临床研究 DOI:10.3969/j.issn.0253-3626.2011.10.032

“漏斗技术”置入胸椎椎弓根螺钉在青少年特发性脊柱侧弯矫形术中的应用

刘显宏，欧云生，权正学，蒋电明，唐　可，罗小辑
（重庆医科大学附属第一医院骨科，重庆　400016）

【摘　要】目的：探讨应用“漏斗技术”置入胸椎椎弓根螺钉，在青少年特发性脊柱侧弯（Adolescent idiopathic scoliosis，AIS）矫形手术中的实用性和安全性。方法：采用 21 例 AIS，在手术矫形过程中，胸椎椎弓根螺钉的置入均采用“漏斗技术”，记录置入操作和术后并发症；对术中确信度不高的胸椎椎弓根置钉行三维 C 臂（3D-C-arm）断层扫描，观察螺钉在椎弓根的位置，记录穿出骨皮质螺钉的数目及距离；术后早期均行 X 线摄片判断置入螺钉位置。结果：采用“漏斗技术”置入胸椎椎弓根螺钉 268 枚，术中三维 C 臂断层扫描确信度不高的 39 枚螺钉，无 1 枚穿透椎弓根内、外侧壁；3 枚螺钉（7.69%）穿透椎体前壁，穿透距离<3 mm。所有病例术后行 X 线摄片，观察发现椎弓根钉位置良好；术中及术后未出现血管、神经、脑脊液漏等并发症。结论：在 AIS 矫正术中，应用“漏斗技术”置入胸椎椎弓根螺钉的方法是实用的、安全的。

【关键词】“漏斗技术”；青少年特发性脊柱侧弯；胸椎椎弓根螺钉

作者介绍：刘显宏（1986- ），硕士，
研究方向：脊柱退行性变与畸形。
通信作者：欧云生，男，副教授，Email：ouyunsheng2001@yahoo.com.cn。

抗体介导 K 细胞、NK 细胞等细胞以 ADCC 方式杀伤肿瘤细胞；③抗体和补体通过调理粘附作用增强巨噬细胞吞噬细胞的活性，增强抗肿瘤作用；④抗体与肿瘤细胞膜抗原结合后，使肿瘤细胞的粘附特性改变甚至丧失，阻止其与血管内皮细胞粘附，从而控制肿瘤的生长及防止肿瘤的血道转移；⑤体内突变细胞其膜表面抗原结构的改变将诱导机体产生相应的抗体，与抗体结合形成复合物，使靶细胞死亡。在体液免疫中，IgG 是血清和细胞外液中主要的抗体成分，约占血清 Ig总量的 80%，能高效激活补体，也可通过其 Fc 段与巨噬细胞、中性粒细胞和 NK 细胞表面相应 IgGFc 受体的结合，而促进吞噬细胞对细菌等颗粒抗原的吞噬及 NK 细胞对靶细胞的杀伤破坏作用。因而，IgG 在体液免疫中可能具有重要的作用。此外，作为补体系统中重要成份的 C_3 通过 3 条补体激活激活途径发挥调理吞噬、杀伤细菌（细胞）、溶解病毒、介导炎症、调节免疫应答和溶解清除免疫复合物等多种生物学功能。

本研究中 HIFU 治疗后外周血 IgG 的表达量在 HIFU 后 1 月显著增加，其可能原因与 HIFU 治疗靶区肿瘤细胞坏死、液化的分解产物的吸收，进入血液循环作为抗原引起再次体液免疫应答反应有关；同样，HIFU 治疗后外周血 C_3 的表达量在 HIFU 后 1 月显著增加，也可能与靶区肿瘤细胞坏死、液化的分解产物诱发的免疫应答有关。以上结果提示 HIFU 治疗儿童肿瘤可能会增加其体液免疫功能。然而，HIFU 治疗后 IgA、IgM 和 C_4 表达量无显著性增加，这与以往在 HIFU 治疗成人中晚期原发性肝癌的研究结果不一致[7]。这可能与本研究的对象为儿童恶性实体肿瘤患儿有关，可能与处于生长发育期的患儿的各器官、系统的结构和功能均处于渐趋稳定和成熟的过程有关。由于本研究病例数仍有限，且随访时间较短，HIFU 对恶性肿瘤患儿的体液免疫影响仍需要进一步的研究才能明确。

综上所述，HIFU 治疗恶性实体肿瘤患儿后，患儿外周血 IgG 与 C_3 的表达量显著增加。提示 HIFU 治疗可能对恶性实体肿瘤患儿机体体液免疫功能有增强作用。

参　考　文　献

[1] Orsi F，Arnone P，Chen W，et al.High intensity focused ultrasound ablation：A new therapeutic option for solid tumors[J].J Cancer Res Ther，2010，6(4)：414-420.

[2] Zhang Y，Deng J，Feng J，et al.Enhancement of antitumor vaccine in ablated hepatocellular carcinoma by high-intensity focused ultrasound[J].World J Gastroenterol，2010，16(28)：3584-3591.

[3] 夏纪筑，丁　炎，曹友德，等.过继免疫超声消融后的 CTL 细胞在荷瘤鼠肿瘤局部的特异性表达[J].中国超声医学杂志，2010，26(6)：481-484.

[4] Wu F.Extracorporeal high intensity focused ultrasound in the treatment of patients with solid malignancy[J].Minim Invasive Ther Allied Technol，2006，15(1)：26-35.

[5] 谢勋鹏，冉立峰，伍　烽，等.H22 移植性肝癌高强度聚焦超声治疗后的免疫变化[J].肿瘤杂志，2008，14(4)：254-256.

[6] 柳　怿，陈亚青，李继强，等.高强度聚焦超声治疗中晚期胰腺癌的初步研究[J].中国超声医学杂志，2010，26(6)：563-566.

[7] 王文见，罗亿治，伍　烽，等.高强度聚焦超声对 21 例中晚期原发性肝癌病人免疫状态的影响[J].中华普通外科杂志，2003，18(8)：453-455.

（责任编辑：冉明会）

【中国图书分类法分类号】R687.1 【文献标志码】A 【收稿日期】2011-04-15

Clinical application of thoracic pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis using funnel technique

LIU Xian-hong, OU Yun-sheng, QUAN Zheng-xue, JIANG Dian-ming, TANG Ke, LUO Xiao-ji

(*Department of Orthopaedics, the First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University*)

【Abstract】*Objective*: To discuss the practical applicability and security of the thoracic pedicle screw placement by using the funnel technique for the surgery of Adolescent idiopathic scoliosis(AIS). *Methods*: The operations of inserting thoracic pedicle screws by using the funnel technique were performed on 21 patients with AIS. Placement process and perioperative complications were rviewed. Low accuracy screws implantation were scaned by 3D-C-arm X ray intraoperatively to determine the screw position corial perforation number and distance. The position of screw placement was evaluated with X-ray in all patients at early stage. *Results*: A total of 268 thoracic pedicle screws were inserted by the funnel technique, 39 screws of low accuracy placement screws were scaned by 3D-C-arm in which none to penetrate the medialis or lateral cortical wall of the pedicles and 3 screws (7.69%) violated the vertebral anterior wall. All patients were observed by X-ray picture after the operation and the positions of the pedicle screws were satisfactory, No neurovascular complications or cerebrospinal leakage were found. *Conclusion*: The method of thoracic pedicle screws placement by the funnel technique is safe and applicable.

【Key words】funnel technique; adolescent idiopathic scoliosis (AIS); thoracic pedicle screw

脊柱侧弯可由多种原因引起，但以特发性脊柱侧弯最为常见，迄今病因仍然未明，其中又以青少年型最多，青少年特发性脊柱侧弯（Adolescent idiopathic scoliosis，AIS）对于保守治疗无效或侧弯畸形进行性加重伴有严重旋转畸形者需行手术矫形。目前最常采用全椎弓根螺钉内固定技术，可达到脊柱侧弯的三维矫正。椎弓根是脊柱最坚固的结构，经椎弓根钉固定可提供最坚强的锚固点，提供较高的抗拔出力和固定强度，从而获得良好的矫正效果、预防曲轴现象、短节段固定和节省融合节段[1]。但由于 AIS 患者存在椎弓根变异、椎体旋转等因素，尤其是胸椎椎弓根，周围解剖关系复杂，造成椎弓根置钉困难和危险性加大[2]。已有研究[3]报告国内成年人最小椎弓根直径为 T_5；张永刚等[4]测定国内 AIS 患者椎弓根周径，发现最小 1 例的椎弓根直径 T_4 只有 1.88 mm。故在 AIS 手术矫形过程中，由于胸椎椎弓根狭小，加上周围解剖结构复杂、比邻着重要的血管、神经、内脏器官，这无疑更加大了螺钉置入风险，椎弓根钉位置的不恰当能造成各种类型的并发症。从 2008 年 1 月-2010 年 12 月，我们参照 Eldin[5]用于颈椎手术中，有较高置钉率的“漏斗技术”，对行手术矫形的AIS患者，均采用了此技术置入胸椎椎弓根螺钉，通过对患者并发症、术中 3D-C 臂、术后 X 片评价这种方法的实用性和安全性。现报告如下。

1 资料与方法

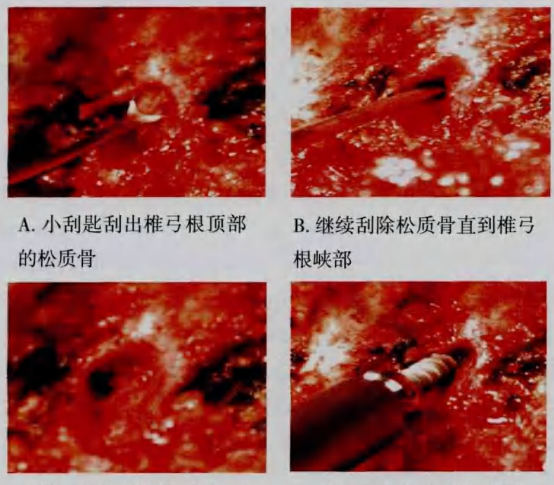
1.1 一般资料

本组患者均来自我院 2008 年 1 月-2010 年 12 月住院的 AIS 患者。共 21 例，男性 9 例，女性 12 例；年龄 12~20 岁，平均 15.1 岁。所有患者术前均拍摄站立位全脊柱正侧位、左右 Bending 片，平均 Cobb's 角 50.3°(39°~65°)。侧凸按 Lenke 分型：1 型 10 例，其中 1A-5 例，1AN 2 例，1A+1 例，1B 1 例，1CN 1 例；2 型 5 例，其中 2A-1 例，2AN 2 例，2BN 2 例；3 型 4 例，其中 3A-2 例，3BN 1 例，3CN 1 例；4CN 1 例；5C-1 例。均伴有不同程度的剃刀背畸形。所有患者采用后路矫形椎弓根内固定、植骨融合术（Stryer 公司 Diapason 椎弓根内固定、天津正天公司椎弓根内固定）。其中 16 例行了胸廓成形术。共置入 268 枚胸椎椎弓根螺钉，平均随访 15 个月（3~36 个月）。

1.2 手术方法

全身麻醉下，患者取俯卧位，胸部及两髂棘垫软枕。常规洗手、消毒、铺巾，后路暴露棘突、椎板、关节突、横突，利用第 12 肋骨、髂棘、骶骨等骨性标志结合术中 X 线透视定位确定椎体顺序。确定进针位置，彻底清除横突、关节突软组织，通常 T_{1-4} 为横突根部中点稍上，T_{5-9} 为横突根部与椎板交界处，T_{10-12} 大多位于横突根部中点，由于椎体、横突畸形无法准确暴露横突根部的则将椎体上关节突基底中外 1/3 作为进钉点。确定胸椎进钉点后，不使用胸椎开口器，用咬骨钳咬除进针点直径为 0.5 cm 骨皮质，再用 3 mm 刮匙刮除局部松质骨（图 1A），刮除松质骨直到暴露椎弓峡部，使椎弓根入口边界呈漏斗状（图 1B、C），再用 2 mm 圆头的探针仔细探测椎弓根峡部，沿并逐渐轻柔的进入椎弓根，旋入过程中不需要加过多的压力，左右旋转将椎弓根针子缓慢向前推进。如果未发现障碍后则用丝攻进行攻丝，用直径 2 mm 的圆头测探器探查孔道四周，确定椎弓根四壁和椎体未穿破；同时测量椎弓根孔道的长度，最后根据测量的长度选择不同的螺钉置入（图 1D）。并可在不攻丝的情况下按照探子方向缓慢旋入螺钉。腰椎椎弓根钉置入按传统徒手方法置入螺钉，矫形完毕

后固定螺钉与纵向连接棒。所有患者均实施固定节段的植骨融合，均采用自体骨结合 n-HA/pA66 人工骨粒植骨融合，安置引流管，逐层缝合。



A. 小刮匙刮出椎弓根顶部的松质骨　B. 继续刮除松质骨直到椎弓根峡部

C. 椎弓根皮质边缘形成一个漏斗状　D. 用丝攻攻丝后、置入螺钉

图 1　操作示意图

1.3　*术后治疗及功能康复*

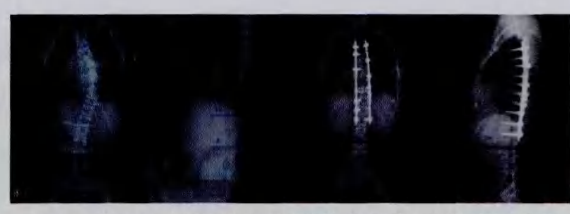
术后，应用 5~7 d 抗生素治疗，换药保持切口清洁干燥，切口引流量<50 mm 后拔出引流管，拔出引流后所有患者均摄全脊柱正侧位 X 线片；术后 1 周行腰背肌功能锻炼，佩戴支具下床活动，切口愈合拆线后准予出院，术后定期复查 X 线片，根据植骨融合情况拆除支具。

1.4　*评价方法*

记录所有患者术中和术后出现的神经、血管、其它损伤等并发症；行全脊柱 X 线检查，观察螺钉在位情况；术中 3D-C 臂评价螺钉所在椎弓根位置，记录所有穿破椎弓根内侧壁、外侧壁以及椎体前缘的螺钉数目，按穿破距离分为 3 级：1 级<2 mm，2 级<2~4 mm，3 级>4 mm[6]。评价侧凸畸形术后 Cobb's 角，计算平均矫正率。

2　结　果

21 例手术均获成功，平均手术时间 290 min，平均出血量 620 ml(450~1 100 ml)。所有的患者术中和术后均未出现神经、血管和内脏损伤的并发症。术后行全脊柱 X 线片，术后平均 Cobb's 角 11.1°，平均矫正率 78%。共置入胸椎椎弓根螺钉 268 枚，螺钉分布 T_1 4 枚、T_2 8 枚、T_3 20 枚、T_4 20 枚、T_5 20 枚、T_6 32 枚、T_7 20 枚、T_8 28 枚、T_9 28 枚、T_{10} 26 枚、T_{11} 26 枚、T_{12} 36 枚，术后 X 线片显示放置良好(图 2)，术中 3D-C 臂断层扫描 21 例患者共 39 枚胸椎椎弓根钉；观察发现 39 枚螺钉有 3 枚(7.69%)穿破到椎体前缘皮质骨，突破均<3 mm，未发现螺钉穿破侵犯入椎弓根内、外侧壁(图 3、4)。切口均Ⅰ期愈合。全部患者均获得随访，时间 3~36 个月，平均 15 个月，术后无疼痛，X 线正侧位未见内固定松动断裂及假关节形成。



Cobb's 角 42°；术后全脊柱正侧位片，螺钉位置良好，术后矫正 Cobb's 角 11°

图 2　AIS 患者，女，14 岁，术前全脊柱正侧位片

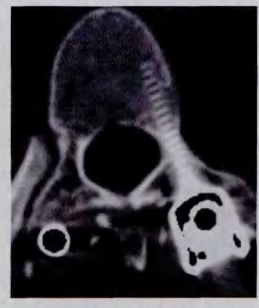


图 3　术中 3D-C 臂扫描胸椎椎弓根螺钉位置正确



图 4　术中 3D-C 臂扫描螺钉穿透胸椎椎体前缘骨皮质，突破距离 < 3 mm

3　讨　论

3.1　*AIS 矫形术中椎弓根螺钉置入的安全性与准确性*

脊柱侧弯的治疗由 Harrington 技术发展到 Luque 技术，到目前比较广泛应用的全脊柱椎弓根螺钉内固定系统。相对于其他方法，椎弓根钉具有更好的力学强度，能更好的稳定三柱，通过短节段内固定装置上的椎弓根与纵向连接棒之间的撑开、加压等作用力，提供脊柱的三维矫正和坚强的内固定，提高脊柱畸形的矫正效果[7]。但是在脊柱侧弯畸形发展，椎体存在不同程度的畸形、旋转、倾斜及脊髓的位移均发生变化；青少年椎弓根的周径细小，椎弓根附近解剖结构复杂多变，与周围重要血管、器官比邻关系密切。上述各种原因导致椎弓根进钉点解剖标志识别困难，置钉易穿破到椎弓根外，而螺钉固定失败后极易造成严重的后果，这就给胸椎椎弓根螺钉的置入带来一定的风险性。随着数字技术的发展，计算机辅助导航技术、诱发电位应用于胸椎椎弓根螺钉置入来增加准确性和安全性[8]，但是该技术设备昂贵，使用费用高，操作复杂，在我国大部分医院尚未得到推广应用，传统的徒手置钉仍在广泛应用。Suk 等[9]在 462 例脊柱侧凸患者中置入 4 604 枚胸椎椎弓根螺钉。根据术后 X 线判断 48 例(10.4%)患者 67 枚螺钉(1.5%)出现位置错误，未现神经、血管和内脏损伤等并发症；Hart 等[10]置入螺钉 128 枚，成功率 62%；Schizas 等[11]对 13 例患者置入螺钉 60 枚，成功率 61.5%。徒手技术置入胸椎椎弓根钉主要依靠对脊柱解剖标志的准确判断和医师的临床经验。AIS 患者各椎体的椎弓根变异性较大，而各临床医师对解剖标志的判断也存在着很大的差异，不同的医师在胸椎椎弓根钉的置入依靠的是手术进钉点、进钉方向、

位置等的经验。置钉准确率与医师经验相关，笔者认为这是徒手技术造成置钉位置不准确的主要原因。

3.2 “漏斗技术”技术在 AIS 矫形术中的应用价值

漏斗技术操作简单，步骤明确，可操作性强，具有良好的可重复性。在应用漏斗技术的过程中，从椎弓根的顶部开始，我们逐步刮除椎弓根内的松质骨直到椎弓根峡部，这样，从椎弓根的顶部到峡部就形成了一个漏斗状结构。我们认为这个“漏斗”具有一定程度上的引导作用，利用这个“漏斗”，可以基本上判断出进钉方向、角度以及螺钉的大小，且上述操作都在直视下进行。我们认为这是漏斗技术相对于徒手置钉技术更加准确的原因。尤其对临床经验不够丰富的青年医师，相对传统徒手植钉方法，漏斗技术置入椎弓根钉显示了较好的准确性和安全性。但漏斗技术仍然需要确定椎弓根正确的进钉点，用咬骨钳咬除约小部分骨皮质，使椎弓根入口呈现漏斗状。术中我们采用漏斗技术直视椎弓根入口结构，从而判断进钉方向、角度以及螺钉的直径。由于漏斗技术咬除了椎弓根后侧的部分皮质骨和松质骨，势必影响椎弓根钉的固定强度，目前有文献[12]报道漏斗技术置入椎弓根钉与传统徒手技术相比，虽然漏斗技术对固定脊柱的刚度无显著影响，但可降低螺钉的锚固强度。所以笔者认为在使用漏斗技术置钉时进钉点刮除的骨皮质不宜过多，约 0.5 cm，正好暴露椎弓根峡部呈漏斗状即可，此时漏斗深浅合适，可使螺钉进入的内外方向受到一定的限制，不会造成向内、向外的角度过大。若刮除的皮质过多，漏斗过深容易使椎弓根的把持强度降低，螺钉旋入过程中，易导致内向角过大使螺钉穿出椎体，使安全性降低。本组患者共植 268 枚胸椎椎弓根螺钉，术中 3D-C 臂观察了 39 枚螺钉有 3 枚穿透椎体前缘骨皮质，穿透距离<3 mm，未发现穿透椎弓根内、外侧壁；术后 X 片显示螺钉位置良好，未见螺钉松动，断裂等；所有患者术中和术后均未出现神经、血管或内脏损伤等并发症，提示采用漏斗技术置入椎弓根钉的实用性和安全性。

3.3 应用“漏斗技术”置入胸椎椎弓根钉的要点

螺钉能否准确的通过椎弓根达到椎体是手术成败的关键因素，故确定椎弓根正确的进钉点是手术成功的关键。根据史压明[3]和张永刚[4]对国人 AIS 胸椎进钉点的研究，不同节段胸椎椎弓根后缘与相应节段的横突存在恒定的关系，从 $T_{1\sim12}$，椎弓根矢径逐渐增大，而横突的位置也不断下移，上胸椎 $T_{1\sim4}$，椎弓根及横突位于椎体上半部分，椎弓根后缘中点对应横突根部中上部分，故理想进钉点为横突根部中上；随着椎体节段下移，在中胸段 $T_{5\sim9}$，横突逐渐下移到椎体中 1/3 处，此时，椎弓根后缘中点投射于横突根部与椎板交界处，理想进钉点则在横突根部与椎板交界处；在下胸椎 $T_{10\sim12}$，椎弓根矢径显著增大，加上椎体高度增加，使横突位置相对上移，椎弓根后缘中点投射于横突根部中点，此时理想进钉点则在横突根部中点处；对于椎体旋转、横突大小、形态畸形，无法准确定位横突根部的，则将上关节突基底中外 1/3 作为进钉点[13]。在拟置入椎弓根螺钉的进钉点，咬除骨皮质，小刮匙刮出顶部松质骨，暴露椎弓根的髓腔部分，形成漏斗。在后路手术中，虽然采用漏斗技术使椎弓根口已充分暴露，在进钉角度十分良好的情况下，椎弓根钉不容易向内、外侧穿透进入椎弓根皮质，但漏斗技术无法避免螺钉向前穿破进入椎体皮质，术中利用圆头探针测量椎弓根孔道的长度，选用比孔道短 5~8 mm 的螺钉，且不宜施加过多压力，可减小螺钉穿透椎体前皮质的风险。本组病例 3D-C 臂扫描 39 枚螺钉，有 3 枚螺钉穿透椎体前皮质，笔者认为是术中螺钉长度选择不当及螺钉置入时旋转用力稍多大是主要原因。

“漏斗技术”可以在置入螺钉之前让术者观测到椎弓根的入口，判断螺钉进入方向，在 AIS 矫形术中，用“漏斗技术”置入胸椎椎弓根螺钉是安全的。尽管如此，对 AIS 矫形患者，术前仔细分析胸椎椎弓根的大小、轴向、椎体旋转等影像资料以提高胸椎椎弓根钉置入的安全性。

参 考 文 献

[1] Kim Y J, Lenke L G, Cho S K, et al. Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2004, 29(18): 2040-2048.

[2] Parent S, Labelle H, Skalli W, et al. Thoracic pedicle morphometry in vertebrae from scoliotic spines[J]. Spine, 2004, 29(3): 239-248.

[3] 史亚民，柒 伟，侯树勋，等. 胸椎椎弓根形态测量研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志，2002，12(3)：191-193.

[4] 张永刚，王 岩，刘郑生，等. 数字化三维重建技术定量评估青少年特发性脊柱侧弯胸椎椎弓根的形态变化[J]. 中国临床康复，2005，9(22)：13-15.

[5] Eldin E, Yingsakmongkol W, Robert W. Accuracy of cervical pedicle screw placement using the funnel technique[J]. Spine, 2001, 26(22): 2456-2462.

[6] 王 岩，毛克亚，张永刚，等. 对徒手植入胸椎椎弓根根螺钉的安全性评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志，2006，16(8)：596-599.

[7] Suk S I, Lee S M, Chung E R, et al. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis: more than 5-year follow-up[J]. Spine, 2005, 30(14): 1602-1609.

[8] Lehman R A, Kuklo T R. Use of the anatomic trajectory for thoracic pedicle screw salvage after failure/violation using the straight-forward technique: a biomechanical analysis[J]. Spine, 2003, 28(18): 2072-2077.

[9] Suk S S, Kim W J, Lee S M, et al. Thoraic pediele screw fixation in spinal deformities: are they really safe[J]. Spine, 2001, 26(18): 2049-2057.

[10] Hart R A, Hansen B L, Shea M, et al. Pedicle screw placement in the thoracic spine. A comparison of image-guided and manual techniquesin cadavers[J]. Spine, 2005, 30(12): 326-331.

[11] Schizas C, Theumann N, Kosmopoulos V. Inserting pedicle screws in the upper thoracic spine without the use of fluoroscopy or image-guidance. Is it safe[J]? Eur Spine J, 2007, 16(5): 625-629.

[12] 刘良乐，汤呈宣，杨国敬. 采用“漏斗技术”植入椎弓根螺钉固定胸段脊柱的生物力学研究[J]. 医学生物力学，2010，25(2)：89-92.

[13] Chuang K J, Suh S W, Desai S, et al. Ideal entry point for the thoracic pedicle screw during the free hand technique[J]. Int Orthop, 2008, 32(5): 657-662.

（责任编辑：冉明会）