HS, Toth JM, Diwan AD, et al. Histologic evaluation of the efficacy of rhBMP-2 compared with autograft bone in sheep spinal anterior interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(6):567-575.
- [15] Burkus JK, Dorchak JD, Sanders DL. Radiographic assessment of interbody fusion using recombinant human bone morphogenetic protein type 2. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(4):372-377.
- [16] Taqil M. The morselized and impacted bone graft. Animal experiments on proteins, impaction and load. *Acta Orthop Scand Suppl*. 2000;290:1-40.
- [17] Wang XT, Yan JL, Yang XS, et al. *Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi*. 2008;10(3):260-265.
王新涛,闫景龙,杨显声,等.微小颗粒骨移植骨细胞活性的实验研究[J].中华创伤骨科杂志,2008,10(3):260-265.
- [18] Wang JG, Wu H, Ding XL, et al. *Zhongguo Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi*. 2008;23(9):711-713.
王金国,吴华,丁晓琳,等.颗粒骨经椎弓根椎体内植骨融合内固定治疗胸腰椎骨折[J].中国骨与关节损伤杂志,2008,23(9):711-713.
- [19] Guo L, Zhao DW. *Zhongguo Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi*. 2008;23(9):723-725.
郭林,赵德伟.难治性人工髋关节置换术后翻修的临床经验[J].中国骨与关节损伤杂志,2008,23(9):723-725.
- [20] Zhao J, Hou T, Wang X, et al. Posterior lumbar interbody fusion using one diagonal fusion cage with transpedicular screw/rod fixation. *Eur Spine J*. 2003;12(2):173-177.
- [21] Chitnavis B, Barbagallo G, Selway R, et al. Posterior lumbar interbody fusion for revision disc surgery: review of 50 cases in which carbon fiber cages were implanted. *J Neurosurg*. 2001;95(2 Suppl):190-195.
- [22] Schlegel KF, Pon A. The biomechanics of posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res*. 1985;(193):115-119.
- [23] Madan S, Boeree NR. Outcome of posterior lumbar interbody fusion versus posterolateral fusion for spondylolytic spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(14):1536-1542.
- [24] Tang LX, Song YC, Fu PJ, et al. *Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi*. 2007;17(4):279,289.
汤立新,宋应超,付鹏军,等.后路减压复位椎间打压植骨内固定联合棘突椎板重建治疗腰椎滑脱症[J].中国脊柱脊髓杂志,2007,17(4):279,289.
- [25] Li H, Zou X, Xue Q, et al. Effects of autogenous bone graft impaction and tricalcium phosphate on anterior interbody fusion in the porcine lumbar spine. *Acta Orthop Scand*. 2004;75(4):456-463.
- [26] Xie JM, Xu S, Wang YS, et al. *Jizhu Waikexue Zazhi*. 2005;3(5):261-265.
解京明,徐松,王迎松,等.后路椎体间打压植骨治疗老年人腰椎退变性疾病的临床报道[J].脊柱外科杂志,2005,3(5):261-265.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 第一作者负责课题设计、实施,第三、四、五作者负责收集临床资料及分析,通讯作者负责评估、指导,第一作者成文,通讯作者审核,第一作者对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理批准: 实验过程中对动物的处置符合中华人民共和国科学技术部 2006 年颁布的《关于善待实验动物的指导性意见》标准。

本文创新性: 2011-01 检索万方、维普和中国知网等,检索关键词:自体颗粒骨,打压植骨,椎体间融合,椎弓根螺钉置入内固定,生物力学,检索到 3 篇相关文献。

颗粒骨打压技术腰椎融合术常作为融合器置入的一种辅助手段,临床疗效得到一致认可,但单纯采用自体颗粒骨打压联合椎弓根钉的临床及生物力学研究报道不多。实验比较后路自体颗粒骨打压植骨内固定及 Cage 内固定的即时生物力学稳定性,为临床上后路自体颗粒骨打压植骨内固定在腰椎椎体间融合的应用提供理论依据和实验指导。