

· 基层工作 ·

## 机器人辅助经皮椎弓根螺钉内固定在基层医院的应用

黄之春, 李洪波, 吴自强, 陶伟, 刘明军\*

(南昌县人民医院骨科, 江西南昌 330200)

**摘要:** [目的] 探讨机器人辅助经皮椎弓根螺钉内固定在基层医院的应用价值。[方法] 南昌县人民医院 2020 年 9 月—2021 年 9 月内固定治疗 46 例胸腰椎骨折患者, 根据医患沟通结果, 22 例采用机器人辅助置钉, 24 例采用传统徒手置钉, 比较两组早期临床和影像资料。[结果] 机器人组平均透视次数和手术时间均显著少于徒手组 ( $P<0.05$ )。机器人组置钉准确率 Gertzbein-Robbins 分级显著优于徒手组 ( $P<0.05$ )。两组患者均随访 6~8 个月, 两组完全负重活动时间的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 两组术后 VAS 和 ODI 评分均较术前显著降低 ( $P<0.05$ ), 但相应时间点两组间比较差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。两组患者术后伤椎前缘高度和 Cobb 角均较术前显著改善 ( $P<0.05$ ), 相应时间点两组间影像测量指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。[结论] 机器人辅助基层医生行经皮椎弓根螺钉内固定, 能够减少透视次数和手术时间, 提高置钉准确率, 对于基层医院具有应用价值。

**关键词:** 基层医院, 机器人, 椎弓钉置入

**中图分类号:** R687      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2023) 04-0379-04

**Robot assisted percutaneous pedicle screw placement in primary medical institution** // HUANG Zhi-chun, LI Hong-bo, WU Zi-qiang, TAO Wei, LIU Ming-jun. Department of Orthopaedics, People's Hospital of Nanchang County, Nanchang 330220, China

**Abstract:** [Objective] To explore and analyze the application value of robot-guided percutaneous pedicle screw placement in the primary medical institution. [Methods] A total of 46 patients received internal fixation of thoracolumbar fracture in People's Hospital of Nanchang County from September 2020 to September 2021. Based on preoperative patient-doctor communication, 22 patients underwent robot assisted pedicle screw placement, while the remaining 24 patients had pedicle screw placed by traditional free-hand technique. The clinical and image data were compared between the two groups. [Results] The robot group proved significantly superior to the free-hand group in terms of number of fluoroscopy and operation time ( $P<0.05$ ). The two groups were followed up for 6~8 months, and there was no significant difference in the fracture healing time between the two groups ( $P>0.05$ ). The VAS scores and ODI scores significantly reduced in both groups postoperatively ( $P<0.05$ ), nevertheless there was no significant difference between the two groups at the corresponding time points ( $P>0.05$ ). The robot group was significantly superior to the free-hand group in Gertzbein-Robbins scale of screw placement accuracy ( $P<0.05$ ). The anterior vertebral height and local kyphotic Cobb angle of the injured vertebrae in the two groups were significantly improved after operation ( $P<0.05$ ), whereas which were not significantly different between the two groups at the corresponding time points ( $P>0.05$ ). [Conclusion] The robot-assisted percutaneous pedicle screw insertion does reduce the number of fluoroscopy and operation time, improve the accuracy of screw placement, which has application value for primary hospitals.

**Key words:** primary hospital, robot, pedicle screw placement

胸腰椎骨折约占脊柱骨折的 50%, 常因交通事故等高能暴力所致<sup>[1]</sup>。椎弓根内固定术是治疗胸腰椎骨折的主要方法, 临床效果显著<sup>[2]</sup>。传统的后路切开复位内固定手术创口较大, 术后恢复时间长<sup>[3]</sup>。微创经皮置钉则由于操作难度大, 对术者要求较高<sup>[4]</sup>, 在基层医院中难以有效开展。近年来, 机器人逐渐被应用于治疗胸腰椎骨折, 能有效提高置钉准确性, 减

少术中透视次数, 但由于大多数机器人价格昂贵, 还需额外配备术中 CT、O 臂机等大型设备<sup>[5, 6]</sup>, 限制了机器人在基层医院的应用。本研究使用的机器人由杭州三坛医疗科技有限公司自主研发, 无需添置其他设备。选取本院 2020 年 9 月—2021 年 9 月收治的 46 例胸腰椎骨折患者, 探讨机器人辅助经皮椎弓根螺钉内固定胸腰椎骨折在基层医院的应用价值。

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.04.20

作者简介: 黄之春, 主治医师, 研究方向: 脊柱微创、骨科手术机器人微创, (电话)18317919609, (电子信箱)lmj18317919609@126.com

\* 通信作者: 刘明军, (电子信箱)563891489@qq.com

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

2020年9月—2021年9月南昌县人民医院骨科共收治46例胸腰椎骨折患者，均为伤后2周内新鲜的单节段胸腰椎骨折，AO分型为A型，符合脊柱内固定手术指征且无神经损伤症状，胸腰椎损伤分类和损伤程度评分(TLICS评分) $\geq 4$ <sup>[7]</sup>。根据医患沟通结果将患者分为两组，22例采用机器人置钉，24例采用常规徒手置钉。两组患者术前性别、年龄、骨折节段、TLICS评级的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。本研究已获得医院伦理委员会的批准，所有患者均知情并签署同意书。

### 1.2 手术方法

患者全麻后取俯卧位，以软垫垫空胸腹部。

机器人组：术前将患者CT导入机器人智能规划系统，在病灶三维虚拟模型上设计手术路径。术中安装校准板于机械臂末端(图1a)，获取患者正侧位透视片(图1b)，将C形臂X线机图像与术前CT进行多模态图像融合配准，保证虚拟规划路径匹配患者实际位姿(图1c)。点击通道定位，在机械臂的引导下定位手术通道，确定进针点和进针方向，置入导针(图1d)；完成所有钉道导针置入(图1e)，透视确认位置良好(图1f)；根据导针方向，依次置入工作套管后，置入椎弓根螺钉；透视确认螺钉位置良好(图1g)，选择合适长度的固定棒安装于椎弓根螺钉尾槽中，依次拧入固定螺帽，撑开复位，锁紧螺钉并固定，逐层缝合切口。

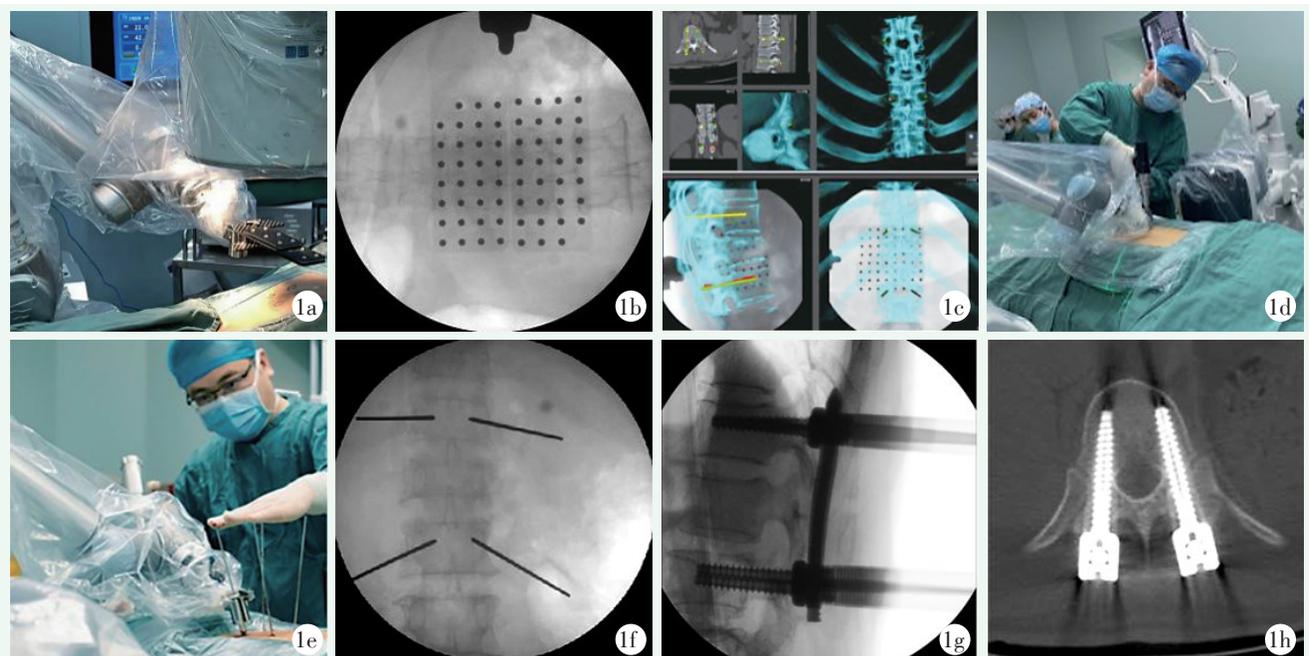


图1 患者，男，41岁，T<sub>12</sub>椎体压缩性骨折 1a: 安装校准板 1b: 校准板校准 1c: 机器人术前规划与图像融合配准 1d: 机械臂辅助置入导针 1e: 术中确认导针位置 1f: 术中透视确认导针位置 1g: 术后透视确认螺钉位置 1h: 术后CT确认螺钉位置

徒手组：C形臂X线机透视定位置钉椎体，确定手术节段，在体表标记双侧椎弓根位置。X线持续透视引导下，不断调整穿刺针进针点、进针方向，直至穿刺针经椎弓根置入椎体。余处理与机器人组相同。

### 1.3 评价指标

记录两组患者手术时间、切口长度、术中出血量、透视次数、切口愈合等级、住院时间。采用完全负重活动时间、腰痛视觉模拟评分(visual analogue

scale, VAS)、ODI评分(The Oswestry Disability Index, ODI)评价临床效果。行影像检查，置钉准确性按Gertzbein-Robbins分级，置钉准确率(%) = (A级螺钉数量+B级螺钉数量)/全部螺钉数量 $\times 100\%$ 。测量伤椎前缘高度及Cobb角。

### 1.4 统计学方法

采用SPSS 25.0统计软件对数据进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料符合正态分布，两组间比较采用独立样本 $t$ 检验，两组内比较采用配对

资料  $T$  检验。置钉准确 G-R 分级比较采用  $Mann-Whitney U$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床结果

46 例患者均顺利完成手术，无相关手术并发症。两组患者临床资料比较见表 1。机器人组平均透视次数和手术时间均显著优于徒手组 ( $P < 0.05$ )。两组术中出血量和住院时间的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。两组均获随访 6~8 个月，两组完全负重活动时间的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，术后 3 个月及末次随访两组 VAS 和 ODI 评分均较术前显著降低 ( $P < 0.05$ )，但相应时间点两组间比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。随访过程中，两组患者均无疼痛加剧及再次损伤等；无椎弓根螺钉松动或断钉现象，两组均无再次手术者。

表 1 两组患者临床结果 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

指标	机器人组 (n=22)	徒手组 (n=24)	P 值
术中出血量 (ml)	56.8±5.3	60.0±5.9	0.083
平均透视次数 (次)	5.6±1.2	18.7±3.9	<0.001
手术时间 (min)	67.5±11.8	107.5±13.4	<0.001
住院时间 (d)	5.7±0.8	6.3±1.7	0.132
完全负重活动时间 (d)	70.6±9.4	71.5±9.5	0.769
VAS 评分 (分)			
术前	6.7±0.5	6.8±0.4	0.712
术后 3 个月	1.2±0.4	1.3±0.5	0.491
末次随访	0.9±0.2	0.9±0.2	0.681
P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)			
术前	32.6±2.1	32.0±1.9	0.298
术后 3 个月	16.3±2.0	16.5±2.0	0.812
末次随访	9.5±1.4	9.5±1.3	0.908
P 值	<0.001	<0.001	

### 2.2 影像评估

影像评估结果见表 2。机器人组置钉准确率 Gertzbein-Robbins 分级显著优于徒手组 ( $P < 0.05$ )，典型影像见图 1h。与术前相比，术后 1 d 及末次随访时两组伤椎前缘高度和 Cobb 角均显著改善 ( $P < 0.05$ )，相应时间点两组间局部 Cobb 角和伤椎前缘高度的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 2 两组患者影像评估结果与比较

指标	机器人组 (n=22)	徒手组 (n=24)	P 值
置钉准确 G-R 分级 (枚, A/B/C/D/E)	109/11/6/0/0	95/20/18/5/0	0.002
伤椎前缘高度 (mm, $\bar{x} \pm s$ )			
术前	15.1±3.7	11.0±1.9	0.395
术后 1 d	27.8±3.4	25.2±2.9	0.066
末次随访	29.4±3.3	27.4±3.2	0.504
P 值	<0.001	<0.001	
局部 Cobb 角 ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )			
术前	13.4±5.3	13.0±3.3	0.786
术后 1 d	4.7±1.6	7.0±3.3	0.078
末次随访	4.2±1.2	6.0±1.4	0.179
P 值	<0.001	<0.001	

## 3 讨论

椎弓根螺钉内固定术能恢复脊柱结构和稳定性，是治疗胸腰椎骨折的重要方法<sup>[2]</sup>。传统开放手术需要进行充分肌肉剥离和显露，手术创伤较大。微创经皮内固定术虽然能减小创伤和术中出血量<sup>[9]</sup>，但对术者的经验和技术要求较高。而国内大多数基层医师经验技术相对缺乏，是影响微创脊柱手术在基层医院发展的重要因素之一。近年来机器人辅助治疗胸腰椎骨折在国内外临床应用越来越多<sup>[10]</sup>。本研究中的机器人是通过国内自研的“无创配准板”技术，将术中二维 X 线片图像与术前的三维 CT 图像配准融合，实现手术路径规划和机械通道定位，无需配备其他大型设备，更适合基层医院。

Hyun<sup>[11]</sup>、Kim 等<sup>[12]</sup>研究表明机器人辅助置钉可以减少透视次数和手术时间。本研究结果显示机器人组的平均透视次数和手术时间均明显优于徒手组 ( $P < 0.05$ )，机器人帮助精确定位、引导穿刺，可以避免反复调整进针，减少了透视次数和手术时间，提升了手术效率。两组术后 VAS 评分、ODI 评分、伤椎前缘高度及 Cobb 角均较术前改善，两组间比较无显著差异，说明机器人组与徒手组在减轻疼痛、促进骨折愈合方面均能达到较为理想的临床疗效。

本研究机器人组置钉准确率与近年大多数脊柱机器人的置钉准确性一致，且明显高于徒手组 ( $P < 0.05$ )<sup>[13, 14]</sup>。因此作者认为该脊柱机器人在没有额外增加其他设备的前提下，也能明显提高置钉准确性。既往大型三甲医院的徒手置钉准确率约为 87.9%~91.8%，通过机器人提升至 95.6%~98.2%<sup>[14, 15]</sup>；本研

究在基层医院开展, 机器人辅助椎弓根置钉准确率从徒手组 83.3%提升到 95.2%, 提升幅度更大。相对于大三甲医院, 基层医院专科分科不细, 导致医师的专科手术水平普遍偏低。通过机器人的术前规划模块大大提高了手术的规范性, 术中的置钉定位和机械臂执行大大提高了手术的准确性和安全性。推测机器人在医师经验技能相对不足的基层医院起到的辅助作用可能比三甲医院更加显著, 这有助于基层医院开展微创脊柱手术, 但需将来针对更多手术方式做进一步对比研究。

综上所述, 相比于徒手经皮椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折, 机器人辅助置钉能够, 减少透视次数和手术时间, 提高置钉准确率, 获得良好的临床疗效, 在辅助基层医院开展微创脊柱手术, 实现专科手术的数字化、同质化、智能化上具有应用价值。

#### 参考文献

- [1] 张同同, 王增平, 王中华, 等. 骨科天玑机器人在手术治疗胸腰椎骨折的临床应用 [J]. 中国骨伤, 2021, 34 (11): 1034-1039.
- [2] 李卫华, 刘延涛, 李聪明, 等. 微创与开放椎弓钉固定胸腰椎骨折的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (22): 2017-2020.
- [3] 周纪平, 姜泽威, 杨永军, 等. 脊柱机器人辅助椎弓根钉经皮固定胸腰椎骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (10): 865-869.
- [4] Sun XY, Zhang XH, Hai Y. Percutaneous versus traditional and paraspinous posterior open approaches for treatment of thoracolumbar fractures without neurologic deficit: a meta-analysis [J]. Eur Spine J, 2017, 26 (5): 1418-1431.
- [5] 刘彬, 李佳佳, 姚树强, 等. 脊柱机器人辅助手术系统在胸腰段较细椎弓根后路螺钉植入术中的应用 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2020, 28 (4): 44-46.
- [6] 何流, 方宣城, 申才良, 等. 机器人辅助置入胸腰椎椎弓根螺钉的临床研究 [J]. 中华全科医学, 2021, 19 (1): 42-45.
- [7] Vaccaro AR, Lehman RA Jr, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status [J]. Spine, 2005, 30 (20): 2325-2333.
- [8] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo [J]. Spine, 1990, 15 (1): 11-14.
- [9] 林捷, 滕立初, 莫志英, 等. 经椎弓根钉内固定治疗胸腰椎骨折的临床疗效及影像学分析 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2022, 37 (1): 47-49.
- [10] Fatima N, Massaad E, Hadzipasic M, et al. Safety and accuracy of robot-assisted placement of pedicle screws compared to conventional free-hand technique: a systematic review and meta-analysis [J]. Spine J, 2021, 21 (2): 181-192.
- [11] Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, et al. Minimally invasive, robotic versus open fluoroscopic-guided spinal instrumented fusions: a randomized, controlled trial [J]. Spine, 2017, 42 (6): 353-358.
- [12] Kim HJ, Jung WI, Chang BS, et al. A prospective, randomized, controlled trial of robot-assisted vs freehand pedicle screw fixation in spine surgery [J]. Int J Med Robot, 2017, 13 (3): e1779.
- [13] 茅剑平, 李祖昌, 范明星, 等. 机器人辅助与徒手椎弓根螺钉置入在胸腰椎骨折手术中的精度及手术即时效果的比较 [J]. 中国微创外科杂志, 2020, 26 (6): 534-539.
- [14] 于笑笙, 陈修远, 陈皓, 等. 骨科机器人辅助微创精准手术治疗胸腰段骨折的初步经验 [J]. 脊柱外科杂志, 2020, 18 (6): 369-375.
- [15] 林书, 胡珏, 万仑, 等. 机器人与透视辅助经皮椎弓根螺钉置入的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (20): 1830-1834.

(收稿:2022-01-26 修回:2022-09-14)

(同行评议专家: 毛路 程细高 殷明)

(本文编辑: 闫承杰)

#### (上接 378 页)

- [12] Matsushita Y, Ono W, Ono N. Growth plate skeletal stem cells and their transition from cartilage to bone [J]. Bone, 2020, 136: 115359.
- [13] Young EY, Stans AA. Distal femoral physal fractures [J]. J Knee Surg, 2018, 31 (6): 486-489.
- [14] Lin DS, Lian KJ, Hong JY, et al. Effects of a sliding plate on morphology of the epiphyseal plate in goat distal femur [J]. Int J Sci, 2012, 9 (2): 178-183.
- [15] 崔庆达, 朱卫洁, 赵希春, 等. 可滑动钢板跨骨骺固定对骺生长的影响 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (11): 946-950.
- [16] Li J, Rai S, Ze R, et al. Pediatric physal slide-traction plate fixation for pathological distal femoral fracture caused by unicameral bone cyst in adolescents [J]. BMC Musculoskel Disord, 2020, 21 (1): 503.

(收稿:2022-11-17 修回:2022-12-01)

(同行评议专家: 窦洪磊 杨晓明)

(本文编辑: 郭秀婷)