

· 临床研究 ·

小切口单侧椎弓根螺钉联合对侧经皮椎板关节突螺钉固定并椎间融合治疗腰椎病变的并发症分析

曾忠友, 吴鹏, 宋永兴, 张建乔, 唐宏超, 籍剑飞

(武警部队骨科医学中心 武警浙江省总队医院骨二科, 浙江 嘉兴 314000)

【摘要】 目的: 总结小切口单侧椎弓根螺钉联合对侧经皮椎板关节突螺钉固定并椎间融合治疗腰椎病变并发症的发生特点和原因。**方法:** 对 2008 年 1 月至 2013 年 12 月采用小切口单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下经皮对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨治疗的 166 例腰椎病变患者进行回顾性分析, 其中男 64 例, 女 102 例; 年龄 24~74 岁, 平均 51.9 岁; 病程 8 个月~30 年, 平均 47.5 个月; 腰椎间盘退变 49 例, 腰椎间盘突出术后原位复发 17 例, 巨大型腰椎间盘突出 23 例, 腰椎间盘突出伴椎管狭窄 27 例, 腰椎退行性 I 度滑脱(Meyerding 分级系统) 21 例, 极外侧型腰椎间盘突出 5 例; 单节段病变 124 例, 双节段病变 42 例; L_{3,4} 6 例, L_{4,5} 97 例, L₅S₁ 21 例, L_{2,3}、L_{3,4} 1 例, L_{3,4}、L_{4,5} 26 例, L_{4,5}、L₅S₁ 15 例。**结果:** 166 例患者术中无异常出血, 均未输血; 术中硬脊膜损伤并脑脊液漏 1 例、椎弓根(椎弓根入点)骨折 4 例、终板损伤 2 例。切口皮肤无坏死, 切口无感染。术后未出现脑脊液漏, 神经根损伤 1 例。椎弓根螺钉位置 I 度 163 例 371 枚螺钉, II 度 3 例 3 枚螺钉; 椎板关节突螺钉 I 型 157 例 199 枚螺钉, II 型 8 例 8 枚螺钉, III 型 1 例 1 枚螺钉; 椎板关节突螺钉偏短 2 例。失访 5 例, 死亡 2 例, 其余病例获得 12~60 个月的随访, 平均 35.4 个月。随访过程中出现终板切割并融合器部分嵌入椎体 14 例 14 个节段。出现异常的双下肢疼痛 1 例。除 11 例 11 个节段不能明确外, 其余 148 例 189 个节段获得椎间融合。未发现椎弓根螺钉与椎板关节突螺钉松动、移位、断裂, 椎间融合器亦无前后向移位, 未观察到邻近节段的明显退变现象。末次随访时腰椎冠状面 Cobb 角、矢状面 Cobb 角及 JOA 评分较术前均有明显的改善。**结论:** 虽然小切口单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下经皮对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨治疗腰椎病变是一较好的手术方式, 但仍面临着并发症的问题, 要求术者具有丰富的脊柱外科手术经验、术中严谨的操作、充分利用影像辅助系统, 以有效地降低手术并发症的发生。

【关键词】 腰椎; 椎弓根螺钉; 椎板关节突螺钉; 脊柱融合术; 手术后并发症

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2016.03.008

Unilateral pedicle screw fixation combined with contralateral percutaneous translaminar facet screw fixation and lumbar interbody fusion for the treatment of lower lumbar diseases: an analysis of complications ZENG Zhong-you, WU Peng, SONG Yong-xing, ZHANG Jian-qiao, TANG Hong-chao, and JI Jian-fei. The Second Department of Orthopaedics, Hospital of Zhejiang General Corps of Chinese People's Armed Police Forces, Jiaxing 314000, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To investigate the features and causes of complications of unilateral pedicle screw fixation combined with contralateral percutaneous translaminar facet screw fixation and lumbar interbody fusion in treating lower lumbar diseases. **Methods:** The clinical data of 166 patients with lower lumbar diseases who underwent unilateral pedicle screw fixation combined with contralateral percutaneous translaminar facet screw fixation and lumbar interbody fusion with intervertebral cages from January 2008 to December 2013 were retrospectively analyzed. There were 64 males and 102 females, aged from 24 to 74 years with a mean of 51.9 years old, suffered from lower lumbar lesions for 47.5 months on average (ranged, 8 months to 30 years). Among these patients, lumbar intervertebral disc degeneration was found in 49 patients, recurred lumbar intervertebral disc protrusion in 17 patients, massive lumbar intervertebral disc protrusion in 23 patients, lumbar intervertebral disc protrusion accompany with spinal canal stenosis in 27 patients, lumbar degenerative spondylolisthesis with degree I (Meyerding grade) in 21 patients, far lateral lumbar intervertebral disc protrusion in 5 patients. Single segmental diseases occurred in 124 patients and two segmental diseases in 42 patients. The diseases occurred at L_{3,4} segment in 6 patients, at L_{4,5} segment in 97 patients, at L₅S₁ segment in 21 patients, at L_{2,3} and L_{3,4} segments in 1 patient, at L_{3,4} and L_{4,5} segments in 26 patients, and at L_{4,5} and L₅S₁ segments in 15 patients. **Results:** There was no abnormal bleeding in the patients and no patient received blood trans-

基金项目: 浙江省卫生厅科研项目资助(编号: 2010KYB112)

Fund program: Provided by Scientific Research Foundation of Zhejiang Province Health Bureau (No.2010KYB112)

通讯作者: 宋永兴 E-mail: jxybgs@163.com

Corresponding author: SONG Yong-xing E-mail: jxybgs@163.com

fusion. During the surgery, spinal dura mater injury with cerebrospinal fluid leakage complicated in 1 patient, a fracture of vertebral pedicle in 4 patients, and end plate injury in 2 patients. No postoperative cerebrospinal fluid, incision infection and skin necrosis were found after operation. Nerve root injury was found in 1 patient. According to the position of pedicle screw, 371 screws of 163 patients were in degree I and 3 screws of 3 patients were in degree II; position of translaminar facet screw, 199 screws of 157 patients were type I, 8 screws of 8 patients were type II, 1 screw of 1 patient was type III. Translaminar facet screw was slightly short in 2 patients. Five patients were lost to follow-up, two patients were died. The remaining patients were followed up for 35.4 months on average (ranged, 12 to 60 months). During the follow-up period, end plate was cut off and intervertebral cages were embedded in 14 segments of 14 patients. Abnormal pain of both lower extremities was found in 1 patient. With the exception of 11 unidentified segments in 11 patients, 189 segments of 148 patients obtained intervertebral fusion. No loosening, displacement, breakage of pedicle screw or translaminar facet screw, displacement of intervertebral cages or obvious degeneration of adjacent segments were found. The coronal and sagittal planes balance of lumbar vertebra were obviously improved. Postoperative JOA score was significantly increased than that of preoperative. **Conclusion:** Unilateral pedicle screw fixation combined with contralateral percutaneous translaminar facet screw fixation and lumbar interbody fusion with intervertebral cages is a good choice for the treatment of lower lumbar diseases, but it has a risk of complications. Abundant surgeon's surgical experience, careful operation, and rational use of imaging technique can effectively reduce the incidence of complications.

KEYWORDS Lumbar vertebra; Pedicle screws; Translaminar facet screws; Spinal fusion; Postoperative complication

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(3):232-241 www.zggszz.com

近年来,单侧椎弓根螺钉联合对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合作为一种有效的固定融合方法,已有较多应用于腰椎单节段或双节段病变治疗的报道^[1-6],其具有切口小、创伤小、操作简单、非坚强固定、稳定性好、恢复快、融合率高和效果好等优点。然而与任何一种腰椎固定融合治疗方法相同,其亦面临着手术并发症的问题,并发症的发生不仅影响了腰椎病变的治疗效果,而且一定程度上制约了此项技术的发展,为了总结单侧椎弓根螺钉联合对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合技术其并发症的发生原因和规律,现回顾分析我院自 2008 年 1 月至 2013 年 12 月采用小切口单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下经皮对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合治疗的 166 例腰椎病变的并发症发生情况,报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本组 166 例,男 64 例,女 102 例;年龄 24~74 岁,平均 51.9 岁;病程 8 个月~30 年,平均 47.5 个月;均有腰痛病史,其中伴双下肢放射痛 18 例,伴一侧下肢放射痛 127 例。影像学检查提示:均存在病变节段椎间盘信号改变并椎间隙高度下降,其中病变椎间盘呈真空样改变 52 例,腰椎过屈过伸位表现为椎体终板角度变化 $>15^\circ$ 或椎体前后位移 $>5\text{ mm}$ 者 49 例。腰椎间盘退变 49 例(临床上表现为顽固性腰痛,不耐久行、久站,影像学检查显示病变节段椎间隙高度下降,椎间盘向四周膨出,部分病例伴有真空症),腰椎间盘突出术后原位复发 17 例,巨大型腰椎间盘突出 23 例,腰椎间盘突出伴椎管狭窄 27 例,腰椎退行性滑脱 I 度(Meyerding 分级系统)21 例,极外侧

型腰椎间盘突出 5 例。单节段病变 124 例,双节段病变 42 例。 $L_{3,4}$ 6 例, $L_{4,5}$ 97 例, L_5S_1 21 例, $L_{2,3}$ 、 $L_{3,4}$ 1 例, $L_{3,4}$ 、 $L_{4,5}$ 26 例, $L_{4,5}$ 、 L_5S_1 15 例。本组病例均经保守治疗半年以上效果不佳。

1.2 治疗方法

1.2.1 手术方法 均采用全麻,患者取俯卧位,以病变节段为中心经棘突做腰部正中纵行切口,逐层切开,沿棘突及椎板表面剥离一侧(有神经根症状侧或病变严重侧)竖脊肌,使用自行设计的组配型横突拉钩^[7](专利号:ZL 2013 2 0442436.7)撑开。首先于病变节段上下椎体经椎弓根置入螺钉,如为单节段病变则置入 2 枚螺钉,如为双节段病变则置入 3 枚螺钉,然后经椎间孔入路行椎管减压、髓核摘除和融合器植入(融合器植入前先于椎间隙深部植骨,植骨来源为减压所获自体骨)。然后在自行设计的瞄准器^[8](专利号 ZL 2009 2 0120264.5)引导下经皮于对侧置入椎板关节突螺钉,如为单节段病变则置入 1 枚螺钉,如为双节段病变则置入 2 枚螺钉,具体操作方法已有多篇文章报道^[3,9-10],此处不具体描述。最后装棒并适当进行椎间压缩。上述操作均在 C 形臂 X 线机监视下完成。彻底止血、大量生理盐水冲洗、置负压引流管引流并逐层缝合切口。

本组病例手术由同一组医生完成,根据腰椎 CT 片及腰椎 X 线正侧位片测量拟固定节段椎板关节突钉道长度、椎板厚度、椎板外斜角、椎板下倾角等参数^[11]作为术中操作参考。所用椎板关节突螺钉为上海浦卫医疗器械有限公司生产的钛合金空心螺钉。所用椎弓根螺钉由江苏创生医疗器械有限公司生产的 GSS—IV 型(钛合金系统)104 例,山东威高

医疗器械有限公司生产的钛合金系统 46 例, Depuy 公司 Moss Miami SI 系统 12 例, Stryker 公司 XIA 系统(钛合金材质)4 例; 椎间融合器为 Depuy 公司 Jaguar 融合器系统(长方形碳纤维加强多聚体材料)20 例, Depuy 公司 Leopard 融合器系统(香蕉型碳纤维加强多聚体材料)17 例, Stryker 公司 O.I.C. 融合器系统(解剖型 Peek 材料)88 例, Stryker 公司 AVS 融合器 40 例(香蕉型 Peek 材料)。

1.2.2 术后处理 术后常规预防性抗感染、小剂量激素、保护胃黏膜并卧床休息等处理。麻醉苏醒后即嘱患者进行双下肢踝关节主动背伸运动及双下肢被动直腿抬高运动。根据引流量(24 h 引流量 < 50 ml), 切口引流管于术后 24~72 h 拔除。术后 3~5 d 佩戴腰围下床活动, 6 周后渐进性腰背肌、腹肌锻炼。

1.3 观察项目与方法

1.3.1 一般情况观察 观察术中是否有硬脊膜撕裂、马尾神经或根神经损伤、异常出血、椎弓根骨折和终板损伤等现象, 观察术后有无脑脊液漏、切口愈合不良、切口感染、下肢肿胀、腰部异常疼痛、下肢神经根损伤症状和大小便障碍等情况。

1.3.2 影像学评价 于术后 3~5 d, 3、6、12 个月, 随后每隔 12 个月行腰椎 X 线正侧位检查, 术后 12 个月行腰椎 X 线过屈过伸位检查; 术后 3~5 d 行 CT 平扫, 术后 12 个月行 CT 平扫并矢状面、冠状面重建。根据影像学检查测量并对比手术前后随访的病变节段椎间隙高度(椎间隙前后缘高度的平均值), 术前和末次随访时腰椎冠状面和矢状面 Cobb 角(腰椎 X 线正位或侧位上, L₁ 上终板平行线的垂线与 S₁ 上终板平行线的垂线的夹角), 观察椎弓根螺钉位置、椎板关节突螺钉位置、椎间融合情况、椎弓根螺钉和椎板关节突螺钉有无松动或断裂、椎间融合器有无前后向移位和沉降(即终板发生切割, 融合器部分嵌入椎体内), 以及邻近节段退变现象。

椎弓根螺钉位置评价按 Xu 等^[12]提出的标准分为 3 度: I 度, 螺钉位于椎弓根内; II 度, 不超过螺钉直径的 50% 部分穿透椎弓根; III 度, 超过螺钉直径的 50% 穿出椎弓根。椎板关节突螺钉位置评价分型为: I 型, 螺钉位于椎板骨质内; II 型, 螺钉部分穿透椎板; III 型, 螺钉完全穿透椎板(表现为螺钉位于椎板表面或完全进入椎管)。椎间融合评价标准: (1) 椎间融合器无移位, 融合器内无透亮线; (2) 椎间融合器前方有骨小梁通过; (3) 融合器与椎体终板间无透亮线并有骨小梁通过; (4) 过屈过伸位 X 线片提示融合节段椎体无相对移位及终板角度变化小于 5°。符合其中第 1、2、4 点或第 1、3、4 点认为达到骨性融合。

1.3.3 疗效评价 所有病例于术后 72 h 采用视觉

模拟评分法(visual analogue scale, VAS)对腰部切口疼痛进行评分。术前、末次随访采用日本骨科学会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)下腰痛评分系统(29 分法), 对患者症状、体征、日常活动及膀胱功能进行评价。

1.4 统计学处理

所得数据采用 SPSS 20.0 统计软件进行处理, 对手术前后随访时的病变节段椎间隙高度数据, 以及术前和末次随访时腰椎冠状面和矢状面 Cobb 角、JOA 评分进行配伍设计方差分析和两两比较。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

本组手术时间 70~120 min, 平均 88 min; 术中无异常出血, 出血量为 120~600 ml, 平均 275 ml, 均未输血; 术中硬脊膜损伤并脑脊液漏 1 例, 椎弓根(椎弓根入点处)骨折 4 例, 终板损伤 2 例(1 例改行自体骨植骨, 另 1 例仍予融合器植骨); 切口长 3.8~6.0 cm, 平均 4.87 cm; 术后切口引流量 50~300 ml, 平均 178 ml; 术后 72 h 腰部切口 VAS 评分 0~4 分, 平均 1.52 分; 切口皮肤无坏死, 切口无感染, 未出现脑脊液漏。失访 5 例, 其余病例获得 12~60 个月的随访, 平均 35.4 个月。随访过程中死亡 2 例, 其中 1 例为脑血管意外, 另 1 例为心脏病发作。未发现有症状的深静脉栓塞。出现减压侧神经根损伤 1 例, 影像检查提示椎弓根螺钉偏内, 螺钉部分进入椎管伤及神经根, 予行螺钉调整术(图 1), 6 个月后神经功能基本恢复。1 例出现异常的双下肢疼痛, 表现为症状重、体征轻, 白天疼痛尚可, 夜间严重, 影像检查显示椎弓根螺钉及椎板关节突螺钉位置良好, 疼痛原因不甚明确, 经对症并心理治疗半年后恢复。

2.2 影像学观察

椎弓根螺钉位置 I 度 163 例 371 枚螺钉, II 度(图 1~2)3 例 3 枚螺钉; 椎板关节突螺钉 I 型 157 例 199 枚螺钉, II 型(图 3~4)8 例 8 枚螺钉, III 型(图 5)1 例 1 枚螺钉, 椎板关节突螺钉偏短(图 6)2 例。融合器沉降 14 例 14 个节段, 椎间融合均无影响(图 7), 男 3 例 3 个节段, 女 11 例 11 个节段, 平均年龄 60.4 岁; 其中使用长方形碳纤维加强多聚体材料融合器 3 例、解剖型 Peek 材料 10 例, 香蕉型 Peek 材料 1 例; 发生于 L_{3,4} 节段 2 例, L_{4,5} 节段 10 例, L₅S₁ 节段 2 例。病变节段椎间隙高度术前、术后 3~5 d 和末次随访时结果见表 1, 与术前相比, 术后椎间隙高度获得较好的恢复($P < 0.05$), 与术后相比, 末次随访时椎间隙高度获得良好的维持($P > 0.05$)。本组病例除 11 例 11 个节段不能明确(椎间融合器内骨质稀疏,

表 1 腰椎病变 159 例患者手术前后影像学结果($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Imaging results of 159 patients with lumbar diseases before and after operation($\bar{x}\pm s$)

项目	术前	术后 3~5 d	末次随访	t 值	P 值
病变节段椎间隙高度(mm)	8.96±2.14	11.65±1.90*	11.33±1.49#	-	-
腰椎冠状面 Cobb 角(°)	3.25±0.88	-	1.21±1.13	7.31	0.025
腰椎矢状面 Cobb 角(°)	42.8±8.15	-	50.2±7.37	5.79	0.033

注:与术前比较,* $t=8.93, P=0.004$;# $t=0.57, P=0.091$

Note: Compared with preoperative data, * $t=8.93, P=0.004$;# $t=0.57, P=0.091$

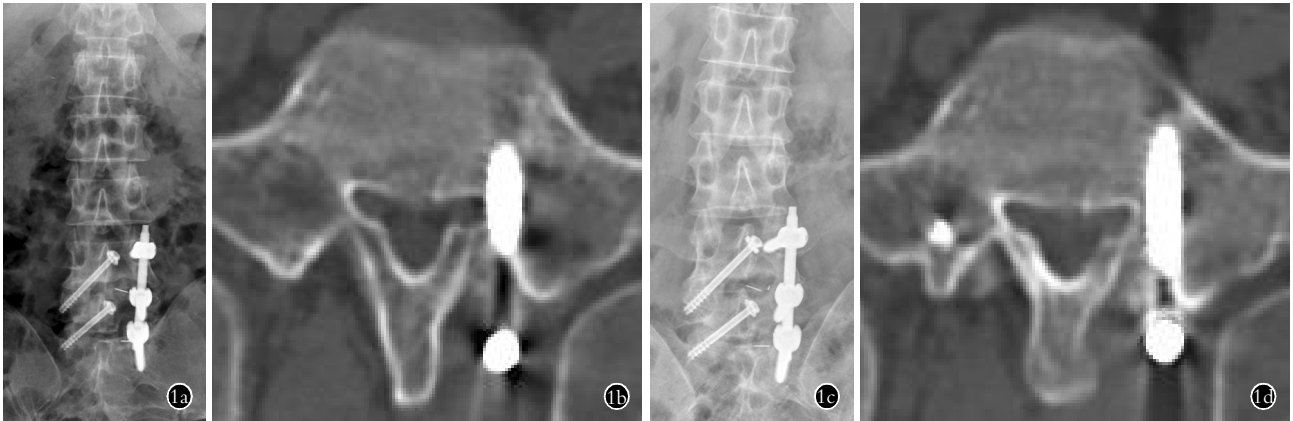


图 1 患者,男,55 岁,反复腰痛 5 年,加重伴左下肢放射 1 年,诊断为 L_{4,5}、L₅S₁ 椎间盘退变,经小切口 L_{4,5}、L₅S₁ 单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下对侧经椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨术 1a,1b。术后腰椎 X 线正位和 CT 平扫示 S₁ 椎弓根螺钉偏内,部分进入椎管 1c,1d。行 S₁ 椎弓根螺钉调整后,术后腰椎 X 线正位和 CT 平扫示 S₁ 椎弓根螺钉位置良好

Fig.1 A 55-year-old male patient, recurrent low back pain for 5 years and accompanied with the left lower limb radiation for 1 year, was diagnosed with degenerative of L_{4,5} and L₅S₁, treated by L_{4,5} and L₅S₁ unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous translamina facet screw fixation and interbody fusion 1a, 1b. Postoperative AP X-ray and CT scan showed the S₁ pedicle screw inward put partly into the spinal canal 1c, 1d. After the adjustment S₁ pedicle screw, AP X-ray and CT scan showed the position of S₁ pedicle screw was good



图 2 患者,女,63 岁,反复腰痛 1 年半,伴左下肢放射半年,诊断为 L_{4,5} 椎间盘突出伴椎管狭窄,经小切口 L_{4,5} 单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下对侧经椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨术 2a,2b。术后腰椎 X 线正位和 CT 平扫示 L₄ 椎弓根螺钉偏外

Fig.2 Female, 63-year-old, recurrent low back pain for one year and a half and accompanied with the left lower limb radiation for half a year, was diagnosed with L_{4,5} disc herniation with spinal stenosis, treated by L_{4,5} unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous translamina facet screw fixation and interbody fusion 2a, 2b. Postoperative AP X-ray and CT scan showed the L₄ pedicle screw deviated the outside

可见部分透亮线)外,其余 148 例 189 个节段均获得椎间融合,以病例数统计融合率为 93.1%。未发现椎弓根螺钉与椎板关节突螺钉松动、移位、断裂,椎间融合器亦无前后向移位,未观察到邻近节段的明显退变现象(包括邻近节段的椎间盘突出、椎间隙高度下降、骨质增生、局部畸形等),而椎板关节突螺钉固定侧的关节突均出现程度不同的骨融合现象。术前和末次随访时腰椎冠状面 Cobb 角、腰椎矢状面 Cobb 角结果见表 1,在腰椎冠状面和矢状面 Cobb 角方面,末次随访时与术前相比,差异均有统计学意义,即腰椎冠状面和矢状面平衡均有较好的恢复。

2.3 疗效观察

术前和末次随访时 JOA 评分中患者症状、体征、日常活动及膀胱功能结果见表 2,在膀胱功能方面,末次随访时与术前相比差异无统计学意义 ($P>0.05$);在症状、体征和日常活动方面,末次随访时与术前相比差异有统计学意义 ($P<0.05$)。

本组病例出现的并发症例数,不包括融合不确定的 11 例,共 35 例次,其中 2 例合并两种并发症,实际例数为 33 例,发生率 19.9%。

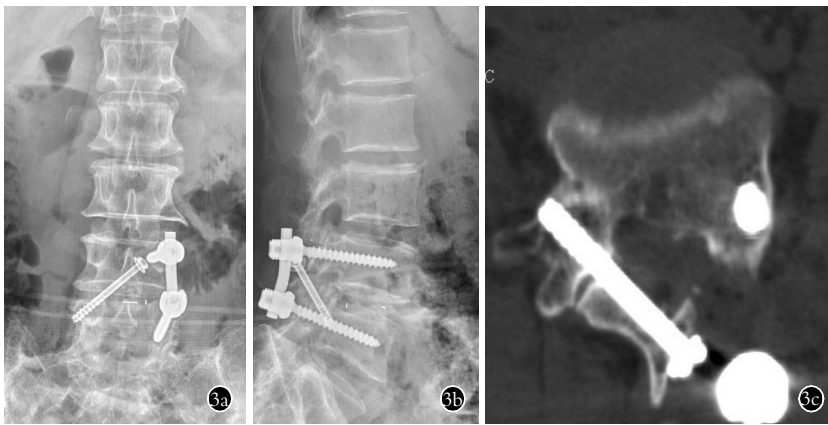


图 3 女性患者,56 岁,腰痛伴双下肢放射 1 年,诊断为 L_{4,5} 巨大型椎间盘突出症,经小切口 L_{4,5} 单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下对侧经皮椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨术 3a,3b,3c. 术后腰椎 X 线正侧位和 64 排 CT 平扫并多平面重建示椎板关节突螺钉部分进入椎管

Fig.3 An 56-year-old female patient with low back pain accompanied with double lower limbs radiation for one year, was diagnosed with giant disc herniation of L_{4,5}, treated by L_{4,5} unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous translamina facet screw fixation and interbody fusion 3a,3b,3c. Postoperative AP and lateral X-rays and 64 row CT reconstruction showed laminar facet screw put partly into the spinal canal

表 2 腰椎病变 159 例患者术前和末次随访时 JOA 评分情况 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Tab.2 JOA score of 159 patients with lumbar diseases preoperative and the last follow-up ($\bar{x} \pm s$, score)

项目	术前	末次随访	t 值	P 值
自觉症状	3.52±1.94	7.79±1.32	2.71	0.031
体征	2.84±1.87	4.63±1.79	2.13	0.046
日常活动	7.39±2.21	12.81±1.36	3.53	0.017
膀胱功能	-0.09±0.04	-0.05±0.03	0.26	0.871

3 讨论

3.1 本手术方式的优点和并发症的发生原因

双侧椎弓根螺钉固定和双侧椎板关节突螺钉固定分别作为成熟有效的手术方式被大量应用于腰椎病变的外科治疗^[13-17],而单侧椎弓根螺钉联合对侧椎板关节突螺钉固定是两种技术的结合,是一种新的固定方式,既部分吸收了椎弓根螺钉固定技术和椎板关节突螺钉固定技术的优点,又避免了各自的不足,如双侧椎弓根螺钉固定切口大、软组织剥离范围广、内固定应力集中、固定范围内应力遮挡、可能加速邻近节段退变等^[18-19],以及双侧椎板关节突螺钉固定轴向载荷能力弱、无轴向撑开和压缩功能、不能进行提拉复位、术后卧床时间长和术后椎间隙高度下降等^[20]。从本组病例的随访结果来看,本手术方法具有操作简便、切口小、创伤小、稳定性好、融合率高和恢复快等优点。然而与双侧椎弓根螺钉固定和双侧椎板关节突螺钉固定相同,单侧椎弓根螺钉联

合对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨方法亦存在手术并发症的风险,本组并发症的发生率为 19.9%,包括:螺钉位置不正确、融合器沉降、椎弓根骨折、神经损伤、硬脊膜撕裂或脑脊液漏。并发症的发生可能源于椎管减压、髓核摘除、椎间隙植骨床制作、融合器置入、椎弓根螺钉和椎板关节突螺钉置钉等常规操作,亦可能与本手术采用小切口显露或固定方式的生物力学特性紧密相关。根据本组病例的观察,结合文献报道,现就其主要并发症分析如下。

3.1.1 螺钉位置不正确 后路腰椎椎弓根螺钉固定手术中,螺钉位置不正确是常见并发症^[21-24],本组病例中,螺钉位置不正确的发生率也较高。由于本手术方法是

椎弓根螺钉技术与椎板关节突螺钉技术的联合应用,因而两者均可能出现位置不正确的现象。本组椎弓根螺钉位置不正确发生 3 例 3 枚螺钉,均为 II 度,按病例数统计为 1.8%,根据置入椎弓根螺钉总数统计为 0.8%,大部分椎弓根螺钉位置良好,可能与严格的病例选择相关,如未选择严重的三维畸形或局部解剖明显变异的病例,同时由于本手术具有良好的操作视野、规范的手术操作及术中影像系统的有效应用。虽然椎板关节突螺钉的置入是在瞄准器引导及 C 形臂 X 线监视下完成,但本组椎板关节突螺钉位置不正确的发生相对较多,共出现 9 例 9 枚螺钉,其中 II 型 8 例 8 枚螺钉,III 型 1 例 1 枚螺钉,按病例数统计为 5.4%,根据置入椎板关节突螺钉总数统计为 4.3%。分析椎板关节突螺钉位置不正确发生率较高的原因,可能与瞄准器定位杆的置放不是在 C 形臂 X 线机的监视下进行有关,如果定位杆放置不准确,其后导针的钻入及螺钉的置入随之就不准确。螺钉位置不正确不仅影响固定强度,还可能导致更加严重的并发症如神经或血管的损伤^[25-27]。神经损伤轻者致肢体麻木、肌力下降,严重的神经或血管损伤可导致瘫痪,甚或危及生命。虽然本组仅发生 1 例因椎弓根螺钉位置不正确损伤神经根,但螺钉位置不正确的发生应尽量避免。为了提高椎弓根和椎板关节突置钉的准确性和安全性,要求术者具有丰富的解剖知识和操作经验,以及对病变节段病理状态的准确把握、规范的置钉操作和全程的 C 形臂

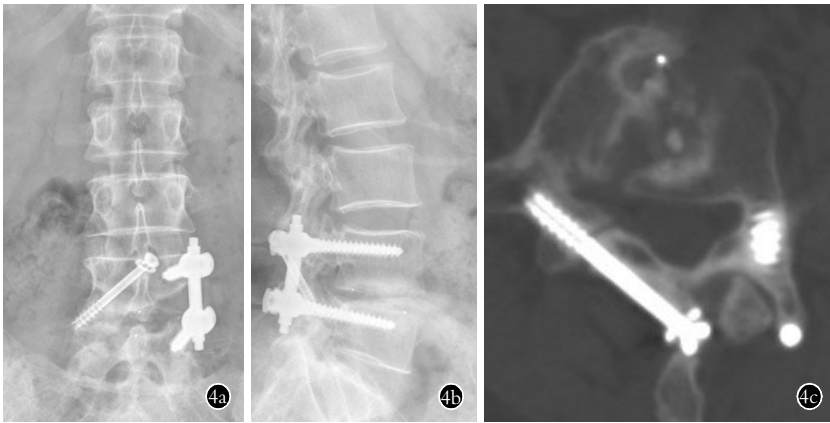


图 4 女性患者, 49 岁, 再发腰痛伴左下肢放射 1 年, 诊断为 L_{4,5} 椎间盘突出术后原位复发, 经小切口 L_{4,5} 单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下对侧经皮椎板关节螺钉固定并椎间融合器植骨术 **4a, 4b, 4c**. 术后腰椎 X 线正侧位和 64 排 CT 平扫并多平面重建示: 椎板关节突螺钉部分位于椎板表面

Fig. 4 Female, 49-year-old, low back pain and accompanied with left lower limb radiation for 1 year, was diagnosed with the recurrence of L_{4,5} intervertebral disc herniation after lumbar discectomy, was treated by L_{4,5} unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous translamina facet screw fixation and interbody fusion **4a, 4b, 4c**. Postoperative AP and lateral X-rays and 64 row CT reconstruction showed laminar facet screw located partly on the lamina surface



图 5 男性患者, 62 岁, 反复腰痛 2 年, 伴左下肢放射 10 个月, 诊断为 L_{4,5} 椎间盘退变, 经小切口 L_{4,5} 单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下对侧经皮椎板关节螺钉固定并椎间融合器植骨术 **5a, 5b, 5c**. 术后腰椎正侧位 X 线和 64 排 CT 平扫并多平面重建示: 椎板关节突螺钉完全进入椎管

Fig. 5 Male, 62-year-old, recurrent low back pain for 2 years and accompanied with the left lower limb radiation for 10 months, was diagnosed with L_{4,5} degenerative intervertebral disc, treated by L_{4,5} unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous translamina facet screw fixation and interbody fusion **5a, 5b, 5c**. Postoperative AP and lateral X-rays and 64 row CT reconstruction showed laminar facet screw went completely into the spinal canal

X 线监测。

3. 1. 2 终板损伤、融合器沉降 本组术中出现终板损伤 2 例, 发生率 1.2%。随访过程中发现融合器沉降 14 例 14 个节段, 发生率 8.7%, 高于双侧椎弓根螺钉固定融合的应用报道^[28-29]。融合器沉降的病例中包括男 3 例 3 个节段, 女 11 例 11 个节段, 平均年龄 60.4 岁, 均使用了普通长方体融合器。终板损伤

与融合器沉降关系密切, 终板损伤可发生融合器沉降, 融合器沉降必定导致终板损伤。终板损伤既可能有患者因素, 如椎间隙过窄、终板骨质疏松, 也有操作的因素, 如处理椎间隙时的机械损伤, 以及融合器植入过程中所致。有学者^[30]观察了 104 例采用微创经椎间孔融合器植骨并双侧椎弓根螺钉固定的病例, 共使用融合器 122 枚, 在随访 1~25 个月过程中发现 18 枚融合器出现沉降现象, 发生率为 14.8%, 其对年龄, 性别, 身高体重指数, 骨质条件, 疾病类型, 融合节段数, 腰部肌肉力量, 融合器相关因素(包括融合部位、椎间角度、融合器大小、融合器位置和术后椎间隙高度等)等进行了分析, 发现术后融合器沉降的高风险因素为融合部位(如 L₅S₁ 为最常见部位)和融合器放置偏前。但在本组 14 例融合器沉降病例中, 位于 L_{3,4} 节段 2 例, L_{4,5} 节段 10 例, L₅S₁ 节段 2 例, 其融合器放置既有偏前的, 也有居中或偏后的。其共性特点为: 以女性病例居多(11 例)、平均年龄 60.4 岁、均使用长方体融合器。因此, 笔者认为: 融合器沉降现象不仅与术中椎间隙床的制作有关, 如终板骨质是否完整, 更主要的可能与性别、骨质条件、融合器的选择^[31-32]有关。当然, 本固定方式的生物力学特性可能也是较为重要的原因: 虽然已有较多生物力学试验^[33-34]证明了单侧椎弓根螺钉联合对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨与双侧椎弓根螺钉固定并椎间融合器植骨在控制固

定节段的各向活动度方面具有相同的稳定性, 但在轴向载荷方面前者弱于后者。需作进一步的临床对比研究和深入的生物力学观察。对于终板损伤和融合器沉降的预防, 建议: (1) 术前的严格病例选择, 排除骨质疏松病例; (2) 术中椎间隙处理的精细操作; (3) 尽量选用香焦型融合器; (4) 融合器植入的规范操作, 避免融合器植入时偏离轨迹。另外, 融合器前

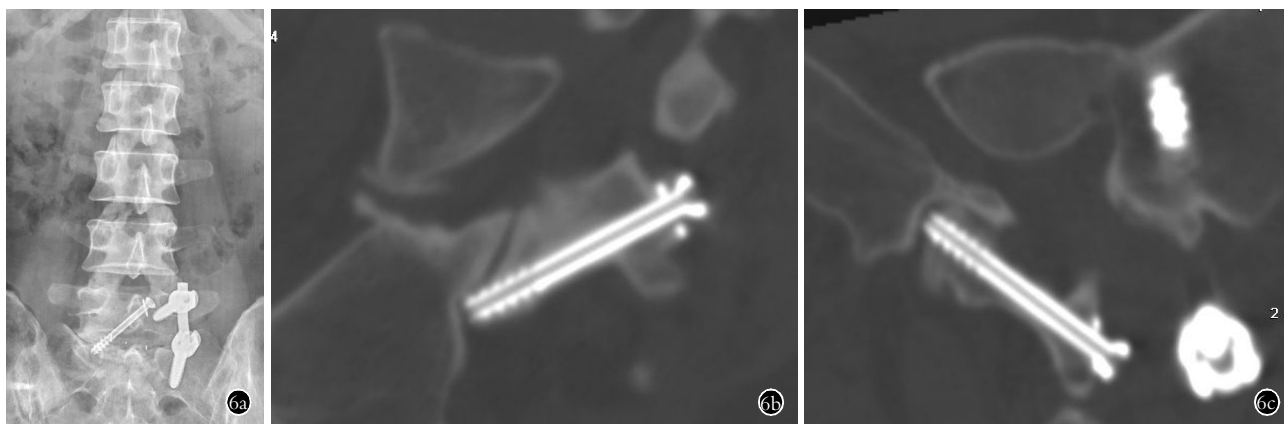


图 6 女性患者,47 岁,反复腰痛 2 年,加重伴左下肢放射 8 个月,诊断为 L₅ 退行性滑脱 I 度,经小切口 L₅/S₁ 单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下对侧经皮椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨术 **6a,6b,6c**。术后腰椎正位 X 线和 64 排 CT 平扫并多平面重建示:椎板关节突螺钉偏短,未穿入 S₁ 右侧上关节突

Fig.6 Female,47-year-old,recurrent low back pain for 2 years and accompanied with the left lower limb radiation for 8 months was diagnosed with L₅ degenerative spondylolisthesis of degree I ,treated by L₅/S₁ unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous translamina facet screw fixation and interbody fusion **6a,6b,6c**. Postoperative AP and lateral X-rays and 64 row CT reconstruction showed lamina facet screw was short and did not reach the superior articular process of S₁

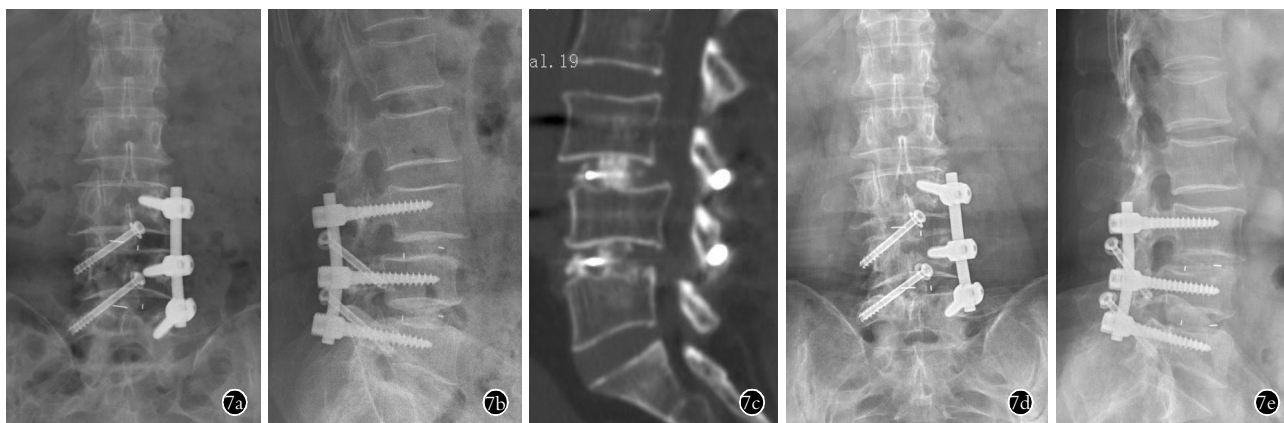


图 7 女性患者,66 岁,反复腰痛 3 年半,加重伴左下肢放射 1 年,诊断为 L₃ 退行性滑脱 I 度,L_{4,5} 椎间盘退变,经小切口 L_{3,4},L_{4,5} 单侧椎弓根螺钉联合瞄准器引导下对侧经皮椎板关节突螺钉固定并椎间融合器植骨术 **7a,7b,7c**。术后腰椎 X 线正侧位和 CT 平扫并矢状面重建示:L_{3,4},L_{4,5} 融合器在位良好,L_{3,4},L_{4,5} 终板完整 **7d,7e,7f**。术后 1 年腰椎 X 线正侧位和 CT 平扫并矢状面重建示:L_{4,5} 上终板部分切割,椎间融合器部分陷入椎体内

Fig.7 Female,66-year-old,recurrent low back pain for 3.5 years and accompanied with the left lower limb radiation for 1 year,was diagnosed with L₃ degenerative spondylolisthesis of degree I and L_{4,5} degenerative intervertebral disc ,treated by L_{3,4},L_{4,5} unilateral pedicle screw combined with contralateral percutaneous translamina facet screw fixation and interbody fusion **7a,7b,7c**. Postoperative AP and lateral X-rays and CT sagittal reconstruction showed the cages in the intervertebral of L_{3,4} and L_{4,5} were good,endplates of L₃,L₄ and L₅ were complete **7d,7e,7f**. A year after surgery, the upper endplates of L₄ and L₅ were partly cut,the cages falled partly into vertebral body

后向移位也是椎间融合虽然较少见,但仍然有发生的较为严重的并发症^[29,35-37],本组病例未出现。文献报道^[38]:融合器移位多见于单侧椎弓根螺钉固定方式,但由于本手术方式是椎弓根螺钉技术和椎板关节突螺钉技术的联合应用,弥补了单侧椎弓根螺钉固定方式的不足。

3.1.3 椎弓根骨折 椎弓根骨折是椎弓根螺钉技术并不少见的并发症^[39],一旦发生,一定程度上可能影响螺钉的握力,从而降低腰椎的固定强度。本组出现 4 例 4 个椎弓根骨折,发生率 2.4%。均发生于椎弓根入点处,而不是椎弓根体部,且见于双节段固定病例的中间椎体的椎弓根。由于本组病例采用了标

准的椎间孔入路行椎管减压和椎间融合器植骨,术中予切除关节突,对于中间椎体由于其上关节突被部分切除,椎板和下关节突被完全切除,因而椎弓根入点成为一“孤岛”,如操作不慎易出现椎弓根入点处骨折。因此,强调严格按椎弓根螺钉的植入操作程序进行,如开口、钻孔、攻丝、置钉,本组 4 例椎弓根骨折均为早期病例,后期按上述步骤操作后,未再发生椎弓根骨折。

3.1.4 神经损伤 神经损伤是腰椎后路内固定手术较为常见和严重的并发症^[21,23-24],神经损伤包括马尾神经和神经根损伤,既可能由手术操作所致,如牵拉、切割、撕扯、顿挫,也可能因螺钉位置不正确造成对神经的刺激、顶压或切割,当然还可能由于椎管骨块残留、椎间植骨块脱落、或融合器向后移位导致的卡压,或者是术后血肿的压迫。本组出现 1 例神经根损伤,发生率 0.6%,为螺钉位置不正确所致,术后进行了螺钉调整,半年后神经症状基本恢复。本组较低的神经损伤发生率,除了与严格的病例选择、良好的术野显露、采用椎间孔入路、精细的手术操作有关外,还与术中影像系统的帮助和椎板关节突螺钉瞄准器的应用等因素相关。另外,本组还出现 1 例术后异常双下肢疼痛,虽经对症和心理治疗后恢复,但原因不明。

3.1.5 硬脊膜撕裂和术中、术后脑脊液漏 硬脊膜撕裂和术中、术后脑脊液漏也是腰椎后路内固定手术较为常见的并发症^[21-22,40],本组发生 1 例术中硬脊膜撕裂并脑脊液漏,发生率为 0.7%,术后未出现脑脊液漏。脑脊液漏较低的发生率既与操作的熟练程度有关,也可能因为本组病例的选择,如在确定手术适应证的时候排除了严重腰椎畸形、局部严重骨质增生、严重椎管狭窄等病例。另外,虽然本组病例手术切口较小,但由于使用了自行设计的组配型横突拉钩,达到了较好的切口显露,从而也增加了手术操作的安全性。

3.1.6 其他并发症 切口感染^[41-42]、内固定松动或断裂^[21,40]、深静脉栓塞^[43-44]、邻近节段的退变^[18-19,45]等后路腰椎固定融合也是较为常见的并发症,本组均未发现。由于本手术方法仅作一侧竖脊肌剥离,而且采用了自行设计的组配型横突拉钩,其可实现小切口内操作空间的最大化,同时固定可靠、视野恒定、对手术操作干扰小、不需要反复调整和转换操作窗口等^[8]。特别是椎板关节突螺钉采用了瞄准器引导下的经皮操作,其具有操作简便、安全、准确、快捷的优点^[3,10-11]。因而,虽然本手术方式操作步骤较多,但由于显露良好,且始终在一个窗口内操作,以及固定节段少(124 例为单节段固定,42 例为双节段固定),

大大节约了操作时间,内植物置入亦较少、术中出血少,同时术后切口常规引流,以上可能是本组病例未发生切口皮肤坏死以及切口感染的重要原因。内固定松动或断裂的原因较为复杂,总的来讲,随着手术方法的改进、技术的成熟、内固定系统的完善,腰椎内固定术后螺钉松动、断裂的发生率越来越低^[21,40]。由于本组病例在选择手术适应证时考虑到身高体重指数的影响,因此本组病例身高体重指数均为正常或偏低,且无严重的三维畸形、骨质疏松,而且本组固定方式为两种技术的联合,为非坚强固定,既减少了固定节段内的应力遮挡,又降低了内固定的应力,很好地保护了内固定,同时有利于植骨融合,因而本组病例不仅椎间植骨融合率高,而且未出现内固定松动、移位或断裂现象。另外,由于本组病例病情并不复杂,手术操作亦相对简单,手术时间短,出血少,术后进行了很好的物理预防(如麻醉苏醒后即嘱患者行踝关节主动背伸及被动的双下肢抬高运动),且由于稳定性良好,术后患者早期下床活动,因而本组病例未发生深静脉栓塞。虽然文献报道^[43-44]腰椎病变内固定术后深静脉栓塞的发生率较低,但由于深静脉栓塞大部分无临床症状,而一旦栓子脱落随血液流动进入肺动脉或脑血管,形成栓塞,将会造成严重的后果,甚至危及患者生命。因此,临床仍应重视排查腰椎内固定手术发生深静脉栓塞的高发因素,术后进行严格的观察并辅于必要的检查。关于邻近节段的退变,腰椎固定融合术后邻近节段退变的原因很多,可能与手术操作、固定部位、固定方式与固定节段数等相关,而且多见于双侧椎弓根螺钉固定方式^[18-19,45]。理论上讲不管采用何种固定方式,坚强固定抑或非坚强固定,只要固定节段出现了融合必将改变邻近节段的生物力学环境与力学传导特性,因而可能加速邻近节段的退变,但本组病例在随访过程中未发现邻近节段的明显退变,可能与软组织剥离少,骨结构破坏少,非坚强固定及固定节段少有关,当然随访时间不够长亦可能是其因素。

3.2 本手术方式的适应证和禁忌证

虽然本手术方式具有较好的生物力学稳定性、良好的临床结果和操作优势,但在临床应用中仍应严格把握手术适应证。根据本文的观察结果和文献报道,建议其手术适应证为:(1)腰椎的单节段或双节段病变,包括腰椎间盘退行性病变、腰椎退行性滑脱 I 度(Meyerding 分级系统)、巨大型腰椎间盘突出(椎间盘占位超过椎管最大矢状径的 60%)、极外侧型腰椎间盘突出症、腰椎间盘突出症术后原位复发、腰椎间盘突出症伴椎管狭窄。(2)腰椎无明显三维畸形和骨质疏松。(3)腰椎椎弓根和椎板关节突发

育良好。(4)身高体重指数<25。本手术方式的禁忌证为:(1)Ⅱ度或以上腰椎退行性滑脱、腰椎椎弓峡部裂伴或不伴椎体滑脱者;(2)需行全椎板切除减压或双侧椎板间隙减压者是否适合单侧椎弓根螺钉固定;当然,异常肥胖者或腰椎存在严重畸形者、以及两节段以上病变者是否适合采用本手术方式有待进一步的临床实践和观察。

参考文献

[1] Jang JS, Lee SH. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with ipsilateral pedicle screw and contralateral facet screw fixation[J]. Neurosurg Spine, 2005, 3(3): 218-223.

[2] Sethi A, Lee S, Vaidya R. Transforaminal lumbar interbody fusion using unilateral pedicle screws and a translaminar screw[J]. Eur Spine, 2009, 18(3): 430-434.

[3] 曾忠友, 严卫锋, 陈国军, 等. 单侧椎弓根螺钉联合对侧椎板关节突螺钉固定并椎间融合治疗下腰椎病变的临床观察[J]. 中华骨科杂志, 2011, 31(8): 834-839.
Zeng ZY, Yan WF, Chen GJ, et al. Clinic study of unilateral pedicle screw combined with contralateral translaminar facet screw fixation by percutaneous and interbody fusion to treat low lumbar vertebra diseases[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2011, 31(8): 834-839. Chinese.

[4] 毛克亚, 王岩, 肖嵩华, 等. 单侧微创经椎间孔腰椎体间融合术采用椎弓根螺钉结合经椎板关节突螺钉混合内固定可行性研究[J]. 中华外科杂志, 2011, 49(12): 1067-1070.
Mao KY, Wang Y, Xiao SH, et al. A feasibility research of unilateral incision minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion using pedicle screws and a translaminar screw hybrid fixation[J]. Zhonghua Wai Ke Za Zhi, 2011, 49(12): 1067-1070. Chinese.

[5] Liu F, Jiang C, Cao Y, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion using unilateral pedicle screw fixation plus contralateral translaminar facet screw fixation in lumbar degenerative diseases[J]. Indian J Orthop, 2014, 48(4): 374-379.

[6] 曾忠友, 吴鹏, 孙德茂, 等. 两种不同固定方式并椎间融合治疗腰椎双节段病变的临床对比研究[J]. 中国骨伤, 2015, 28(10): 903-909.
Zeng ZY, Wu P, Sun DT, et al. Two different fixation methods combined with interbody fusion for the treatment of two-level lumbar vertebra disease: a clinical comparison study[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(10): 903-909. Chinese with abstract in English..

[7] 曾忠友, 吴鹏, 宋国浩. 组配型横突拉钩的研制与临床应用[J]. 脊柱外科杂志, 2015, 13(1): 28-32.
Zeng ZY, Wu P, Song GH. Clinical application and manufacture of matched lumbar transverse process retractor device[J]. Ji Zhu Wai Ke Za Zhi, 2015, 13(1): 28-32. Chinese.

[8] 曾忠友, 江春宇, 张建乔, 等. 腰椎椎板关节突螺钉瞄准器的研制[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2009, 24(4): 761-762.
Zeng ZY, Jiang CY, Zhang JQ, et al. Manufacture of lumbar vertebra translamina facet screw aiming device[J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi, 2009, 24(4): 761-762. Chinese.

[9] 曾忠友, 陈国军, 汤永华, 等. 椎板关节突螺钉两种不同置钉方法的临床对比研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2011, 29(5): 581-584.

Zeng ZY, Chen GJ, Tang YH, et al. The comparison of two methods for placing translamina facet screw[J]. Zhongguo Lin Chuang Jie Pou Xue Za Zhi, 2011, 29(5): 581-584. Chinese.

[10] 曾忠友, 吴鹏, 毛克亚, 等. 单侧椎弓根螺钉固定与联合对侧椎板关节突螺钉固定应用于下腰椎单节段病变的临床研究[J]. 中国骨伤, 2015, 28(4): 306-312.
Zeng ZY, Wu P, Mao KY, et al. Unilateral pedicle screw fixation versus its combination with contralateral translaminar facet screw fixation to treat single segmental lower lumbar vertebra diseases [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(4): 306-312. Chinese with abstract in English.

[11] 曾忠友, 江春宇, 宋永兴, 等. 下腰椎椎板、关节突的影像学测量与临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2009, 27(4): 420-425.
Zeng ZY, Jiang CY, Song YX, et al. Imageology of the laminar and articular process of low lumbar laminar and its clinic significance [J]. Zhongguo Lin Chuang Jie Pou Xue Za Zhi, 2009, 27(4): 420-425. Chinese.

[12] Xu R, Ebraheim NA, Ou Y, et al. Anatomy considerations of pedicle screw placement in the thoracic spine; Roy-Camille technique versus open-lamina technique[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1998, 23(9): 1065-1068.

[13] Glaser J, Stanley M, Sayre H, et al. A 10-year follow-up evaluation of lumbar spine fusion with pedicle screw fixation[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(13): 1390-1395.

[14] Rantigan JW, Neidre A, Toothey JS. The lumbar I /F cage for posterior lumbar interbody fusion with the variable screw placement system; 10-year results of a Food and Drug Administration clinical trial[J]. Spine J, 2004, 4(6): 681-688.

[15] Dipaola CP, Molinari RW. Posterior lumbar interbody fusion[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2008, 16(3): 130-139.

[16] Grob D, Bartanusz V, Jeszenszky D, et al. A prospective, cohort study comparing translaminar screw fixation with transforaminal lumbar interbody fusion and pedicle screw fixation for fusion of the degenerative lumbar spine[J]. J Bone Joint Surg Br, 2009, 91(10): 1347-1353.

[17] Aepli M, Mannion AF, Grob D. Translaminar screw fixation of the lumbar spine; long-term outcome[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(14): 1492-1498.

[18] Park P, Garton HJ, Gala VC, et al. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion; review of the literature[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(17): 1938-1944.

[19] Zencica P, Chaloupka R, Hladíková J, et al. Adjacent segment degeneration after lumbosacral fusion in spondylolisthesis: a retrospective radiological and clinical analysis[J]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2010, 77(2): 124-130.

[20] 曾忠友, 张建乔, 严卫锋, 等. 椎板关节突螺钉瞄准器在治疗下腰椎退行性病变的临床应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2011, 19(5): 378-381.
Zeng ZY, Zhang JQ, Yan WF, et al. Clinical application of translamina facet screw aiming device in treating low lumbar degenerative disease[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2011, 19(5): 378-381. Chinese.

[21] Juríček M, Reháč L, Tisovsk P, et al. The effect of complications on the quality of life after surgery for lumbar spine degenerative disease[J]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2010, 77(2): 112-

- 117.
- [22] Gautschi OP, Schatlo B, Schaller K, et al. Clinically relevant complications related to pedicle screw placement in thoracolumbar surgery and their management; a literature review of 35630 pedicle screws[J]. *Neurosurg Focus*, 2011, 31(4): E8.
- [23] Lotfinia I, Sayahmelli S, Gavami M. Postoperative computed tomography assessment of pedicle screw placement accuracy[J]. *Turk Neurosurg*, 2010, 20(4): 500–507.
- [24] Raley DA, Mobbs RJ. Retrospective computed tomography scan analysis of percutaneously inserted pedicle screws for posterior transpedicular stabilization of the thoracic and lumbar spine; accuracy and complication rates[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(12): 1092–1100.
- [25] Lonstein JE, Denis F, Perra JH, et al. Complications associated with pedicle screws[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1999, 81(11): 1519–1528.
- [26] Krishna M, Pollock RD, Bhatia C. Incidence, etiology, classification, and management of neuralgia after posterior lumbar interbody fusion surgery in 226 patients[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 8(2): 374–379.
- [27] Sandri A, Regis D, Marino MA, et al. Lumbar artery injury following posterior spinal instrumentation for scoliosis[J]. *Orthopedics*, 2011, 34(4).
- [28] Costa F, Sassi M, Ortolina A, et al. Stand-alone cage for posterior lumbar interbody fusion in the treatment of high-degree degenerative disc disease; design of a new device for an "old" technique. A prospective study on a series of 116 patients[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20 Suppl 1: S46–56.
- [29] Kimura H, Shikata J, Odate S, et al. Risk factors for cage repropulsion after posterior lumbar interbody fusion; analysis of 1070 cases[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(13): 1164–1169.
- [30] Kim MC, Chung HT, Cho JL, et al. Subsidence of polyetheretherketone cage after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013 26(2): 87–92.
- [31] Kersten RF, van Gaalen SM, Arts MP, et al. The SNAP trial: a double blind multi-center randomized controlled trial of a silicon nitride versus a PEEK cage in transforaminal lumbar interbody fusion in patients with symptomatic degenerative lumbar disc disorders; study protocol[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2014, 15: 57.
- [32] Nemoto O, Asazuma T, Yato Y, et al. Comparison of fusion rates following transforaminal lumbar interbody fusion using polyetheretherketone cages or titanium cages with transpedicular instrumentation[J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(10): 2150–2155.
- [33] Slucky AV, Brodke DS, Bachus KN, et al. Less invasive posterior fixation method following transforaminal lumbar interbody fusion; a biomechanical analysis[J]. *Spine J*, 2006, 6(1): 78–85.
- [34] 曾忠友, 陈国军, 吴鹏, 等. 下腰椎不同固定方式的生物力学对比研究[J]. *中华实验外科杂志*, 2011, 28(10): 1783–1785.
- Zeng ZY, Chen GJ, Wu P, et al. Biomechanics of different fixed patterns of low lumbar spine[J]. *Zhonghua Shi Yan Wai Ke Za Zhi*, 2011, 28(10): 1783–1785. Chinese.
- [35] Smith AJ, Arginteanu M, Moore F, et al. Increased incidence of cage migration and nonunion in instrumented transforaminal lumbar interbody fusion with bioabsorbable cages[J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13(3): 388–393.
- [36] Kim PD, Baron EM, Levesque M. Extrusion of expandable stacked interbody device for lumbar fusion; case report of a complication[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(18): E1155–1158.
- [37] 赵凤东, 杨伟, 刘军辉, 等. 经椎间孔腰椎椎体间融合术后融合器移位及其危险因素分析[J]. *中华骨科杂志*, 2012, 32(10): 922–927.
- Zhao FD, Yang W, Liu JH, et al. Analysis of cage migration after transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 2012, 32(10): 922–927. Chinese.
- [38] Aoki Y, Yamagata M, Nakajima F, et al. Posterior migration of fusion cages in degenerative lumbar disease treated with transforaminal lumbar interbody fusion; a report of three patients[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34(1): E54–58.
- [39] Lattig F, Fekete TF, Jeszenszky D. Management of fractures of the pedicle after instrumentation with transpedicular screws; a report of three patients[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92(1): 98–102.
- [40] Okuyama K, Abe E, Suzuki T, et al. Posterior lumbar interbody fusion; a retrospective study of complications after facet joint excision and pedicle screw fixation in 148 cases[J]. *Acta Orthop Scand*, 1999, 70(4): 329–334.
- [41] Falavigna A, Righesso Neto O, Fonseca GP, et al. Management of deep wound infections in spinal lumbar fusions[J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2006, 64(4): 1001–1004.
- [42] 王岩, 张雪松, 肖嵩华, 等. 脊柱内固定术后深部感染[J]. *中华医学杂志*, 2006, 86(25): 1737–1739.
- Wang Y, Zhang XS, Xiao SH, et al. Deep infection after posterior spinal implantation[J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2006, 86(25): 1737–1739. Chinese.
- [43] 曾忠友, 金才益, 裴斐, 等. 脊柱手术后下肢深静脉栓塞形成 17 例[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2003, 13(10): 624–626.
- Zeng ZY, Jin CY, Pei F, et al. Formation of low limb deep vein thrombosis after spinal surgery (17 cases report)[J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2003, 13(10): 624–626. Chinese.
- [44] Hart RA, Domes CM, Goodwin B, et al. High-grade spondylolisthesis treated using a modified Bohlman technique; results among multiple surgeons[J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 20(5): 523–530.
- [45] Bae JS, Lee SH, Kim JS, et al. Adjacent segment degeneration after lumbar interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation for adult low-grade isthmic spondylolisthesis; minimum 3 years of follow-up[J]. *Neurosurgery*, 2010, 67(6): 1600–1607.

(收稿日期: 2015-07-10 本文编辑: 王宏)