

预防螺钉松动拔出及复位椎体再滑脱：如何更好的治疗骨质疏松性腰椎滑脱症

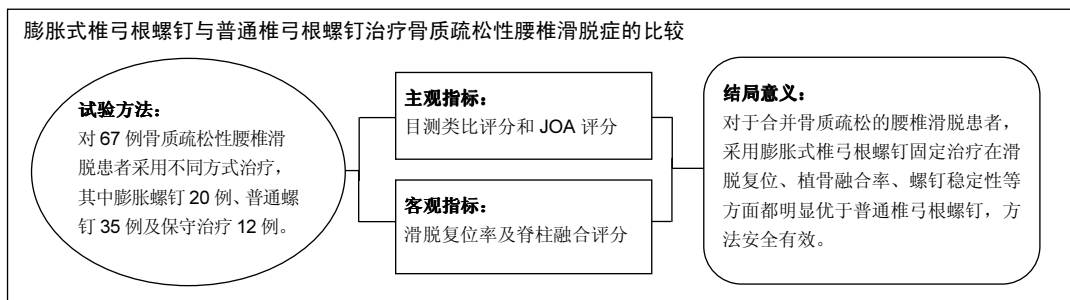
陈晓, 邵高海, 徐海涛(重庆医科大学附属永川医院骨科, 重庆市 402160)

引用本文: 陈晓, 邵高海, 徐海涛. 预防螺钉松动拔出及复位椎体再滑脱: 如何更好的治疗骨质疏松性腰椎滑脱症[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(31):4969-4974.

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.31.009

ORCID: 0000-0001-8782-4309(陈晓)

文章快速阅读:



陈晓, 男, 1991 年生, 四川省内江市人, 汉族, 重庆医科大学附属永川医院在读硕士, 主要从事脊柱外科及创伤骨科方面的研究。

通讯作者: 徐海涛, 硕士, 医师, 重庆医科大学附属永川医院骨科, 重庆市 402160

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2017)31-04969-06

稿件接受: 2017-06-22

文题释义:

滑脱复位率:首先在影像学资料上分别测量出每个手术患者术前、术后滑脱椎体的滑脱距离(滑脱距离=滑脱椎体与下位正常椎体间距离), 计算出滑脱复位距离(即术前、术后滑脱距离差), 最后利用公式: 滑脱复位率=[(术前滑脱距离-术后滑脱距离)/术前滑脱距离]×100%, 即可得到相应椎体的滑脱复位率。

“骨中有钉, 钉中有骨”现象:膨胀式椎弓根螺钉在膨胀后可产生 2 个张开的“爪”状鳍, 嵌入椎体骨质中, 随着时间推移, 钉道周围部分骨小梁会长入膨胀螺钉远端的螺纹间隙及纵性裂隙内, 从而伴随相应骨质生成, 螺钉与椎体骨质相互嵌和, 形成“你中有我、我中有你”的现象, 显著增加了螺钉的抗拔出及抗旋效能, 使得固定更加牢靠。

摘要

背景: 研究认为膨胀式椎弓根螺钉抗旋能力强, 可以很好的预防螺钉松动、拔出, 维持腰椎稳定性、保持其生理曲度, 为远期椎体间融合提供一个安全稳定的环境。

目的: 探讨膨胀式椎弓根螺钉与普通椎弓根螺钉治疗骨质疏松性腰椎滑脱症的差异。

方法: 合并骨质疏松的腰椎滑脱症患者共 67 例分为保守组 12 例、膨胀式椎弓根螺钉组 20 例、普通椎弓根螺钉组 35 例。3 组采集入院时、入院后 1 周、出院后 6 个月、出院后 12 个月、出院后 24 个月的目测类比分值和 JOA 评分及影像学资料, 对螺钉稳定性、脊柱融合情况进行评估, 参考 Meyerding 滑脱分级标准评估椎体的滑脱情况。

结果与结论: ①末次随访时 JOA 改善率: 膨胀式椎弓根螺钉组与普通椎弓根螺钉组相比较差异无显著性意义 ($P=1.00$), 均显著高于保守组 (P 均 < 0.05); ②目测类比分值: 膨胀式椎弓根螺钉组与普通椎弓根螺钉组均显著降低, 两组间比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$), 而保守治疗组目测类比分值时高时低, 反复变化; ③滑脱复位率: 膨胀式椎弓根螺钉组明显高于普通椎弓根螺钉组 ($P < 0.01$); ④内固定后 24 个月脊柱融合评分: 膨胀式椎弓根螺钉组明显高于普通椎弓根螺钉组 ($P=0.035$); ⑤结果说明: 对于合并骨质疏松的腰椎滑脱患者, 采用膨胀式椎弓根螺钉固定在滑脱复位、植骨融合率、螺钉稳定性等方面都明显优于普通椎弓根螺钉, 此方法更加安全有效。

关键词:

骨科植入物; 脊柱植入物; 腰椎滑脱症; 膨胀式螺钉; 普通椎弓根螺钉; 保守治疗

主题词:

骨质疏松; 脊椎滑脱; 内固定器; 组织工程

基金资助:

重庆医科大学附属永川医院资助项目(YJLCX201540)

缩略语:

膨胀式椎弓根螺钉: expansive pedicle screw, EPS; 普通椎弓根螺钉: conventional pedicle screw, CPS

Chen Xiao, Studying for master's degree, Department of Orthopedics, Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 402160, China

Corresponding author: Xu Hai-tao, Master, Physician, Department of Orthopedics, Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 402160, China

Preventing the screw from loosening and pulling out, secondary lumbar spondylolisthesis: how to select a better therapeutic scheme for osteoporotic lumbar spondylolisthesis?

Chen Xiao, Shao Gao-hai, Xu Hai-tao (Department of Orthopedics, Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 402160, China)

Abstract

BACKGROUND: Expansive pedicle screws have been found to have strong resistance to rotation, prevent screw loosening and pulling out, and maintain the stability and physiological curvature of lumbar vertebrae, so it provides a secure and stable environment for long-term intervertebral fusion.

OBJECTIVE: To investigate the clinical efficacy of the expandable versus conventional pedicle screws in the treatment of osteoporotic lumbar spondylolisthesis.

METHODS: A total of 67 cases of osteoporotic lumbar spondylolisthesis were randomized into three groups, and then treated with conservative treatment ($n=12$), expansive pedicle screws ($n=20$), and common pedicle screws ($n=35$), respectively. The Japanese Orthopaedic Association and Visual Analogue Scale scores as well as radiological data were obtained immediately and 1 week after admission, 6 and 12 months after discharge. The stability of the screw and spinal fusion were evaluated, and the spondylolisthesis was assessed according to Meyerding system.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The improvement rate of Japanese Orthopaedic Association scores at the last follow-up showed no significant difference between expansive and common groups ($P=1.00$), and the improvement rate in the expansive and common groups was significantly higher than that in the conservative group ($P < 0.05$). (2) The Visual Analogue Scale scores in the expansive and common groups were significantly decreased, and the scores did not differ significantly between two groups ($P > 0.05$); the scores in the conservative group changed irregularly. (3) The reduction rate of spondylolisthesis in the expansive group was significantly higher than that in the common group ($P < 0.01$). (4) The spinal fusion score at 24 months postoperatively in the expansive group was significantly higher than that in the common group ($P=0.035$). (5) For osteoporotic patients with lumbar spondylolisthesis, the expansive pedicle screws are much better than the common pedicle screws in the spondylolisthesis reduction, fusion rate of bone graft, screw stability; therefore, it is a safer and more effective method.

Subject headings: Osteoporosis; Spondylolisthesis; Internal Fixators; Tissue Engineering

Finding: the Project of Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University, No. YJLCX201540

Cite this article: Chen X, Shao GH, Xu HT. Preventing the screw from loosening and pulling out, secondary lumbar spondylolisthesis: how to select a better therapeutic scheme for osteoporotic lumbar spondylolisthesis? *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2017;21(31):4969-4974.

0 引言 Introduction

随着中国老龄化现象日趋严重,越来越多的骨质疏松症患者因相关脊柱疾病(如脊柱骨折、椎管狭窄、脊柱滑脱等)需要行内固定手术治疗。其中,椎弓根螺钉内固定因为其短节段、三柱固定等特点成为目前最常用的脊柱后路内固定技术。然而,在骨质疏松椎体中由于骨密度降低、骨小梁数目减少、骨皮质变薄,使传统椎弓根螺钉把持力下降,极易发生螺钉松动、拔出,从而导致脊柱复位、固定、融合失败等情况^[1-3]。为此,国内外许多学者做了大量的探索研究,目前膨胀式椎弓根螺钉(expansive pedicle screw, EPS)内固定技术被认为是一种理想的临床选择^[4-6],但真正应用到临床的报道却极少。重庆医科大学附属永川医院针对伴有骨质疏松的腰椎滑脱症患者,分别采用EPS固定、普通椎弓根螺钉内固定(conventional pedicle screw, CPS),总结治疗效果,报告如下。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析。

1.2 时间及地点 与2011年1月至2013年7月在重庆医科大学附属永川医院骨科完成。

1.3 材料 研究中所用的椎弓根螺钉材质为医用钛合金,均由重庆科威医疗器材有限公司提供。

1.4 对象 纳入重庆医科大学附属永川医院脊柱外科2011年1月至2013年7月期间收治的合并骨质疏松的腰椎滑脱症患者67例。所有患者均拍摄腰椎正、侧位及过伸、过屈动力位X射线片、腰椎CT(必要时行MRI检查)、双能X

射线骨密度检查等。

按照治疗方案的不同,分为保守治疗组12例(男5例,女7例,年龄60-83岁,病程6个月-3年,平均23个月)、EPS组20例(男6例,女14例,年龄60-74岁,病程6个月-14年,平均35个月)、CPS组35例(男13例,女22例,年龄60-78岁,病程6个月-11年,平均33个月)。

1.4.1 纳入标准 ①符合骨质疏松诊断标准^[7],确诊为骨质疏松性腰椎滑脱症;②腰椎管狭窄严重,腰痛、下肢疼痛、间歇性跛行、马尾综合征等症状明显,严重影响患者日常生活、工作,且经保守治疗6个月无明显缓解;③年龄大于60岁,且所有患者均不从事重体力劳动;④全身情况可耐受手术;⑤符合医学伦理学要求,患者知情同意治疗方案。

1.4.2 排除标准 ①年龄小于60岁;②经药物、输液等保守治疗后症状明显缓解者;③合并有严重心肺疾病或下肢深静脉血栓等者;④患者及家属拒绝手术者。

1.5 方法

1.5.1 保守方法 入院后予以卧床休息、腰背肌锻炼、戴腰围或支具,禁止进行增加腰部负重的活动(如提重物、弯腰等),结合物理治疗(如TDP治疗),并予以非类固醇类抗炎药、甘露醇、地塞米松、活血化瘀、营养神经等药物治疗措施。

1.5.2 手术治疗 术前30 min均予以静脉滴入抗生素,待全身麻醉后取俯卧位。以病变椎体为中心采取后正中纵行切口,完全显露双侧椎板、关节突。在病变部位行全椎板开窗减压,彻底松解受累神经根,暴露并刮除椎间盘组织。于病变椎体及上下相邻椎体置入椎弓根螺钉,若使用

EPS, 需放入膨胀内芯, 然后安装预弯好的固定棒, 拧紧螺帽, 按实际情况复位病椎。然后将切取的椎板、棘突自体骨组织咬碎后放入合适椎间融合器, 再将其置于椎间隙。置引流管后关闭切口。

1.5.3 术后处理 术后常规预防感染24-48 h, 甘露醇、地塞米松药物治疗3-5 d, 术后48-72 h拔除引流管, 术后2周切口拆线并开始进行腰背肌功能锻炼, 术后卧床4-6周后佩戴支具下地活动, 积极预防并发症。所有患者均联合醋酸钙、骨化三醇、阿仑膦酸钠等抗骨质疏松治疗。

1.6 主要观察指标 所有患者均在入院时、入院后1周(此时需要手术的患者已经完成了手术治疗)、出院后6个月、出院后12个月、出院后24个月行目测类比(VAS)评分和日本骨科协会评估治疗分数(JOA评分)(Japanese orthopedic association scores)^[8-9]。

两组手术病例均采集入院时、术后1周、术后6, 12, 24个月的影像学资料(X射线片、CT或MRI), 参照burkus等和Singh等^[10-11]提出的方法对螺钉稳定性、脊柱融合情况进行评估, 参考Meyerding滑脱分级标准评估椎体的滑脱情况^[12], 并计算出滑脱复位率=[(术前滑脱距离-术后滑脱距离)/术前滑脱距离]×100%。

1.7 统计学分析 采用SPSS 19.0统计软件分析数据, 计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 多样本间比较采用 t 检验, 计数资料采用 χ^2 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 本研究共纳入67例患者, 均完成2年的随访, 并完成X射线片、CT或MRI检查, 纳入病例无脱落。其中手术组住院时间较短, 一般在术后1周左右出院, 仅有2例合并糖尿病患者因切口愈合困难, 延长了住院时间, 出院时所有患者腰腿痛、麻木、乏力等不适均得到明显缓解; 保守治疗组服药时间较长, 有部分患者出现严重的胃肠道反应, 予以保胃治疗后均缓解, 所有患者临床表现均明显减轻。

2.2 两组基线资料比较 3组病例基本资料(性别、年龄、身高等)比较, 差异无显著性意义($P > 0.05$)。表1。

表1 各组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of the baseline data among groups

项目	EPS组 (n=20)	CPS组 (n=35)	保守组 (n=12)	P值
性别(男/女, n)	6/14	13/22	5/7	0.592; 0.501; 0.781
年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	65.75±4.49	68.31±5.23	66.75±6.30	0.072; 0.604; 0.400
身高($\bar{x}\pm s$, cm)	159.90±7.27	159.54±6.25	162.83±6.95	0.848; 0.270; 0.133

表注: EPS: 膨胀式椎弓根螺钉; CPS: 普通椎弓根螺钉。3组病例基本资料(性别、年龄、身高等)比较, 差异无显著性意义($P > 0.05$)。

2.3 目测类比评分 3组病例治疗前的目测类比评分比较差异均无显著性意义($P > 0.05$)。EPS组目测类比得分从入

院时的(8.55±1.00)分降低到末次随访时的(1.30±0.47)分, CPS组目测类比得分从入院时的(8.74±0.78)分降低到末次随访时的(1.46±0.61)分, 而保守治疗组目测类比评分时高时低, 反复变化, 说明保守治疗时患者病情能够缓解, 但易反复。EPS组入院时与术后1周、术后随访相比较差异均有显著性意义($P < 0.01$), 而术后1周与术后随访过程之间两两比较差异均无显著性意义($P > 0.05$); 同理, CPS组入院时与术后1周、术后随访相比较差异亦均有显著性意义($P < 0.01$), 而术后1周与术后随访过程之间两两比较差异均无显著性意义($P > 0.05$); 而且两组组间比较差异亦无显著性意义[($P_{(术前)}=0.430$; $P_{(术后1周)}=0.928$; $P_{(术后6个月)}=0.733$; $P_{(术后12个月)}=0.426$; $P_{(术后24个月)}=0.325$]; EPS组、CPS组术后与保守治疗组比较差异均有显著性意义($P < 0.05$), 且手术组目测类比得分明显低于保守治疗组, 见图1。

2.4 JOA评分 3组病例治疗前的JOA评分比较差异均无显著性意义($P > 0.05$)。出院后24个月时随访JOA改善率: 保守治疗组显效3例(占25%), 有效4例(占33.3%), 无效5例(占41.7%); EPS组显效15例(占75%), 有效4例(占20%), 无效1例(占5%), 无效1例为术前出现双小腿肌肉萎缩、无力, 术后疼痛缓解, 但麻木、无力恢复不佳; CPS组显效24例(占68.6%)、有效8例(占22.9%), 无效3例(占8.5%), 无效3例均为术后症状明显改善, 但随访中逐渐出现反复腰背部胀痛、活动受限, 佩戴支具可明显减轻; 其中EPS组与CPS组两组相比较差异无显著性意义($P=1.00$); 而分别与保守组比较差异均有显著性意义($P_{(EPS)}=0.018$; $P_{(CPS)}=0.018$), 见图2。

2.5 滑脱复位率、螺钉稳定性及脊柱融合情况 术后1周及术后24个月复位率EPS组、CPS组两组组间比较, 差异均有显著性意义($P < 0.001$); 两组组内比较, EPS组差异无显著性意义($P > 0.05$), CPS组差异有显著性意义($P < 0.01$); 同时, EPS组滑脱复位率明显高于CPS组(见表2)。EPS组所有EPS均完全膨胀, 术中、术后随访均未出现断钉、松动、拔出等并发症; 而CPS组术中拔钉10例, 术后随访松动18例, 无断钉等并发症。两组手术病例术后24个月时, 脊柱融合评分比较差异有显著性意义($P=0.035$), EPS组评分明显高于CPS组(见表3)。

2.6 典型病例 患者老年女性, 65岁, 因“腰背部疼痛1年, 加重1天入院”, 诊断为L₄椎体滑脱症伴骨质疏松症。采用膨胀式椎弓根螺钉手术治疗, 内固定后24个月随访时椎间已融合, 内固定无松动、断裂等。见图3。

3 讨论 Discussion

腰椎滑脱手术治疗的主要目的是解除神经压迫、矫正脊柱畸形和恢复脊柱的稳定性^[13-15], 但是否复位却存在很大争议^[16]。目前, 根据大多数学者的观点, 手术治疗没必要追求解剖复位, 但是需尽可能使腰椎的剪切应力恢复至生理水平, 这样能够有效的促进椎体间融合, 从而减少假

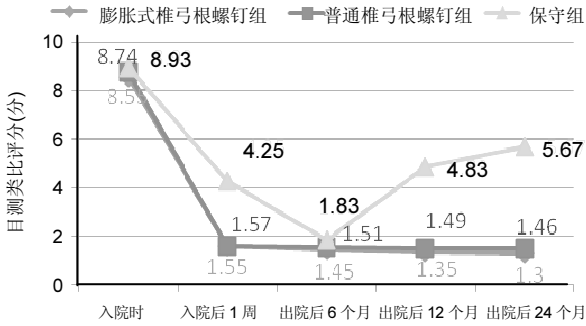


图 1 三组患者治疗前后目测类比评分(分)

Figure 1 Visual Analogue Scale scores of the patients in each group before and after treatment

图注: 膨胀式椎弓根螺钉组、普通椎弓根螺钉组目测类比得分明显低于保守治疗组。

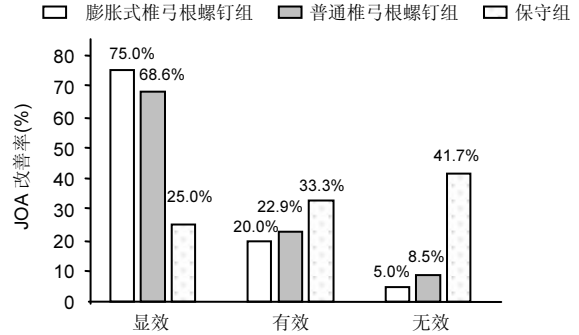


图 2 三组末次随访时 JOA 评分改善率(%)

Figure 2 Improvement rate of the Japanese Orthopaedic Association scores at the last follow-up in each group

图注: 膨胀式椎弓根螺钉组和普通椎弓根螺钉组 JOA 评分改善率显著高于保守组。



图 3 女性患者 65 岁, L₄ 椎体滑脱症合并骨质疏松采用膨胀式椎弓根螺钉治疗前后影像学资料

Figure 3 Radiological images of a 65-year-old female patient with L₄ spondylolisthesis combined with osteoporosis before and after internal fixation with expansive pedicle screws

图注: 图 A-C 为术前侧位 X 射线片、CT 及重建片; D-E 为内固定后正、侧位 X 射线片, 示膨胀螺钉均膨胀; F-G 为随访 12 个月时侧位 X 射线片和 CT; H-L 为随访 24 个月时的正、侧位 X 射线片、CT 及重建片, 示椎间已融合, 内固定无松动、断裂等。

表 2 EPS 组和 CPS 组患者治疗前后滑脱复位率 ($\bar{x} \pm s, \%$)

Table 2 Reduction rate of spondylolisthesis in the expansive and common pedicle screw groups before and after treatment

组别	术后 1 周	术后 6 个月	术后 12 个月	术后 24 个月
EPS 组	94.29±3.80	94.28±3.81	94.27±3.80	94.26±3.81 ^b
CPS 组	86.52±3.07	84.38±3.03	83.23±3.02	83.11±3.01 ^a

表注: EPS: 膨胀式椎弓根螺钉; CPS: 普通椎弓根螺钉。组内比较, ^a $P < 0.01$; 与术后 24 个月 EPS 组比较, ^b $P < 0.001$ 。

表 3 EPS 组和 CPS 组患者治疗前后脊柱融合评分 ($\bar{x} \pm s, \text{分}$)

Table 3 Spinal fusion score in the expansive and common pedicle screw groups before and after treatment

组别	术后 6 个月	术后 12 个月	术后 24 个月
EPS 组	1.50±0.51	2.65±0.59	2.80±0.52 ^{ab}
CPS 组	1.14±0.36	2.00±0.69	2.43±0.74 ^a

表注: EPS: 膨胀式椎弓根螺钉; CPS: 普通椎弓根螺钉。组内比较, ^a $P < 0.05$; 与 CPS 组比较, ^b $P < 0.05$ 。

关节的发生率, 亦可减少滑脱继续进展, 最终能够显著地改善神经症状。

椎弓根螺钉固定是临床广泛应用的复位固定技术, 但对于合并骨质疏松的患者, 普通的椎弓根螺钉把持力不够, 容易造成滑脱椎体复位不良或术后承载负荷过大, 造成椎

弓根螺钉松动、拔出等, 从而导致复位椎体再次滑脱或假关节形成, 远期影响脊柱融合。有研究证实螺钉在骨质疏松椎体内的固定强度不牢^[17-18], 常在椎体内松动、移位, 使螺钉固定失败率高达 12%。这些现象临床常有发生, 目前还未找到增强椎弓根螺钉固定的理想选择。研究表明: 椎弓根螺

钉轴向拔出力与骨密度成正相关, 骨密度的降低常导致内固定失败^[19-22]。因此很多学者相继设计出膨胀式椎弓根螺钉, 不仅能维持其在椎弓根内的直径, 还能增加其在椎体中的直径, 并从生物力学方面研究证实其稳定性增强。其中Chen等^[23]的研究通过比较普通螺钉、膨胀式螺钉、骨水泥强化螺钉3种方式的稳定性试验发现, 膨胀螺钉在骨质疏松性椎体中能提供足够的稳定性, 相当于2 mL骨水泥强化螺钉内固定所能提供的抗拔出力, 且具有避免骨水泥外漏风险的优点。先前生物力学检验显示, 膨胀式椎弓根螺钉具有良好的固定稳定性^[24-25], 且能使拔出强度改善较普通螺钉提高28%^[26], 使得其在椎体中更加牢固固定, 把持力更强, 更加稳定, 能避免螺钉松动、拔出^[27]。

本研究通过滑脱复位率、螺钉稳定性及脊柱融合情况等对采用膨胀式椎弓根螺钉固定患者进行观察和随访。膨胀式椎弓根螺钉在术中提拉椎体复位时均未出现拔钉现象, 术后影像学检查随访中也未出现松动、拔出等情况; 而普通螺钉在术中提拉复位时有10例拔钉, 术后松动、拔出18例, 但无断钉情况。这是因为膨胀式椎弓根螺钉特有的设计, 不仅增加了内植物与椎体接触面的成角角度, 而且提高了螺钉的把持力, 也因为螺钉前部膨胀, 使钉道周围骨质压缩, 增加了骨与螺钉间紧密接合, 从而提高了膨胀式椎弓根螺钉的稳定性^[27]。此外, 螺钉前部膨胀后形成“爪”状, 嵌入椎体骨质中, 因而使其抗旋转力明显高于普通螺钉^[28]。也正因为这个原因, 无论术后或末次随访时膨胀式椎弓根螺钉的滑脱复位率均明显高于普通螺钉。除了有上述原因外, 随着时间推移, 骨小梁会长入膨胀后的螺钉间隙, 使螺钉内外形成骨连接, 构成一种“骨中有钉, 钉中有骨”现象^[29-30], 使螺钉的固定更加牢固。因此膨胀式椎弓根螺钉相对普通螺钉而言, 具有把持力更强, 术中复位更彻底, 能够更好的预防螺钉松动、拔出、复位椎体再滑脱等情况。由于其能很好的维持腰椎稳定性、保持其生理曲度, 为远期椎体间融合提供一个安全稳定的环境, 故其椎体间融合时间及成功率明显优于普通椎弓根螺钉系统。

本试验通过滑脱复位率、螺钉稳定性及脊柱融合情况证实采用膨胀式椎弓根螺钉固定明显优于普通椎弓根螺钉。但本研究也有一定局限性: 首先, 本研究样本量较小, 仅纳入67例患者进行分析, 且随访时间有限; 其次, 手术患者未进行随机分组及盲法, 存在偏倚, 主要与患者经济状况及主观意愿等有关; 同时, 每个患者术后的生活习惯、劳动方式不相同, 对术后恢复效果亦造成一定影响。未来需要大样本量、多中心、长期随访的随机对照研究以验证本研究结果。

综上所述, 对于老年骨质疏松症合并腰椎滑脱症的患者, 膨胀式椎弓根螺钉系统较普通椎弓根螺钉系统而言, 具有更强的把持力、固定更加牢固、远期并发症少等优点,

更加的安全、有效, 是老年骨质疏松性腰椎滑脱症的理想内固定器, 可以更加广泛的应用于临床。

致谢: 感谢重庆医科大学附属永川医院放射科对本研究的技术支持。

作者贡献: 邵高海负责课题设计; 徐海涛负责课题实施, 徐海涛、陈晓负责数据测量、资料收集及数据分析; 徐海涛、陈晓构思并写作完成; 邵高海指导课题设计与协调。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 临床试验研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和医院对人体研究的相关伦理要求。文章的撰写与编辑修改后文章遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE指南)。参与实验的患病个体及其家属为自愿参加, 均对实验过程完全知情同意, 在充分了解本治疗方案的前提下签署“知情同意书”。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审, 符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 第一作者对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁, 可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享3.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] 杜泽阳. 椎弓根螺钉内固术后螺钉松动原因临床探析[J]. 中外医疗, 2013, 32(32): 83-84.
- [2] Galbusera F, Volkheimer D, Reitmaier S, et al. Pedicle screw loosening: a clinically relevant complication?. Eur Spine J.2015;24(5): 1005-1016.
- [3] 张思萌. 老年人胸腰椎椎弓根螺钉内固定术后螺钉松动原因分析[J]. 中华老年医学杂志, 2015, 34(11): 1178-1181.
- [4] Liu D, Shi L, Lei W, et al. Biomechanical Comparison of Expansive Pedicle Screw and Polymethylmethacrylate-augmented Pedicle Screw in Osteoporotic Synthetic Bone in Primary Implantation: An Experimental Study. Clin Spine Surg.2016;29(7):E351-7.
- [5] Vishnubhotla S, McGarry WB, Mahar AT, et al. A titanium expandable pedicle screw improves initial pullout strength as compared with standard pedicle screws. Spine J.2011;11(8): 777-781.
- [6] Tai CL, Tsai TT, Lai PL, et al. A Biomechanical Comparison of Expansive Pedicle Screws for Severe Osteoporosis: The Effects of Screw Design and Cement Augmentation. PLoS One.2015;10(12): e0146294.
- [7] 张智海. 中国人骨质疏松症诊断标准专家共识(第三稿·2014版)[J]. 中国骨质疏松杂志, 2014, 20(9): 1007-1010.
- [8] van Hooff ML, Spruit M, Fairbank JC, et al. The Oswestry Disability Index (version 2.1a): validation of a Dutch language version. Spine (Phila Pa 1976). 2015;40(2): E83-90.
- [9] 张绍东. 改良经椎间孔椎体间融合术治疗腰椎退行性疾病[J]. 中国矫形外科杂志, 2008, 16(11): 811-814.

- [10] 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.
- [11] Singh K, Smucker JD, Gill S, et al. Use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 as an adjunct in posterolateral lumbar spine fusion: a prospective CT-scan analysis at one and two years. *J Spinal Disord Tech*.2006;19(6): 416-423.
- [12] Sasso RC, Shively KD, Reilly TM. Transvertebral Transsacral strut grafting for high-grade isthmic spondylolisthesis L₅-S₁ with fibular allograft. *J Spinal Disord Tech*.2008;21(5): 328-333.
- [13] 杨志勇,王开明,廖亮,等.后路椎弓根钉内固定联合椎间植骨融合治疗老年腰椎滑脱的效果[J]. *中国老年学杂志*, 2016, (14): 3505-3506.
- [14] Cunningham JE, Elling EM, Milton AH, et al. What is the optimum fusion technique for adult isthmic spondylolisthesis--PLIF or PLF? A long-term prospective cohort comparison study. *J Spinal Disord Tech*. 2013; 26(5): 260-267.
- [15] Liu XY, Qiu GX, Weng XS, et al. What is the optimum fusion technique for adult spondylolisthesis-PLIF or PLF or PLIF plus PLF? A meta-analysis from 17 comparative studies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014; 39(22): 1887-1898.
- [16] 陈佳海,白雪东,刘立洋,等. 峡部裂伴轻度腰椎滑脱原位融合与复位融合临床疗效的Meta分析[J]. *中国骨与关节杂志*, 2017,6 (5): 379-385.
- [17] 刘达.骨质疏松尸体腰椎中膨胀式椎弓根螺钉与骨水泥强化椎弓根螺钉固定稳定性的比较研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2014, 24(7): 638-643.
- [18] Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. A selected survey of ABS members. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(15): 2231-2238; discussion 2238-2239.
- [19] Reitman CA, Nguyen L, Fogel GR. Biomechanical evaluation of relationship of screw pullout strength, insertional torque, and bone mineral density in the cervical spine. *J Spinal Disord Tech*.2004;17(4): 306-311.
- [20] Reinhold M, Schwieger K, Goldhahn J, et al. Influence of screw positioning in a new anterior spine fixator on implant loosening in osteoporotic vertebrae[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006, 31(4): 406-413.
- [21] Krishnan V, Varghese V, Kumar GS. Comparative Analysis of Effect of Density, Insertion Angle and Reinsertion on Pull-Out Strength of Single and Two Pedicle Screw Constructs Using Synthetic Bone Model. *Asian Spine J*. 2016;10(3): 414-421.
- [22] Zhuang XM, Fu CF, Liu WG, et al. Biomechanical effect of the correction on the anchoring strength of de-orbiting S1 bicortical pedicle screw - An in-vitro investigation in normal and osteoporotic conditions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2016;36: 26-31.
- [23] Chen YL, Chen WC, Chou CW, et al. Biomechanical study of expandable pedicle screw fixation in severe osteoporotic bone comparing with conventional and cement-augmented pedicle screws. *Med Eng Phys*. 2014; 36(11):1416-1420.
- [24] Gao M, Lei W, Wu Z, et al. Biomechanical evaluation of fixation strength of conventional and expansive pedicle screws with or without calcium based cement augmentation. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*.2011;26(3):238-244.
- [25] Liu D, Zhang Y, Zhang B, et al. Comparison of expansive pedicle screw and polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw in osteoporotic sheep lumbar vertebrae: biomechanical and interfacial evaluations. *PLoS One*.2013; 8(9):e74827.
- [26] Lei W, Wu Z. Biomechanical evaluation of an expansive pedicle screw in calf vertebrae. *Eur Spine J*. 2006;15(3): 321-326.
- [27] 郝宇鑫,吴子祥,杨照,等. 膨胀式椎弓根螺钉在骨质疏松患者腰椎短节段固定融合手术中的临床应用[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017,27(2):136-141.
- [28] 吴子祥. 膨胀式椎弓根螺钉抗旋出性能的生物力学测试[J]. *中国矫形外科杂志*, 2004,12(9): 695-697.
- [29] Wan S, Lei W, Wu Z, et al. Biomechanical and histological evaluation of an expandable pedicle screw in osteoporotic spine in sheep. *Eur Spine J*.2010;19(12):2122-2129.
- [30] Gazzeri R, Roperto R, Fiore C. Surgical treatment of degenerative and traumatic spinal diseases with expandable screws in patients with osteoporosis: 2-year follow-up clinical study. *J Neurosurg Spine*.2016;25(5): 610-619.