

椎弓根镜辅助下置钉与传统经皮置钉治疗 LDD 的临床评价*

皮斌¹,郭惊²,陈镜臣²,温涛²,邓贤超²,郭炼锦²,高巨洲²,尹知训²,何二兴^{2△}

(1. 广州医科大学附属第五医院骨科,广州 510710;2. 广州医科大学附属
第一医院脊柱外科/广州骨科研究所,广州 510120)

[摘要] **目的** 比较传统经皮置钉与椎弓根镜辅助下经皮置钉技术治疗腰椎退行性疾病(LDD)的安全性和准确性。
方法 选择广州医科大学附属第一医院 2013 年 12 月至 2015 年 9 月采用经皮置钉的 LDD 患者 30 例,将其分为经皮组和镜下组,每组 15 例,比较两组患者术中出血量、住院时间及并发症,采用视觉模拟量表(VAS)和 Oswestry 功能障碍指数(ODI)进行疗效评估。术后复查 X 线、CT 及磁共振成像(MRI),评估螺钉位置及融合率。**结果** 经皮组置钉 84 枚,镜下组置钉 70 枚。两组术中平均出血、手术平均时间、C 臂透视平均次数、住院平均时间、术后下床时间及并发症发生率比较差异无统计学意义($P>0.05$)。随访 6 个月,两组患者 VAS 及 ODI 评分较术前明显改善($P<0.01$);镜下组 VAS 及 ODI 分别为(2.50±1.30)分及(50.00±3.50)%,经皮组 VAS 及 ODI 分别为(3.00±1.50)分及(58.00±4.50)%,两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。经皮组、镜下组临床症状改善率为 73.33%、80.00%;置钉位置经影像学复查,显示位置良好,病变节段融合良好,无螺钉松动。经皮组 3 枚(3.57%)螺钉位置偏差,行二次手术调整。**结论** 椎弓根镜辅助下置钉治疗 LDD 的准确性及安全性均高于传统经皮置钉,且手术时间更短,术中出血更少。

[关键词] 经皮椎弓根螺钉;椎弓根镜;微创内固定术;腰椎退行性疾病;治疗结果

[中图分类号] R681.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2017)18-2525-04

Clinical evaluation of pedicle-scope assisted pedicle screw fixation and conventional percutaneous pedicle screw fixation for treating lumbar degenerative disease*

Pi Bin¹,Guo Jing²,Chen Jingchen²,Wen Tao²,Deng Xianchao²,Guo Lianjin²,
Gao Juzhou²,Yin Zhixun²,He Erxing^{2△}

(1. Department of Orthopedics, Fifth Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangdong 510710, China;
2. Department of Spine Surgery, First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University/ Guangzhou
Orthopedic Institute, Guangzhou, Guangdong 510120, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the accuracy and safety of pedicle-scope assisted pedicle screw fixation and percutaneous pedicle screw fixation for treating lumbar degenerative disease (LDD). **Methods** Thirty cases of LDD treated by mini-invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) under microscope plus percutaneous pedicle screw fixation with fluoroscopy or pedicle-scope of lumbar spine from December 2013 to September 2015 were selected and divide into the percutaneous group and pedicle-scope group, 15 cases in each group. The operative duration, intraoperative blood loss volume, hospital stay and complications were compared between the two groups. The clinical effects were assessed with visual analogue scale (VAS) and Oswestry disability index (ODI). The plain radiography, dynamic radiology and lumbar magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT) were re-examined after operation for assessing the screw location and fusion rate. **Results** Eighty-four screws were placed in the percutaneous group and 70 screws in the pedicle-scope group. In the percutaneous group and pedicle-scope group, the mean intraoperative blood loss volume, mean operative duration, average times of C-arm fluoroscopy, mean length of hospital stay, mean time of off-bed and complication occurrence rate were measured, and the differences were not statistically significant ($P>0.05$). In 6-month follow up, the VAS score and ODI score in the two groups were significantly improved compared with before operation ($P<0.01$); the VAS score and ODI score were (2.50±1.30) and (50.00±3.50) in pediclescope group, (3.00±1.50) and (58.00±4.50) in percutaneous group, respectively, and the differences were statistically significant ($P<0.05$); the improvement rates of clinical symptoms in the percutaneous group and pedicle-scope group were 73.33% and 80.00% respectively. The imaging reexamination showed that the placed screw location was good and lesion segment fusion was good without screw loosening. The location of 3 screws in the percutaneous group was deviated and adjusted by the second operation. **Conclusion** The accuracy and safety of pedicle-scope assisted screw placing for treating LDD are higher than those of conventional percutaneous pedicle screw fixation, moreover the operative time is shorter with less intraoperative bleeding.

[Key words] percutaneous pedicle screw; pedicle-scope; mini-invasive internal fixation; lumbar degenerative disease; treatment outcome

* 基金项目:广东省科技计划项目(2014A020212369)。 作者简介:皮斌(1981—),主治医师,硕士研究生,主要从事脊柱外科微创治疗的研究。 △ 通信作者,E-mail:heerxing717@aliyun.com。

随着微创脊柱外科技术的成熟,越来越多的医生和腰腿痛患者,倾向于选择微创手术治疗。自 1963 年由 Roy-Camile 等^[1]研制推出椎弓根螺钉钢板固定系统,并首次运用于治疗胸腰椎不稳定骨折开始,椎弓根螺钉固定技术取得了长足发展。更加微创的经皮置钉方法正成为治疗脊柱肿瘤、炎症、创伤、退行性腰椎病变等的重要手段和先进技术^[2]。目前,绝大多数医生使用 C 臂透视指引螺钉置入,术中透视次数较多,术者及患者接触放射量大、置钉时间长、反复穿刺容易造成椎旁的损伤、学习曲线陡峭等因素制约经皮置钉技术的应用。术中立体三维导航的技术虽然能提高置钉准确性^[3],但设备昂贵、占用手术室空间、术前准备工作耗时、术中通常需要反复透视等因素限制其大规模应用。内窥镜可以提供人体深部结构清晰图像,但是如何暴露腰椎关节突横突结合部并镜下置入椎弓根螺钉等方面的研究文献报道不多。本研究利用何二兴等^[4]研发的椎弓根镜系统,在可视情况下置入椎弓根螺钉,并与同期的经皮置钉患者资料进行比较分析,评价两种技术的优缺点。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2013 年 12 月至 2015 年 9 月在广州医科大学附属第一医院行腰椎融合术的腰椎退行性疾病(LDD)患者 30 例,将其分为经皮 X 线透视下椎弓根置钉内固定组(经皮组)和经皮椎弓根镜下椎弓根置钉内固定组(镜下组),每组 15 例。其中男 10 例(每组各 5 例),女 20 例(每组各 10 例);年龄 31~78 岁,平均(61.00)岁;单节段融合 17 例(经皮组 7 例,镜下组 10 例),双节段融合 9 例(经皮组 4 例,镜下组 5 例),三节段(及以上)融合 4 例(经皮组);退行性失稳 2 例(每组各 1 例),椎管狭窄合并间盘突出 23 例(经皮组 11 例,镜下组 12 例),峡部裂椎体 I 度滑脱合并退变椎管狭窄 4 例(经皮组 3 例,镜下组 1 例),退变性侧弯 1 例(经皮组);30 例患者均是经非手术治疗 1 年以上无效。患者表现有腰背痛、神经根根性疼痛及间歇性跛行等症状;术前行腰椎 X 线(正侧位、动力位)、腰椎 CT 及磁共振成像(MRI)检查。排除脊柱畸形者。两组一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。本研究通过本院伦理委员会审批,患者及家属均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 所有患者均行全身麻醉气管插管,俯卧位,垫高悬空腹部。椎间融合术取旁正中皮肤切口,长约 3 cm,在内窥镜下行截骨后进入椎管和椎间隙,松解神经组织,清理椎间隙和刮除终板软骨;植入大小合适的椎间融合器和足量骨组织(减压骨与同种异体脱钙骨混合),逐层缝合肌肉及筋膜。然后按不同设计行椎弓根螺钉固定术。(1)经皮组:用 C 臂机摄取目标脊椎的标准正位像,要求前、后方椎体终板影重叠在一起,呈一水平直线,两侧椎弓根显影清晰对称,并在终板投影线的正下方,棘突位于双侧椎弓根正中央。以穿刺针在 X 线透视监测下经皮肤、肌肉、筋膜,从椎弓根外侧缘右侧 3 点钟或左侧 9 点钟方向进入椎弓根内,平行于终板,外倾大约 25° ,首次进入骨质深度约 1.00 cm,锚固穿刺针。重新透视(透视 1 次),根据需要调整进针位置和方向。继续进针至椎弓根全长,约 2.50 cm 后(特殊病例可根据术前 CT 结果准确测量椎弓根长度),再次透视,若穿刺针远端不超过椎弓根内缘,而且位于椎弓根影内为符合标准。将 C 型臂调至左右侧位透视,证实穿刺针头已安全穿越椎弓根抵达椎体后缘,再进入椎体骨质 1.00~2.00 cm 后,取出针芯,置入导针,以导针为中心,逐级

扩张软组织,最后置入工作通道。用空心丝锥套在导针上攻进椎弓根骨质,深约 2.50 cm,取出丝锥,将空心螺钉拧进。X 线正侧位再次确认位置准确满意后,将预弯连接棒经螺钉尾部 U 型结构置入,椎间加压后锁紧螺帽(建议锁紧连接棒前,恢复患者正常腰椎前凸)。(2)镜下组:在椎弓根皮肤投影处外侧约 3.00 cm 做皮肤切口,长约 2.00 cm。用初始扩张器以内倾约 25° 插入至骨性结构,通过手感探测关节突横突结合部,以此位置为中心,逐级扩张软组织,最后置入特制工作通道。镜下清理残余软组织,直至从显示器清晰显示关节突横突结合部解剖结构。根据术前三维 CT 测量确定的螺钉进入点置入穿刺针深度约 1.00 cm。C 臂机侧位透视证实进针方向准确后,继续深入至椎体后缘,再次透视证实穿刺针尖在椎弓根影内。将穿刺针进入椎体约 1.50 cm,依次攻丝、置钉。同法,植入其他 3 枚螺钉。将预弯连接棒放置螺钉尾部 U 型头中,椎间加压后锁紧螺帽。间断缝合皮下组织和肌肉,皮下放置胶片引流,缝合皮肤。

1.2.2 术后处理 术后伤口放置引流管 24~48 h。常规伤口换药。使用抗生素 1 次预防感染、地塞米松和甘露醇 1~3 d 脱水治疗。术后 2~3 d 开始佩戴腰围下地活动,3 个月内严格限制腰部扭转、弯曲及剧烈运动。

1.2.3 观测指标 统计手术时间、出血、平均置钉透视次数、平均住院时间,并发症及发生率;所有患者均随访 3 个月及以上,采用视觉模拟量表(VAS)和 Oswestry 功能障碍指数(ODI)进行疗效评估,并计算改善率[改善率=(1-术后 ODI/术前 ODI) $\times 100\%$]^[5];术后 3 个月复查 X 线片(正侧位及动力位)、腰椎 CT 评估螺钉位置及融合情况。

1.3 统计学处理 采用统计学软件 SPSS13.0 进行数理分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本 t 检验;计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者治疗结果比较 30 例患者共置入 154 枚胸腰骶椎椎弓根螺钉,每例患者平均置入 5.13 枚螺钉。 T_{11} 为 2 枚, T_{12} 为 4 枚, L_2 为 4 枚, L_3 为 16 枚, L_4 为 54 枚, L_5 为 54 枚, S_1 为 20 枚。经皮组置钉后,出现 2 例术后症状加重,3 枚螺钉均为骶椎椎弓根螺钉置入不良,行 2 次手术,分别予以螺钉调整,术后未出现其他并发症,患者症状明显减轻,治愈后出院。其余所有患者术中和术后均未出现神经、血管和内脏损伤等并发症,无感染患者,所有微创内固定手术无 1 例转为开放手术。经皮组 3 枚(3.57%)螺钉穿透椎弓根内壁,患者术后出现一过性神经根性疼痛。经皮组及内镜组安全率分别为 94.05%、100.00%,镜下组准确率及安全率均高于经皮组,但差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

2.2 两组患者手术相关指标比较 经皮组和镜下组术中平均出血、手术平均时间、住院平均时间、术后下床时间、螺钉融合率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。手术前两组患者的 VAS 评分均为(7.00 $\pm$ 1.50)分,ODI 均为(7.00 $\pm$ 1.50)%,两组比较差异无统计学意义($P>0.05$);但术后镜下组患者 VAS 及 ODI 评分改善更明显,两组比较差异有统计学意义($P<0.01$),见表 2。此外,经皮组的临床症状改善率为 73.23%(11/15)镜下组的临床症状改善率为 80.00%(12/15),植入位置经 X 线及 CT 复查,显示位置良好,病变节段融合良好,均明显优于传统经皮组。

表 1 两组患者椎弓根植钉位置比较[n(％)]

椎体	总螺钉数	植入螺钉数		位置佳		位置错误	
		经皮组	镜下组	经皮组	镜下组	经皮组	镜下组
T11	2	2(100.00)	0	2(100.00)	0	0	0
T12	4	4(100.00)	0	2(50.00)	0	0	0
L2	4	4(100.00)	0	4(100.00)	0	0	0
L3	16	10(62.50)	6(37.50)	10(100.00)	6(100.00)	0	0
L4	54	26(48.15)	28(51.85)	26(100.00)	28(100.00)	0	0
L5	54	26(48.15)	28(51.85)	25(96.15)	28(100.00)	1(3.85)	0
S1	20	12(60.00)	8(40.00)	10(83.33)	8(100.00)	2(16.67)	0
合计	154	84(54.55)	70(45.45)	79(94.05)	70(100.00)	3(3.57)	0

表 2 两组患者手术相关指标比较(±s,n=15)

指标	经皮组	镜下组
术后 VAS(分)	3.00±1.50	2.50±1.30 ^a
术后 ODI(％)	58.00±4.50	50.00±3.50 ^a
术中出血(mL)	150.00±100.00	120.00±90.00
手术时间(min)	120.00±60.00	100.00±40.00
透视次数(次)	6.00±2.00	4.00±2.00
住院时间(d)	9.00±3.00	6.00±2.00
下床时间(d)	5.00±3.00	3.00±2.00

^a:P<0.01,与经皮组比较。

3 讨 论

3.1 椎弓根镜技术的优点 治疗 LDD,临床实践中广泛运用切开复位椎弓根钉内固定术,而内窥镜技术因其得天独厚的微创优势,在脊柱外科临床应用中得到飞速发展,适应证范围也由最初治疗腰椎间盘突出症,逐步扩展至其他腰椎疾病^[6]。为了彻底解决椎弓根钉进钉点缺乏解剖参考标识的技术问题,经研究并生产了椎弓根镜,利用清晰准确的成像,极大提高了一次置钉的成功率。

本研究发现,镜下组的置钉准确性及安全性,优于同期的经皮组。说明椎弓根镜技术可以较好地解决传统经皮置钉无法暴露的难题,使得螺钉进钉点可以清晰、准确、立体并且客观的呈现在术者面前。在保留经皮置钉微创优势并减少手感依赖、X 线透视的前提下,又同时具备了传统开放手术的开阔视野和手术操作的全局观。术中镜下清楚辨认关节突,精确定位进钉点,显著提高置钉的准确性,X 线接触明显减少,手术时间也有所缩短。

本套手术器械共包括 3 个单元:显像系统、固定支架及镜下微创手术工具。显像系统包括针孔镜头、光纤传输线、冷光源、主机及显示器;固定支架包括逐级扩张套管、可调节悬臂、镜夹及吸引装置;手术工具包括探针、长穿刺针、导丝、长柄丝攻及旋钉器等。椎弓根镜尤其适用于严重退变的复杂 LDD,使 C 型臂透视机显示椎弓根欠佳、难以确定进钉点的病例,可以迅速地确定手术方案,并准确的置钉固定。避免多次穿刺造成的微小骨折及较多的组织出血,可减小神经根的损伤及内脏误伤的风险,对于高龄骨质疏松的患者尤为合适,术后残余腰痛症状明显减轻。为了更好地适应不同体型患者的微创手术需要,对扩张套管的规格做了不同孔径及长短区分;为了镜下图像的高保真,对镜头的角度及视野分别做了优化调整;手术工具做了不同的参数标示,以方便术中穿刺显影需要。

3.2 置钉方法的比较分析 目前临床通用的椎弓根螺钉定位方法有如下几种^[7]:(1)Margerl 法,进钉点选取过关节突外缘的垂线与横突中轴水平线的交点;(2)Roy-camile 法,取上关节

突的中轴线与横突中轴线的交点;(3)Krag 法,对 Margerl 法作了改进,进钉点更加靠外,水平线为横突上 2/3 与下 1/3 的交界线。当前多数的定位方法都是参照横突中轴线和上关节突作为定位标志,进而确定其为通用的进钉点。Ebraheim 等^[8]对椎弓根的投射点进行形态学的分析,发现腰椎椎弓根中心点并非总固定位于腰椎横突中轴线上,腰椎椎弓根螺钉置入仍存在较高的误置率。

据文献报道,胸、腰椎椎弓根螺钉的误置率可高达 42%,神经功能损伤的发生率为 2%~11%^[9]。使用 C 臂透视的经皮置钉技术置钉精确性研究较多,结果表明,经皮置钉破壁率 6%~15%,与开放置钉技术相比,无显著差异,但置钉时间、置钉的透视次数明显多于开放置钉术。Schizas 等^[10]报道 60 枚微创螺钉(15 例患者)的准确率,统计螺钉总体穿透率为 23%,重度穿透椎弓根者 3.3%,1 例(6.6%)损伤 S₁ 神经根。常规操作中,椎弓根螺钉的外侧壁穿透率(66.7%)显著高于微创螺钉组(43.7%)^[11]。然而,作者认为术中导致螺钉误置的主要原因在于定位困难(缺乏统一科学标准、无法精确量化进钉点,欠缺直视衡量置钉进程的技术),手术视野中无恒定的可靠参照标志物;术前薄层三维 CT 精准设计手术路径及腰椎椎弓根置钉角度,也不可避免的由于术中遮挡或骨性结构破坏缺失,难以明确术中进钉点,造成术者无法最终确定进钉点的位置及置钉角度。同时,由于术中人为操作调整 C 臂机的投照角度、椎体水平面与椎弓根螺钉的夹角受体位影响变动,都使进钉角度缺乏可靠的稳定性。

椎弓根镜下置钉的报道较少,缺乏大样本的对比研究。作者通过大量临床病例实践,总结出在内窥镜下进行置钉时,要求术者具备娴熟的内窥镜下操作技能、清晰明确的镜下手术视野思维及良好的椎弓根置钉技术。尽管内镜下较为容易的识别骨性标志,但 C 型臂透视定位,在手术初期仍是不可缺失的重要组成部分,尤其在确定穿刺点和导针锚定椎体后要反复透视确认,置钉、上棒及加压固定后再次确保位置正确。由于工作通道视野局限,周围肌肉及软组织遮挡等影响,开展手术早期、操作生疏时,务必清理暴露椎弓根穿刺点;技术成熟后,即可在镜下以探针触碰法探查关节突与横突关系作为定位的手段,以减少因显露椎弓根穿刺点而对软组织的造成损伤^[12]。术前完善的检查,手术器械的维护,对于任何术式都是必要的信息储备;麻醉后患者体位准备,应尽量使腹部悬空,胸腹部垫枕确保椎间关系稳定,便于术中操作定位及置钉复位;责任椎体定位准确,皮肤切口、内窥镜工作通道与置钉点及其方向尽量保持直线,减少对局部软组织牵拉造成的创伤,真正意义上体现微创的进步及优越性。

目前,经皮微创椎弓根螺钉技术发展成熟,术中 C 臂机 X

线透视监测,但进钉点的选择主要靠克氏针经皮探触关节突和横突关系来确定,不可避免带有主观性及盲目性,易导致置钉失败、手术时间延长、术中出血增加、透视次数增多、患者及手术医生射线暴露损伤较大。经皮置钉在椎弓根穿刺这一环节中所需要反复透视的主要原因是透视无法直接显示关节突横突结合部。反复刺探,一定程度上,增加了皮下组织的损伤概率,易形成局部皮下血肿及椎弓根的微小骨折,增加了置钉的干扰,导致手术难度加大。然而,内镜技术的创新性使用,很好地解决了这些问题,本研究结果显示,手术时间有所缩短、术中透视次数明显减少、置钉精确性显著提高;尤其在置钉环节,可以精确的选择螺钉植入目标,镜下可以二次微调进钉角度和方向,在修整钉道时,尽可能地减少周围组织的损伤。对于肥胖患者及骨质疏松患者,更加体现了技术的优势,减少并发症。因此,伴随内镜及影像技术的飞跃发展,内镜下微创椎弓根螺钉技术迎来新的机遇,在与三维导航的竞争中赢得先机,逐步过渡到内镜辅助经皮技术,X线三维导航系统监视下进行椎弓根内固定、椎间融合等^[13]。

3.3 微创治疗 LDD 的展望 Harms 等^[14]于 1982 年报道经椎间孔腰椎椎体间融合术(TLIF)技术,其特点是采用后入路,从单侧进入椎管达到双侧椎体间融合。优点在于无需干扰中央管,减少脑脊液漏的发生;无需过度牵拉神经根和硬膜囊,减少神经损伤概率。2002 年 Foley 等^[15]率先报道了应用经皮 Sextant 椎弓根螺钉系统内固定技术,该系统首次将棒置于肌肉深层,解决了先前固定棒较浅的缺点。经皮椎弓根螺钉微创内固定技术的出现是外科医生及工程师坚持不懈努力创新的成果,该技术的出现使得微创 TLIF 得以实现^[16]。同常规开放 TLIF 相比,内镜下微创 TLIF 可在工作通道内完成所有手术操作,且减压更加安全彻底,并减少神经根及硬脊膜囊损伤。

椎弓根镜系统的临床应用,使脊柱内固定方法取得了革命性进步,传统经皮椎弓根螺钉内固定技术中置钉的盲目性得到彻底改善,缩短手术时间、减少术中出血量的同时,避免术后并发症、加快康复速度。Beisse^[17]通过回顾胸腰椎骨折内镜镜技术的发展及现状,认为该技术的成功开展需要建立一套标准的手术技术与准则,以及开发定制针对内镜技术的设备器材和内置物,这正是应用内镜技术面临的困惑与挑战。

本研究的欠缺之处:(1)未考虑透视显露进钉点的出血量及置钉时间对患者的影响。(2)本研究设计缺乏随机双盲对照组,未与其他定位方法进行横向比较。(3)样本数目较少,缺乏大数据支持。虽然病例随机进行了分组,但是患者间的个体差异仍无法很好地进行系统的标准化研究。后期将扩大样本量,以避免个体差异对研究的影响。另外,经皮椎弓根螺钉为万向中空螺钉,费用昂贵,经皮矫正脊柱畸形的力量有限^[15]。随着脊柱外科水平的日益提高,微创脊柱外科技术不断涌现,可靠、安全、精准、创伤小的微创技术治疗脊柱疾患,具有今非昔比的时机与条件,最终形成脊柱外科手术新趋势。

综上所述,内镜下经皮椎弓根螺钉微创内固定技术,完全可以获得准确、理想的螺钉植入位置,椎间盘镜下髓核切除术结合镜下微创 TLIF 治疗 LDD 是安全有效的方法。

参考文献

[1] Roy-Camille R, Sailant G, Mazel C. Internal fixation of the

lumbar spine with pedicle screw plating[J]. Clin Orthop Relat Res, 1986, 203(203): 7-17.

- [2] Boos N, Webb JK. Pedicle screw fixation in spinal disorders: a European view[J]. Eur Spine J, 1997, 6(1): 2-18.
- [3] Gonzalvo A, Fitt G, Liew S, et al. The learning curve of pedicle screw placement: how many screws are enough[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(21): e761-765.
- [4] 何二兴, 曹燕明, 范子文, 等. 内镜辅助下经皮椎弓根螺钉固定术治疗胸腰椎骨折[J]. 中国内镜杂志, 2006, 12(12): 1236-1238.
- [5] 吴浩, 陈永杰, 张臻, 等. 应用经皮椎弓根螺钉技术治疗腰椎退行性疾病[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(23): 1764-1768.
- [6] 镇万新, 王育才, 马乐群, 等. 脊柱后路显微内镜治疗腰椎间盘突出症[J]. 中华骨科杂志, 1999, 19(8): 460-462.
- [7] 周云, 唐天骅. 胸腰椎椎弓根螺钉植入技术的研究进展[J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6(1): 118-120.
- [8] Ebraheim NA, Rollins JR, Xu R, et al. Projection of the lumbar pedicle and its morphometric analysis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1996, 21(11): 1296-1300.
- [9] Hosono N, Namekata M, Makino T, et al. Perioperative complications of primary posterior lumbar interbody fusion for nonisthmus spondylolisthesis: analysis of risk factors[J]. J Neurosurg Spine, 2008, 9(5): 403-407.
- [10] Schizas C, Michel J, Kosmopoulos V, et al. Computer tomography assessment of pedicle screw insertion in percutaneous posterior transpedicular stabilization[J]. Eur Spine J, 2007, 16(5): 613-617.
- [11] 谭伦, 吴超, 罗小中, 等. 以椎板边缘对腰椎椎弓根螺钉进钉点的个体化定位[J]. 中国矫形外科杂志, 2008, 16(3): 207-210.
- [12] 王伟, 孙辉生. 脊柱内镜辅助下胸腰椎骨折后路内固定术[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2005, 20(2): 123-124.
- [13] Holly LT, Foley KT. Three-dimensional fluoroscopy-guided percutaneous thoracolumbar pedicle screw placement. Technical note[J]. J Neurosurg, 2003, 99(3 Suppl): S324-329.
- [14] Harms J, Rolinger H. A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion(author's transl)[J]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1982, 120(3): 343-347.
- [15] Foley KT, Gupta SK. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results[J]. J Neurosurg, 2002, 97(1 Suppl): S7-12.
- [16] Kotani Y, Abumi K, Ito M, et al. Mid-term clinical results of minimally invasive decompression and posterolateral fusion with percutaneous pedicle screws versus conventional approach for degenerative spondylolisthesis with spinal stenosis[J]. Eur Spine J, 2012, 21(6): 1171-1177.
- [17] Beisse R. Endoscopic surgery on the thoracolumbar junction of the spine[J]. Eur Spine J, 2006, 15(6): 687-704.

(收稿日期: 2017-01-10 修回日期: 2017-03-14)