

· 基础研究 ·

开放获取

## 第三骶骨骨通道螺钉钉道的影像数字化测量<sup>△</sup>

孙凯<sup>1</sup>, 张元智<sup>2\*</sup>, 刘亚欧<sup>1</sup>, 邢文华<sup>2</sup>, 刘刚<sup>1</sup>, 郝晓东<sup>1</sup>, 张跃腾<sup>1</sup>, 常青<sup>1\*</sup>

(1. 内蒙古医科大学附属医院骨科, 内蒙古呼和浩特 010050; 2. 内蒙古医科大学第二附属医院, 内蒙古呼和浩特 010030)

**摘要:** [目的] 通过数字化分析、评估确定成人是否存在第三骶骨骨性螺钉通道并进行测量。[方法] 收集 18~60 岁健康志愿者 300 名, 男女各半; 通过骨盆 CT 扫描数据三维重建确定第三骶骨安全区的几何边界并生成最优钉道; 对最优钉道轴向“狭窄点”处的宽度进行双侧测量, 并测量第三骶骨经髂骨 (trans-sacral trans-iliac, TSTI) 螺钉通道长度和椎弓根通道长度及 TSTI 通道投影长轴长度和投影面积。[结果] 300 名志愿者中有 47 例 (15.7%) 存在可容纳 6.0 mm 直径螺钉 S<sub>3</sub> 椎体横向骶髂关节螺钉固定钉道。男性 S<sub>3</sub> TSTI 通道宽度 [左侧: (5.0±1.9) mm vs (4.3±1.6) mm,  $P<0.001$ ; 右侧: (5.0±1.9) mm vs (4.4±1.6) mm,  $P=0.002$ ]、TSTI 通道长度 [(111.1±8.3) mm vs (98.6±7.8) mm,  $P<0.001$ ]、椎弓根通道长度 [左侧: (36.6±3.2) mm vs (29.1±3.0) mm,  $P<0.001$ ; 右侧: (36.6±3.1) mm vs (28.7±2.9) mm,  $P=0.002$ ]、投影长轴长度 [(18.4±2.0) mm vs 16.3±1.8) mm,  $P<0.001$ ]、投影短轴长度 [(16.6±1.6) mm vs (11.6±1.3) mm,  $P<0.001$ ]、投影面积 [(127.0±12.4) mm<sup>2</sup> vs (96.4±9.4) mm<sup>2</sup>,  $P<0.001$ ] 均显著大于女性。同一性别的左、右两侧轴位 S<sub>3</sub> TSTI 通道宽度、椎弓根通道长度差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。[结论] 15% 成人存在影像学上安全的第三骶骨骨性骶髂螺钉通道, 可行横向骶髂关节螺钉固定。

**关键词:** 三维成像, 骶骨, 骶髂关节, 螺钉通道

**中图分类号:** R687      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2025) 08-0717-05

**Image digital measurement of screw path in the third sacral channel** // SUN Kai<sup>1</sup>, ZHANG Yuan-zhi<sup>2</sup>, LIU Ya-ou<sup>1</sup>, XING Wen-hua<sup>2</sup>, LIU Gang<sup>1</sup>, HAO Xiao-dong<sup>1</sup>, ZHANG Yue-teng<sup>2</sup>, CHANG Qing<sup>2</sup>. 1. Department of Orthopaedics, The Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia 010059, China; 2. The Second Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia 010030, China

**Abstract:** [Objective] To determine whether presence of third sacral screw channels in adults and measure the its parameter by image digital measurement. [Methods] A total of 300 healthy volunteers aged 18~60 were enrolled into this study, with a half male and a half female. The geometric boundary of the third sacral safety zone was determined by three-dimensional reconstruction of pelvic CT scan data and the optimal screw path was generated. The width at the axial "narrow point" of the optimal screw path was measured on both sides, and the length of the trans-sacral trans-iliac (TSTI) screw channel and pedicle channel of the third sacrum were measured, additionally, the projection length and projection area of the TSTI channel of the third sacrum were measured. [Results] Of the 300 volunteers, 47 (15.7%) had a fixation path that could accommodate screw 6.0 mm in diameter for the transverse sacroiliac screw of the S<sub>3</sub> vertebra. The male proved significantly greater than the female in terms of S<sub>3</sub> TSTI channel width [left, (5.0±1.9) mm vs (4.3±1.6) mm,  $P<0.001$ ; right, (5.0±1.9) mm vs (4.4±1.6) mm,  $P=0.002$ ], TSTI channel length [(111.1±8.3) mm vs (98.6±7.8) mm,  $P<0.001$ ], pedicle channel length [left, (36.6±3.2) mm vs (29.1±3.0) mm,  $P<0.001$ ; right, (36.6±3.1) mm vs (28.7±2.9) mm,  $P=0.002$ ], the projection length [(18.4±2.0) mm vs (16.3±1.8) mm,  $P<0.001$ ], projection minor axis length [(16.6±1.6) mm vs (11.6±1.3) mm,  $P<0.001$ ], projection area [(127.0±12.4) mm<sup>2</sup> vs (96.4±9.4) mm<sup>2</sup>,  $P<0.001$ ]. However, there was no significant difference between the left and right sides in terms of axial S<sub>3</sub> TSTI channel width and pedicle channel length in the same gender ( $P>0.05$ ). [Conclusion] In this study, 15% of adults are found a radiological safe third sacral screw channel, which could be used for fixation with transverse sacroiliac screw.

**Key words:** three-dimensional imaging, sacrum, sacroiliac joint, screw channel

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110132

**△基金项目:** 内蒙古自治区科技成果转化项目 (编号: CGZH2018148); 内蒙古自治区科技计划项目 (编号: 201802157); 内蒙古自治区自然科学基金资助项目 (编号: 2019MS08151); 内蒙古医科大学“治远”人才基金项目 (编号: ZY0120011); 内蒙古医科大学面上项目 (编号: YKD2024012)

**作者简介:** 孙凯, 主治医师, 研究方向: 数字医学, (电子信箱) duangsk@163.com

**\* 通信作者:** 张元智, (电子信箱) dryzzhang@163.com; 常青, (电子信箱) 67787451@qq.com

骨盆后环骨折临床上较为常见，大多需要手术治疗，手术时多需要固定融合于刚性的骶骨区，关于骶骨各节段的研究目前主要集中在 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 节段<sup>[1]</sup>，而对于骶骨畸形的研究已有报道<sup>[2]</sup>。经皮骶髂螺钉固定是骨盆后环骨折或脱位手术治疗的常用方法，可以保证骨盆环的稳定性<sup>[3-7]</sup>，该方法具有良好的生物力学稳定性。合适的骨固定通道（osseous fixation pathway, OFP）、准确分析术中投影以及精确的技术操作是安全置入骶髂或骶骨经髂骨螺钉的重要因素<sup>[8, 9]</sup>。横向骶髂关节固定 S<sub>1/2</sub> 的骨通道研究及临床应用已有相关研究，证实具有良好的临床效果<sup>[10, 11]</sup>。但由于骨折位置、骨折移位程度、可用骨固定通道的大小、骨质量和预期的患者负重依从性，导致 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 骶髂螺钉和骶骨经髂骨螺钉固定可能无法提供足够的稳定性，需要额外的固定途径来满足骨盆的稳定<sup>[12]</sup>。第三骶椎骶髂螺钉内固定（third sacral alar iliac, S<sub>3</sub>AI）技术为骨盆后环骨折的治疗提供了新的治疗手段<sup>[13, 14]</sup>，但目前对第三骶骨（S<sub>3</sub>）通道相关研究较少，可否行经骶髂关节固定 S<sub>3</sub> 椎体？本研究针对国人汉族 S<sub>3</sub> 骨固定通道的存在率以及可容纳 S<sub>3</sub> 骶骨经髂骨螺钉进行相关分析。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入标准：无骨骼畸形、外伤及手术史，同时无肿瘤、结核病等内科病史。

排除标准：（1）有骨性畸形者；（2）肿瘤、结核患者；（3）妊娠期女性；（4）任何其他原因不能耐受 CT 检查的患者。

收集 2018 年 1 月—2023 年 12 月内蒙古医科大学附属医院健康成人志愿者 300 名，男女各半，年龄 18~60 岁，平均（35.6±3.1）岁；身高 155~183 cm，平均（171.3±2.1）cm；体重 45~91 kg，平均（76.3±1.7）kg。本研究已获内蒙古医科大学附属医院伦理委员会批准（编号：YKD2018216），所有志愿者均知情同意并签署知情同意书。

1.2 影像检查方法

所有患者行腹部连续螺旋 CT 扫描（GE 公司，美国），扫描参数为：电压为 120 kV，层厚 0.625 mm，矩阵 512×512。

1.3 影像数据重建分析

将原始 .dicom 格式数据导入 Materialise Mimics Innovation Suite 16.0 软件（Materialise 公司，比利

时），重建骨盆三维模型，确定 S<sub>3</sub> 轴线中心点，生成最优钉道<sup>[11]</sup>，同时导入直径 6.0 mm 螺钉模型于最佳钉道位置，在 Mimics 软件中进行相关测量，对 S<sub>3</sub> 横向骶髂螺钉、置钉通道的轴向“狭窄点”处的宽度进行双侧测量，并测量 S<sub>3</sub> 最优钉道处经 TSTI 螺钉通道长度，测量 S<sub>3</sub> TSTI 通道投影长短轴长度，同时测量 S<sub>3</sub> 横向螺钉通道投影面积。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 18.0 统计软件进行统计学分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，组间比较采用独立样本 *t* 检验或配对 *T* 检验；资料呈非正态分布时，采用非参数统计。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。等级资料采用秩和检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总体结果

300 名志愿者中有 47 名（15.7%）存在可容纳 6.0 mm 直径螺钉 S<sub>3</sub> 椎体横向骶髂关节螺钉固定钉道（图 1a~1c），见图 1d~1h。

2.2 男女性别间比较

150 例 S<sub>3</sub> 通道测量结果与两性和两侧间比较见表 1，S<sub>3</sub> TSTI 通道宽度、TSTI 通道长度、椎弓根通道长度、投影长轴长度、投影短轴长度、投影面积男性均显著大于女性（*P*<0.05）。

2.3 两侧比较

同一性别的左、右两侧轴位 S<sub>3</sub> TSTI 通道宽度、椎弓根通道长度差异无统计学意义（*P*>0.05）。

| 表 1. 150 例 S <sub>3</sub> 通道测量结果（ $\bar{x} \pm s$ ）及两性间比较                                                                 |                    |                    |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|------------|
| Table 1. Measurement results of S <sub>3</sub> channels in 150 patients and comparison of both genders（ $\bar{x} \pm s$ ） |                    |                    |            |
| 指标                                                                                                                        | 男性（ <i>n</i> =150） | 女性（ <i>n</i> =150） | <i>P</i> 值 |
| TSTI 通道宽度（mm）                                                                                                             |                    |                    |            |
| 左侧                                                                                                                        | 5.0±1.9            | 4.3±1.6            | <0.001     |
| 右侧                                                                                                                        | 5.0±1.9            | 4.4±1.6            | 0.002      |
| <i>P</i> 值                                                                                                                | 0.927              | 0.550              |            |
| TSTI 通道长度（mm）                                                                                                             |                    |                    |            |
| 椎弓根通道长（mm）                                                                                                                | 111.1±8.3          | 98.6±7.8           | <0.001     |
| 左侧                                                                                                                        | 36.6±3.2           | 29.1±3.0           | <0.001     |
| 右侧                                                                                                                        | 36.6±3.1           | 28.7±2.9           | <0.001     |
| <i>P</i> 值                                                                                                                | 0.956              | 0.332              |            |
| 投影长轴长度（mm）                                                                                                                | 18.4±2.0           | 16.3±1.8           | <0.001     |
| 投影短轴长度（mm）                                                                                                                | 16.6±1.6           | 11.6±1.3           | <0.001     |
| 投影面积（mm <sup>2</sup> ）                                                                                                    | 127.0±12.4         | 96.4±9.4           | <0.001     |

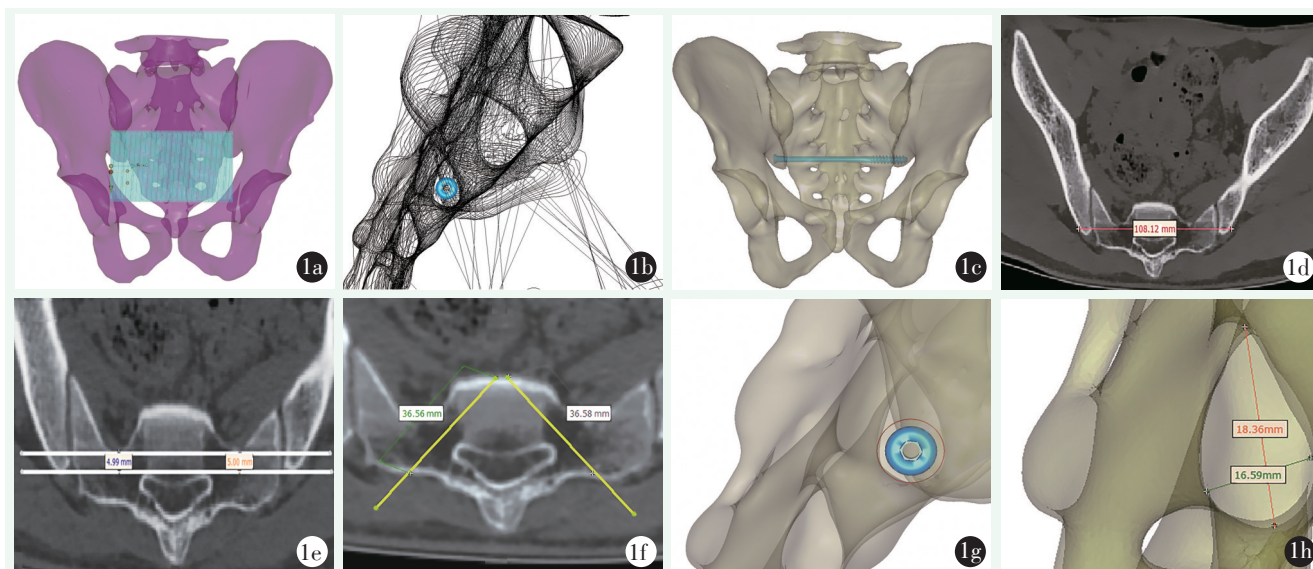


图 1.  $S_3$  影像测量方法。1a: 纵向分割骶骨; 1b: 显示  $S_3$  安全区不规则形边界投影并确定  $S_3$  椎体横向钉道; 1c: 骨盆前后位显示螺钉位; 1d:  $S_3$  TSTI 安全通道长度; 1e:  $S_3$  TSTI 安全通道宽度; 1f:  $S_3$  椎弓根通道长度; 1g:  $S_3$  安全螺钉通道; 1h:  $S_3$  通道投影的测量。

Figure 1. Imaging measurement methods for  $S_3$  channel. 1a: the sacrum was divided longitudinally; 1b: Displaying the irregular boundary projection of  $S_3$  security zone and determining the optimal channel of  $S_3$  vertebral screw; 1c: Displaying the screw in AP positions; 1d: Measuring the length of  $S_3$  TSTI safety pathway in axial position; 1e: Measuring the width of  $S_3$  TSTI safety pathway in axial position; 1f: Measuring the length of  $S_3$  pedicle; 1g: Safety pathway of the  $S_3$  screw; 1h: Projection measurement of  $S_3$  safety pathway.

### 3 讨论

不稳定骨盆环损伤对多发创伤患者可危及生命, 治疗的目标是实现术后最佳的解剖复位和功能恢复, 传统的内固定技术造成了广泛的手术暴露, 从而增加了软组织损伤和进一步的手术感染概率。

Routt 等<sup>[15]</sup>首次引入经皮髂骶螺钉内固定技术, 并证明该技术在生物力学和临床治疗骨盆后环损伤方面的有效性。髂骶螺钉置入的成功和安全取决于可用的骨性通道, 可用的骨性通道越大, 安全置入的可能性越高。但不稳定的骨盆损伤采用单侧髂骶螺钉固定较难获得稳定的固定, 并且有失败的风险<sup>[16, 17]</sup>。

经皮髂骶螺钉置入用于不稳定骨盆后环损伤的固定, 通常利用  $S_1$  和  $S_2$  骨通道的固定方式满足骨盆稳定性的需要, 但某些骨折需要进行额外的固定, 如伴有老年骶骨畸形的患者, 因其  $S_1$  节段明显较小或有粉碎性骨折, 导致无法置入螺钉, 只能通过  $S_2$  或  $S_3$  节段的骨固定通道来进行固定。Routt 认为<sup>[18]</sup> 在一些骶骨畸形骨盆损伤或完全性骶骨垂直骨折的病例中, 当骶骨上部升高无法将  $SI$  螺钉安全插入  $S_1$  节段时, 必须固定  $S_2$  节段以实现稳定固定。然而, 与  $S_1$  椎体相比,  $S_2$  节段的骨质量较薄, 可能导致生物力学强度不足, 因此, 在  $S_3$  节段置入  $SI$  螺钉可能会提高稳定

性。

对于螺钉直径也有争议, Gardner 认为 10 mm 直径的螺钉能够保证螺钉的安全置入<sup>[19]</sup>, 多数学者认为, 使用 7~8 mm 直径的螺钉是安全的<sup>[20]</sup>。Eastman 等<sup>[12]</sup>的研究结果显示, 15.2% 的患者具有可以安全地容纳 7.0 mm 直径经髂骨固定骶骨的  $S_3$  螺钉通道。Radetzki 等<sup>[21]</sup>在对 125 例患者的分析中, 用形态学研究论述了使用  $S_3$  螺钉的可能性。他们发现 30 例 (24%) 患者可以使用 7.3 mm 的髂骶螺钉。在畸形骶骨病例中 ( $n=25$ ) 可以放置  $S_3$  螺钉的比率 (60%) 显著高于正常骶骨病例中 ( $n=100$ ) 的比率 (15%)。考虑到国人的骨盆解剖特点, 本研究采用 6.0 mm 直径螺钉进行模拟。Mendely 与 Radetzki 等开展基于 CT 数据的三维可视化研究, 确认并测算双侧髂骶关节置钉的平均空间骨通道容积和螺钉入点在髂骨表面的分布区域, 确定优化的三维图像钉道, 收到了满意的效果<sup>[22]</sup>。El Dafrawy 等<sup>[23]</sup>认为,  $S_3$  节段存在一个安全的骨性通道, 且与不垂直于骨折线和受压后会导致移位的  $S_1$  螺钉对比,  $S_3$  螺钉能提供更好的螺钉固定方向。准确分析骶骨的 CT 图像对于确定是否存在骨性通道至关重要; 同时认为, 骶骨畸形患者可以考虑将髂骶螺钉置入  $S_3$  位置。

本研究基于 CT 数据进行三维分析, 采用螺钉的虚拟放置作为替代量化  $S_3$  骨固定通道, 不仅测量了



轴面狭窄点处的宽度,同时也测量了安全通道的投影,而且对S<sub>3</sub>安全螺钉钉道进行了优化,理论上符合国人骶骨的解剖特性,结果显示,15%的成人存在影像学上安全的第三骶骨骨性髂骶螺钉通道,必要时可以作为额外的横向骶髂关节螺钉固定通道,但由于样本量相对较小,且仅限于本地区,同时没有对畸形骶骨进行分析,有待于增加样本量进一步研究。

**利益冲突声明** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 孙凯:课题设计、实施和论文写作、采集分析和解释数据、统计分析、起草文章;张元智:酝酿和设计实验、分析和解释数据、文章审阅、获取研究经费、指导、支持性贡献;刘亚欧:酝酿和设计实验、采集数据、起草文章、统计分析;邢文华:酝酿和设计实验、文章审阅、指导;刘刚:酝酿和设计实验、实施研究、分析和解释数据、文章审阅、统计分析、指导;郝晓东:酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、起草文章、统计分析;张腾跃:酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析及解释数据、起草文章、统计分析;常青:课题设计、分析和解释数据、文章审阅、指导

## 参考文献

- [1] 康宇翔,李国望,徐宝山. S2 骶骨翼螺钉技术进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (17): 1585-1593. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.17.09.
- [2] 黄研生,牛兴邦,史少岩,等. 骶骨发育不全的研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (19): 1796-1799. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.19.14.
- [3] Griffin DR, Starr AJ, Reinert CM, et al. Vertically unstable pelvic fractures fixed with percutaneous iliosacral screws: does posterior injury pattern predict fixation failure [J]. J Orthop Trauma, 2006, 20 (1): S30-36. DOI: 10.1097/01.bot.00000202390.40246.16.
- [4] Sagi HC, Lindvall EM. Inadvertent intraforaminal iliosacral screw placement despite apparent appropriate positioning on intraoperative fluoroscopy [J]. J Orthop Trauma, 2005, 19 (2): 130-133. DOI: 10.1097/00005131-200502000-00010.
- [5] van den Bosch EW, van Zwienen CM, van Vugt AB. Fluoroscopic positioning of sacroiliac screws in 88 patients [J]. J Trauma, 2002, 53 (1): 44-48. DOI: 10.1097/00005373-200207000-00009.
- [6] Yinger K, Sealise J, Olson SA, et al. Biomechanical comparison of posterior 254 pelvic ring 255 fixation [J]. J Orthop Trauma, 2003, 17 (7): 481-487.
- [7] 张伟,张丕军,刘立柱,等. 经皮骶髂关节螺钉导向装置的数字化研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24 (6): 557-562. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.06.16.
- [8] Bishop JA, Routt ML Jr. Osseous fixation pathways in pelvic and acetabular fracture surgery: osteology, radiology, and clinical applications [J]. J Trauma Acute Care Surg, 2012, 72 (6): 1502-1509. DOI: 10.1097/TA.0b013e318246efe5.
- [9] Kim JW, Quispe JC, Hao J, et al. fluoroscopic views for a more accurate placement of iliosacral screws: an experimental study [J]. J Orthop Trauma, 2016, 30 (1): 34-40. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000426.
- [10] 张元智,王军强,路全立,等. 经皮横向骶髂关节螺钉固定骶骨纵形骨折的数字化分析与临床应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2014, 16 (5): 377-380. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2014.05.003.
- [11] 张元智,李鉴轶,张立峰,等. 水平方向经皮第二骶椎骶髂关节螺钉固定治疗骶骨纵形骨折的评价[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19 (3): 234-239. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.03.009.
- [12] Eastman JG, Adams MR, Frisoli K, et al. Is S3 a viable osseous fixation pathway [J]. J Orthop Trauma, 2018, 32 (2): 93-99. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001036.
- [13] Eastman JG, Shelton TJ, Routt MLC Jr, et al. Posterior pelvic ring bone density with implications for percutaneous screw fixation [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2021, 31 (2): 383-389. DOI: 10.1007/s00590-020-02782-4.
- [14] Dilogo IH, Fiolin J. Surgical technique of percutaneous iliosacral screw fixation in S3 level in unstable pelvic fracture with closed degloving injury and morrell lavallee lesion: Two case reports [J]. Int J Surg Case Rep, 2017, 38: 43-49. DOI: 10.1016/j.ijscr.2017.07.008.
- [15] Routt ML Jr, Kregor PJ, Simonian PT, et al. Early results of percutaneous iliosacral screws placed with the patient in the supine position [J]. J Orthop Trauma, 1995, 9 (3): 207-214. DOI: 10.1097/00005131-199506000-00005.
- [16] Routt ML Jr, Simonian PT. Closed reduction and percutaneous skeletal fixation of sacral fractures [J]. Clin Orthop Relat Res, 1996, 329: 121-128. DOI: 10.1097/00003086-199608000-00015.
- [17] Keating JF, Werier J, Blachut P, et al. Early fixation of the vertically unstable pelvis: the role of iliosacral screw fixation of the posterior lesion [J]. J Orthop Trauma, 1999, 13 (2): 107-113. DOI: 10.1097/00005131-199902000-00007.

(下转 725 页)

- [15] Li J, Zhang T. Comparison of clinical outcomes and complications of biportal and uniportal endoscopic decompression for the treatment of cervical spondylotic radiculopathy: A systematic review and meta-analysis [J]. *Jt Dis Relat Surg*, 2024, 35 (3) : 583–593. DOI: 10.52312/jdrs.2024.1820.
- [16] 苏保辉, 栾素娴, 孙良智, 等. 单侧双通道内镜治疗双节段腰椎管狭窄症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (16) : 1508–1511. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2022.16.14.
- Su BH, Luan SX, Sun LZ, et al. Unilateral biportal endoscopy for treatment of double-segment lumbar spinal stenosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (16) : 1508–1511. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2022.16.14.
- [17] 芦怀旺, 胡鹏, 田霖, 等. 腰椎管狭窄症单侧双通道内镜下单侧与双侧减压比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (18) : 1643–1647. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2022.18.03.
- Lu HW, Hu P, Tian L, et al. Comparison of unilateral and bilateral decompression under unilateral biportal endoscopy for lumbar spinal stenosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (18) : 1643–1647. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2022.18.03.
- [18] Tang Z, Jian L, Liu Y, et al. Comparative efficacy of unilateral biportal endoscopic and full-endoscopic posterior cervical foraminotomy in the treatment of cervical spondylotic radiculopathy: a retrospective analysis [J]. *Neurosurg Rev*, 2024, 47 (1) : 803. DOI: 10.1007/s10143–024–03046–z.
- (收稿:2024–12–31 修回:2025–01–08)  
(同行评议专家: 赵司顺, 田云虎)  
(本文编辑: 郭秀婷)

(上接 720 页)

- [18] Routt ML Jr, Simonian PT, Agnew SG, et al. Radiographic recognition of the sacral alar slope for optimal placement of iliosacral screws: a cadaveric and clinical study [J]. *J Orthop Trauma*, 1996, 10 (3) : 171–177. DOI: 10.1097/00005131–199604000–00005.
- [19] Gardner MJ, Morshed S, Nork SE, et al. Quantification of the upper and second sacral segment safe zones in normal and dysmorphic sacra [J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24 (10) : 622–629. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181cf0404.
- [20] Lucas JF, Routt ML Jr, Eastman JG. A useful preoperative planning technique for transiliac–transsacral screws [J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31 (1) : e25–e31. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000708.
- [21] Radetzki F, Wohlrab D, Goehre F, et al. Anatomical conditions of the posterior pelvic ring regarding bisegmental transverse sacroiliac screw fixation: a 3D morphometric study of 125 pelvic CT datasets [J]. *Arch OrthopTrauma Surg*, 2014, 134 (8) : 1115–1120. DOI: 10.1007/s00402–014–2022–8.
- [22] Mendel T, Radetzki F, Wohlrab D, et al. CT-based 3-D visualisation of secure bone corridors and optimal trajectories for sacroiliac screws [J]. *Injury*, 2013, 44 (7) : 957–963. DOI: 10.1016/j.injury.2012.11.013.
- [23] El Dafrawy MH, Strike SA, Osgood GM. Use of the S3 corridor for iliosacral fixation in a dysmorphic sacrum: a case report [J]. *JBJS Case Connect*, 2017, 7 (3) : e62. DOI: 10.2106/JBJS.CC.17.00058.
- (收稿:2024–02–22 修回:2024–10–10)  
(同行评议专家: 张立峰, 董谢平, 陈斌)  
(本文编辑: 宁桦)