

腰 5 椎弓根分型及螺钉固定的相关解剖学测量

张丙磊, 赵东升, 余 枫, 殷 军, 王 宁, 秦 放

(山东省青岛市骨伤医院骨科 266021)

【摘要】目的:研究腰 5(L5)椎弓根的解剖特点,探讨更适合于中国人的 L5 椎弓根螺钉个性化置钉方法。**方法:**收集 46 个中国成人 L5 椎弓根干燥完整标本,观察其椎弓根形态,测量与椎弓根螺钉置钉有关的椎弓根解剖参数,即在椎弓根峡部垂直于椎弓根轴切断椎弓根,在其横断面上测量椎弓根的高度、宽度与椎弓根最长径、最短径及椎弓根冠状面倾斜角;测量进钉点与人字嵴及峡部嵴在内外方向的距离;在经椎弓根轴线的 L5 横切面上测量置钉的理想外偏角度及范围。**结果:**L5 椎弓根有 2 种形态,一种横突融合于椎弓根与椎弓连接处,谓之 L 型,共 36 个椎弓根 72 个椎弓根;另一种是 S 型,共 10 个椎弓根 20 个椎弓根,其横突于椎体侧后方与椎体及椎弓根融合。L 型和 S 型椎弓根峡部横断面宽度、高度与椎弓根最长径、最短径及椎弓根冠状面倾斜角分别为 18.22mm 和 22.45mm、14.24mm 和 14.46mm、20.62mm 和 23.74mm、11.87mm 和 12.83mm、35.9° 和 32.3°。在内外方向上进钉点到人字嵴、峡部嵴的距离 L 型分别为 3.36mm 和 5.94mm, S 型分别为 4.66mm 和 7.54mm。理想的置钉外偏角 L 型为 25.4°, S 型为 27.9°。除椎弓根高度外,其他各项参数两型之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**中国人 L5 椎弓根可分为两种类型, S 型椎弓根比 L 型更宽,最佳进钉点到人字嵴及峡部嵴的距离更靠外,横切面上的置钉外偏角更大。

【关键词】第 5 腰椎;解剖;椎弓根螺钉;分类;测量

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.02.11

中图分类号: R322.7 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-02-0133-05

An anatomic study of L5 pedicle classification and associated pedicle screw instrumentation/ZHANG Binglei, ZHAO Dongsheng, YU Feng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(2): 133~137

【Abstract】Objective: To investigate the anatomic characteristics of L5 pedicle and the optimal individualized pedicle screw placement in Chinese. **Method:** 46 dry and intact L5 vertebrae specimens harvested from Chinese were obtained. The pedicle morphology was observed, and the anatomic parameters of the pedicle associated with pedicle screw placement were measured. Namely the pedicle isthmus were dissected along transverse section of perpendicular to the pedicle axial. Pedicle isthmus width, height, maximum diameter, minimum diameter, coronal pedicle tilt angles in the transverse section of perpendicular to pedicle axis and appropriate insertion angles in the L5 cross-section through pedicle axis were measured. In addition, the medial-lateral distance from the optimal starting point to vertex of " $\wedge$ "-shaped crest and isthmus crest were measured. **Result:** 2 morphological findings were evidenced in L5 pedicles. 36 vertebrae (72 pedicles) had transverse process integrated into the junction of vertebral arch and pedicle (L-type), and 10 vertebrae (20 pedicles) had transverse process integrated into vertebral body and pedicle at the posterolateral side of the vertebral body (S-type). The pedicle width, height, maximum diameter, minimum diameter, pedicle tilt angles was 18.22mm and 22.45mm, 14.24mm and 14.46mm, 20.62mm and 23.74mm, 11.87mm and 12.83mm, 35.9° and 32.3° for L and S type respectively. In the medial-lateral direction, the entrance point is 3.36mm and 5.94mm, 4.66mm and 7.54mm lateral to vertex of " $\wedge$ "-shaped crest and the isthmus crest for L type and S type pedicle, respectively. The Optimal insertion angles was 25.4° and 27.9° for L and S type respectively. **Conclusion:** L5 pedicle has 2 differentiation types in the Chinese. Compared with L-type, S-type pedicle has longer diameter and more lateral entrance point to the vertex of " $\wedge$ "-shaped crest and isthmus crest, which optimize larger extroversion angle.

第一作者简介: 男(1958-), 副主任医师, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0532)83615004 E-mail: zhang_binglei@sina.com

[Key words] L5 vertebrae; Anatomy; Pedicle screw; Classification; Measurement

[Author's address] Department of Orthopaedics, Qingdao Orthopaedics and Traumatology Hospital, Qingdao, Shandong, 266021, China

椎弓根螺钉固定已成为腰椎手术中最常用的内固定方法^[1,2]。但椎弓根螺钉固定有增加并发症的风险,并发症包括椎弓根螺钉放置错误、椎弓根壁骨折、椎弓根螺钉松动、神经损伤或硬脊膜损伤等^[3-6]。最近 5 年,我院脊柱外科以人字嵴定位法行腰椎椎弓根螺钉固定治疗各种腰椎病变 109 例,由于 L5 椎弓根螺钉进钉点偏内导致螺钉侵入 L5 侧椎管造成 L5 神经根损伤 4 例(3.7%)。其原因:一是 L4~L5 节段小关节退变可能重于腰椎其他节段,使螺钉进钉点定位标志欠清;二是 L5 可能存在解剖变异。不同的腰椎节段应用同一种椎弓根螺钉置钉方法可能不够精确。本研究的目的进一步研究中国人 L5 椎弓根的解剖特点,寻找更适合中国人的 L5 椎弓根螺钉置钉方法,以减少 L5 椎弓根螺钉置钉并发症。

1 材料与方法

1.1 标本来源

中国成人 L5 脊椎干燥完整标本 50 个(潍坊医学院解剖教研室提供),男女不限。排除结构有缺陷者 4 个,46 个 L5 脊椎用于测量。

1.2 测量工具

线性测量用游标卡尺,精确到 0.02mm。角度测量用角度计,精确到 1°。

1.3 测量方法

在经 L5 脊椎轴位投影像上,画一条平行于椎弓根轴线并与椎弓根外侧壁相切的直线,根据直线是否与横突尖接触,将 L5 椎弓根分为 2 种类型(图 1、2),不与横突尖接触的(与 L4 相似)定义为 L 型,与横突尖接触的(与骶椎相似)定义为 S 型。在椎弓根最狭窄处(峡部平面)用 0.4mm 的超薄钢锯垂直于椎弓根轴线锯断双侧椎弓根,其断面为类椭圆形,与 Senaran 等^[7]描述的椎弓根横断面形态一致。在该平面上测量椎弓根的高度、宽度与椭圆(椎弓根)的长径、短径及冠状面上椎弓根倾斜角。椎弓根高度是指与椭圆相切的两条水平线之间的距离,椎弓根宽度是指与椭圆相切的两条水平线的垂线之间的距离,椎弓根倾斜角是指椭圆的长轴与脊椎横切面的夹角(图 3、4)。椭

圆的长、短轴交点为椎弓根中心点。以椎弓根中心点为进针点,平行于椎体上终板,距正中矢状面 5mm 的椎体前壁为出针点,用电钻打入 1 枚 2mm 克氏针,将锯断的椎弓原位固定,再将克氏针逆行打回,自椎弓后方出针。定义克氏针在椎弓的出口为 L5 椎弓根螺钉最佳进钉点,克氏针在椎体内的路径为 L5 椎弓根螺钉的最佳进钉路径。测量最佳进针点与人字嵴及峡部嵴的水平距离(图 5)。峡部嵴是指上关节突下方、椎弓峡部外侧缘的骨嵴^[8]。沿克氏针上缘将 L5 脊椎锯为上下两部分(图 6),在横切面上测量:距正中矢状面 10mm 的椎体前壁与最佳进钉点作一直线,该直线与正中矢状面的夹角为椎弓根螺钉进钉最小外偏角($\angle 1$);克氏针与正中矢状面的夹角($\angle 2$),为椎弓根螺钉进钉最佳外偏角;经正中矢状线和椎体前壁交点与最佳进钉点作连线,该直线与正中矢状面的夹角为椎弓根螺钉进钉的最大外偏角($\angle 3$)。

1.4 统计方法

用 SPSS 16.0 软件包进行统计学分析。L 型和 S 型椎弓根各参数的差别比较用 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性。

2 结果

46 个 L5 脊椎中,36 个脊椎为 L 型椎弓根(72 个),10 个脊椎为 S 型椎弓根(20 个)。横突融合于椎弓根与椎弓连接处为 L 型,横突于椎体侧后方与椎体及椎弓根融合为 S 型。L5 椎弓根峡部横断面椎弓根高度、宽度和椎弓根长径、短径的测量结果见表 1。L5 椎弓根最佳进钉点在内外方向上与人字嵴、峡部嵴的距离及最佳外偏角、最小外偏角、最大外偏角见表 2。椎弓根峡部横断面上除椎弓根高度外,其余参数两型之间均有统计学差异($P < 0.05$)。进钉点与人字嵴、峡部嵴内外方向上的距离及横断面上的置钉外偏角两型之间也有统计学差异($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 L5 椎弓根分型

椎弓根有复杂的三维构形,且不同的节段之

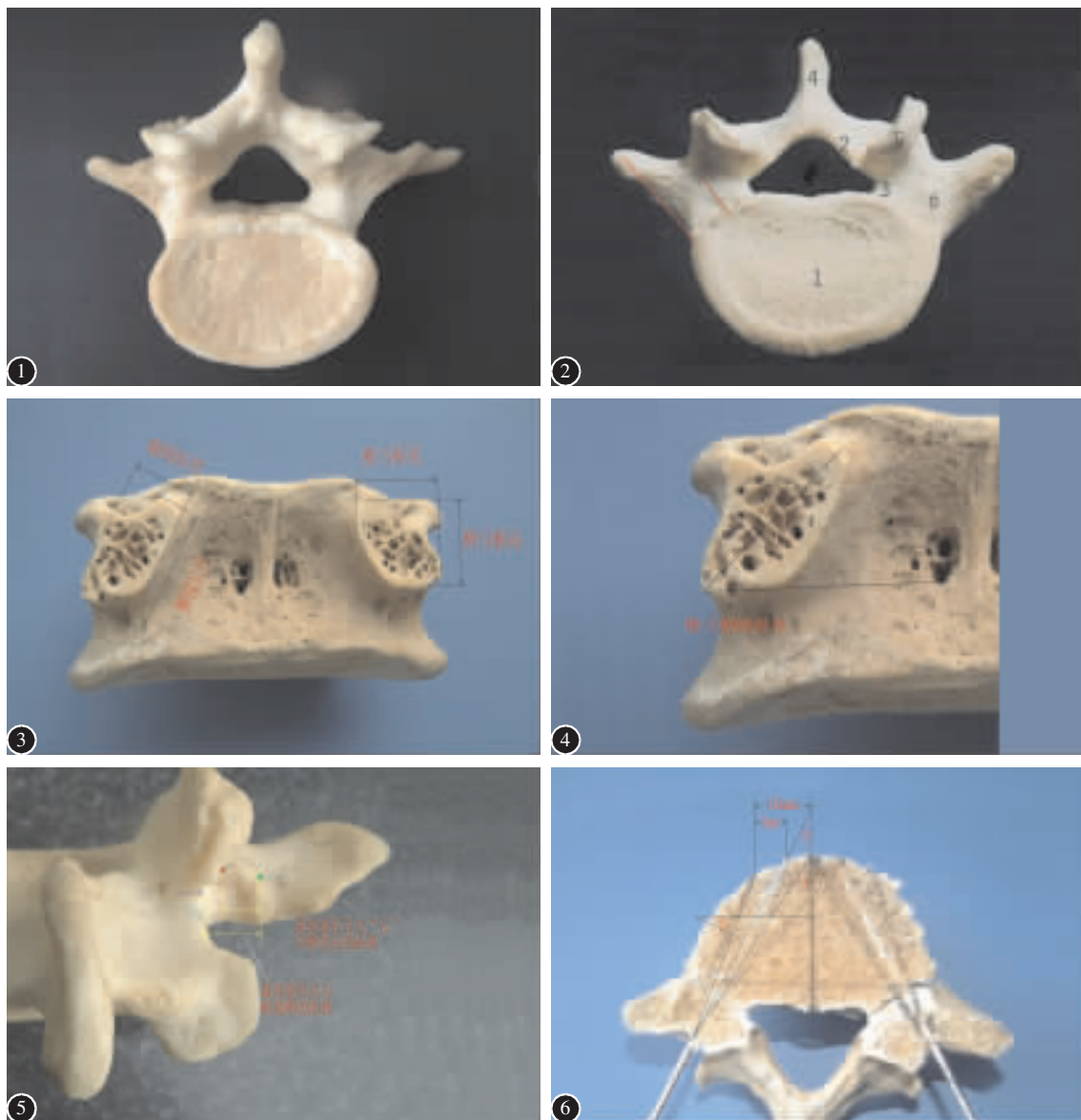


图 1 L 型 L5 椎弓根: 平行于椎弓根轴线并与椎弓根外侧壁相切的直线不与横突尖接触 图 2 S 型 L5 椎弓根: 平行于椎弓根轴线并与椎弓根外侧壁相切的直线与横突尖接触 图 3 椎弓根峡部横断面为类椭圆形, 椎弓根高度是指与椭圆相切的两条水平线之间的距离, 椎弓根宽度是指与椭圆相切的两条水平线的垂线之间的距离 图 4 椭圆的长轴与脊椎横切面的夹角为椎弓根倾斜角 图 5 最佳进针点(绿点)与人字嵴顶点(红点)及峡部嵴(蓝箭头)的水平距离 图 6 $\angle 1$ 为最小外偏角, $\angle 2$ 为最佳外偏角, $\angle 3$ 为最大外偏角

表 1 L5 椎弓根峡部横断面解剖参数

	$(\bar{x} \pm s)$	
	L 型 (n=72)	S 型 (n=20)
椎弓根宽度 (mm)	18.22±1.52 ^①	22.45±1.01
椎弓根高度 (mm)	14.24±1.29	14.46±0.97
椎弓根长径 (mm)	20.62±1.76 ^①	23.74±1.86
椎弓根短径 (mm)	11.87±1.53 ^②	12.83±1.30
椎弓根冠状面倾斜角 (°)	35.9±4.4 ^①	32.3±5.4

注: ①与 S 型比较 $P < 0.01$, ②与 S 型比较 $P < 0.05$

表 2 L5 椎弓根进钉点内外方向定位及横断面外偏角

	$(\bar{x} \pm s)$	
	L 型 (n=72)	S 型 (n=20)
最佳进钉点与人字嵴顶点水平距离 (mm)	3.36±0.86 ^①	4.66±0.32
最佳进钉点与峡部嵴水平距离 (mm)	5.94±1.09 ^①	7.54±0.51
最佳外偏角 (°)	25.4±1.6 ^①	27.9±2.8
最大外偏角 (°)	31.4±2.5 ^①	33.7±2.7
最小外偏角 (°)	19.9±1.9 ^①	22.2±2.3

注: ①与 S 型比较 $P < 0.01$

间有明显的差别。L5 脊椎为腰椎与骶椎之间的过度椎,解剖结构变异较常见。L5 是唯一一个横突与椎体外侧及椎弓根直接融合的腰椎^[9]。根据我们的观察,国人 L5 椎弓根、横突与椎体侧方的连接存在两种方式:一种方式为横突融合于椎弓根与椎弓连接处,平行于椎弓根轴线并与椎弓根外侧壁相切的直线不与横突尖部相交,横突的连接方式与 L4 相似,我们将其命名为 L 型;另一种方式为横突于椎体侧后方与椎体及椎弓根连接,平行于椎弓根轴线并与椎弓根外侧壁相切的直线与横突尖部相交,横突的连接方式与 S1 相似,我们将其命名为 S 型。这两种 L5 脊椎的椎弓根在发育上存在着差异。我们在临床上也发现,腰椎椎弓根螺钉固定术中 L5 椎弓根螺钉置钉精确性最差,可能与置入椎弓根螺钉时没有区分 L5 椎弓根的解剖变异有一定关系。目前,在中、英文文献中未见东方人 L5 椎弓根分型的报告。L 型与 S 型 L5 椎弓根螺钉进钉点在内外方向上存在差异,外偏角也不相同。如果按照与其他腰椎相同的方法进行椎弓根螺钉固定,可能会增加置钉的并发症发生率。

3.2 L5 椎弓根测量

为了获得坚强的固定和减少椎弓根螺钉并发症,掌握精确而详细的椎弓根解剖知识至关重要。国内外学者通过对腰椎干燥标本、尸体标本的直接测量,或对尸体腰椎标本及志愿者腰椎的 CT 测量,得到了许多腰椎椎弓根形态学的解剖数据。由于 L5 脊椎几何形状的关系,用卡尺直接测量椎弓根的最小径可能会得到夸大的数值^[10]。我们采用在椎弓根峡部垂直于椎弓根轴线切断椎弓根,可方便准确地测量 L5 椎弓根峡部的解剖参数。Li 等^[11]用重定格 CT 图像测量了 41 例中国人 L5 椎弓根峡部横断面上椎弓根的长径、短径,椎弓根短径男性为 13.7mm,女性为 11.8mm;椎弓根长径男性为 24mm,女性为 20.3mm。Su 等^[12]报告了来自美国哥伦比亚大学解剖学系 37 具防腐腰骶段尸体标本的测量数据,其中 L5 椎弓根最窄处宽度为 20.1mm,高为 15.2mm,椎弓根的短径为 12.4mm。马岩等^[13]报告了中国北方地区成人的测量结果,椎弓根峡部宽度男性为 20mm,女性为 17.3mm;高度男性为 14.9mm,女性为 14.3mm。我们的测量结果与上述文献结果相似。而 Hou 等^[14]报告国人 L5 椎弓根宽度为 12.9mm。由于他们没

有说明其测量的是椎弓根的水平宽度还是最小宽度,我们考虑可能是后者,因其数值与我们测量的椎弓根横截面椎弓根短径相似。Robertson 等^[15]注意到 L4、L5 椎弓根特别是 L5 椎弓根最小宽度比其水平宽度更小。因为冠状面上 L5 椎弓根特别倾斜,其短轴并不在解剖学的横切面上。因此,不论是直接测量还是 CT 测量,测量椎弓根时,用垂直于椎弓根轴线的椎弓根横断面测量比脊椎横切面测量更合理。

3.3 L5 椎弓根理想进钉点

椎弓根螺钉的生物力学强度受螺钉长度和直径、螺纹设计及骨的质量等因素影响。其中,螺钉直径增加是重要因素,它可增加螺钉抗拔出^[16]。椎弓根螺钉的理想通道应该满足以下条件:可置入最大直径及最大长度的螺钉;螺钉穿出骨外的危险性最小;外偏角不宜过大,以减少术中软组织的剥离。我们通过椎弓根最狭窄处切断椎弓根,在其横断面上找到椭圆的中心点,经该点进针、平行于上终板、距脊椎正中矢状面 5mm 出针、椎弓复位后再将钢针反向穿出椎弓。沿该钢针的通道符合上述条件,我们认为是理想的螺钉置入通道。钢针的椎弓出口和外偏角是理想的螺钉进钉点和螺钉外偏角。L5 椎弓根螺钉进钉点在头尾方向上可参考横突根部中线^[17]。本研究结果显示,最佳进钉点:在内外方向上 L 型为人字嵴顶点向外 3mm 或峡部嵴向外 6mm, S 型分别为 5mm 和 8mm。螺钉外偏角: L 型最佳为 25.4°, 最小为 19.9°, 最大为 31.4°; S 型最佳为 27.9°, 最小为 22.2°, 最大为 33.7°。

腰椎椎弓根螺钉进钉点在内外方向上的定位多采用小关节突或人字嵴作为定位标志^[8,14,18,19]。然而,自上腰椎到下腰椎,椎弓根横断面的中心与小关节的关系是逐渐变化的^[14,20]。应用 Roy-Camill 技术置钉在胸腰段有很高的成功率,但在 L3~L5 易致椎弓根内侧壁破裂,因进钉点偏近中线^[21]。Weinstein 等^[22]推荐更靠外的进钉点,即在上关节突的外下拐角处(nape of the neck)。这些研究结果提示下腰椎的最佳椎弓根进钉点与上腰椎相比可能有其特殊性。我们的研究结果证明,应用人字嵴法作为 L5 椎弓根螺钉进钉点的定位标志钉道有偏内倾向。如果这时钉道稍有偏下即易进入神经通道,增加神经根损伤的风险。最佳进钉点应在人字嵴顶点向外 3mm(L 型)及 5mm(S 型)。有研

究显示约 20% 的 L5 脊椎人字嵴不明显^[23], 在退变性疾病患者, 小关节增生可使小关节边界模糊, 翻修手术时可能小关节已无法辨认。而峡部嵴解剖标志清晰, 在这些情况下可用峡部嵴作为确定进钉点的参考, 但峡部嵴距进钉点的距离较远, 精确性可能不足。

本研究不足之处: 标本数量不够大; 未能区分性别; 在标本上容易将椎弓根区分为二个类型, 但在临床上通过影像学是否容易进行分类还不清楚。我们对部分患者的 L5 脊椎自横突上缘至横突下缘进行 CT 横断面扫描, 在横突下 1/3 轴位像上可以用本文描述的方法对 L5 脊椎进行分类。

4 参考文献

1. Vaccaro AR, Garfin SR. Pedicle-screw fixation in the lumbar spine[J]. J Am Acad Orthop Surg, 1995, 3(3): 263-274.
2. 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.
3. Jutte PC, Castelein RM. Complications of pedicle screws in lumbar and lumbosacral fusions in 105 consecutive primary operations[J]. Eur Spine J, 2002, 11(6): 594-598.
4. Laine T, Lund T, Ylikoski M, et al. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomised controlled clinical study in 100 consecutive patients [J]. Eur Spine J, 2000, 9(3): 235-240.
5. Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation: a selected survey of ABS members[J]. Spine, 1993, 18(15): 2231-2238.
6. 曾忠友, 金才益, 裴斐, 等. 下腰椎椎弓根螺钉误入椎管损伤神经根的临床分析[J]. 脊柱外科杂志, 2008, 6(3): 178-180.
7. Senaran H, Yazici M, Karcaaltincaba M, et al. Lumbar pedicle morphology in the immature spine: a three-dimensional study using spiral computed tomography [J]. Spine, 2002, 27(22): 2472-2476.
8. 杜心如, 叶启彬, 赵玲秀, 等. 腰椎人字嵴顶点椎弓根螺钉进钉方法的解剖学研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(2): 86-88.
9. 任惠民, 胡海涛, 译. 麦克明彩色人体解剖图谱[M]. 第 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2002. 72.
10. Sugisaki K, An HS, Orías AE, et al. In vivo three-dimensional morphometric analysis of the lumbar pedicle isthmus [J]. Spine, 2009, 34(24): 2599-2604.
11. Li B, Jiang B, Fu Z, et al. Accurate determination of isthmus of lumbar pedicle: a morphometric study using reformatted computed tomographic images [J]. Spine, 2004, 29(21): 2438-2444.
12. Su BW, Kim PD, Cha TD, et al. An anatomical study of the mid-lateral pars relative to the pedicle footprint in the lower lumbar spine[J]. Spine, 2009, 34(13): 1355-1362.
13. 马岩, 李岩, 马威, 等. 中国北方地区成人椎弓根形态的测量及其临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2009, 27(3): 295-298.
14. Hou S, Hu R, Shi Y. Pedicle morphology of the lower thoracic and lumbar spine in a Chinese population[J]. Spine, 1993, 18(13): 1850-1855.
15. Robertson PA, Stewart NR. The radiologic anatomy of the lumbar and lumbosacral pedicles[J]. Spine, 2000, 25(6): 709-715.
16. Misenhimer GR, Peek RD, Wiltse LL, et al. Anatomic analysis of pedicle cortical and cancellous diameter as related to screw size[J]. Spine, 1989, 14(4): 367-372.
17. Ebraheim NA, Rollins JR Jr, Xu R, et al. Projection of the lumbar pedicle and its morphometric analysis[J]. Spine, 1996, 21(11): 1296-1300.
18. Magerl FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation [J]. Clin Orthop Relat Res, 1984, 189: 125-141.
19. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating[J]. Clin Orthop Relat Res, 1986, 203: 7-17.
20. Mitra SR, Datir SP. Morphometric study of the lumbar pedicle in the Indian population as related to pedicular screw fixation[J]. Spine, 2002, 27(5): 453-459.
21. Hailong Y, Wei L, Zhensheng M, et al. Computer analysis of the safety of using three different pedicular screw insertion points in the lumbar spine in the Chinese population[J]. Eur Spine J, 2007, 16(5): 619-623.
22. Weinstein JN, Spratt KF, Spengler D, et al. Spinal pedicle fixation: reliability and validity of roentgenogram-based assessment and surgical factors on successful screw placement[J]. Spine, 1988, 13(9): 1012-1018.
23. 杜心如, 张一模, 赵玲秀, 等. 腰椎椎弓根螺钉人字嵴顶点进钉方法的放射解剖学研究[J]. 骨与关节损伤杂志, 2000, 15(3): 206-208.

(收稿日期: 2010-10-26 修回日期: 2010-12-23)

(英文编审 蒋欣/刘思麒)

(本文编辑 李伟霞)