

# 机器人辅助骶髂贯穿螺钉置入治疗骨盆后环骨折的精确性及临床疗效研究

王学霖<sup>1</sup>, 吴征杰<sup>2</sup>, 曾焰辉<sup>2</sup>, 李灿辉<sup>2</sup>, 周健生<sup>2</sup>, 洪石<sup>2</sup>

(1. 广州中医药大学第八临床医学院, 广东 佛山 528000; 2. 佛山市中医院, 广东 佛山 528000)

**【摘要】** 目的: 探讨骨科手术机器人辅助置入骶髂贯穿螺钉治疗骨盆后环骨折的精确性及临床疗效。方法: 回顾性分析 2022 年 8 月至 2023 年 8 月行机器人辅助置入骶髂贯穿螺钉治疗的骨盆后环骨折 24 例患者的临床资料, 其中男 10 例, 女 14 例; 年龄 21~73(49.29±14.48) 岁; 骨折按照 Tile 骨盆分型, B 型 13 例, C 型 11 例。根据术后 CT 扫描结果采用 Gras 标准评估螺钉置入效果。末次随访根据 Matta 评分标准评估骨折愈合情况, 采用 Majeed 评分标准评估功能恢复情况。结果: 24 例患者获得随访, 时间 3~13(6.00±3.28) 个月。总计置入骶髂贯穿螺钉 36 枚, S<sub>1</sub> 贯穿螺钉 18 枚, S<sub>2</sub> 贯穿螺钉 18 枚; 依据 Gras 标准, 优 29 枚, 良 7 枚。总螺钉调整次数 0.00(0.00, 0.75) 次。末次随访时 Matta 评分标准, 优 18 例, 良 5 例, 中 1 例; 最大位移距离 2.55(0.00, 5.65) mm。Majeed 评分总分(84.37±8.38) 分, 优 15 例, 良 7 例, 中 2 例。结论: 机器人能够精准、安全地辅助完成骶髂关节螺钉置入治疗骨盆后环骨折, 促使患者术后功能恢复。

**【关键词】** 骨盆骨折; 机器人; 骶髂贯穿螺钉; 微创治疗

中图分类号: R683.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20240083

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Accuracy and clinical efficacy of robot-assisted transiliac-transsacral screw placement for posterior pelvic ring fractures

WANG Xue-lin<sup>1</sup>, WU Zheng-jie<sup>2</sup>, ZENG Yan-hui<sup>2</sup>, LI Can-hui<sup>2</sup>, ZHOU Jian-sheng<sup>2</sup>, HONG Shi<sup>2</sup> (1. The Eighth Clinical Medical College of Guangzhou University of Chinese Medicine, Foshan 528000, Guangdong, China; 2. Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Foshan 528000, Guangdong, China)

**ABSTRACT Objective** To explore accuracy and clinical effect of robot-assisted implantation of sacroiliac penetrating screw in orthopedic surgery for posterior pelvic ring fracture. **Methods** The clinical data of 24 patients with posterior pelvic ring fracture treated with robot-assisted sacroiliac penetration screws from August 2022 to August 2023 were retrospectively analyzed, including 10 males and 14 females; aged from 21 to 73 years old with an average of (49.29±14.48) years old; according to Tile pelvic fractures, 13 patients were type B and 11 were type C. The effect of screw placement was evaluated according to Gras criteria based on postoperative CT scan results. At the final follow-up, fracture healing was evaluated according to Matta score, and functional recovery was evaluated by Majeed score. **Results** All patients were followed up for 3 to 13 months with an average of (6.00±3.28) months. Totally 36 sacroiliac penetrating screws, 18 S<sub>1</sub> penetrating screws, 18 S<sub>2</sub> penetrating screws were inserted, a total of 29 were excellent and 7 good according to Gras standard. Screw adjustment times was 0.00 (0.00, 0.75) times. At the final follow-up, Matta score was excellent in 18 patients, 5 good and 1 moderate, and the maximum displacement distance was 2.55 (0.00, 5.65) mm. Majeed score was 84.37±8.38, 15 patients were excellent, 7 good and 2 moderate. **Conclusion** Robot could accurately and safely assist in the placement of sacroiliac joint screws for the treatment of posterior pelvic ring fractures, and promote postoperative functional recovery of patients.

**KEYWORDS** Pelvic fractures; Robot; Transiliac-transsacral screw; Minimally invasive treatment

随着生活方式的改变及生活节奏的加快, 骨盆骨折发生率正呈现逐年上升的趋势。通过手术治疗实现骨盆环的解剖复位并坚强固定是骨盆骨折术后

功能良好恢复的惟一预测指标。传统的切开复位钢板内固定有切口大、出血多、易感染等风险, 骶髂螺钉稳定固定骨盆后环应用后展现出的微创优点使得众多学者对其展开深入研究<sup>[1]</sup>。研究显示<sup>[2]</sup>, 骶髂贯穿螺钉治疗后环骨折能够以比较短的骶髂螺钉提供更有力的支撑。本研究回顾性分析 2022 年 8 月至 2023 年 8 月行机器人辅助置入骶髂贯穿螺钉的骨盆后环骨折患者 24 例, 报告如下。

基金项目: 国家重点研发计划项目(编号: 2022YFC2407500)

Fund program: National Key Research and Development Program of China (No. 2022YFC2407500)

通讯作者: 吴征杰 E-mail: 13902414988@163.com

corresponding author: WU Zheng-jie E-mail: 13902414988@163.com

## 1 临床资料

纳入标准:骨盆后环损伤的不稳定性骨盆骨折;行经皮骶髂贯穿螺钉手术;年龄>18岁。排除标准:开放性、病理性骨盆骨折;骨性通道狭窄无法置入螺钉患者;因各种原因无法耐受手术患者。

本组 24 例,男 10 例,女 14 例;年龄 21~73 (49.29±14.48)岁;骨折按 TILE<sup>[3]</sup>制定的 Tile 骨盆分型,B 型 13 例,C 型 11 例;车祸伤 15 例,重物砸伤 2 例,高处坠落伤 7 例。本研究通过我院伦理委员会批准,批号:KY[2022]155。

## 2 治疗方法

### 2.1 术前准备

术前完善骨盆 X 线片、CT 平扫及三维重建检查,依据患者骨盆骨折情况,在骨盆 CT 横断面、冠状面平扫影像上进行 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 椎体节段骶髂贯穿螺钉术前规划,判断其贯穿螺钉置入可行性,可行者则纳入机器人辅助骶髂贯穿螺钉置入手术治疗范围。

### 2.2 手术方法

全身麻醉后,患者取仰卧位,将 C 形臂 X 线机与天玑骨科手术机器人(北京天智航医疗科技有限公司)连接至主控系统。连接电源,调试各系统设备正常运行。术区常规消毒、铺巾。将光学示踪器放置于健侧骨盆髂前上棘,用无菌套膜包裹机械臂后放置于术者右侧,红外光学追踪器放于床位,C 形臂 X 线机放于健侧。拍摄骨盆正位、出口位、入口位及侧位 X 线片,保证光学示踪器位置良好及术中 CT 扫描影像资料清晰。将所得影像资料上传至主控台,根据术前规划并结合术中 3D 扫描设计螺钉的路径与长度。完成设计后机械臂移动到指定位置,根据定位切开皮肤,钝性分离皮下组织,微调误差后打入导针,贯穿 6 层皮质,透视验证位置是否良好,不满意可重新规划设计并再次打入导针。导针深度合适后拧入螺钉,透视确认螺钉位置无误后,清洗缝合伤口。

### 2.3 术后处理

术后常规应用抗生素预防感染,并予以止痛、抗凝等对症处理。术后及时复查 X 线片及 CT。术后第 2 天在床上行髋、膝关节主、被动活动。术后 6~8 周开始部分拄拐负重。术后 10~12 周根据愈合情况开始完全负重。

## 3 结果

### 3.1 疗效评价标准

根据术后 CT 扫描骶髂贯穿螺钉结果采用 GRAS 等<sup>[4]</sup>制定的 Gras 标准评估螺钉位置:优,位置安全,螺钉全在松质骨内;良,位置安全,螺钉与皮质骨结构接触;差,位置错误,螺钉部分或全部穿出骨皮质。末次随访时根据 Matta 评分<sup>[5]</sup>评估骨折最大移

位距离判断骨折愈合情况:≤4 mm 为优,5~10 mm 为良,10~20 mm 为中,>20 mm 为差。根据 MAJEED<sup>[6]</sup>制定的 Majeed 评分从骨盆及髋关节疼痛、工作情况、坐位时疼痛、性生活、站立 5 个方面评估患者术后功能恢复情况,满分 100 分,总分≥85 分为优,70~84 分为良,55~69 分为中,<55 分为差。

### 3.2 治疗结果

24 例患者获得随访,时间 3~13 (6.00±3.28)个月。术中顺利完成骶髂关节贯穿螺钉置入,所有患者术后未出现伤口感染、过敏反应及神经、血管、腹腔脏器损伤等并发症。术后螺钉 Gras 评分结果,S<sub>1</sub> 螺钉优 15 枚,良 3 枚;S<sub>2</sub> 螺钉优 14 枚,良 4 枚;总螺钉优 29 枚,良 7 枚;螺钉位置无错误。螺钉调整次数,S<sub>1</sub> 螺钉 0.00(0.00,0.00)次;S<sub>2</sub> 螺钉 0.00(0.00,1.00)次;总螺钉 0.00(0.00,0.75)次。末次随访时 Matta 评分:优 18 例,良 5 例,中 1 例,最大移位距离 2.55(0.00、5.65) mm; Majeed 功能评分总分为(84.37±8.38)分,其中骨盆及髋关节疼痛(27.08±3.26)分,工作情况(17.00±2.70)分,坐位时疼痛(8.08±1.10)分,性生活(2.95±0.85)分,站立(29.25±4.24)分;优 15 例,良 7 例,中 2 例。典型病例图片见图 1。

## 4 讨论

对于不稳定性骨盆骨折,经皮螺钉固定正在成为一种新的术式选择<sup>[7-8]</sup>,但因其技术难度与风险程度仍让许多创伤骨医生望而却步。由于不同患者其骶骨解剖结构存在一定的差异,因此,临床上可能出现骶骨变异的情况,这使在使用经皮螺钉治疗骨盆后环骨折时,其螺钉置入路径并非一概而论<sup>[9]</sup>。其中骶髂贯穿螺钉主要选择置入在 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 节段,当 S<sub>1</sub> 节段发生变异时,会导致螺钉通道变窄,而当骨盆入射角(PI 值)越大时,S<sub>1</sub> 螺钉偏出的概率也会随之增大,进而导致增大手术难度和风险<sup>[9-10]</sup>。因此,部分患者 S<sub>1</sub> 节段仅可置入单侧骶髂螺钉,并无充足的安全通道置入骶髂贯穿螺钉<sup>[11-12]</sup>。在骶髂螺钉固定过程中由于骨性通道狭窄,容错率低,所以首先需要确定入针点位置保证导针位置的准确性<sup>[13]</sup>。以往的骶髂螺钉置入需要依靠术中透视影像判断置钉的“安全通道”,以避免其偏出损伤内脏及其神经血管<sup>[14]</sup>。整个过程需要在入口位、出口位、骶骨侧位反复透视确认导针位置并做出相应调整,其操作步骤繁琐,增加了术中医患的辐射量。2D 影像透视有其局限性。通过术前 CT 规划个性化的置钉通道结合术中 3D 影像扫描做出螺钉通道规划,才能更好地确保通道的准确性及安全性<sup>[15]</sup>。

而随着机器人辅助骨科手术技术的发展,能有效提高置钉的精准性<sup>[16-17]</sup>。骶髂贯穿螺钉相较于单

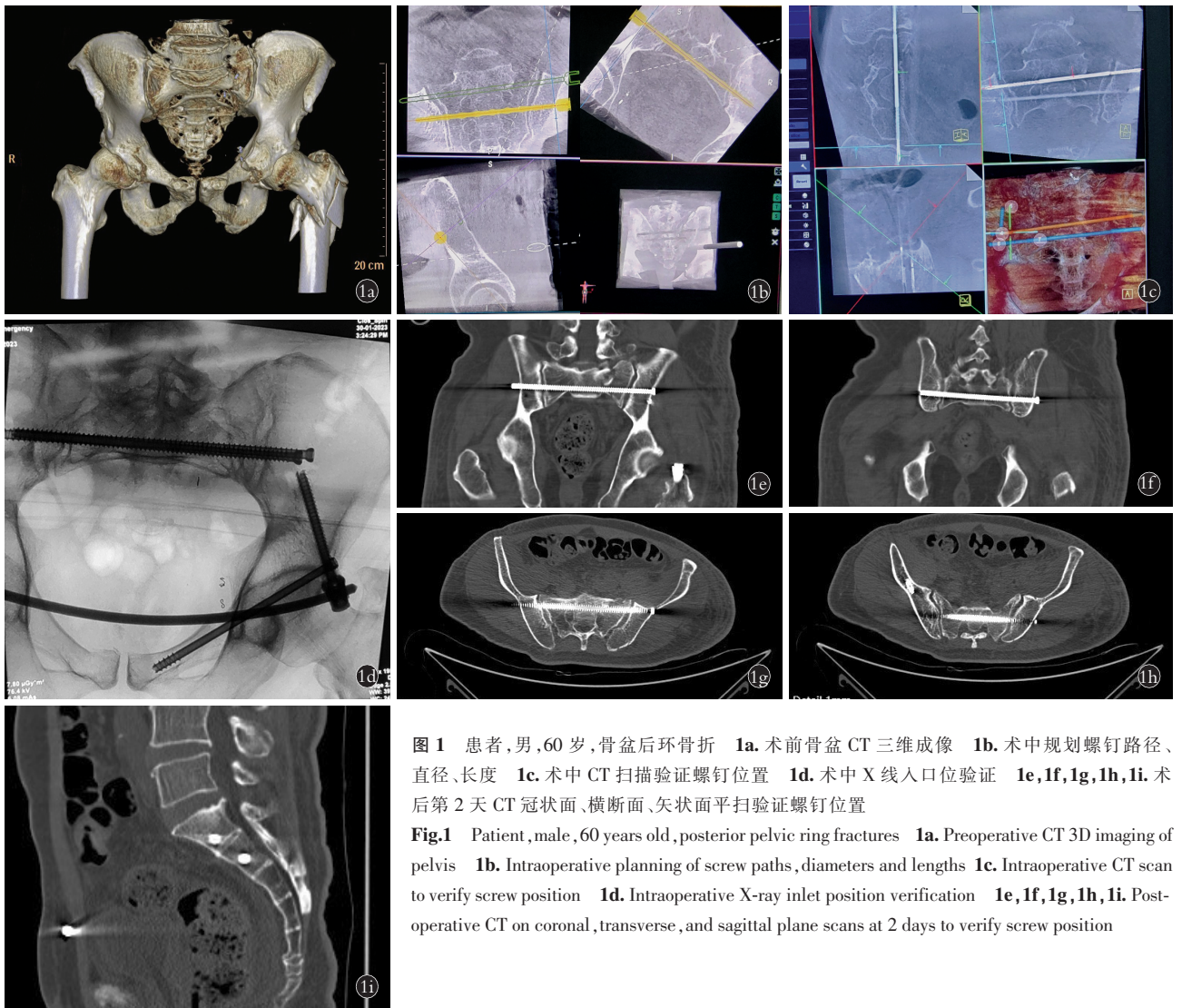


图 1 患者,男,60 岁,骨盆后环骨折 1a. 术前骨盆 CT 三维成像 1b. 术中规划螺钉路径、直径、长度 1c. 术中 CT 扫描验证螺钉位置 1d. 术中 X 线入口位验证 1e,1f,1g,1h,1i. 术后第 2 天 CT 冠状面、横断面、矢状面平扫验证螺钉位置

Fig.1 Patient, male, 60 years old, posterior pelvic ring fractures 1a. Preoperative CT 3D imaging of pelvis 1b. Intraoperative planning of screw paths, diameters and lengths 1c. Intraoperative CT scan to verify screw position 1d. Intraoperative X-ray inlet position verification 1e, 1f, 1g, 1h, 1i. Post-operative CT on coronal, transverse, and sagittal plane scans at 2 days to verify screw position

侧骶髂螺钉长度更长,加之螺钉的安全通道狭窄,骶髂贯穿螺钉对于术者术中螺钉路径规划的要求也更高。通过术中 CT 扫描得到骨盆的三维影像进行螺钉的路径规划,能够避免因肥胖、肠道积气、透视角度等因素影响螺钉安全通道的识别判断。同时骶髂贯穿螺钉的入针点位并非位于一平坦骨面,而是具有一定坡度的斜面,其可能会造成入针点的滑移,影响导针的精准置入。天玑骨科手术机器人利用术中 CT 三维影像规划路径加上机械臂作为螺钉通道的导向装置辅助定位,二者结合大大提高了置钉的精准性,避免了因反复调整而导致螺钉通道丢失的情况出现。本研究通过采用天玑手术机器人辅助骶髂贯穿螺钉的置入,未出现螺钉偏出骨皮质的情况出现。而术中仍会出现导针调整的情况,可能与导针较长和骨面的坡度造成入针点出现细微的滑移或导针出现轻微的弯折;且术中由于骨盆仍处于不稳定的状态,可能会导致在导针或者螺钉置入的过程中出现骨性结构位置轻微改变,进一步造成最后的结果

有些许的误差出现。术后随访发现,骶髂贯穿螺钉微创固定骨盆后环骨折能够使患者早期进行功能恢复锻炼,提高患者生活质量。

综上所述,通过采用机器人辅助置入骶髂贯穿螺钉能够保证手术的准确性,确保手术安全性,并且能够促使患者术后功能恢复。但术中操作时术者仍需小心谨慎,切不可完全依赖于机器人系统。

#### 参考文献

- [1] 刘峰,雷青,蔡立宏,等. 改良经皮三维打印导板与传统透视辅助骶髂螺钉固定骨盆后环骨折的疗效比较[J]. 中南大学学报(医学版),2023,48(11):1703-1710.  
LIU F, LEI Q, CAI L H, et al. Efficacy comparison between iliosacral screw fixation of the posterior pelvic ring fracture with the assistance of modified percutaneous three-dimensional printing guide template and conventional fluoroscopy[J]. J Cent South Univ Med Sci, 2023, 48(11):1703-1710. Chinese.
- [2] CİNTEAN R, FRITZSCHE C, ZDERIC I, et al. Sacroiliac versus transiliac-transsacral screw osteosynthesis in osteoporotic pelvic fractures: a biomechanical comparison[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2023, 49(6):2553-2560.

- [3] TILE M. Pelvic wing fractures. Should they be fixed[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1988, 70:1.
- [4] GRAS F, MARINTSCHEV I, WILHARM A, et al. 2D-fluoroscopic navigated percutaneous screw fixation of pelvic ring injuries: a case series[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2010, 11: 153.
- [5] YU Y H, LIU C H, HSU Y H, et al. Matta's criteria may be useful for evaluating and predicting the reduction quality of simultaneous acetabular and ipsilateral pelvic ring fractures[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 544.
- [6] MAJEED S A. Grading the outcome of pelvic fractures[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1989, 71(2): 304-306.
- [7] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 中华医学会创伤学分会, 等. 中国骨盆骨折微创手术治疗指南(2021)[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 7(1): 4-14.
- TRAUMATIC ORTHOPEDIC GROUP, SOCIETY OF ORTHOPEDIC SCHINESE MEDICAL ASSOCIATION, GROUP OF EXTERNAL FIXATION AND LIMB RECONSTRUCTION, SOCIETY OF ORTHOPEDIC SCHINESE MEDICAL ASSOCIATION, SOCIETY OF TRAUMATOLOGY CHINESE, MEDICAL ASSOCIATION, et al. Guidelines for minimally invasive surgical treatment of pelvic fracture in China (2021)[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2021, 7(1): 4-14. Chinese.
- [8] DENG H L, LI D Y, CONG Y X, et al. Clinical analysis of single and double sacroiliac screws in the treatment of tile C<sub>1</sub> pelvic fracture[J]. *Biomed Res Int*, 2022, 2022: 6426977.
- [9] LUO A J, WANG A, LAI C Y, et al. Higher pelvic incidence values are a risk factor for trans-iliac trans-sacral screw malposition in sacroiliac complex fracture treatment[J]. *J Orthop Traumatol*, 2023, 24(1): 51.
- [10] CHEN P H, CHEN C Y, LIN K C, et al. Quantification of the safe zone of the first to third sacral segments for transiliac-transsacral screw fixation in normal and dysmorphic sacra[J]. *Orthopedics*, 2024, 47(1): e13-e18.
- [11] KÖNIG M A, SUNDARAM R O, SAVILLE P, et al. Anatomical considerations for percutaneous trans ilio-sacroiliac S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> screw placement[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(6): 1800-1805.
- [12] MCLAREN D A, BUSEL G A, PARIKH H R, et al. Corridor-diameter-dependent angular tolerance for safe transiliosacral screw placement: an anatomic study of 433 pelvis[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2021, 31(7): 1485-1492.
- [13] ZHENG Y B, ZHAO X, ZHENG Q, et al. Safe surgical corridor for iliosacral screw placement in unstable pelvic fractures: a computed-tomography-guided validation study of the "triangulation method"[J]. *Patient Saf Surg*, 2023, 17(1): 28.
- [14] DO M T, LEVINE A D, LIU R W. An anatomical study defining the safe range of angles in percutaneous iliosacral and transsacral screw fixation[J]. *Clin Anat*, 2022, 35(3): 280-287.
- [15] 蔡鸿敏, 高书图, 成传德, 等. 正中矢状面上 S<sub>2</sub> 和 S<sub>1</sub> 椎体前缘夹角对骨盆入口位的影响[J]. *中国骨伤*, 2014, 27(8): 645-649.
- CAI H M, GAO S T, CHENG C D, et al. Influence of the included angle between anterior aspects of S<sub>2</sub> and S<sub>1</sub> vertebral bodies on pelvic inlet imaging in mid-line sagittal plane[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2014, 27(8): 645-649. Chinese.
- [16] 洪石, 吴征杰, 李雪, 等. 骨科机器人辅助下经皮螺钉内固定治疗骨盆与髋臼骨折[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21(1): 16-21.
- HONG S, WU Z J, LI X, et al. Percutaneous screw fixation assisted by an orthopedic robot for pelvic and acetabular fractures[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2019, 21(1): 16-21. Chinese.
- [17] HAN W, ZHANG T, SU Y G, et al. Percutaneous robot-assisted versus freehand S<sub>2</sub> iliosacral screw fixation in unstable posterior pelvic ring fracture[J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(2): 221-228.

(收稿日期: 2024-03-24 本文编辑: 朱嘉)