

· 临床研究 ·

球形探针技术在胸腰椎椎弓根螺钉置钉中的应用

李忠伟¹, 贺 苗², 程 浩³, 张树文¹, 努尔哈那提·沙依兰别克¹, 赵东明³, 杨新明¹

1. 新疆医科大学第一附属医院骨科, 乌鲁木齐 830054

2. 新疆医科大学护理学院, 乌鲁木齐 830054

3. 华中科技大学同济医学院附属同济医院骨科, 武汉 430030

【摘要】目的 通过与传统开路锥置钉技术比较, 评价在胸腰椎椎弓根螺钉置钉中应用球形探针技术的准确性和安全性, 探讨其临床应用价值。 **方法** 回顾性分析2016年1月—2017年2月新疆医科大学第一附属医院收治的需行胸腰椎椎弓根螺钉内固定治疗的106例患者临床资料, 术中应用球形探针技术或传统开路锥技术置入椎弓根螺钉。其中56例采用直径2.5 mm球形探针穿刺(球形探针组), 其余50例采用传统开路锥穿刺(传统组)。术后采用CT检查确认螺钉位置以评估置钉准确性。 **结果** 球形探针组共置入椎弓根螺钉296枚, 传统组共置入264枚。术后CT显示球形探针组置钉准确率为97.64%, 7枚置钉不良; 传统组置钉准确率为83.71%, 43枚置钉不良。2组置钉准确率及穿透椎弓根内侧、椎弓根外侧、椎体前壁骨皮质螺钉比例差异均有统计学意义($P < 0.05$)。2组术中出血量间差异无统计学意义($P > 0.05$)。传统组术后1例出现L₅神经根损伤致足下垂; 球形探针组术中、术后均未出现神经、血管、脑脊液漏或内脏损伤等并发症。 **结论** 与传统开路锥置钉技术相比, 球形探针技术能更准确置入胸腰椎椎弓根螺钉, 减少因螺钉位置不良导致的并发症。

【关键词】 胸椎; 腰椎; 脊柱疾病; 内固定器**【中图分类号】** R 681.5 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-2957(2020)01-0029-05**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-2957.2020.01.007**Application of ball tip technique for thoracolumbar pedicle screw placement**LI Zhong-wei¹, HE Miao², CHENG Hao³, ZHANG Shu-wen¹, NUERHANATI·Shayilanbieke¹, ZHAO Dong-ming³, YANG Xin-ming¹

1. Department of Orthopaedics, First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

2. College of Nursing, Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

3. Department of Orthopaedics, Tongji Hospital Affiliated to Tongji Medical College of Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430030, Hubei, China

【Abstract】Objective To evaluate the efficacy and safety of the ball tip technique in thoracolumbar pedicle screw placement by comparing it with the traditional open-circuit cone screw placement technique. **Methods** From January 2016 to February 2017, the clinical data of 106 patients admitted to the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University who needed thoracolumbar pedicle screw internal fixation were retrospectively analyzed. Among them, 56 cases were evaluated in the ball tip group(with a diameter of 2.5 mm), and the remaining 50 received traditional open-circuit cone screw placement technique (traditional group). The accuracy of the pedicle screws placements was evaluated on postoperative CT. **Results** A total of 296 pedicle screws were inserted in the ball tip group, and 264 in the traditional group. Postoperative CT showed that the accuracy of screw placement in the ball tip group was 97.64%, and 7 were poor in screw placement. The accuracy of screw placement in the traditional group was 83.71%, and 43 were poor in screw placement. There were statistically significant differences in the accuracy of screw placement and the ratio of screws penetrating the medial, lateral cortical bone of the pedicle and the anterior cortical bone of the vertebral body between the 2 groups ($P < 0.05$). There was no significant difference in intraoperative blood loss between the 2 groups ($P > 0.05$). One patient in the traditional group suffered from L₅ nerve root injury and foot drop. No complications such as nerve, blood vessel and visceral injury, or cerebrospinal fluid leakage occurred during and after the operation in the ball tip group. **Conclusion** Compared with the traditional open-cone screw placement technique, the

作者简介: 李忠伟(1983—), 硕士, 主治医师;

lizhongwei_830331@aliyun.com

ball tip technique can more accurately insert the thoracolumbar pedicle screw and reduce the complications caused by screw misplacement.

【Key Words】Thoracic vertebrae; Lumbar vertebrae; Spinal diseases; Internal fixators

J Spinal Surg, 2020, 18(1): 29-33

椎弓根螺钉内固定术的出现为解决脊柱疾病提供了技术保证^[1], 丰富了脊柱外科治疗手段, 提升了脊柱外科手术水平, 为众多脊柱疾病患者解除了痛苦^[2]。近年来, 随着人工智能和数字化骨科技术的快速发展, 以计算机导航技术、3D 打印技术等为代表, 均能很大程度上提高置钉的准确性和安全性。但上述技术设备价格昂贵, 制作费用高, 全面普及面临诸多困难^[3-5]。目前, 徒手置钉技术应用传统开路椎行椎弓根穿刺仍是脊柱外科医师使用的最为普及的方法之一^[6-7], 但因椎弓根结构的差异, 即使经验丰富的脊柱外科医师也不可避免发生椎弓根螺钉的误置。因此, 本研究组收集新疆医科大学第一附属医院骨科2016年1月—2017年2月采用球形探针技术或传统开路椎技术穿刺行胸腰椎椎弓根螺钉内固定的患者106例, 旨在探讨在胸腰椎椎弓根螺钉置钉中应用球形探针技术的准确性、安全性及

其应用价值, 现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入标准: 胸腰椎骨折、结核, 胸椎黄韧带骨化(OLF)、椎管肿瘤, 及腰椎椎间盘突出、椎管狭窄、滑脱等腰椎退行性疾病。排除双能X线骨密度检测为严重骨质疏松及脊柱发育畸形者。根据上述标准共纳入患者106例。56例采用直径2.5 mm球形探针进行穿刺(球形探针组), 其中男24例, 女32例; 年龄18~74岁, 平均49.5岁。其余50例采用传统开路椎技术进行穿刺(传统组), 其中男22例、女28例; 年龄20~72岁, 平均49.0岁。2组患者性别、年龄、体质量指数(BMI)、疾病构成等基线资料差异无统计学意义($P>0.05$, 表1), 具有可比性。

表1 一般资料
Tab. 1 General data

组别 Group	n	性别 Gender		年龄/岁 Age/year	BMI/(kg·m ⁻²)	疾病构成 Disease constitute				
		男 Male	女 Female			骨折 Fracture	结核 Tuberculosis	OLF	退行性变 Degeneration	肿瘤 Tumor
球形探针 Ball tip	56	24	32	49.55 ± 15.39	24.82 ± 2.22	14	9	11	18	4
传统 Traditional	50	22	28	48.96 ± 14.83	25.01 ± 2.14	12	7	9	19	3

1.2 球形探针技术

球形探针材质为医用不锈钢, 由金属球形头端、杆、柄组成, 本研究选择直径为2.5 mm的球形探针。球形探针工作原理: 金属球形头端较钝而光滑, 杆部兼具弹性和硬度, 在椎弓根进针处开口器穿刺顺利的情况下, 球形探针在杆的硬度作用下可穿透椎弓根、椎体的松质骨, 圆滑金属球形头端直达椎体前壁且不会穿透骨皮质, 可自行在松质骨内寻找钉道; 穿刺不顺利的情况下, 钝而光滑的金属球形头端碰到椎弓根各壁骨皮质, 在杆部的弹性作用下, 金属球形头端会弹开, 重新选择方向进入椎弓根松质骨, 直达椎体前壁骨皮质(图1)。

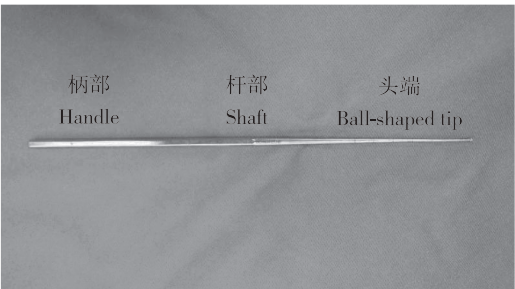


图1 球形探针外观(直径2.5 mm)
Fig. 1 View of ball tip probe(diameter of 2.5 mm)

1.3 手术方法

球形探针组: 患者全身麻醉后取后正中入路,

依次切开皮肤、皮下组织、沿棘突骨膜下剥离两侧椎旁肌至横突外缘。以胸椎上关节突外缘与横突中线的交点为穿刺点, 开口器钻透骨皮质3 mm。球形探针调整好矢状角及头尾倾方向后, 左手紧握探针柄部, 右手轻压探针柄部尾端。穿刺顺利时, 在椎弓根、椎体的松质骨快速通过直达椎体前方, 球形探针探查四壁完整性后, 定位针临时固定, 透视位置、方向满意后以骨锥沿穿刺通道扩大钉道, 再以丝锥攻丝穿刺通道, 再次用球形探针探查四壁完整无误后, 置入合适大小的椎弓根螺钉; 穿刺不顺利时, 球形探针缓慢穿刺或以锤子轻敲, 探针头端可自行改变方向沿皮质骨内侧滑过椎弓根, 寻找到椎弓根松质骨道, 其余步骤与前一致。腰椎剥离至关节突外缘, 显露人字嵴顶点并穿刺, 其他过程同胸椎操作。

传统组: 患者全身麻醉后常规暴露后方结构, 按胸腰椎椎弓根标准进钉点穿刺, 开口器钻透骨皮质, 右手持开路骨锥的手柄部向下顺行穿刺, 左手持开路骨锥的杆部与柄连接部向上保护, 开路骨锥杆部前方弯曲部分朝向椎弓根的外侧穿刺, 穿刺深度约30 mm, 将骨锥在穿刺钉道内旋转拧出, 探针探查钉道四壁完整性后, 定位针临时固定, 透视位置、方向满意后, 穿刺钉道以丝锥攻丝, 再次以探针探查四壁完整无误后, 置入合适大小的椎弓根螺钉(图2)。

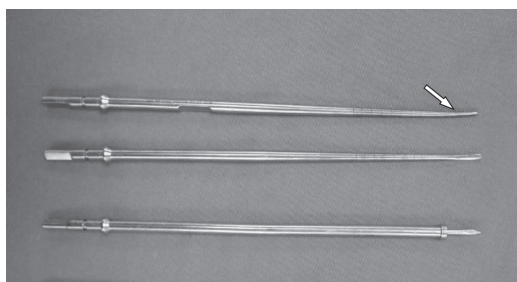


图2 开路骨锥开口器外观可见杆部前方弯曲(白色箭头)

Fig. 2 View of bone awl and open-access opener with anterior curvature(white arrow)

1.4 评价指标

记录2组患者术中出血量和术后并发症发生情况。术后2组患者双下肢运动、感觉良好时, 于术后第3天行CT平扫评价椎弓根螺钉置钉准确率; 术后2组患者出现双下肢肌力下降等情况则立即行CT平扫检查。螺钉穿透椎弓根内侧、外侧及椎体前壁骨皮质均判定为置钉不良。

1.5 统计学处理

采用SPSS 20.0软件对数据进行统计学分析。

数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 置钉准确率比较采用 χ^2 检验; 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

球形探针组共置入296枚椎弓根螺钉(中上胸椎42枚、下胸椎92枚、腰椎162枚)置钉准确率为97.64%; 7枚置钉不良, 其中1枚(0.34%)穿透椎弓根内侧骨皮质, 3枚(1.01%)穿透椎弓根外侧骨皮质, 3枚(1.01%)穿透椎体前壁骨皮质; 3枚位于中上胸椎、2枚位于下胸椎、2枚位于腰椎。

传统组共置入264枚椎弓根螺钉(中上胸椎34枚、下胸椎76枚、腰椎154枚)置钉准确率为83.71%; 43枚置钉不良, 其中6枚(2.27%)穿透椎弓根内侧骨皮质, 19枚(7.20%)穿透椎弓根外侧骨皮质, 18枚(6.82%)穿透椎体前壁骨皮质; 14枚位于中上胸椎、13枚位于下胸椎、16枚位于腰椎。

2组患者置钉准确率及螺钉穿透椎弓根内侧、外侧骨皮质、椎体前壁骨皮质比例比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。2组术中出血量相比差异无统计学意义[(172.52 ± 68.05) mL vs. (168.12 ± 42.22) mL, $P > 0.05$]。传统组术后1例出现L₅神经根损伤致足下垂; 球形探针组术中、术后均未出现神经、血管、脑脊液漏及内脏损伤等并发症。术后2组出现切口浅层感染各2例, 3例经置管冲洗后愈合, 1例经VSD负压引流后痊愈。球形探针在穿刺过程中前方杆部偶尔发生轻度弯曲, 经调整后恢复原状, 未出现断针现象。2组典型病例影像学资料见图3。

3 讨论

3.1 椎弓根螺钉置钉技术特点

传统开路锥置钉技术遵循椎弓根螺钉置入的四要素原则^[8], 即正确选择螺钉进钉点、置入方向(螺钉在矢状位上的倾斜角度及椎弓根中心轴线与椎体上下终板的头尾倾斜角度)、直径及长度才能准确置钉。这种标准化的置钉技术需要大量病例积累、长时间学习才能熟练掌握, 标准化置钉积累的经验 and 详细观测椎弓根螺钉置入的影像学资料可为后期处理脊柱畸形中解剖结构变异、椎体旋转、椎弓根与椎体发育不对称等情况的变异椎弓根置钉打下良好基础。同时有文献报道, 丰富的临床经验对提高置钉准确率的作用有限, 且传统开路锥置钉技术存在学习曲线陡峭的缺点^[9]。直接寻找椎弓根松质骨通道, 包括漏斗置钉技术和椎管减压直视下置钉

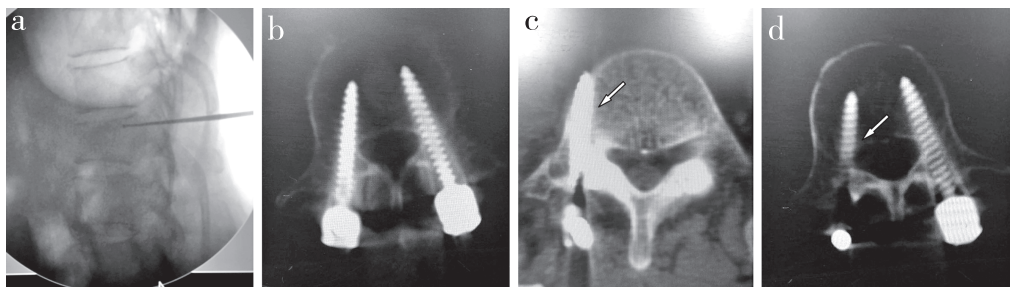


图3 2组典型病例影像学资料

Fig. 3 Imaging data of typical cases in 2 groups

a、b: 球形探针穿刺, 术后CT示椎弓根螺钉位置正确 c、d: 传统组术后CT示椎弓根螺钉穿透椎体前壁、椎弓根内壁

a, b: Ball tip is used to puncture pedicle of vertebra intraoperatively, and postoperative CTs shows correct position of pedicle screw c, d: Postoperative CTs show that pedicle screw penetrated anterior wall of vertebral body and inner wall of pedicle in traditional group

技术,漏斗置钉技术要去除横突根部部分皮质,刮除椎弓根根部松质骨显露椎弓根峡部,直视下操作置钉,能很大程度上提高置钉准确率,但存在手术操作繁琐、耗时长、出血量增加、因椎弓根骨量丢失所致螺钉把持力和稳定性下降等缺点;椎管减压直视下置钉技术只能满足需要减压节段的置钉,对需要置钉临时固定后再减压截骨及脊柱骨折等不需要减压的病例不宜采用此种方法^[10]。

计算机辅助导航技术是将术前CT扫描数据输入计算机进行三维重建,术中根据三维重建数据做相应匹配,引导术者置入椎弓根螺钉,可明显提高置钉的准确性,减少多次透视带来的辐射损伤,但因手术操作复杂、手术时间延长及设备昂贵,推广受到限制^[11]。3D打印导航模板技术是将影像数据以dicom格式保存并导入Mimics软件,模拟出粗细合适的椎弓根螺钉及虚拟置钉成功的椎体以stl格式保存数据,运用Geomagic Studio打开stl数据,基于提取椎板后部解剖形态,运用逆向工程NX软件设计与其解剖形态一致的反向置钉导航模板,该技术极大增加了患者经济负担,且实现全脊柱3D打印导航模板技术仍然困难,目前在上颈椎和解剖结构变异的椎体使用较多^[12]。综上,各种置钉技术都有其优缺点,寻找一种较为可靠、经济、实用的置钉技术十分迫切。

3.2 球形探针技术的特点

首先,探针前部金属球端既圆滑又有硬度,杆部具有良好的弹性和较强的硬度,其结构特性决定了探针能很好地穿透松质骨、又不易穿破骨皮质的特点^[13],还具备调整钉道的作用^[14]。术中根据解剖标志选择标准进针点,但头尾倾的方向不合适,也会使探针前部金属球端碰到椎弓根上/下壁骨皮质,此时,术者有明显阻挡感,再缓慢进针或使用

锤子轻敲后,圆滑的球端在杆部弹性作用下不穿透且滑过椎弓根上/下壁骨皮质,同时探针杆部前端发生弯曲后顺利进入椎弓根内,通过松质骨到达椎体前部。本研究结果显示,球形探针组置钉不良率明显低于传统组,证实球形探针可有效降低穿透椎弓根骨皮质的风险,及时调整钉道方向,提高置钉的准确性和安全性。

其次,球形探针圆滑的金属球端还可有效避免穿透神经根,降低因穿刺或错误置钉导致的神经根损伤的发生率^[15]。在胸腰椎椎弓根螺钉内固定术中,一旦进针点偏下、内或结构变异时,尖锐的穿刺工具(开路骨锥)可能直接刺伤走行神经根,造成不可逆性损伤,即使透视发现穿刺位置异常,再次调整、穿刺、置钉,已受损的神经无法恢复。本研究传统开路锥穿刺1例患者发生L₅神经根损伤引起足下垂。球形探针穿刺在胸椎椎弓根进针点选择异常时,探针即使碰上神经根,也不会刺破神经根,透视后调整进针点和各方向参数后就可避免损伤神经根。在探针穿刺碰上腰段神经根时,下肢会出现弹动,提示进针点选择不合适,向外调整进针点后也可以避免损伤神经根。

3.3 置钉不良原因

本研究结果显示,与球形探针组相比,传统组置钉不良发生率较高。根据笔者徒手置钉的操作体会,分析其置钉不良原因如下。①进针点选择欠佳,出现螺钉穿透椎弓根内侧、椎弓根外侧和椎体前壁的现象;②调整进针点后,因反复攻入钉道,开路骨锥又攻入原开路钉道;③进针点选择良好,但矢状角较小,置钉后螺钉穿透椎体前壁;④部分术者在置入胸椎椎弓根螺钉时有进针点选择稍偏外的习惯,这种置钉虽然出现了穿透椎弓根外侧壁的现象,但是沿横突-部分肋横关节-部分椎弓根(偏

外)-椎体-椎体前方的路径,螺钉把持力强、拔出
力大,是一种无影响的置钉不良^[16];⑤反复调整
进针点、攻入钉道,形成假道,置钉进入假道。

3.4 应用球形探针技术的注意事项

①进针点的骨皮质一定要钻透,才能保证球形
探针顺行向下穿刺。因球形探针没有开路骨锥尖
锐,即使在进针点开口不彻底的情况下,开路骨锥
也能攻入并形成钉道。②球形探针应多备几根。采
用球形探针穿刺时,探针碰上骨皮质后杆部前方会
出现弯曲,经调整后恢复直条形状,建议更换1根
崭新的球形探针再行穿刺,以免发生断杆现象,球
形探针断端不易取出。③因球形探针技术没有如
传统开路骨锥进针时右手向下穿刺、左手向上提
拉的保护姿势,严重骨质疏松患者对术者的手感和
经验要求更高,术者应具备丰富的传统开路锥置
钉经验^[17]。④对于骨质硬度高的患者(例如既往在高原
地区生活),进针点的骨皮质开口一定要深,最好
深至5 mm,然后再用球形探针穿刺,如果球形探
针仍然出现弯曲,切不可再强行穿刺以免发现异
常情况,可改用开路骨锥穿刺。⑤经验不足的医
师对进针点的选择仍然存在困难,可能会因进针
点的选择错误导致螺钉误置。⑥对于脊柱侧凸畸
形和颈椎的置钉,尚未采用球形探针,本研究未
讨论此种情况。

综上,与传统开路锥技术相比,在同样都具有
丰富徒手置钉技术经验的前提下,球形探针技术
能有效地提高胸腰椎椎弓根螺钉的置钉准确性,
减少置钉不良及相关并发症发生,是一种具有较
高应用价值、实用性强的技术,值得临床推广。本
研究尚存在不足之处,后续研究需扩大样本量,
细化疾病种类及置钉节段,进一步探讨球形探
针技术在椎弓根置钉中的应用价值。

参考文献

- [1] Gaines RW Jr. The use of pedicle-screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders[J]. J Bone Joint Surg Am, 2000, 82(10): 1458-1476.
- [2] Lehman RA Jr, Kuklo TR. Use of the anatomic trajectory for thoracic pedicle screw salvage after failure/violation using the straight-forward technique: a biomechanical analysis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(18): 2072-2077.
- [3] 王威, 黎清波, 蔡磊, 等. 基于3D打印导航模块腰椎椎弓根螺钉置入的精确性[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(7): 1114-1119.
- [4] Tian NF, Huang QS, Zhou P, *et al.* Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies[J]. Eur Spine J, 2011, 20(6): 846-859.
- [5] 胡勇, 陈绪国, 袁振山, 等. 数字化“定点-定向”双导航模板辅助椎弓根螺钉置钉治疗寰枢椎不稳[J]. 脊柱外科杂志, 2018, 16(2): 76-81.
- [6] 王岩, 毛克亚, 张永刚, 等. 对徒手置入胸椎椎弓根螺钉的安全性评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(8): 596-599.
- [7] 曹亮亮, 连晓峰, 杨二柱, 等. “直视法”椎弓根螺钉固定术治疗不稳定性寰枢椎骨折[J]. 脊柱外科杂志, 2016, 14(4): 225-229.
- [8] 方煌, 陈安民, 罗永湘, 等. 胸腰椎椎弓根螺钉误置的原因分析及对策[J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6(11): 39-42.
- [9] Wang VY, Chin CT, Lu DC, *et al.* Free-hand thoracic pedicle screws placed by neurosurgery residents: a CT analysis[J]. Eur Spine J, 2010, 19(5): 821-827.
- [10] 乔登彬, 张永刚. 胸椎椎弓根置钉方法的研究与新进展[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 7(23): 10950-10952.
- [11] 刘运潮, 侯树勋, 张宇鹏. 脊柱椎弓根螺钉置钉技术研究进展[J]. 中国骨与关节杂志, 2016, 5(8): 596-601.
- [12] 赵永辉, 陆声. 胸椎椎弓根置钉技术的现状及最新进展[J]. 实用骨科杂志, 2018, 24(6): 531-534.
- [13] 陈克冰, 刘少喻, 李浩淼, 等. 球形探针技术在椎弓根螺钉置钉术中的应用[J]. 中华骨科杂志, 2011, 31(12): 1314-1318.
- [14] 梁春祥, 李浩淼, 陈克冰, 等. Balltip技术置入中上胸椎椎弓根螺钉的准确性评价[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2012, 33(1): 116-120.
- [15] Watanabe K, Matsumoto M, Tsuji T, *et al.* Ball tip technique for thoracic pedicle screw placement in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. J Neurosurg Spine, 2010, 13(2): 246-252.
- [16] Karami KL, Buckenmeyer LE, Kiapour AM, *et al.* Biomechanical evaluation of the pedicle screw insertion depth effect on screw stability under cyclic loading and subsequent pullout[J]. J Spinal Disord Tech, 2015, 28(3): 133-139.
- [17] 王永强, 刘晓光. 影响骨质疏松患者椎弓根螺钉固定强度的相关技术进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(5): 466-470.

(收稿日期: 2018-08-01)

(本文编辑: 刘映梅)