

· 临床研究 ·

## 机器人导航伤椎置钉固定胸腰椎骨折<sup>△</sup>

潘大洋, 刘炯\*, 龙浩, 邹伟, 肖杰

(贵阳市第四人民医院, 贵州贵阳 550002)

**摘要:** [目的] 评价 Tinavi 骨科机器人导航下加大伤椎螺钉矢状位置入头倾角治疗胸腰椎骨折疗效。[方法] 回顾性分析 2018 年 8 月—2021 年 6 月, 本院行经皮椎弓根螺钉治疗单节段胸腰椎骨折上终板塌陷的 60 例患者的临床资料, 按术前医患沟通结果, 25 例采用机器人辅助加大伤椎椎弓根钉头倾角治疗, 35 例常规透视引导下置钉。比较两组临床及影像资料。[结果] 所有手术顺利完成, 无严重并发症。机器人组在手术时间 [(90.8±3.4) min vs (93.6±4.5) min,  $P<0.05$ ]、术中出血量 [(96.4±8.6) ml vs (115.7±23.6) ml,  $P<0.05$ ] 显著优于常规组。随时间推移, 两组 VAS 评分均显著减少 ( $P<0.05$ ), 相应时间点, 两组间 VAS 评分的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。影像方面, 机器人组螺钉置入精准度 Gertzbein-Robbins 评级显著优于常规组 [A/B/C, (138/2/0) vs (174/20/2),  $P<0.05$ ]。与术前相比, 术后两组患者伤椎前缘相对高度及局部后凸 Cobb 角均显著改善 ( $P<0.05$ )。术后 3 个月, 机器人组伤椎前缘相对高度 [(27.0±2.2) mm vs (21.9±4.1) mm,  $P<0.05$ ] 及局部后凸 Cobb 角 [(7.8±2.1)° vs (10.2±2.6)°,  $P<0.05$ ] 均显著优于常规组。[结论] Tinavi 骨科机器人导航下加大伤椎椎弓根螺钉矢状位置入头倾角治疗上终板塌陷的胸腰椎骨折, 能取得更好疗效。

**关键词:** 胸腰椎骨折, 椎弓根螺钉, 机器人, 透视引导, 精准

**中图分类号:** R683.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2023) 24-2278-04

**Robot navigated pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures with fractured-vertebrae screw placement // PAN Da-yang, LIU Jiong, LONG Hao, ZOU Wei, XIAO Jie. The Fourth People's Hospital of Guiyang City, Guiyang 550002, China**

**Abstract: [Objective]** To evaluate the clinical outcomes of Tinavi orthopedic robot assisted pedicle screw fixation with increasing cephalic tilting in the fractured segment for thoracolumbar fractures. **[Methods]** A retrospective study was performed on 60 patients who received percutaneous pedicle screw fixation for single-segment thoracolumbar fractures with upper endplate collapse in our hospital from August 2018 to June 2021. According to preoperative doctor-patient communication, 25 patients received robot-assisted pedicle screw placement with increasing cephalic tilting in the fractured segment, while the other 35 patients received routine fluoroscopy-guidance screw placement. The clinical and imaging data of the two groups were compared. **[Results]** All patients had operations performed successfully without serious complications. The robot group proved significantly superior to the routine group in terms of operative time [(90.8±3.4) min vs (93.6±4.5) min,  $P<0.05$ ] and intraoperative blood loss [(96.4±8.6) ml vs (115.7±23.6) ml,  $P<0.05$ ]. The VAS scores in both groups were significantly decreased over time ( $P<0.05$ ), which were not significant different between the two groups at any time points accordingly ( $P>0.05$ ). Regarding imaging, the robot group was significantly better than the routine group in term of Gertzbein-Robbins scale of screw insertion accuracy [A/B/C, (138/2/0) vs (174/20/2),  $P<0.05$ ]. Compared with those preoperatively, the relative vertebral height and local kyphotic Cobb angle of injured vertebra significantly improved in both groups postoperatively ( $P<0.05$ ). The robot group was significantly better than the routine group regarding to the relative height of the injured vertebra [(27.0±2.2) mm vs (21.9±4.1) mm,  $P<0.05$ ] and local kyphotic Cobb angle [(7.8±2.1)° vs (10.2±2.6)°,  $P<0.05$ ] 3 months after surgery. **[Conclusion]** For thoracolumbar fracture with upper endplate collapse, fractured-segment pedicle screw placement with increasing cephalic tilting under Tinavi orthopaedic robot does achieve better clinical consequences.

**Key words:** thoracolumbar fracture, pedicle screw, robot, fluoroscopic guidance, accuracy

椎弓根螺钉内固定是治疗胸腰椎骨折最常用的固定方法, 其中伤椎置钉有利于恢复和维持术后生理高

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.24.14

<sup>△</sup>基金项目:贵阳市科技计划项目[编号:(2019)9-11-14];贵阳市人才创新资助项目[编号:(2019)-34]

作者简介:潘大洋,主治医师,研究方向:脊柱外科,(电话)18585010033,(电子信箱)pandayang1986@126.com

\*通信作者:刘炯,(电话)13310400985,(电子信箱)442316364@qq.com

度及曲度<sup>[1, 2]</sup>。然而伤椎螺钉可能固定在骨折线上，这对骨折愈合和内固定稳定性有一定影响。有学者通过动物椎体椎弓根螺钉生物力学研究得出<sup>[3-4]</sup>，增加螺钉矢状位角度与平行置钉对比，螺钉抗拔出力得到加强，力学稳定性得到提升。对于上终板塌陷为主的胸腰椎骨折，伤椎可以通过 Tinavi 骨科机器人导航下加大置钉矢状位的头倾角，把椎弓根螺钉精准固定于伤椎正常骨质处，避开伤椎骨折线，可增强螺钉把持力，提高钉棒内固定系统的稳定性。因此本文将探讨 Tinavi 骨科机器人导航下加大伤椎椎弓根螺钉矢状位置入头倾角治疗上终板塌陷为主的胸腰椎骨折疗效。

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

回顾性统计分析 2018 年 8 月—2021 年 6 月在本院行经皮椎弓根螺钉内固定术治疗胸腰椎骨折 60 例患者的资料，均为终板塌陷为主的胸腰椎单椎体骨折，受伤至手术时间 < 14 d，接受椎弓根螺钉内固定术；美国脊髓损伤协会（American Spinal Injury Association, ASIA）分级为 E 级<sup>[5]</sup>，TLICS 评分（Thoraco-

lumbar Injury Classification and Severity Score） $\geq 4$  分<sup>[6]</sup>。按术前医患沟通结果，其中 25 例接受 Tinavi 骨科机器人导航下加大伤椎椎弓根螺钉矢状位置入头倾角治疗（机器人组）；35 例接受术中 C 形臂 X 线机透视引导下伤椎螺钉矢状位平行置钉（常规组）。两组患者年龄、性别、损伤至手术时间等一般资料的比较差异均无统计学意义（ $P < 0.05$ ）。本研究经医院伦理委员会审批，所有患者均知情同意并签署手术知情同意书。

### 1.2 手术方法

机器人组：完成麻醉及术前机器人准备。获取 3D 图像，根据 3D 图像规划椎弓根螺钉轨迹，加大伤椎矢状位头倾角，避开骨折线（图 1a, 1b）。根据计划的轨迹，运行 Tinavi 骨科机器人，皮肤纵向切开，插入引导套管完全与骨表面接触，查看工作界面显示屏是否存在误差，若有予以微调纠正，沿引导套管的方向置入导向针（图 1c）。重复上述过程，依次完成剩余导向针置入。C 形臂 X 线机透视确定导向针位置，当满意后，依次置入椎弓根螺钉，透视观察椎弓根螺钉精准度（图 1d, 1e）。

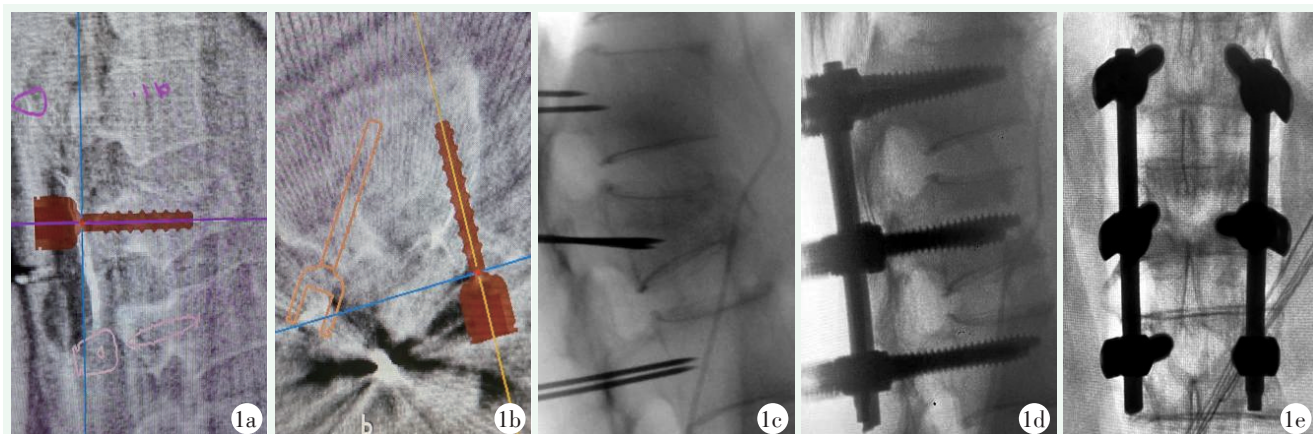


图 1 患者，女，50 岁。1a, 1b: 机器人规划图片，规划时加大头倾角伤椎螺钉矢状位及椎体平面轨迹；1c: 按机器人规划路径完成导向针置入；1d, 1e: 置钉完成后 X 线片影像。

常规组：完成麻醉，透视下定位标记手术椎体椎弓根影。取手术椎体椎弓根影处分别切开长约 2 cm 皮肤切口，取穿刺针分别行椎弓根穿刺，透视正侧位见穿刺针位置满意继续进针至椎体前部，通过导针钻孔、攻丝，通过导针拧入合适规格的椎弓根螺钉，透视正侧位，观察各椎弓根螺钉情况。

### 1.3 评价指标

记录两组患者临床资料：包括手术时间、切口长度、术中出血量、置钉时间、住院时间及 VAS 评

分，行影像学检查，记录伤椎前缘相对高度及 Cobb 角、椎弓根螺钉置入准确率。

### 1.4 统计学方法

数据统计分析选用 SPSS 22.0 统计学软件。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本  $t$  检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床结果

所有手术顺利完成,且未出现相关并发症。两组临床结果见表 1,机器人组手术时间、术中出血量显著低于常规组 ( $P<0.05$ ),两组切口长度、切口愈合等级、住院时间的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。所有患者均获随访,随访时间 6~18 个月,平均 ( $9.5\pm 2.4$ ) 个月,与术前相比,术后 3 d 及 3 个月,两组 VAS 评分均显著减少 ( $P<0.05$ ),相应时间点,两组间 VAS 评分的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

表 1 两组患者临床及影像资料与比较

指标	机器人组 (n=25)	常规组 (n=35)	P 值
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$ )	41.8 $\pm$ 11.5	43.6 $\pm$ 10.3	0.528
性别(例,男/女)	20/5	29/6	0.778
损伤至手术时间(d, $\bar{x}\pm s$ )	2.8 $\pm$ 0.6	2.8 $\pm$ 0.7	0.085
切口长度(cm, $\bar{x}\pm s$ )	10.8 $\pm$ 0.9	12.1 $\pm$ 1.1	0.461
手术时间(min, $\bar{x}\pm s$ )	90.8 $\pm$ 3.4	93.6 $\pm$ 4.5	<b>0.012</b>
术中出血量(ml, $\bar{x}\pm s$ )	96.4 $\pm$ 8.6	115.7 $\pm$ 23.6	<b>&lt;0.001</b>
切口愈合(例,甲/乙/丙)	24/1/0	33/2/0	0.766
住院时间(d, $\bar{x}\pm s$ )	13.6 $\pm$ 2.8	14.9 $\pm$ 2.5	0.072
VAS 评分(分, $\bar{x}\pm s$ )			
术前	7.5 $\pm$ 0.5	7.5 $\pm$ 0.5	0.864
术后 3 d	3.1 $\pm$ 0.3	3.2 $\pm$ 0.5	0.374
术后 3 个月	0.8 $\pm$ 0.4	0.9 $\pm$ 0.4	0.346
P 值	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	
置钉 G-R 评级(例 A/B/C)	138/2/0	174/20/2	<b>&lt;0.001</b>
椎体前缘高度(mm, $\bar{x}\pm s$ )			
术前	17.8 $\pm$ 2.1	17.7 $\pm$ 3.1	0.966
术后 3 d	28.3 $\pm$ 2.1	25.4 $\pm$ 2.5	<b>&lt;0.001</b>
术后 3 个月	27.0 $\pm$ 2.2	21.9 $\pm$ 4.1	<b>&lt;0.001</b>
P 值	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	
局部后凸 Cobb 角( $^{\circ}$ , $\bar{x}\pm s$ )			
术前	17.2 $\pm$ 5.6	16.4 $\pm$ 4.5	0.554
术后 3 d	6.4 $\pm$ 1.8	8.1 $\pm$ 2.5	<b>0.004</b>
术后 3 个月	7.8 $\pm$ 2.1	10.2 $\pm$ 2.6	<b>&lt;0.001</b>
P 值	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	

### 2.2 影像评估

两组影像评估结果见表 1,根据 Gertzbein-Robbins 分类<sup>[7]</sup>,机器人组共置入椎弓根螺钉 140 枚,常规组共置钉 196 枚,机器人组置钉精准率显著优于常

规组 ( $P<0.05$ )。与术前相比,术后两组患者伤椎前缘相对高度均显著增加 ( $P<0.05$ ),局部后凸 Cobb 角显著减小 ( $P<0.05$ ),术前两组上述影像指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ),术后 3 d 及 3 个月,影像机器人组伤椎前缘相对高度及局部后凸 Cobb 角均显著优于常规组 ( $P<0.05$ ),随访过程中无断钉、断棒及螺钉松动,所有伤椎均愈合。

## 3 讨论

椎弓根螺钉内固定术是治疗胸腰椎骨折主要方式之一,传统的术式创伤大,影响术后康复及引起相关并发症<sup>[8]</sup>。经皮椎弓根螺钉内固定技术比传统椎旁入路微创<sup>[9-11]</sup>,但置钉的精准度没有得到改善。Tinavi 骨科机器人导航下辅助手术为作者提供了一个解决途径。Tinavi 骨科机器人系统具有很好的灵活性和稳定性,且安全性及实用性强,自由度高,具有良好的重复性<sup>[12, 13]</sup>。临床实践已经证实 Tinavi 骨科机器人系统的实用性,已被用于脊柱、关节、创伤等外科<sup>[14]</sup>。

本研究通过 Tinavi 骨科机器人导航下加大伤椎椎弓根螺钉置钉矢状位头倾角,在治疗上终板骨折为主的患者时,可使螺钉准确置入伤椎内相对正常的骨质,确保螺钉的力量,达到增强内固定系统稳定性的目的。术中增大了伤椎矢状面椎弓根螺钉置入的头倾角,但另两组螺钉置钉方向平行于终板,伤椎螺钉与上下螺钉之间形成了三角稳定效应<sup>[15]</sup>,这样置钉不仅可以增加螺钉把持力和内固定稳定性,还成功避开了骨折线,且在机器人的导航下置钉,操作更加精准。本研究中机器人组置钉准确率明显大于常规组,术后伤椎高度恢复程度及 Cobb 角改善更明显,术后疗效维持也明显优于常规组。随着机器人操作的熟练度增加,置钉的准确性得到进一步的保障,减少了手术的重复性。伤椎使用万向螺钉相比单向螺钉可更好地安装连接棒。

Tinavi 骨科机器人的局限性和术中操作注意事项:(1) Tinavi 系统的购买、使用和维护成本昂贵,收费项目未纳入医保,普及有一定困难;(2) Tinavi 机器人操作者的经验对手术有不可忽视的影响;(3) 手术过程中注意事项尤为重要:正确规划螺钉置入通道,如果在上关节突斜坡上选择入口点,引导套管插入过程很容易打滑,从而会产生偏差<sup>[16]</sup>;插入套管前后、导针插入前后需观察电脑显示屏导航是否存在较大误差,如果有则及时调整,确保精准度。

综上所述, Tinavi 骨科机器人导航下加大伤椎椎



弓根螺钉矢状位置入头倾角, 治疗上终板塌陷为主的胸腰椎骨折, 可使螺钉准确置入伤椎内相对正常的骨质, 有效避开伤椎骨折线或骨折块, 确保螺钉的力量, 能取得很好临床疗效。

#### 参考文献

- [1] 康辉, 徐峰, 席金涛, 等. 经皮伤椎置入万向椎弓根螺钉治疗胸腰椎骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(20): 1831-1835.
- [2] 许勇, 官众, 李永霞, 等. 经伤椎和跨伤椎置钉内固定治疗胸腰椎骨折的早中期效果分析[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(12): 1823-1828.
- [3] 庞仲辉, 刘森, 张亚斌, 等. 不同角度置钉对椎弓根螺钉稳定性的影响[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(48): 7765-7769.
- [4] 金雷鸣, 孙崇毅. 同椎体交叉置钉法对椎弓根螺钉的把持力影响[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2021, 55(2): 120-123.
- [5] American Spinal Injury Association. Standards for neurological classification of spinal injury patients[S]. Chicago: American Spinal Injury Association, 1992.
- [6] 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 (Phila Pa 1976), 2005, 30(20): 2325-2333.
- [7] Devito DP, Kaplan L, Dietl R, et al. Clinical acceptance and accuracy assessment of spinal implants guided with SpineAssist surgical robot: retrospective study[J]. Spine, 2010, 35(24): 2109-2115.
- [8] Jindal N, Sankhala SS, Bachhal V. The role of fusion in the management of burst fractures of the thoracolumbar spine treated by short segment pedicle screw fixation: a prospective randomised trial[J]. J Bone Joint Surg Br, 2012, 94(8): 1101-1106.
- [9] Neeley OJ, Kafka B, Tecle NE, et al. Percutaneous screw fixation versus open fusion for the treatment of traumatic thoracolumbar fractures: A retrospective case series of 185 patients with a single-level spinal column injury[J]. J Clin Neurosci, 2022, 101(7): 47-51.
- [10] Zheng Z, Zhang L, Zhu Y, et al. Percutaneous cortical bone trajectory screw fixation versus traditional open pedicle screw fixation for type A thoracolumbar fractures without neurological deficit[J]. J Robot Surg, 2022, 17: 233-241.
- [11] 杨标, 田素魁, 隗昱, 等. 经皮与开放椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎多节段骨折的比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(4): 310-315.
- [12] Wu JY, Yuan Q, Liu YJ, et al. Robot-assisted percutaneous transfacet screw fixation supplementing oblique lateral interbody fusion procedure: Accuracy and safety evaluation of this novel minimally invasive technique[J]. Orthop Surg, 2019, 11(1): 25-33.
- [13] Du JP, Gao L, Huang DG, et al. Radiological and clinical differences between Tinavi orthopedic robot and O-Arm Navigation System in thoracolumbar screw implantation for reconstruction of spinal stability[J]. Med Sci Monit, 2020, 26: e924770.
- [14] 肖宇, 龙浩, 何祖波, 等. 骨科机器人辅助下行经皮内固定术治疗胸腰椎骨折的置钉准确度及学习曲线分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(12): 1111-1117.
- [15] 徐宝山. 经后路短节段椎弓根内固定治疗胸腰椎爆裂型骨折的远期疗效[J]. 中华骨科杂志, 2002, 22(11): 641-647.
- [16] Ringel F, Stuer C, Reinke A, et al. Accuracy of robot-assisted placement of lumbar and sacral pedicle screws: a prospective randomized comparison to conventional freehand screw implantation[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37: 496-501.

(收稿:2022-10-31 修回:2023-04-07)

(同行评议专家: 朱佳福, 黄明智, 段宜强)

(本文编辑: 郭秀婷)